

UNIVERSIDAD NACIONAL HERMILIO VALDIZAN

FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**“EFECTOS DE LA CENIZA DE BIOMASA DE PALMA ACEITERA EN LA
ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS A NIVEL DE SUBRASANTE,
HUÁNUCO 2022”**

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN: INGENIERÍA VIAL
TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

TESISTA
BACH. LAOS ELERA, CLAUDIA GABRIELA

ASESOR
MBA. ING. CÓRDOVA FACUNDO, CARLOS ENRIQUE

HUÁNUCO – PERÚ
2022

DEDICATORIA

A Dios por cuidarme durante estos tiempos difíciles, por darme salud y permitirme cumplir una de mis metas.

A mis padres por su apoyo incondicional, por ser guías, mentores y darme el mejor ejemplo de vida.

A mi hermana por su paciencia y comprensión durante este proceso, sin ella nada hubiese sido posible.

A Carlos Adrian por motivarme a ser mejor cada día, por ser mi apoyo constante y siempre confiar en mí.

AGRADECIMIENTOS

A la empresa PALMAS DEL ESPINO – Sede Palmawasi, en especial al Ing. Jorge Javes Baltodano, jefe de Carreteras y Drenaje y la Ing. Jennifer Sally Bravo Mejía, por apoyarme a conocer acerca de los procesos de producción y facilitarme la obtención de las muestras de cenizas de biomasa de palma aceitera que se producen en las instalaciones de la refinería ubicada en la región de San Martín.

Al personal del Laboratorio TERZAGHI, en especial al Ing. Carlos Adrian Ortiz Chujutalli, por su orientación y asesoría en el desarrollo de la presente tesis, así como también a Dennis Reyes Medina por el apoyo y monitoreo en la realización de los ensayos materia de la presente investigación.

A mi asesor el Ing. Carlos Enrique Córdova Facundo, por sus consejos y asesorías para mejorar esta investigación.

A los docentes de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura, quienes nos han guiado y asesorado durante nuestra formación con sus conocimientos y experiencias.

A mi familia y amigos, por apoyarme en este camino de crecimiento profesional.

RESUMEN

Actualmente la industria del aceite de palma se está extendiendo exponencialmente, abarcando cada vez más hectáreas nivel mundial. Nuestro país no es ajeno a esta realidad, con ello se sobre entiende que, a mayor producción de la palma aceitera y sus derivados, también se incrementa la producción de residuos (biomasa), correspondiente a los procesos agroindustriales que demanda este producto, asimismo cabe destacar que la biomasa es usada como una fuente de energía para las calderas dentro de las refinerías, obteniendo de este proceso la ceniza de biomasa de palma aceitera, materia de esta investigación.

La tesis consistió en adicionar ceniza de biomasa de palma aceitera a unas muestras de suelo de tipo arcilloso, para evaluar si sus propiedades y características mejoran ante la presencia de este material, de manera que pueda estabilizarlo a nivel de subrasante, la ceniza de biomasa para el estudio se obtuvo de la refinería Palmas de Espino-Sede Palmawasi (San Martín).

La investigación se aplicó a muestras de suelos arcillosos en adiciones de 0%, 15%, 20% y 25% de ceniza de biomasa de palma aceitera, los parámetros que se evaluaron fueron: plasticidad (límites Atterberg), densidad (Densidad Máxima Seca y Óptimo Contenido de Humedad) y capacidad de soporte (CBR).

Los resultados que se obtuvieron determinaron que existe variación en los resultados obtenidos correspondiente a cada uno de los tratamientos (adiciones). La capacidad de soporte incrementó, paso de 1.53% a 22.57%, lo que significa que el material pasa de una categoría de sub rasante insuficiente a uno de categoría muy buena, incrementó 14 veces su valor inicial. Por otro lado, conforme se incrementa la ceniza, el valor de la máxima densidad seca se reduce, pasando de 1.995 kg/cm³ a 1.768 kg/cm³, mientras que los valores para el óptimo contenido de humedad incrementan paulatinamente requiriendo para una muestra sin adición un 10.2% y para

una muestra con adición al 25% un óptimo contenido de humedad de 13.40%. Los valores de índice plasticidad disminuyen, el IP promedio de las muestras sin adición tiene un valor de 11.62%, llegando hasta un 4.23% para el tratamiento de muestras al 15% de ceniza de biomasa de palma aceitera.

La investigación concluye que la ceniza de biomasa de palma aceitera mejora el comportamiento de los suelos arcillosos a nivel de subrasante, de manera que puede resultar una alternativa sostenible y sustentable para la estabilización de este tipo de suelos. Con esta investigación se busca también concientizar a las empresas del rubro acerca de las bondades que tiene los residuos que producen. Con la presente investigación podemos considerar a la ceniza de biomasa de palma aceitera un estabilizante natural de suelos arcillosos a nivel de subrasante.

Palabras clave: Estabilización de suelos, ceniza de biomasa, capacidad de soporte y suelos arcillosos.

SUMMARY

Currently the palm oil industry is expanding exponentially, covering more and more hectares worldwide. Our country is no stranger to this reality, with this it is understood that the higher the production of oil palm and its derivatives, the production of waste (biomass) also increases, corresponding to the agro-industrial processes that this product demands, it is also worth noting that biomass is used as a source of energy for boilers within refineries, obtaining from this process oil palm biomass ash, the subject of this research.

The thesis consisted of adding oil palm biomass ash to some clay-type soil samples, to evaluate if their properties and characteristics improve in the presence of this material, so that it can be stabilized at the subgrade level, the biomass ash for the study was obtained from the Palmas de Espino-Sede Palmawasi (San Martin) refinery.

The research was applied to samples of clay soils in additions of 0%, 15%, 20% and 25% of oil palm biomass ash, the parameters that were evaluated were: plasticity (Atterberg limits), density (Maximum Dry Density and Optimum Moisture Content) and bearing capacity (CBR).

The results obtained determined that there is variation in the results obtained corresponding to each of the treatments (additions). The support capacity increased, from 2.13% to 24.77%, which means that the material goes from a category of insufficient subgrade to one of a regular category, it increased 11 times its initial value. On the other hand, as the ash increases, the value of the maximum dry density decreases, going from 1,995 kg/cm³ to 1,768 kg/cm³, while the values for the optimum moisture content gradually increase, requiring for a sample without addition 10.2% and for a sample with 25% addition an optimum moisture content of 13.40%. The plasticity index values decrease, the average IP of the samples without addition has

a value of 11.62%, reaching up to 4.23% for the treatment of samples with 15% oil palm biomass ash.

The research concludes that oil palm biomass ash improves the behavior of clayey soils at the subgrade level, so that it can be a sustainable and sustainable alternative for the stabilization of this type of soil. This research also seeks to raise awareness among companies in the field about the benefits of the waste they produce. With the present investigation we can consider the oil palm biomass ash a natural stabilizer of clayey soils at the subgrade level.

Keywords: Soil stabilization, biomass ash, bearing capacity and clayey soils.

ÍNDICE

RESUMEN	IV
SUMMARY	VI
INDICE DE TABLAS	X
INDICE DE FIGURAS.....	XII
INTRODUCCION	1
CAPITULO I. PROBLEMA DE INVESTIGACION	2
1.1 Fundamentación o Situación del Problema de Investigación.	2
1.2 Formulación del Problema de Investigación General y Específicos	3
1.3 Formulación del Objetivo General y Específicos	4
1.4 Justificación	4
1.5 Limitaciones.....	5
1.6 Formulación de Hipótesis General y Específicas	6
1.7 Variables	7
1.8 Definición Teórica y Operacionalización de Variables	8
CAPITULO II. MARCO TEORICO	9
2.1 Antecedentes.	9
2.2 Bases Teóricas	16
2.3 Bases Conceptuales.....	42
2.4 Bases Epistemológicas, Bases Filosóficas y/o Bases Antropológicas.....	46
CAPITULO III. METODOLOGÍA	47
3.1 Ámbito	47
3.2 Población.....	47

3.3	Muestra	48
3.4	Nivel y tipo de estudio.	50
3.5	Diseño de investigación.	50
3.6	Métodos, Técnicas e Instrumentos.....	51
3.7	Validación y Confiabilidad del Instrumento.....	53
3.8	Procedimiento.	54
3.9	Tabulación y Análisis de Datos.	66
3.10	Contrastación de hipótesis.	79
3.11	Consideraciones Éticas.	82
CAPITULO IV. DISCUSION		84
CAPITULO V. RESULTADOS.....		88
5.1	Interpretación de resultados.	88
CONCLUSIONES		97
RECOMENDACIONES O SUGERENCIAS		99
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		100
ANEXOS		103
ANEXO A. MATRIZ DE CONSISTENCIA		
ANEXO B. ENSAYOS DE LABORATORIO		
ANEXO C. CERTIFICADOS DE CALIBRACIÓN DE EQUIPOS		
ANEXO D. PANEL FOTOGRAFICO		

INDICE DE TABLAS

Tabla 1	Operacionalización de Variables	8
Tabla 2	Resultados de Investigación.....	16
Tabla 3	Superficie Cultivada de Palma Aceitera a Niveles Departamentales y Provinciales	24
Tabla 4	Ubicación de Plantas de Procesamiento de Palma Aceitera	25
Tabla 5	Correlación de Tipos de suelos AASHTO-SUCS	33
Tabla 6	Categorías de Sub rasante	34
Tabla 7	Material en Función al Tamaño de las Partículas	35
Tabla 8	Clasificación AASHTO	36
Tabla 9	Cantidad de repeticiones para los ensayos en suelo con CBPA y sin CBPA.	49
Tabla 10	Tratamientos de las muestras	58
Tabla 11	Índices de Plasticidad para Materiales Arcillosos	61
Tabla 12	Consolidado de Resultados.....	66
Tabla 13	Resultados-Limite líquido.....	67
Tabla 14	Resultados-Limite Plástico.	67
Tabla 15	Resultados-Índice de Plasticidad	68
Tabla 16	Resultados-MDS.....	68
Tabla 17	Resultados-OCH.....	69
Tabla 18	Resultados-Capacidad de Soporte	69
Tabla 19	Resultados-% de Expansión.....	70
Tabla 20	Análisis de Varianza ANOVA para Límite Líquido.	72
Tabla 21	Combinaciones para las comparaciones múltiples de Limite Liquido.	72
Tabla 22	Análisis de Varianza para Límite Plástico.....	73

Tabla 23	Combinaciones para las comparaciones múltiples de Limite Plástico	73
Tabla 24	Análisis de Varianza para Índice de Plasticidad.....	74
Tabla 25	Combinaciones para las Comparaciones múltiples para Índices de Plasticidad.....	75
Tabla 26	Análisis de Varianza para la Máxima Densidad Seca.	75
Tabla 27	Combinaciones para las Comparaciones múltiples para Máxima Densidad Seca.....	76
Tabla 28	Análisis de varianza para Óptimo Contenido de Humedad.....	76
Tabla 29	Combinaciones para las Comparaciones múltiples del OCH	77
Tabla 30	Análisis de Varianza para CBR.	78
Tabla 31	Combinaciones para las comparaciones múltiples de CBR.....	78
Tabla 32	Distribución Granulométrica de los Tratamientos.....	88
Tabla 33	Resultados de Límites de Atterberg.....	89
Tabla 34	Clasificación de Suelos.....	90
Tabla 35	Resumen de Resultados del ensayo Proctor	92
Tabla 36	Resultados de CBR al 95%	95
Tabla 37	Resultados de Expansión	96

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Estabilización del CP. Conchumayo- CP. Mercenario - Santa María del Valle	17
Figura 2 Reacción Química de la Ceniza con Agua.	19
Figura 3 Plantaciones de Palma Aceitera en la Región San Martín.	21
Figura 4 Cultivos de Palma Aceitera entre los años 2000-2014.....	22
Figura 5 Principales Zonas Productoras de Palma Aceitera	23
Figura 6 Refinería Palmas del Espino-Sede Palmawasi	26
Figura 7 Área de Prensado y Trituración de Residuos.	26
Figura 8 Proceso Industrial de los Racimos de Frutos Frescos de la Palma Aceitera	27
Figura 9 Proceso de Producción de Aceite de Palma y Obtención de Cenizas.	28
Figura 10 Composición de los Subproductos de la Palma Africana.....	30
Figura 11 Zona de calderas en la Empresa Palmas del Espino.....	31
Figura 12 Nomenclatura de Clasificación SUCS.....	37
Figura 13 Carta de Plasticidad de Casagrande.....	38
Figura 14 Materiales para el Ensayo Proctor	41
Figura 15 Materiales para Ensayo CBR.....	42
Figura 16 Escobajo de Palma Aceitera	43
Figura 17 Cascarilla de Almendra	44
Figura 18 Curva Granulométrica de un Suelo	45
Figura 19 Ubicación del Material Arcilloso a Nivel Departamental, Provincial y Distrital.....	54
Figura 20 Ubicación del suelo arcilloso.....	55
Figura 21 Plantas de Producción y Procesamiento de Palma Aceitera-Grupo Palmas.....	56
Figura 22 Compuestos de Biomasa de Palma Aceitera y Ceniza.	57

Figura 23 Mezcla de material arcilloso y CBPA al 20%	58
Figura 24 Ensayo Granulométrico de Tratamientos y CBPA.....	59
Figura 25 Muestras Tamizadas para el Ensayo de Límites de Atterberg	60
Figura 26 Ensayo-Límites de Atterberg.....	61
Figura 27 Preparación de Muestra para Ensayo Proctor Modificado	62
Figura 28 Ensayo Proctor de la combinación al 15% de CBPA.....	63
Figura 29 Preparación de Moldes a 56, 25 y 12 golpes, al 15 % de CBPA.....	64
Figura 30 Saturación de Moldes por 4 días	64
Figura 31 Ensayo de Moldes al 25% de CBPA.....	65
Figura 32 Índice de plasticidad en suelos arcillosos con Adición de Cenizas.....	85
Figura 33 CBR de Muestras con Diferentes Adicciones de Ceniza	87
Figura 34 Curvas Granulométricas de los Tratamientos.....	88
Figura 35 Índice de Plasticidad.....	89
Figura 36 Curvas de Compactación-II Repetición.....	92
Figura 37 Variación de MDS en Tratamientos	93
Figura 38 Variación de OCH en Tratamientos	94
Figura 39 Variación de CBR.....	95
Figura 40 Variación de Expansión a 4 días	96

INTRODUCCION

En los últimos años los proyectos de mejoramiento y construcción de vías de acceso son comunes y de alta demanda ya que generan desarrollo. En regiones como la selva del Perú, existen inconvenientes debido a que los tipos de suelo que más abundan son los suelos finos, entre ellos, limosos y arcillosos, los mismos que según sus propiedades y características no son los más adecuados para ser usados en proyectos viales, sin embargo existen procedimientos para el mejoramiento de los mismos, a través de métodos que garanticen un adecuado comportamiento durante su vida útil, estos procesos son conocidos como “estabilización”, los que pueden ser, mecánicos, químicos, por sustitución, entre otros, por cualquiera de ellos los presupuestos suelen incrementarse, en consecuencia las propuestas para ciertos proyectos son inviables, aun existiendo la necesidad, razón por la cual se deben buscar recursos que ayuden estabilizar los suelos, y que estos sean accesibles.

En muchos países se vienen realizando investigaciones acerca del uso de residuos correspondientes a procesos agroindustriales en diferentes rubros, obteniendo buenos resultados en la mayoría de ellos, con la finalidad de aprovechar al máximo los recursos naturales que explotamos para la obtención de productos de primera necesidad, que ahora y en unos años se seguirán produciendo, incluso a mayor escala.

Por lo antes mencionado esta investigación, evaluará si la ceniza de biomasa de palma aceitera, un residuo que se obtiene de los procesos de obtención de aceite de palma, puede ser usado como un agente estabilizador en suelos de tipo arcilloso, mejorándolo a nivel de subrasante.

CAPITULO I. PROBLEMA DE INVESTIGACION

1.1 Fundamentación o Situación del Problema de Investigación.

La inestabilidad de suelos es uno de los problemas más recurrentes en la ingeniería vial, para contrarrestar estos inconvenientes se hace uso de procedimientos normados para estabilizarlos, a través de ello se mejora las propiedades físicas, mecánicas y de resistencia, esto se logra por medio de la combinación de materiales (combinación de 1 o más tipos de suelos), adición de productos sólidos (cemento y cal) y algunos componentes químicos (líquidos), que en su mayoría son costosos. Tal es el caso de los suelos arcillosos, uno de los más abundantes y con mayor impacto negativo en temas de ingeniería; los mismos que vienen siendo estudiados en los últimos años con la finalidad de ser utilizados en proyectos, siempre y cuando, se garantice su comportamiento en condiciones de servicio, que represente un ahorro económico, y que además sea sostenible. En estos días, los materiales alternativos para fines de estabilización son innumerables, de los cuales se están usando en su mayoría residuos o los mal llamados “deshechos” de algunos procesos industriales, uno de ellos es la biomasa de palma aceitera.

En la actualidad, el cultivo de la palma aceitera en Indonesia y Malasia, representa el 85% de la producción mundial, asimismo países como Tailandia, Brasil, Nueva Guinea, Colombia y México están exportando esta materia prima. En el caso particular del Perú, el cultivo de la palma aceitera está abriéndose paso como una de las industrias más estables, actualmente las regiones de San Martín, Ucayali, Loreto y Huánuco son los principales, el MINAGRI¹ calcula más de 90 mil hectáreas de palma aceitera en nuestro país, la producción de palma y sus derivados son indispensables para la economía peruana. A razón de ello, actualmente se están presentando innumerables proyectos que permiten promover la

¹ Ministerio de Agricultura y Riego

recuperación de áreas deforestadas producto de la agricultura migratoria y actividades ilícitas, una de ellas es la instalación de plantaciones de palma aceitera.

Dentro de los componentes del fruto fresco de la palma aceitera tenemos: aceite, escobajo, fibra, cascarilla, almendra, impurezas, agua y lodos, de toda la producción, el escobajo (bagazo) y la cascarilla componentes que conforman la biomasa, representa un 22% y 6% respectivamente, entendiendo que en volúmenes mayores se obtiene una gran cantidad de este material, el cual muchas veces no es dispuesto de una forma ambientalmente racional y por consiguiente no es aprovechada por desconocimiento y falta de investigación. En vista de ello, se debe lograr un desarrollo sostenible ya que su producción está en constante ascenso, incluso podrían utilizarse en el rubro de la ingeniería, particularmente en el mejoramiento de las propiedades de los suelos arcillosos.

Ahora bien, el uso de materiales no convencionales en el rubro de la ingeniería ha sido tema de investigación en estos últimos años; el uso de fibras, cenizas, materiales reciclados, entre otros. Por esta razón y tomando en consideración esta línea de investigación, se determinó estudiar la ceniza de biomasa de palma aceitera como potencial estabilizador de suelos arcillosos a nivel de subrasante, a través del cual se realizaran ensayos comparativos en muestras con diferentes porcentajes de contenido de ceniza (Granulometría, Límites, Proctor, CBR, entre otros), se obtendrán los resultados requeridos, colocando o no, a la ceniza de biomasa de palma aceitera como un posible estabilizante.

1.2 Formulación del Problema de Investigación General y Específicos

1.2.1 Problema General

P.G: ¿Qué efectos tiene la ceniza de biomasa de la palma aceitera en la estabilización de suelos arcillosos a nivel de subrasante?

1.2.2 Problemas Específicos

P.E1: ¿En qué medida incide la ceniza de biomasa de palma aceitera en la plasticidad de los suelos arcillosos a nivel de subrasante?

P.E2: ¿En qué medida incide la ceniza de biomasa palma aceitera en la densidad de los suelos arcillosos a nivel de subrasante?

P.E3: ¿En qué medida incide la ceniza de biomasa de palma aceitera en la capacidad de soporte de los suelos arcillosos a nivel de subrasante?

1.3 Formulación del Objetivo General y Específicos

1.3.1 Objetivo General

O.G: Determinar los efectos de la ceniza de biomasa de la palma aceitera en la estabilización de suelos arcillosos a nivel de subrasante.

1.3.2 Objetivos Específicos

O.E1: Evaluar la incidencia de la ceniza de biomasa de palma aceitera en la plasticidad de los suelos arcillosos a nivel de subrasante.

O.E2: Evaluar la incidencia de la ceniza de biomasa de palma aceitera en la densidad de los suelos arcillosos a nivel de subrasante.

O.E3: Evaluar la incidencia de la ceniza de biomasa de palma aceitera en la capacidad de soporte de los suelos arcillosos a nivel de subrasante.

1.4 Justificación

Esta investigación permitirá brindar una nueva alternativa, material no convencional, para el mejoramiento de las propiedades físicas y mecánicas de los suelos arcillosos, ya que estos no cumplen con los parámetros necesarios, por su inestabilidad y baja resistencia, llevar a cabo proyectos donde abunda este material normalmente se vuelve inviable y costoso, y por

consiguiente se limita el desarrollo a ciertas poblaciones. En el aspecto económico, buscará concientizar a población productora de palma aceitera (empresas y productores independientes), para que puedan disponer mejor de los residuos que obtienen, logrando optimizar su uso y aprovechándolo en todas sus etapas, generando ingresos adicionales por un material que normalmente se considera inservible. A los profesionales de la ingeniería les permitirá plantear propuestas sustentables y accesibles.

Actualmente se está implementando la política de un desarrollo sostenible a nivel mundial, en el cual debe haber un equilibrio entre lo social, económico y lo medioambiental. Es por ello que esta investigación busca aprovechar los residuos (biomasa), producto de la obtención del aceite de palma en la estabilización de suelos arcillosos, los cuales son comunes y como tal, son perjudiciales para proyectos de ingeniería. Esta investigación generará opciones para el mejoramiento de las propiedades de suelos como por ejemplo para material a nivel de subrasante en las carreteras de bajo volumen de tránsito, que comúnmente tiende a ser muy costoso por las escasas alternativas dispuestas en la norma, planteando así un estabilizador natural que con el tiempo pueda industrializarse y convertirse en un recurso viable para las obras.

1.5 Limitaciones

Se requerirá trasladar la ceniza de biomasa de palma aceitera desde una zona de alta producción. Para esta investigación se solicitó el apoyo para la obtención de la ceniza a la refinería “Palmas del Espino” ubicado en el departamento de San Martín, por motivos del costo por el traslado de material, solo se extrajo 150 kg. de muestra de ceniza para realizar toda la investigación. Respecto a los antecedentes, no existen muchas investigaciones relacionadas con el uso de la ceniza de biomasa de la palma aceitera en el rubro de la ingeniería, sin embargo están otros como el uso del cuesco de la palma que también es considerado un desecho, el cual

puede servirnos de guía en la presente investigación, así como el tratamiento de cenizas de otros materiales últimamente estudiados. Se tiene más referencias a nivel internacional que nacional, y casi nulas a nivel local, podría considerarse una gran limitante al momento de describir el marco teórico de nuestra investigación.

Esta investigación no profundizará en análisis de costos, ya que es una variable que no vamos a incluir durante la ejecución.

Esta investigación tampoco profundizará con ensayos para determinar la composición química de los materiales a usar, debido a que la Universidad y otros laboratorios de la región no cuentan con los equipos necesarios, siendo Lima el único lugar donde se podrían realizar, lo que conllevaría a elevar los costos de dicha investigación.

Actualmente por la emergencia nacional que sigue vigente es difícil realizar los ensayos requeridos para esta investigación en los laboratorios de Universidad Nacional Hermilio Valdizán, razón por la cual será necesario buscar laboratorios dentro de la ciudad, quizá la mayor limitante será encontrar laboratorios que cuenten con certificación y calibración reciente de sus equipos.

1.6 Formulación de Hipótesis General y Específicas

1.6.1 Hipótesis General

H.G: La adición de la ceniza de biomasa de palma aceitera mejora el comportamiento de los suelos arcillosos a nivel de subrasante.

1.6.2 Hipótesis Específicas.

H.E₁: Existe variación en la plasticidad de los suelos arcillosos a nivel de subrasante al adicionar ceniza de biomasa de palma aceitera.

H.E₂: Existe variación en la obtención de la densidad de los suelos arcillosos a nivel de subrasante al adicionar ceniza de biomasa de palma aceitera.

H.E₃: La adición de ceniza de biomasa de palma aceitera incrementa la capacidad de soporte de los suelos arcillosos a nivel de subrasante.

1.7 Variables

1.7.1 Variable Independiente

Ceniza de biomasa de palma aceitera.

1.7.2 Variable Dependiente

Estabilización de suelos arcillosos.

1.8 Definición Teórica y Operacionalización de Variables

Tabla 1

Operacionalización de Variables

VARIABLE	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADOR	TIPO DE VARIABLE	ESCALA	INSTRUMENTO
<i>Variable de Independiente</i>	Producto derivado de la incineración de biomasa (escobajo y cascarilla) de palma aceitera (deshechos de proceso industrial)	Adición de ceniza en 15% del peso (kg) de la muestra	Dosificación	Cuantitativa	Continua	Balanza y tamiz
		Adición de ceniza en 20% del peso (kg) de la muestra	Dosificación	Cuantitativa	Continua	Balanza y tamiz
		Adición de ceniza en 25% del peso (kg) de la muestra	Dosificación	Cuantitativa	Continua	Balanza y tamiz
<i>Variable Dependiente</i>	Procedimiento a través del cual se mejoran las propiedades físicas y mecánicas de los suelos arcillosos	Plasticidad	Limite liquido	Cuantitativa	Continua	MTC E 110
			Limite plástico			MTC E 111
		Densidad	Máxima Densidad Seca Optimo Contenido de Humedad	Cuantitativa	Continua	MTC E 115
Estabilización de suelos arcillosos a nivel de subrasante		Capacidad de soporte	Relación de Soporte de California	Cuantitativa	Continua	MTC E 132

Nota. Elaboración propia.

CAPITULO II. MARCO TEORICO

2.1 Antecedentes.

El objetivo de los antecedentes es analizar, con la finalidad de seleccionar las investigaciones a nivel internacional, nacional y local que se encuentren relacionadas a la temática objeto de la investigación. Además, a partir de las conclusiones de otros estudios se podrá realizar las discusiones respectivas en el presente trabajo.

2.1.1 A Nivel Internacional

En los últimos años, se han realizado estudios en los que se resalta el uso los residuos producto de las actividades agroindustriales con la finalidad mitigar los impactos negativos que estos puedan generar. Entre los residuos más comunes encontramos fibras, cenizas, cáscaras, etc.

La ceniza de biomasa de palma aceitera es un residuo revalorizado en países extranjeros con altos niveles de producción de palma; es así que en las diferentes investigaciones que se han realizado, la presentan como una propuesta de material sostenible dentro del sector construcción.

Cotes & Murillo (2015), durante la décimo quinta conferencia Panamericana de Ingeniería geotécnica y mecánica de suelos llevada a cabo en Argentina el 2015, abordaron como tema de exposición su investigación titulada “*Estabilización de suelos arcillosos mediante la dosificación de la ceniza del cuesco de la palma africana*”, se utilizó el método inductivo, determinando las siguientes conclusiones;

Con la adición de CCPA² se evidenció una disminución en el índice de plasticidad en el suelo A y aumento en suelo B. Para las muestras ensayadas se encontró que la tendencia de los resultados de resistencia a la compresión inconfiada es en forma de gauss, la cual evidencia que después de alcanzar el porcentaje óptimo de 7.5% CCPA, y se adiciona

² Ceniza del cuesco de Palma Africana.

más CCPA la resistencia disminuye, sin embargo, para el suelo B, a los 14 días curado la muestra con 10% CCPA, tuvo una mayor resistencia que la de 7.5% CCPA.

En general se obtuvo una ventaja al utilizar la CCPA, por este motivo se recomienda el uso de esta ceniza como una alternativa a los estabilizantes utilizados convencionalmente.

Además, el aprovechamiento de materiales propios de la zona y subproductos agroindustriales como CCPA. (Estabilización de suelos arcillosos mediante la dosificación de la ceniza del cuesco de la palma africana, 2015, pág. 1685)

Esta investigación está enfocada a la estabilización de suelos arcillosos, directamente relacionado a nuestra variable dependiente, sin embargo, se hace uso netamente del cuesco de la palma, Gonzales (2013), presenta los porcentajes de cada uno de los componentes de la palma aceitera, indicando que el cuesco (cascarilla) y escobajo representan el 6% y 22% respectivamente, por lo que el cuesco es un residuo limitado en comparación al escobajo.

En el artículo de la revista *Materiales de construcción y edificación*, titulado “*El estado actual del uso de cenizas de combustible de aceite de palma (POFA³) en hormigón*”, de la Universidad de Malasia Pahang, se hace referencia a los trabajos que se vienen realizando dentro del rubro de tecnología del concreto y menciona lo siguiente;

El estudio se realizó reemplazando el cemento portland con cenizas de palma que oscila entre 10% y 50%. Se observó que la resistencia a la compresión de las muestras disminuyó cuando entre 20 % y 50% de cemento fue reemplazado por cenizas de palma de aceite. Desde entonces se han realizado muchos estudios para mejorar las propiedades del hormigón. (Hamada, Jokhio, Yahaya, Humada, & Gul, 2018, pág. 27)

Si bien este artículo no está directamente relacionado a la aplicación de nuestra investigación, nos indica que la ceniza de palma aceitera puede reemplazar parcialmente el uso

³ Palm oil fuel ash

de cemento en la producción del concreto, asimismo los autores mencionan que las nano partículas ultrafinas aumentan la resistencia a la compresión del concreto y finalmente concluyen que la ceniza de palma es un buen material puzolánico. (para la discusión)

En Colombia, Sánchez & Solano (2019), en su tesis titulada “*Análisis de viabilidad del uso de cenizas de palma de aceite mezcladas con escoria granulada y activadores alcalinos para elaboración de morteros de recubrimiento*”, llegaron a las siguientes conclusiones;

El estudio presentó la eficiencia en las propiedades físico-mecánicas y de durabilidad en los morteros para ser usados como recubrimiento, sustituyendo el cemento Portland por ceniza de palma de aceite (cuesco y fibra del fruto de palma de aceite incinerada en las calderas a 600°C), escorias granuladas negras activadas alcalinamente con hidróxido de sodio y silicato de sodio, y el efecto que tiene la temperatura de curado sobre estas.

(págs. 160)

En la tesis enfatizan y concluyen que el uso de la ceniza de aceite es viable, ya que incrementa la resistencia a la compresión, incluso recomiendan investigar su uso en estructuras de pavimento, dejando esta línea de investigación pendiente, lo cual se adecua a la investigación que se propone evaluar, relacionado con la estabilización de suelos arcillosos haciendo uso de este material.

2.1.2 A Nivel Nacional

En la facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Nacional de Ingeniería (UNI), se presentó una tesis relacionada a la estabilización con materiales de residuos orgánicos, titulada: “*Estabilización de suelos arcillosos con ceniza de cáscara de arroz para el mejoramiento de subrasante*”, la investigación utilizó el método inductivo, y llegó a las siguientes conclusiones;

Los resultados obtenidos durante esta investigación mostraron que el suelo estabilizado con ceniza de cáscara de arroz trae cambios favorables, que hacen posible usar el material a nivel de subrasante. Sin embargo, los cambios más significativos se producen cuando se combina el suelo arcilloso con ceniza de cáscara de arroz y cal. Debido a que las combinaciones de suelo arcilloso con ceniza de cáscara de arroz son limitadas para formar productos cementosos por la presencia de sílice reactiva con baja cantidad de contenido de calcio presente en el suelo. Por lo tanto, la ceniza de cáscara de arroz tiene mayores ventajas cuando son agentes estabilizadores secundarios. (Castro , 2017, págs. 108-109).

La tesis refiere que la adición de la ceniza de cáscara de arroz y cal, benefician el comportamiento de los suelos arcillosos, tanto de forma individual y conjunta, los resultados mejoran en ambos casos, lo que indica que la ceniza vegetal puede usarse como un estabilizante, recomendando su uso con otros para obtener mejores resultados.

En la Universidad Nacional del Santa, se presentó en el 2018, la tesis *“Estabilización de suelos arcillosos con conchas de abanico y cenizas de carbón con fines de pavimentación”*, llegando a las siguientes conclusiones;

Existe una disminución del MDS para todas las combinaciones respecto al suelo natural.

La combinación al 20% tuvo la mayor MDS comparado con las demás combinaciones, pero menor en 0.042 gr/cm³ en relación a la MDS del suelo natural.

El valor del CBR se incrementó para todas las combinaciones respecto al suelo natural, siendo el máximo aumentó de 17% para combinaciones al 25%. Todas las combinaciones lograron obtener un CBR mayores al 6%, pudiendo ser utilizadas como subrasante.

(Espinoza & Honores, 2018, pág. 173)

La tesis indica que la adición de cenizas de carbón produce cambios en el comportamiento de los suelos arcillosos, mejorando su capacidad de soporte, según la Tabla 6., pasa de regular a buena a nivel de subrasante.

En la Universidad Cesar Vallejo se presentó en el 2020, la tesis *“Estabilización de suelos arcillosos incorporando cenizas de madera, originadas por ladrilleras artesanales, en la red vial vecinal Antarumi-Macachacra, Ayacucho”*, el método utilizado fue el inductivo, llegando a las siguientes conclusiones;

En esta investigación, se determinó que para la máxima densidad seca se obtuvo una variación de 6.20% pero con la adición de 21% de ceniza. Para el óptimo contenido de humedad aumentó hasta en un 23.16% con la adición de 25% de ceniza de madera. Por último, para la capacidad de soporte mejoró hasta un 24.35% con una adición de 25%. Por lo tanto, se determinó que la adición de ceniza de madera influye positivamente en la estabilización de suelos arcillosos (Alanya Palomino, 2020, págs. 74-75)

Esta investigación deja como antecedente que el uso de cenizas de origen orgánico, contribuyen al mejoramiento de las propiedades de los suelos arcillosos.

En el norte del país, Trujillo, se desarrolló la tesis titulada *“Estabilización de suelos arcillosos adicionando cenizas de bagazo de caña para el mejoramiento de subrasante en el Sector Barraza, Trujillo – 2018”*, obteniendo las siguientes conclusiones;

Después de realizar los ensayos necesarios para evaluar la influencia de la ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA), se concluye que la CBCA mejora las propiedades mecánicas del suelo con la adición de los tres porcentajes propuestos, sin embargo, con la adición del 15% de CBCA se notan mejores resultados en la capacidad de soporte. Esto se vio reflejado en los tres puntos evaluados de la carretera, donde inicialmente el suelo

era inadecuado, a los cuales se les adiciono el 15% de CBCA, de tal manera que el CBR del Km 0+011 aumentó de 1.888% a 22.5%, del Km 1+524 aumentó de 1.843% a 22.4% y del Km 3+529 aumentó de 1.739% a 21.9%, lo cual indica que la CBCA aumentó el CBR del suelo en más de 10 veces.

Los resultados obtenidos durante esta investigación mostraron que el suelo estabilizado con ceniza de bagazo de caña de azúcar trae cambios favorables que hacen posible usar el material a nivel de subrasante, como se pudo ver se mejoró de una subrasante con CBR promedio de 1.823% (subrasante muy mala), a obtener un CBR promedio de 22.267% (subrasante muy buena). (Terrones, 2018, págs. 143-144)

Esta tesis es un buen referente de la efectividad de la estabilización de suelos arcillosos con cenizas de residuos orgánicos. Con los recursos renovables que poseemos se pueden plantear políticas de desarrollo viables y sustentables, no solo con los residuos de bagazo de caña.

Otra tesis relacionada parcialmente al tema de investigación, es la de presentada ante la Universidad Nacional Unión, titulada “*Estabilización de un suelo arcilloso con ceniza volcánica para el mejoramiento de subrasante en la progresiva km 5+100 al 6+100 del tramo Asirumi – Rosaspata Huancané*”, concluyendo lo siguiente;

Se identificó el porcentaje óptimo de adición de ceniza volcánica según su capacidad de soporte (CBR) comparando los resultados obtenidos en laboratorio. Siendo el 20% de adición de ceniza volcánica, el cual incrementa la capacidad de soporte (CBR) en un 61.02% respecto a la muestra patrón. El suelo natural tomado como muestra patrón presenta un (CBR) de 4.58% categorizándose como una subrasante pobre y el valor máximo (CBR) de 11.75% obtenido en laboratorio se categoriza como una subrasante buena. (Vargas B. , 2020, págs. 68-69)

Asimismo, indica en general que las cenizas por sus altos contenidos en sílice, resultan ser beneficiosos para los suelos arcillosos, actúan reduciendo el límite líquido, índice plástico e índice de expansión, es por esta razón que necesitamos conocer el comportamiento de los suelos al adicionarle la ceniza de escobajo de palma aceitera, bajo la premisa anterior.

2.1.3 A Nivel Local

En Huánuco, no existen investigaciones relacionadas directamente con el tema de investigación, sin embargo, existen algunas en las que dejan como antecedente el uso de residuos orgánicos para el mejoramiento de algunos materiales destinados a construcción.

Anaya & Avalos (2021) en su tesis “*Estudio comparativo de las propiedades físicas mecánicas del adobe elaborado con paja frente a otro, con bagazo de caña de azúcar - Huánuco - 2020*”, presentado a la Universidad Nacional Hermilio Valdizan, concluyen lo siguiente;

Se confirmó la hipótesis general como se puede apreciar en el siguiente cuadro, donde los resultados de los ensayos de los adobes elaborados con bagazo de caña de azúcar son mejores en comparación al adobe elaborado con paja; sin embargo, para la realización de los ensayos de compresión de pilas y tracción indirecta en muretes, las muestras se elaboraron con dimensiones diferentes a lo especificado en la norma en la norma E.080 por las limitaciones mencionadas. (págs. 109-110)

Tabla 2*Resultados de Investigación*

Tipo de ensayo	Adobe con paja	Adobe con bagazo de caña de azúcar
Densidad de unidades (kg/m ³)	1853.84	1878.22
Densidad de pilas(kg/m ³)	1771.97	1809.74
Densidad de muretes (kg/m ³)	1821.99	1880.09
Alabeo (mm)	2.97	3.00
Succión	-	-
Absorción	-	-
Compresión de unidades (kgf/cm ²)	11.32	14.57
Compresión de pilas (kgf/cm ²)	9.09	11.06
Tracción indirecta de muretes (kgf/cm ²)	0.38	0.51

Nota. Tomada de Anaya & Avalos, 2021(pág. 109).

Con los resultados de esta tesis podemos augurar que el uso de residuos orgánicos, en este caso con el bagazo de caña de azúcar, pueden mejorar considerablemente las propiedades físico mecánicas de algunos elementos usados para la construcción.

2.2 Bases Teóricas

2.2.1 Estabilización de Suelos

Está definido como un procedimiento a través del cual se mejora o controla las propiedades originales de los suelos, cuando estos no cumplen con los requerimientos solicitados, algunas de las cuales son: la estabilidad volumétrica, la deformabilidad o compresibilidad, la capacidad de soporte de resistencia, entre otros. A lo largo de los años se han realizado muchos estudios al respecto y después de muchas investigaciones se han establecido

métodos para conseguirlo, es así que actualmente se tiene estabilización mecánica e incorporación sustancias químicas.

Figura 1

Estabilización del CP. Conchumayo- CP. Mercenario - Santa María del Valle



Nota. Estabilización de suelos a nivel de subrasante con cemento y aditivo Proes, tramo de prueba (2017). Fuente: Propia.

2.2.2 Métodos de Estabilización de Suelos.

2.2.2.1 Estabilización Mecánica. Este método se utiliza para mejorar las condiciones de los suelos, haciendo uso de materiales con propiedades complementarias (cambios físicos), o sometiénolos a procesos adicionales, sin generar reacciones químicas. Se puede realizar de las siguientes maneras:

- Por sustitución de suelos.
- Por compactación.

- Por combinación de suelos.
- Con geosintéticos.

2.2.2.2 Estabilización Química. Este procedimiento requiere la incorporación de sustancias que generen reacciones químicas y de que de esta forma se modifiquen las características de los suelos. Según Gutiérrez (2010) “consiste en llevar a cabo una adecuada clasificación del suelo y de acuerdo a ello determinar el tipo y cantidad de agente estabilizante, así como el procedimiento para efectuar la estabilización” (pág. 39).

El RNE, en la CE. 020, tiene normado las sustancias químicas de las que se ha comprobado su efectividad en los procesos de estabilización, así como las recomendaciones que se deben seguir al respecto. Considera aditivo estabilizador a:

- La cal.
- El cemento.
- El asfalto

2.2.3 Estabilización con Cenizas Volantes Tradicionales

Las cenizas volantes tradicionales se distinguen por su bajo contenido de cal y alto contenido de sílice, son utilizadas conjuntamente con un agente actividad rico en cal para lograr la estabilización. Usualmente se usa con cal o cemento.

2.2.3.1 Ceniza Vegetal. Proviene de la quema de diferentes tipos de restos vegetales u orgánicos, tales como: trozos, cáscaras, hojas y tallos, entre otros, los más comunes son las cenizas de eucalipto, cenizas de bagazo de caña, cenizas de cáscara de arroz, las mismas que presentan propiedades de un material puzolánico, con altas proporciones en sílice y alúmina. Además, al ser mezclado con agua, reacciona químicamente, obteniendo un comportamiento de un material cementante.

Figura 2

Reacción Química de la Ceniza con Agua.



Nota. Comportamiento de la ceniza de biomasa de palma aceitera al entrar al contacto con el agua, por sus componentes puzolánicos se endurece en presencia de ella. Fuente: Propia.

El uso de las cenizas vegetales para la estabilización de suelos no se encuentra normado; sin embargo, se vienen realizando investigaciones para poder determinar cuáles podrían ser las más adecuadas para ser usadas dentro de proyectos de ingeniería posteriormente.

2.2.4 Propiedades Afectadas en los Procesos de Estabilización

- **Estabilidad Volumétrica.** Es una propiedad relacionada a los cambios volumétricos de materiales al entrar en contacto con el agua, muchos de ellos reaccionan rápidamente mientras que otros presentan modificaciones estacionales, particularmente se observa en los suelos arcillosos, arenosos y en suelos colapsables.

Para el mejoramiento o control de ello se recomienda la aplicación de cargas, métodos de impermeabilización por medio del uso de membranas, entre otros.

- **Resistencia.** Es la capacidad que tienen los suelos de responder ante solicitudes de carga, evitando su deformación y falla. Los suelos que ofrecen baja resistencia son los arcillosos especialmente al estar en contacto con altos contenidos de humedad.

Para mejorar la resistencia de suelos arcillosos se recomiendan estabilizaciones por los métodos de compactación, precarga, drenaje, mecánica o química.

- **Permeabilidad.** Es una propiedad característica de los suelos, pues están compuestos por partículas de diferentes tamaños lo cual constituye la presencia de poros, es común identificarla en dos problemas básicos: la relación con la disipación de las presiones de poro y el flujo del agua a través del suelo.

El suelo arcilloso al ser compactado en humedades bajas, adquiere una alta permeabilidad, mientras que hacerlo con una humedad adecuada reduce la misma.

- **Compresibilidad.** Propiedad en la que el volumen de un suelo disminuye debido a una carga, la compresibilidad en los suelos gruesos es mínima, ya que las partículas siempre están en contacto debido a sus superficies irregulares, pero en suelos finos la compresibilidad es mucho mayor debido a que el material puede rellenar los vacíos que se producen, consiguiendo así la reducción de volumen. El índice de plasticidad es directamente proporcional a la compresibilidad de un material.
- **Durabilidad.** Se relaciona con la capacidad que tiene para resistir ante condiciones de intemperismo (exposición), erosión y abrasión del tránsito.

2.2.5 *Palma Aceitera (Elaeis Guineensis)*

Es una variedad de palma tropical también conocida como palmera de Guinea, palma aceitera africana, coroto de Guinea, palmera Aabora, entre otros, es propia de climas cálidos, cuyo origen particular se ubica en la región occidental y central del continente africano,

específicamente en el golfo de Guinea. Pertenece a la familia Palmaceae. Su nombre científico es “*Elaeis guineensis* Jacq.”, se caracteriza por estar compuesto de un tronco solitario que puede llegar a alcanzar más de 40 m. de altura con un diámetro de 0.30-0.60 m, su uso principal es para la obtención de aceite. Actualmente su producción se ha extendido alrededor del mundo en países como: Indonesia, Malasia, Tailandia, Brasil, México, Colombia y Perú.

Figura 3

Plantaciones de Palma Aceitera en la Región San Martín.



Nota. Ingreso a la Refinería Palmas del Espino-Sede Palmawasi (Tocache, Santa Lucía), visita a la planta de procesamiento. Fuente: Propia.

2.2.5.1 Situación en Perú. El cultivo de palma aceitera en Perú se remonta al año 1973, con cultivos en nueve provincias de 4 regiones del país, ocupando un total 14,667 hectáreas. Entre los años 2001 y 2014, los cultivos de palma aceitera incrementaron a una tasa anual promedio de 13%, pasando de tener 14,667 mil hectáreas a 77,537 hectáreas como se muestra en la Figura 4.

El crecimiento de las plantaciones a lo largo de los años ha permitido que muchas familias sean beneficiadas con su producción, este caso particular fue el de la región de San Martín, donde gran parte de las familias que vivían en pobreza y pobreza extrema, con una economía muy básica y con cultivos alimenticios de bajo rendimiento. Es así que conforme las plantaciones fueron extendiéndose generaron un gran impacto en lo económico, social y medioambiental, que permitió mejorar las condiciones de vida en ciertos sectores.

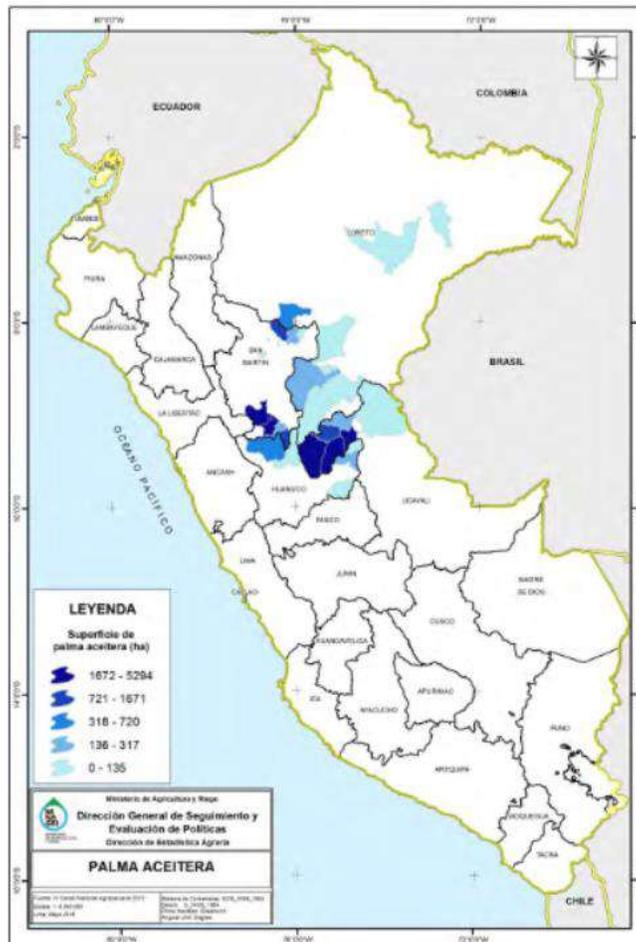
Figura 4

Cultivos de Palma Aceitera entre los años 2000-2014



Nota. Tomado de *AGROINDUSTRIA DE LA PALMA ACEITERA: Alternativa Sostenible que promueve Desarrollo socioeconómico en la Amazonia*. Fuente: Sáenz (2017).

El cultivo de palma aceitera se extiende en 4 regiones del país: Huánuco, San Martín, Ucayali y Loreto, precisamente en zonas pertenecientes a la selva amazónica peruana.

Figura 5*Principales Zonas Productoras de Palma Aceitera*

Nota. Tomado del *Plan Nacional de Desarrollo Sostenible de la Palma Aceitera (2016-2025)*

(pag.27). Fuente: Ministerio de Agricultura y Riego. (2016)

A la fecha no es posible conocer con exactitud la cifra oficial de hectáreas existentes de palma aceitera a nivel nacional por lo que la Revista Xilema de la Facultad de Ciencias Forestales de la Universidad Nacional Agraria la Molina (UNALM), ha realizado una publicación titulada “*Estimación de la superficie cultivada de Palma Aceitera mediante la interpretación de imágenes satelitales durante los años 2016-2020*”, en la cual se obtuvieron los

incrementos anuales aproximados a partir del 2017 por cada una de las regiones productoras identificadas.

Tabla 3

Superficie Cultivada de Palma Aceitera a Niveles Departamentales y Provinciales

Departamento/ Provincia	Línea Base 2016	Aumento 2017	Aumento 2018	Aumento 2019	Aumento 2020	Total Acumulado (ha)
Huánuco	1 529.97	123.44	199.08	326.90	70.48	2 249.87
Marañón	506.37	18.22	102.61	323.85		951.05
Puerto Inca	1 023.60	105.22	96.47	3.04	70.48	1 298.82
Loreto	12 985.13	47.39	343.73	192.70		13 568.94
Alto Amazonas	12 936.20	42.39	327.61	192.70		13 498.90
Maynas	48.92	5.00	14.15			68.08
Ucayali			1.96			1.96
San Martín	31 798.93	855.02	1 342.58	1 101.60	53.60	35 151.74
Lamas	7 635.82	20.06	501.07	187.90		8 344.85
San Martín	648.76	679.76	225.27	325.84		1 879.63
Tocache	23 514.35	155.20	616.24	587.86	53.60	24 927.26
Ucayali	38 808.92	717.37	2 606.23	1 677.41	267.88	44 077.82
Coronel Portillo	21 134.72	109.22	1 395.88	741.19	83.84	23 464.85
Padre Abad	17 674.20	608.16	1 210.35	936.22	184.04	20 612.97
Total (ha)	85 122.95	1 743.23	4 491.62	3 298.6	391.97	95 048.37
Total Acumulado	85 122.95	86 866.18	91 357.80	94 656.40	95 048.37	

Nota. Tomado y adaptado de Yupanqui, Julca, & Valerio (2021).

El cultivo de palma aceitera en nuestro país, ha beneficiado a más de 7,000 familias de la Amazonía, ya que el 52% de las hectáreas cultivadas están a cargo de pequeños y medianos productores. Antes de que la industria del aceite de palma revolucionara nuestro país, la mayoría

de agricultores se dedicaban al cultivo ilegal de la hoja de coca, fue entonces que encontraron en la palma aceitera una alternativa que les ofrecía más oportunidades y beneficios. Se han identificado 16 plantas de procesamiento a nivel nacional en las diferentes zonas de producción , a continuación se muestra en la Tabla 4, la ubicación de cada una de las refinерías.

Tabla 4*Ubicación de Plantas de Procesamiento de Palma Aceitera*

N°	Nombril de Empresa	Departamento	Provincia	Distrito
1	OLAMSA-1	Ucayali	Coronel Portillo	Campoverde
2	OLAMSA-2	Ucayali	Coronel Portillo	Campoverde
3	OLPASA	Ucayali	Padre Abad	Padre Abad
4	INDOLMASA	Ucayali	Padre Abad	Neshuya
5	INDEPAL UCAYALI SA	Ucayali	Padre Abad	Neshuya
6	AGROPECUARIA ROSSEL SRL	Ucayali	Coronel Portillo	Campoverde
7	OLPUSAC	Ucayali	Coronel Portillo	Campoverde
8	INDUSTRIAS PALM OLEO SAC	Ucayali	Coronel Portillo	Callería
9	OLNA PERU SAC	Huánuco	Puerto Inca	Honoría
10	INDUSTRIA DEL SHANUSI SA	Loreto	Alto Amazonas	Yurimaguas
11	INDUPALSA	San Martín	Lamas	Caynarachi
12	OLPESA	San Martín	Tocache	Polvora
13	INDUSTRIAS DEL ESPINO SA	San Martín	Tocache	Tocache
14	BIOANDES EIRL	Ucayali	Coronel Portillo	Campoverde
15	ASOCIACION AGROPECUARIA NUEVO AMANECER	Huánuco	Puerto Inca	Honoría
16	BIODIESEL UCAYALI SRL	Ucayali	Coronel Portillo	Campoverde

Nota. Tomado y adaptado de Yupanqui, Julca, & Valerio (2021).

Figura 6

Refinería Palmas del Espino-Sede Palmawasi



Nota. Fotografía tomada en la visita a las instalaciones de la Refinería Palmas del Espino.

Fuente: Propia.

Figura 7

Área de Prensado y Trituración de Residuos.

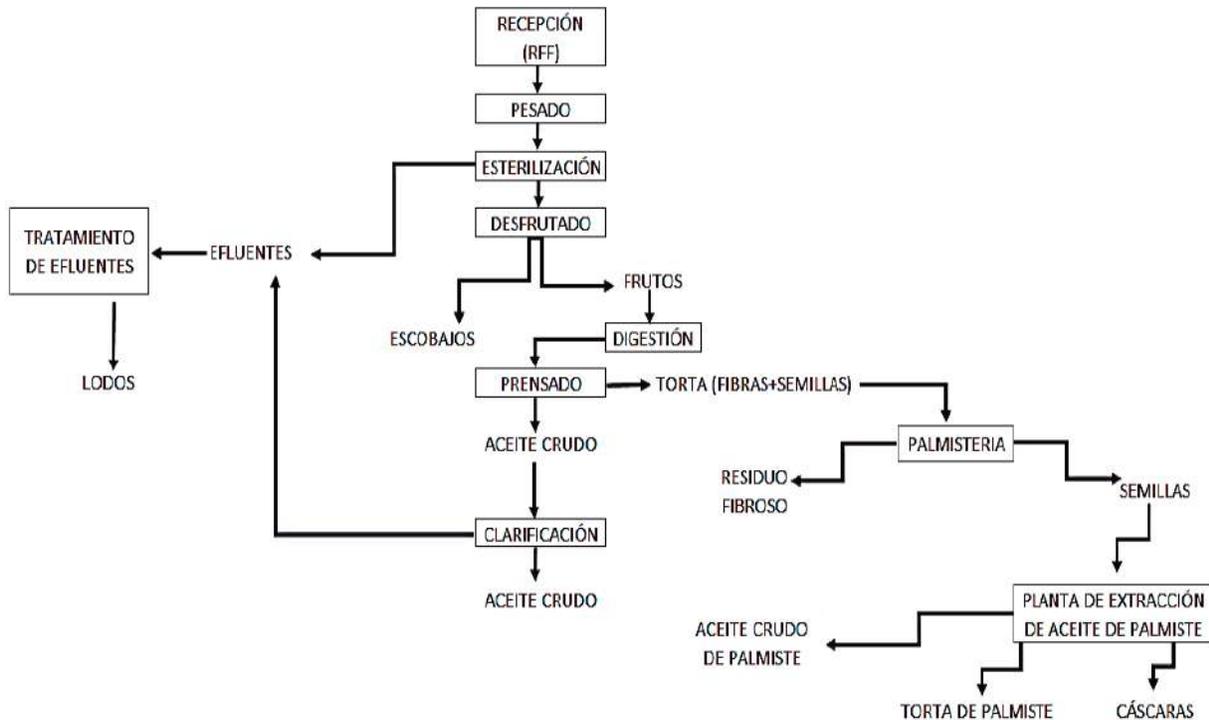


Nota. En el fondo se observan las fibras tituradas correspondiente al escobajo. Fuente: Propia.

2.2.5.2 Proceso Industrial de la Palma Aceitera. (Gamarra, 2016), en su tesis presenta un flujograma donde describe las etapas para la obtención de la materia prima del aceite, así como los residuos.

Figura 8

Proceso Industrial de los Racimos de Frutos Frescos de la Palma Aceitera



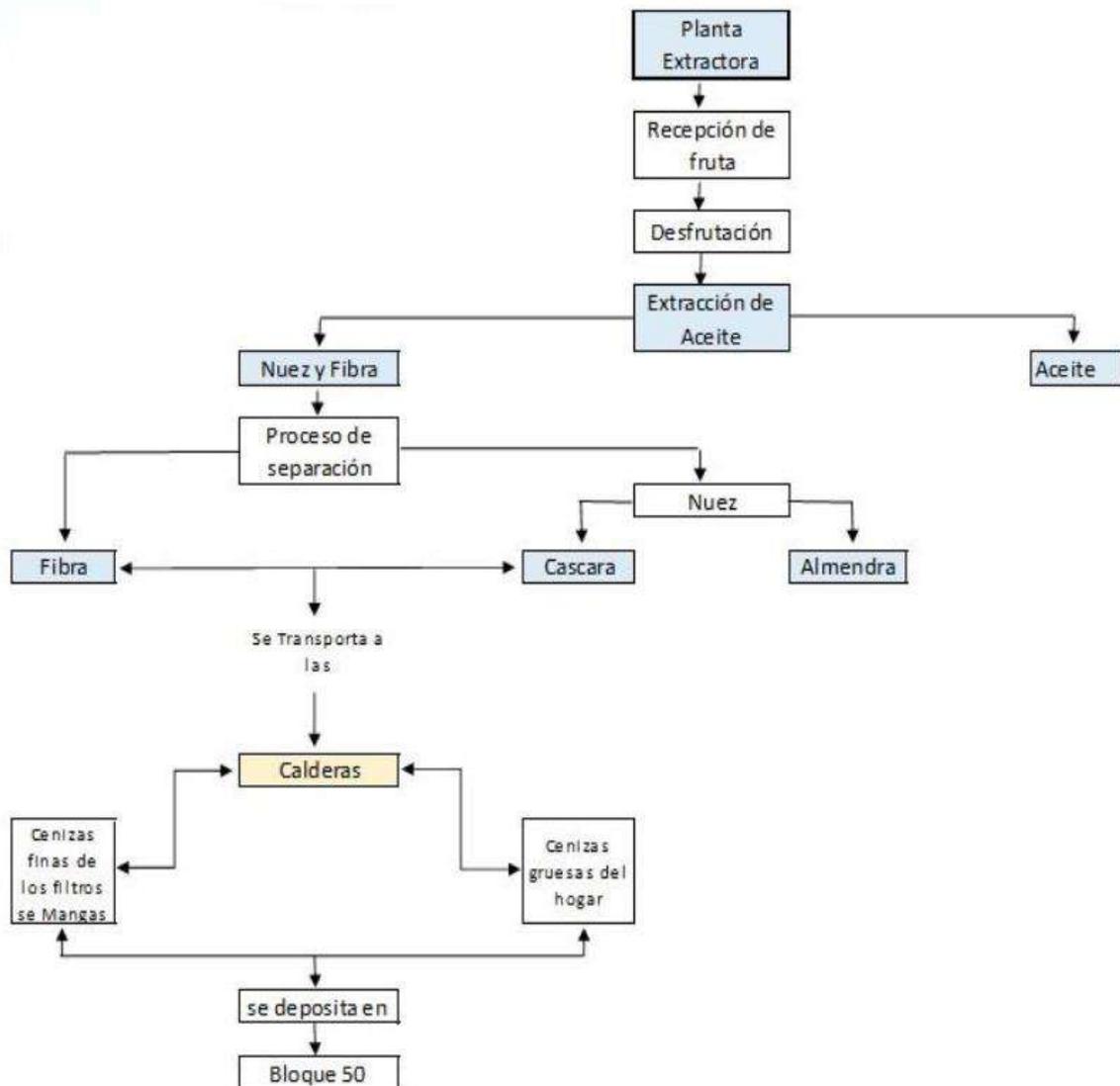
Nota. Tomada de Gamarra (2016).

Como se visualiza en la Figura 1, del proceso denominado desfrutado se obtiene los escobajos, los cuales posteriormente se destinan como combustible para las calderas de las grandes refinerías, según la Figura 2, de ese proceso se obtienen las cenizas de escobajo de palma aceitera, las cuales posteriormente acumulados y dispuestas en espacios autorizados.

La acumulación de este residuo es lo que llama la atención ya que se podrían realizar estudios para identificar cuál es su potencial, en el extranjero estas cenizas son usadas en la elaboración de concreto y morteros.

Figura 9

Proceso de Producción de Aceite de Palma y Obtención de Cenizas.



Nota. Esta figura corresponde al flujograma de producción de la refinería Manuelita – Colombia, en donde procesan 341,000 toneladas de fruta al año, generando un aproximado de 11,7000 ton de ceniza por año por la combustión de cuesco y fibra. Tomada de Sánchez & Solano (2019)

2.2.5.3 Usos Productos y Subproductos Comunes de la Palma Aceitera. De la palma aceitera se obtiene materia prima que tiene un amplio campo de utilización es así que podemos

hacer uso de todos sus componentes en general, por ejemplo, el tronco y las hojas se utilizan en la fabricación de muebles y papel.

El producto base, el aceite de palma, es usado en una variedad de subproductos como los del rubro de cosméticos, lubricantes helados, margarinas, cereales y otros productos para el consumo humano.

Asimismo, también se tiene el aceite de semilla, conocido como aceite de palmiste, el mismo que es usado como base para elaboración de bronceadores y jabones.

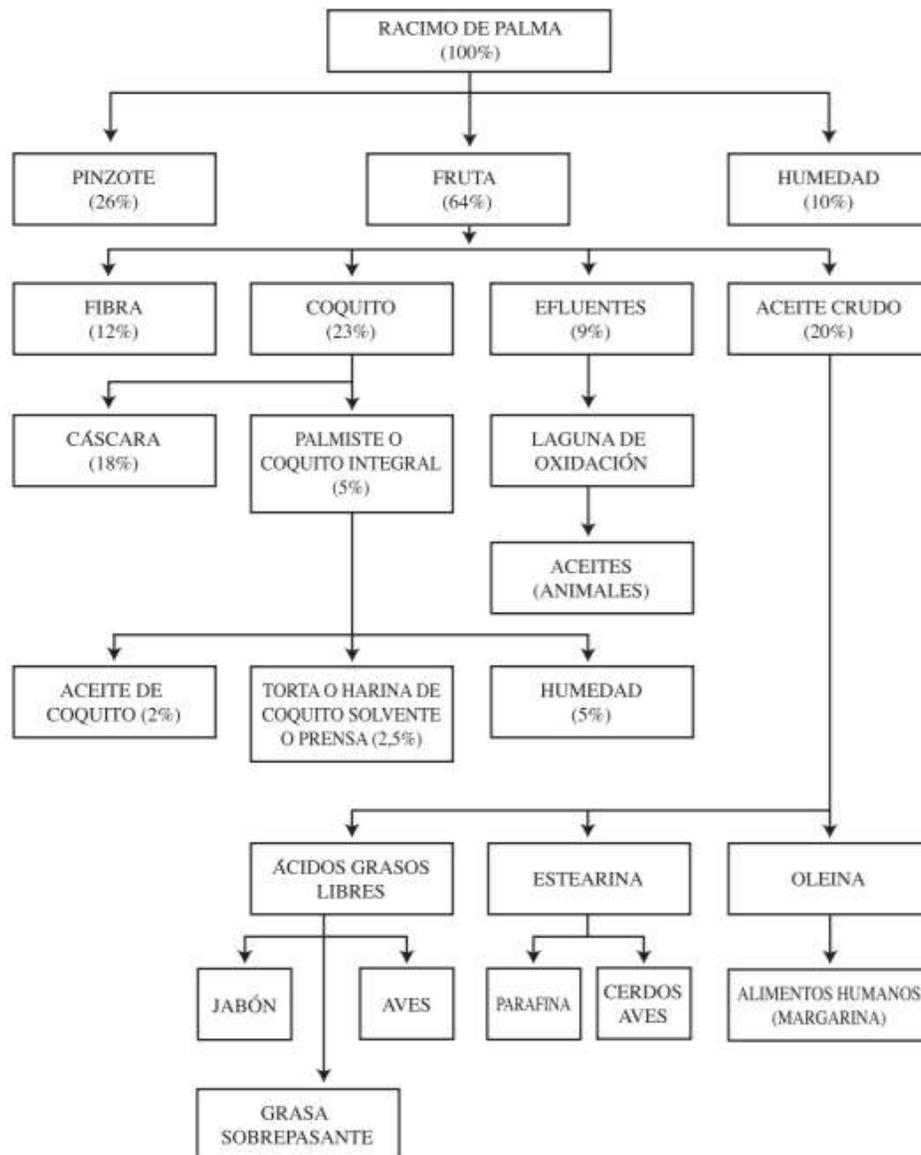
Por otro último, se tienen a los subproductos como escobajos, fibras del mesocarpio, cuesco, cenizas generadas en calderas, lodos producto del tratamiento de los efluentes, estos elementos resultado final del proceso industrial son considerados los residuos, los que comúnmente no tienen un adecuado uso y disposición. A continuación, se detallará cuáles son los usos de los residuos antes mencionados:

- Los escobajos suelen ser usados en menor porcentaje como combustible para las calderas. También es usado para mejorar los suelos de plantaciones jóvenes y como fuente de nutrientes. Adicional a ellos se usa para la fabricación de tableros y papel.
- El cuesco, recubre el endospermo y se obtiene mediante la trituration de la semilla, es usado como combustible doméstico y para calderas.
- Las cenizas de la combustión de residuos son utilizadas para fertilizar los suelos en plantaciones.
- Los lodos son usados en el cultivo en forma de complemento de la fertilización, así como también en la producción del compost.
- Las fibras del mesocarpio, son utilizados actualmente como combustible en calderas para generación de vapor.; además los haces fibrosos poseen una densidad de 112-160 kg/m³.

En la revista *Agronomía costarricense*, Vargas & Zumbado (2003) presentan un diagrama de productos y subproductos de la palma aceitera.

Figura 10

Composición de los Subproductos de la Palma Africana.



Nota. Tomada de Vargas & Zumbado (2003).

Figura 11

Zona de calderas en la Empresa Palmas del Espino.



Nota. Fotografía tomada en las instalaciones de la Refinería Palmas del Espino. Fuente: Propia.

2.2.6 Suelos Arcillosos.

Son suelos que se caracterizan por poseer en su composición cantidades considerables de arcilla, a su vez contienen barro y arena, pero en cantidades menores. Otros autores la definen como;

Como aquel sedimento o depósito mineral constituido principalmente de silicato de aluminio hidratado y se caracteriza por adquirir plasticidad cuando es mezclada con el agua. Está compuesto por materiales muy finos, formado por partículas muy pequeñas de un tamaño menor a 0,002 mm.

Los átomos de las arcillas están dispuestos en formas de láminas. Existen dos variedades de dicha disposición: la silícica y la alumínica. La lámina silícica está formada por un átomo de silicio y tres átomos de oxígeno formando un tetraedro, estos átomos se

agrupan en formas hexagonales, repitiéndose indefinidamente constituyendo una retícula laminar. (Castro , 2017, pág. 56)

Su clasificación se basa en las formas cristalinas del suelo, la cual es propiedad física de las arcillas, por lo que se divide en:

a) Caolinitas

Se caracterizan por su estructura expandible en estado de saturación, convirtiéndola en una arcilla muy estable, está conformada por superposición indefinida de láminas silícicas y alumínicas.

b) Illitas

Este mineral de arcilla se encuentra en los poros de las rocas sedimentarias, posee una estructura conformada por dos láminas de alúmina, que están entre dos láminas de SiO_4 , y estas se entrelazan a iones de potasio, generalmente es un poco más expansiva que las caolinitas, pero menos que las montmorillonitas.

c) Montmorillonitas

Es conocida como una arcilla expansora, posee una estructura muy similar a las de las illitas, pero presenta una unión más débil, razón por la cual resulta inestable particularmente al estar en contacto con H_2O .

2.2.7 Subrasante.

Viene a ser la capa superior de un terraplén o la superficie del fondo de la excavación en un terreno, además de ser el soporte del pavimento, razón por la cual debe cumplir ciertas características. El Manual de Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, lo define como “la superficie terminada en la carretera a nivel de movimiento de tierras (corte y relleno), sobre la cual se colocará la estructura de pavimento o afirmado”. (MTC, 2014, pág. 24)

En la exploración de suelos se pueden encontrar cualquier tipo de material para ser usado como subrasante, el MTC, correlaciona la clasificación de suelos AASHTO y SUCS mediante el siguiente cuadro:

Tabla 5

Correlación de Tipos de suelos AASHTO-SUCS

Clasificación de Suelos AASHTO AASHTO M-145	Clasificación de Suelos SUCS ASTM-D-2487
A-1-a	GW, GP, GM, SW, SP, SM
A-1-b	GM, GP, SM, SP
A-2	GM, GC, SM, SC
A-3	SP
A-4	CL, ML
A-5	ML, MH, CH
A-6	CL, CH
A-7	OH, MH, CH

Nota. Clasificación equivalente entre ambos sistemas. Fuente: *Manual de Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos* (MTC, 2014).

Una vez que se identifica el material mediante la clasificación se determina el programa de ensayos CBR, el cual nos dará el valor de soporte del suelo, que estará referido al 95% de MDS (Máxima Densidad Seca) y a una penetración de carga de 2.54 mm.

Existen categorías de la subrasante en función al CBR, según el valor obtenido podemos clasificar y describir el comportamiento de los suelos.

Tabla 6*Categorías de Sub rasante.*

Categorías de Sub rasante	CBR
S0: Sub rasante Inadecuada	CBR<3%
S1: Sub rasante Insuficiente	De CBR \geq 3% A CBR<6%
S2: Sub rasante Regular	De CBR \geq 6% A CBR<10%
S3: Sub rasante Buena	De CBR \geq 10% A CBR<20%
S4: Sub rasante Muy Buena	De CBR \geq 20% A CBR<30%
S5: Sub rasante Excelente	CBR<30%

Nota. Clasificación de subrasante en función de la capacidad de soporte. Fuente: *Manual de Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos* (MTC, 2014).

2.2.8 Ensayos de Laboratorio.

a) Análisis Granulométrico por tamizado - MTC E 107.

Este ensayo se realiza para determinar la distribución de tamaños de partículas que tiene nuestra muestra de suelo, determinando los porcentajes de material que pasa por distintos tamices, hasta el de 74 mm (N°200).

Los equipos requeridos para este ensayo son balanzas, horno, tamices de malla cuadrada, brochas, cepillos y taras.

Según el tamaño de las partículas podemos identificar y denominar al material ensayado, el manual de Suelos y Pavimentos (2014), nos proporciona una tabla con los diferentes tamaños y el tipo de material al que corresponden.

Tabla 7*Material en Función al Tamaño de las Partículas*

Tipo de material		Tamaño de las partículas
Grava		75 mm – 4.75 mm
Arena		Arena gruesa: 4.75 mm – 2.00 mm
		Arena media: 2.00 mm – 0.425 mm
		Arena fina: 0.425 mm – 0.075 mm
Material Fino	Limo	0.075 mm – 0.005 mm
	Arcilla	Menor a 0.005 mm

Nota. Fuente: *Manual de Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos* (MTC, 2014).

- ***Clasificación AASHTO (Asociación de Estadounidense de funcionarios de Carreteras y Transportes del Estado).***

Este sistema de clasificación, fue desarrollado por Hogentogler y Terzaghi en 1929, y se divide en ocho (8) grupos principales que va de A-1 a A-8, en función a la su granulometría, límite líquido e índice de plasticidad.

Los suelos A-1, A-2 y A-3, corresponden a un material granular (cantos rodados, grava, arena), mientras que los A-4, A-5, A-6 y A-7 a un material fino (limos y arcillas), el suelo A-8 que usualmente no aparece en las tablas y corresponde a turbas o suelos con un alto contenido de materia orgánico.

Para clasificar los suelos por este sistema se requiere de información granulométrica y límites de Atterberg.

Tabla 8*Clasificación AASHTO*

Clasificación general	Materiales granulares (35% o menos pasa el tamiz #200)							Materiales limoarcillosos (más de 35% pasa el tamiz #200)			
	A-1		A-3 ^A	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7 A-7-5 A-7-6
Clasificación de grupo	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				
Tamizado, % que pasa											
No. 10 (2.00mm)	50 máx.	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
No. 40 (425µm)	30 máx.	50 máx.	51 mín.	...	...	...	...	...	...	...	...
No. 200 (75µm)	15 máx.	25 máx.	10 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	36 mín.	36 mín.	36 mín.
Consistencia											
Límite líquido	...	...	...	B				40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.
Índice de plasticidad	6 máx.	N.P.	N.P.	B				10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín. ^B
Tipos de materiales característicos	Cantos, grava y arena		Arena fina	Grava y arena limoarcillosas				Suelos limosos		Suelos arcillosos	
Calificación	Excelente a bueno							Regular a malo			

^A La colocación de A3 antes de A2 en el proceso de eliminación de izquierda a derecha no necesariamente indica superioridad de A3 sobre A2.

^B El índice de plasticidad del subgrupo A-7-5 es igual o menor que LL-30. El índice de plasticidad del subgrupo A-7-6 es mayor que LL-30.

Nota. Extraído de Wikivia, s.f.

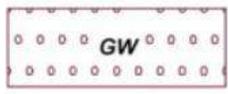
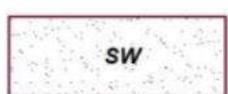
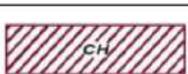
- **Clasificación SUCS (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos)**

Fue propuesto inicialmente por Artur Casagrande en 1932, está basado en el análisis granulométrico y en los límites de Atterberg.

Este sistema se divide entre suelos gruesos y finos, considerando los porcentajes pasantes por el tamiz N°200, si menos del 50% en peso pasa por dicho tamiz, el suelo es grueso, en caso contrario si más del 50% pasa por el tamiz N°200, es fino. A continuación, se presenta la nomenclatura de este sistema para las clases de suelo.

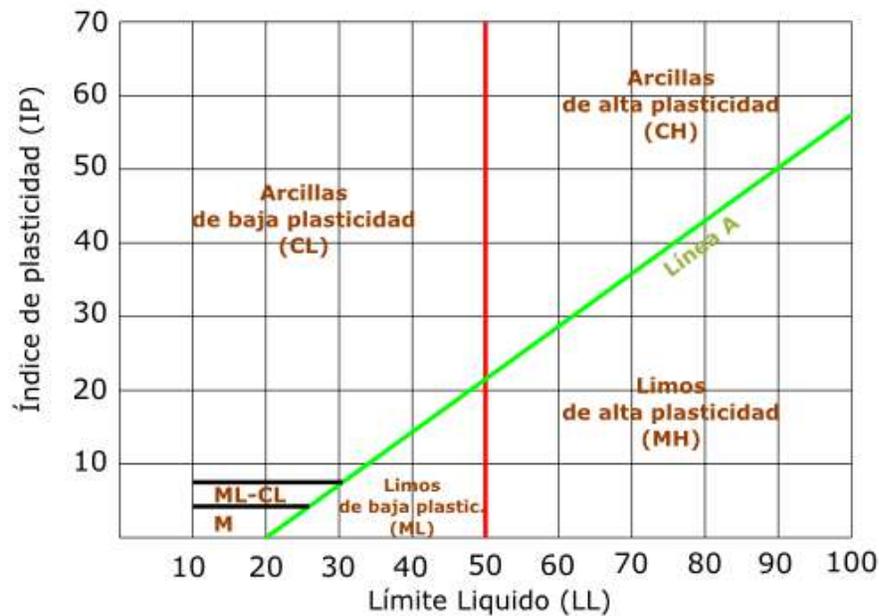
Figura 12

Nomenclatura de Clasificación SUCS

	Grava bien graduada, mezcla de grava con poco o nada de materia fino, variación en tamaños granulares		Materiales finos sin plasticidad o con plasticidad muy bajo
	Grava mal granulada, mezcla de arena-grava con poco o nada de material fino		Arena arcillosa, mezcla de arena-arcillosa
	Grava limosa, mezcla de grava, arena limosa		Limo orgánico y arena muy fina, polvo de roca, arena fina limosa o arcillosa o limo arcilloso con ligera plasticidad
	Grava arcillosa, mezcla de grava-arena-arcilla; grava con material fino cantidad apreciable de material fino		Limo orgánico de plasticidad baja o mediano, arcilla grava, arcilla arenosa, arena limosa, arcilla magra
	Arena bien graduada, arena con grava, poco o nada de material fino. Arena limpia poco o nada de material fino, amplia variación en tamaños granulares y cantidades de partículas en tamaños intermedios		Limo orgánico y arcilla limosa orgánica, baja plasticidad
	Arena mal graduada con grava poco o nada de material fino. Un tamaño predominante o una serie de tamaños con ausencia de partículas intermedios		Limo inorgánico, suelo fino gravoso o limoso, micacea o diatometacea, limo elástico
	Arcilla inorgánica de elevada plasticidad, arcilla gravosa		
	Arcilla orgánica de mediana o elevada plasticidad, limo orgánico		
	Turba, suelo considerablemente orgánico		

Nota. Para cada tipo de suelo se describe sus características.

Para la clasificación de suelos finos se utiliza adicionalmente la carta de plasticidad de Casagrande (Figura 13), la cual determinará los sufijos M (Limo) y C (arcillas) en caso que el material granular tenga un porcentaje considerable de finos.

Figura 13*Carta de Plasticidad de Casagrande*

Nota. Con la información del LL e IP se clasifica con mayor precisión los suelos finos. Extraído de Diccionario de Geotecnia , s.f.

b) Limite liquido- MTC E 110.

Ensayo que determina el máximo contenido de humedad que puede tener un suelo sin que este pase de estado plástico a líquido. (Castro , 2017) menciona que, “el estado líquido se define como la condición en la que la resistencia al corte del suelo es tan baja que un ligero esfuerzo lo hace fluir”. El MTC, determina que para realizar este ensayo se designa arbitrariamente una cierta cantidad de agua a la muestra (contenido de humedad), al cual el surco separador de dos mitades de una pasta de suelo se cierra a lo largo de su fondo en una distancia de 13 mm (1/2 pul.), cuando se deja caer la copa 25 veces desde una altura de 1 cm, a razón de 2 caídas por segundo.

El límite liquido se calcula, mediante las siguientes ecuaciones:

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

Donde:

N = Número de golpes requeridos para cerrar la ranura para el contenido de humedad.

W^n = Contenido de humedad del suelo.

c) Limite plástico- MTC E 111.

El MTC, define al límite plástico, como la humedad más baja con la que es posible formar barritas de suelo de unos 3.2 mm (1/8") de diámetro, rodando la muestra entre la palma de la mano o en una superficie lisa, de preferencia un vidrio esmerilado, sin que las barritas se fisuren antes de alcanzar la medida antes mencionada.

Con el resultado de los límites a) y b) se puede obtener el índice de plasticidad, el mismo que viene a ser la diferencia entre el límite líquido y plástico:

$$\text{Índice de Plasticidad} = \text{Limite Liquido} - \text{Limite Plástico}$$

Finalmente, el índice de plasticidad indica el grado de contenido de humedad en que un suelo permanece en estado plástico, lo que ayuda a clasificar aún más el tipo de suelo según estos resultados.

d) Ensayo Proctor Modificado- MTC E 115.

Este ensayo de laboratorio permite encontrar la relación entre el contenido de agua y peso unitario seco de los suelos, el cual se representa mediante la curva de compactación. Se compactan muestras de suelo en capas dentro de moldes con medidas estandarizadas, el pistón de compactación es de 10 lb, la cual a una altura determinada produce una energía de compactación de 2700 kN-m/m³.

De este ensayo se obtendrá el contenido óptimo de humedad y la densidad máxima seca, a una determinada energía de compactación.

Existen 3 métodos para la realización de este ensayo:

METODO “A”

Molde	:101.6 mm (4 pulg.) de diámetro
Material	: Se emplea el que pasa por el tamiz 4.75 mm (N°4)
Número de capas	: 5
Golpes por capa	: 25
Uso	: Cuando el 20% o menos del peso del material es retenido en el tamiz 4.75 mm (N°4).

METODO “B”

Molde	:101.6 mm (4 pulg.) de diámetro
Material	: Se emplea el que pasa por el tamiz 9.5 mm (3/8 pulg)
Número de capas	: 5
Golpes por capa	: 25
Uso	: Cuando el 20% o menos del peso del material es retenido en el tamiz 4.75 mm (N°4) y 20% o menos de peso del material es retenido en el tamiz 9.5 mm (3/8 pulg).

METODO “C”

Molde	:152.4 mm (6 pulg.) de diámetro
Material	: Se emplea el que pasa por el tamiz 19.0 mm (3/4 pulg)
Número de capas	: 5
Golpes por capa	: 56

Uso : Cuando el 20% o menos del peso del material se retiene en el tamiz 9.5 mm (3/8 pulg) y menos de 30% en peso es retenido en el tamiz 19.0 mm (3/4 pulg).

Figura 14

Materiales para el Ensayo Proctor



Nota. En la fotografía se observa una paleta, cucharones, moldes de 4", bandeja y martillo.

Fuente: Propia

e) **Ensayo CBR – MTC E 132.**

Este ensayo permite calcular el índice de resistencia de los suelos conocido también como relación de soporte, para ello se debe preparar las muestras de suelo en condiciones determinadas de humedad y densidad.

El ensayo de CBR es usado para la evaluación de la resistencia potencial de subrasante, sub base y material de base.

Para cada espécimen de suelo se calculan 2 valores, uno a 0.1” de penetración y el otro a 0.2” expresada en porcentaje en su respectivo valor estándar mediante la siguiente formula:

$$CBR = \frac{\text{Resistencia a la penetración (Psi) requerida para penetrar 0.1 pulg}}{1000 \text{ lb/pulg}^2}$$

Los moldes se sumergen en agua con la sobrecarga colocada dejando libre acceso al agua por la parte inferior y superior de la muestra durante 96 horas (4 días).

Figura 15

Materiales para Ensayo CBR



Nota. En la fotografía podemos observar una paleta, cucharones, martillo, moldes, anillos, sobrecarga, etc. Fuente: Propia.

2.3 Bases Conceptuales.

2.3.1 Biomasa

La biomasa es materia orgánica susceptible a ser utilizada como fuente energética, se obtiene de la fracción biodegradable de los productos, residuos y desechos, generalmente provienen de actividades agroindustriales.

2.3.2 Escobajo

El escobajo es la denominación del residuo de la palma aceitera, es un componente orgánico que se obtiene del proceso de producción de aceite crudo del racimo de la palma aceitera.

Figura 16

Escobajo de Palma Aceitera



Nota. Fotografía tomada en las instalaciones de la Refinería Palmas del Espino. Fuente: Propia.

2.3.3 Cuesco o cascarilla

El cuesco o también conocido como cascarilla, viene a ser la partícula lignocelulósica duras y compactas que rodean las almendras de los frutos del aceite de palma, durante el proceso de producción del aceite de palmiste, el cuesco se separa de la almendra, y juntamente con el escobajo conforman la biomasa de este proceso industrial.

Figura 17*Cascarilla de Almendra*

Nota. Fotografía tomada en las instalaciones de la Refinería Palmas del Espino. Fuente: Propia.

2.3.4 Ceniza

Polvo grisáceo que se obtiene de un proceso de combustión, está compuesta por sílice, óxidos metálicos y otros, la ceniza como tal es exclusivamente inorgánica, presenta una granulometría continua y una densidad aproximada de 0.85 g/cm^3 . El peso específico de las partículas está comprendido entre 2.44-2.96. Presenta un gran porcentaje de finos menores de 0.075 mm y una forma muy irregular.

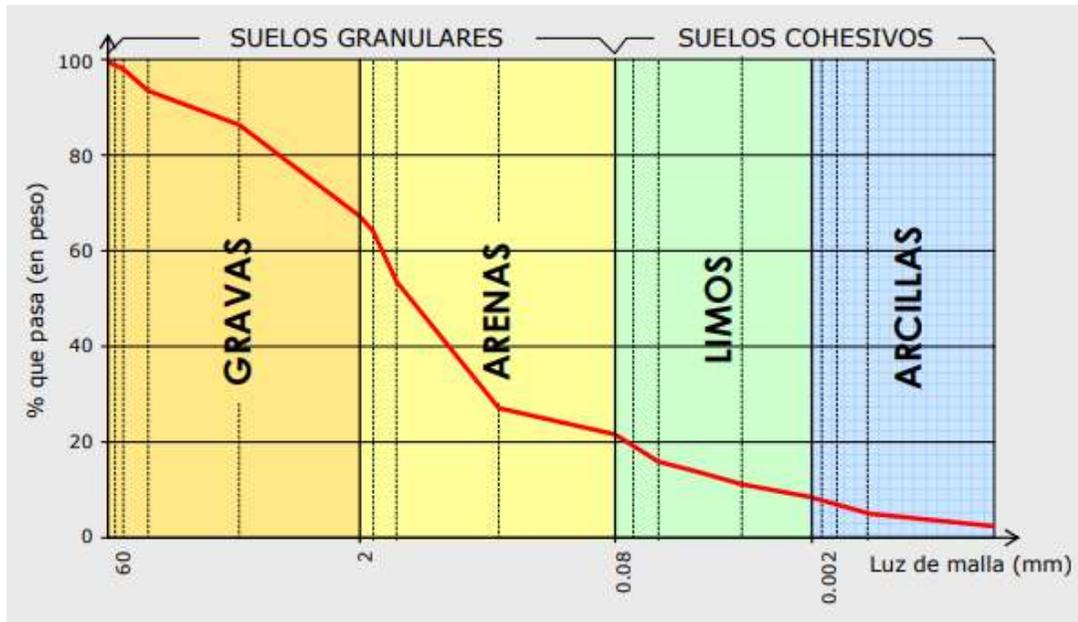
2.3.5 Granulometría

Se le domina así a la distribución de una muestra de suelo por tamaños de partículas, esta selección se realiza mediante ensayos normados, con tamices con rejillas cuadradas de diferentes dimensiones.

- **Curva Granulométrica.** Gráfico que expresa, en tantos por ciento ponderales o volumétricos, las proporciones en que figuran los distintos tamaños de granos que constituyen un árido y, en general, cualquier material granular.

Figura 18

Curva Granulométrica de un Suelo



Nota. Tomada de *Manual de Carreteras- Tomo II: Elementos y Proyecto*, por Blázquez & Beviá en 1999 (pág. 6)

2.3.6 Plasticidad

Se define como la propiedad que expresa la magnitud de las fuerzas de las películas de agua dentro del suelos permitiendo que el material pueda deformarse sin fisurarse al someterse a un esfuerzo determinado.

La plasticidad puede estudiarse con base en curvas esfuerzo-deformación de los materiales, cuya forma depende de las características de material.

2.3.7 *Compactación*

Se define como el procedimiento a través del cual se aplica energía a través de golpes controlados al suelo suelto para eliminar espacios vacíos, aumentando así su densidad y, en consecuencia, su capacidad de soporte y estabilidad entre otras propiedades. Su objetivo es el mejoramiento de las propiedades mecánicas del suelo.

- **Densidad Máxima Compactada Seca.** Corresponde a la mayor densidad que puede alcanzar un suelo al ser compactado a la humedad óptima.
- **Humedad Óptima.** Es el porcentaje de humedad ideal, para el cual un suelo sometido a energía de compactación determinada alcanza su máxima densidad.

2.3.8 *Resistencia*

La resistencia es la capacidad que tienen los elementos estructurales de aguantar los esfuerzos a los que están sometidos sin romper. Depende de muchos factores entre los que destacan el material empleado, su geometría y el tipo de unión entre los elementos.

2.4 Bases Epistemológicas, Bases Filosóficas y/o Bases Antropológicas

En nuestra investigación, las bases epistemológicas por el enfoque cuantitativo del estudio, se abarcarán dentro de la corriente del positivismo, ya que este conocimiento se derivará de una experiencia, el mismo que estará respaldado por el método científico.

Guamán, Hernández , & Lloay (2020) concluyen que, “el positivismo explica, controla y predice, la naturaleza de la realidad la describe como dada, la relación sujeto-objeto la manifiesta como independiente, neutral y libre de valores; su objetivo fundamental es la generalización mediante metodologías deductivas, cuantitativas, centrada sobre semejanzas” (pág. 269).

CAPITULO III. METODOLOGÍA

3.1 Ámbito

Acorde al problema objeto de investigación planteado en el numeral 1.1, se utilizará un suelo de tipo arcilloso, para la verificación de las modificaciones que este puede presentar al adicionarle diferentes porcentajes de ceniza de biomasa de palma aceitera, material que actualmente es considerado como residuo dentro de la cadena agroalimentaria. La producción del aceite de palma es como dice Van (2016) “uno de los commodities más importantes del mundo” (pág. 149), de manera que en el país esta industria seguirá creciendo y por consiguiente seguirá produciendo residuos agroindustriales, los cuales deben ser dispuestos y aprovechados convenientemente para lograr una explotación sostenible, a través de alternativas como lo es la estabilización de suelos arcillosos mediante el uso de los mismos.

Las muestras de ceniza serán extraídas de la refinería Palmas del Espino- Sede Palmawasi, ubicada en distrito de Santa Lucía, la provincia de Tocache, departamento de San Martín.

Las muestras de suelo serán extraídas de 1 sola calicata con la cantidad necesaria para realizar 3 repeticiones.

Según los objetivos planteados, se buscará determinar si la adición de ceniza de biomasa de palma aceitera mejora el comportamiento de los suelos arcillosos, de manera que pueda ser usado como agente estabilizador, para futuras aplicaciones en estabilización de estos suelos a nivel de subrasante.

3.2 Población

López (2004), lo define como "el conjunto de personas u objetos de los que se desea conocer algo en una investigación. El universo o población puede estar constituido por personas,

animales, registros médicos, los nacimientos, las muestras de laboratorio, los accidentes viales entre otros” (pág. 69).

La población de estudio está conformada por todos los suelos de tipo arcillosos, los cuales se pueden encontrar a nivel nacional, pero con mayor incidencia en la región selva, en nuestro caso y por facilidad de obtención de material nuestra población serán los suelos arcillosos de la localidad de Luyando, provincia Leoncio Prado, Departamento de Huánuco.

3.3 Muestra

Hernández, Fernández , & Baptista (2014) concluyen en su libro que, “la muestra es un subgrupo de la población de interés sobre el cual se recolectarán datos, y que tiene que definirse y delimitarse de antemano con precisión, además de que debe ser representativo de la población” (pág. 173).

Antes de determinar la muestra es importante mencionar que los suelos arcillosos según la clasificación AASHTO son consideradas un material regular e insuficiente, a nivel de subrasante, asimismo el Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, indica que para exploración de suelos para carreteras de bajo volumen de tránsito se requiere 1 calicata por kilómetro a una profundidad de 1.50 m.

En función a lo anteriormente mencionado y por motivos de accesibilidad la selección de la muestra será realizada por la metodología No probabilística, esto por el alcance el estudio, la elección de la muestra será hecha a discreción del autor de la investigación. Bajo esa premisa determinamos estudiar con muestras de una sola calicata con la finalidad de no incrementar variables al presente estudio, con adición de ceniza en las siguientes proporciones:

- 100% Suelo arcilloso y 0% ceniza de biomasa. (100%+0% CBPA⁴)
- 85% Suelo arcilloso y 15% ceniza de biomasa. (85%+15% CBPA)
- 80% Suelo arcilloso y 20% ceniza de biomasa. (80%+20% CBPA)
- 75% Suelo arcilloso y 25% ceniza de biomasa. (75%+25% CBPA)

Hernández et ál., (2014), insisten que para los estudios exploratorios donde se requiera de muestras dirigidas, específicamente en los experimentos, la validez externa se consolida mediante la repetición o reproducción del estudio. (págs. 190-191)

Si bien el muestreo no probabilístico por conveniencia, no se puede generalizar por no ser “representativo” de la población, se puede fortalecer la información que se obtiene de ello por medio de la repetición del estudio, razón por la cual se decidió repetir las condiciones del estudio 03 veces. A continuación, se muestra la distribución de ensayos respecto a las dosificaciones, y sus respectivas repeticiones:

Tabla 9

Cantidad de repeticiones para los ensayos en suelo con CBPA y sin CBPA.

Ensayos	0% CBPA	15% CBPA	20% CBPA	25% CBPA
Análisis Granulométrico	3	3	3	3
Límites de Consistencia	3	3	3	3
Proctor Modificado	3	3	3	3
California Bearing Ratio	3	3	3	3
TOTAL	12	12	12	12

Nota. Elaboración Propia.

⁴ Ceniza de Biomasa de Palma Aceitera

3.4 Nivel y tipo de estudio.

3.4.1 Nivel de estudio

Esta investigación tiene el nivel de relacional, ya que, según Hernández et al., (2014) mencionan que, “este tipo de estudios tiene como finalidad conocer la relación o grado de asociación que exista entre dos o más conceptos, categoría o variables en una muestra o contexto en particular” (pág. 93).

El presente estudio trata de determinar la relación que existe entre la adición de ceniza de biomasa de palma aceitera en diferentes proporciones en el mejoramiento de las propiedades mecánicas de los suelos arcillosos, es decir si llega a comportarse como un agente estabilizante.

3.4.2 Tipo de Estudio.

Existen diferentes categorías para tipificar una investigación, según el propósito, es de tipo aplicada, “porque el objeto de esta investigación es una parte de la realidad concreta que se da en el tiempo y ocupa espacio” (Caballero, 2014, pág. 254).

En función al enfoque, es una investigación cuantitativa, ya que utilizará herramientas de análisis matemático y podrá predecir fonémicos mediante datos numéricos.

Y finalmente según la toma de datos es una investigación prospectiva debido a que se obtendrán datos cuando suceda el fenómeno a investigar.

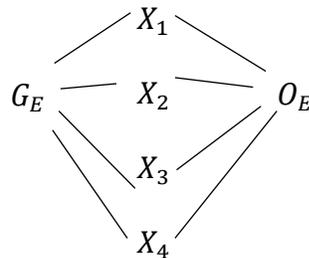
3.5 Diseño de investigación.

En función a los objetivos a alcanzar, el nivel y tipo de investigación, el diseño es de tipo cuasi experimental, ya que en este “se diseñan pruebas en las cuales se inducen cambios es decir se manipulan las variables que intervienen en un proceso o sistema deliberadamente (supuestas causas), de manera que sea posible observar, identificar y analizar las causas en la respuesta

obtenida” (Cortés & Iglesias, 2004, pág. 28), demás que la selección de las muestras no son de manera aleatoria.

La variable de ceniza de biomas de palma se manipulará para determinar cuál es el comportamiento de los suelos arcillosos, a través de la observación durante la ejecución de los ensayos respectivos.

El diseño de la presente investigación se resume en el siguiente esquema:



Donde:

G_E = Grupo experimental – Suelo arcilloso con tratamientos

O_E = Observación experimental.

$X_1, X_2, X_n \dots$; n = Grado de manipulación de la variable independiente.

3.6 Métodos, Técnicas e Instrumentos

3.6.1 Método Inductivo

Este método inicia con las observaciones de casos particulares, en nuestro caso dosificaciones de suelos arcillosos con porcentajes de CBPA para el mejoramiento de las propiedades de suelos arcillosos a nivel de subrasante, esto se determinará finalmente con la validación de las hipótesis según los resultados obtenidos en los ensayos de laboratorio.

3.6.2 Técnicas de Recolección de Datos

De acuerdo a nuestro diseño, y los objetivos planteados en nuestro estudio la técnica a usarse para la medición y registro de datos será la Observación durante la experimentación.

Cortés & Iglesias (2004) recomiendan que debe “plantearse previamente qué es lo que interesa observar, plantearse una estructura teórica previa o esquema conceptual” (pág. 35).

Para la recolección de datos se usará:

a) Información Indirecta. Que consiste en la recopilación de información que no se encuentra directamente por una fuente, y se obtiene al revisar sugerencias y otros. Existen 03 niveles de fuentes de información, a continuación, se detalla cada una de ellas:

- Fuentes primarias, corresponde aquellas tesis, libros, revistas, artículos, documentos oficiales, disertaciones, trabajos presentados en conferencias o seminarios, artículos periodísticos, artículos de Internet, testimonios de expertos, foros, páginas Web, y otros.
- Fuentes secundarias, vienen a ser resúmenes y referencias en donde se mencionan y comentan brevemente artículos, libros, tesis, disertaciones y otros documentos, relevantes en el campo de dicha investigación.
- Fuentes terciarias que son los compendios directorios de títulos, revistas, autores, organizaciones científicas, catálogo de libros y otros, son documentos que compendian nombres y títulos de estas fuentes antes mencionadas. Son útiles para detectar fuentes no documentales.

b) Pruebas estandarizadas. Hernández et ál.,(2014) indican que, “estas pruebas miden variables específicas”, para nuestro caso particular se tienen formatos determinados para cada ensayo de laboratorio a realizar, cada uno de ellos nos permitirá identificar las propiedades y características de los suelos arcillosos con y sin la intervención de la ceniza de biomasa de palma aceitera (CBPA).

c) La Observación Directa. Es un procedimiento de recolección que consiste en utilizar los sentidos para observar hechos y realidades presentes, para finalmente describirlo y

analizarlo, es un método a través del cual se lleva un registro del comportamiento de los sujetos u objetos materia de estudio

3.6.3 Instrumentos

Los instrumentos para la recolección de datos, serán los siguientes:

- Formatos estandarizados de laboratorio correspondiente a los ensayos de Granulometría, Consistencia, Proctor y CBR.
- Asimismo, se tendrán formatos adicionales, para la presentación de resultados de manera que permitan visualizar detalladamente los resultados obtenidos en cada una de las pruebas, permitiendo realizar las comparaciones respectivas y alcanzar los objetivos propuestos.

3.7 Validación y Confiabilidad del Instrumento.

La confiabilidad y la validez de un instrumento no son cualidades completamente independientes. Un instrumento de medición que no sea confiable no puede ser válido, pues si es errático, incongruente e inexacto tampoco medirá con validez el atributo en cuestión.

3.7.1 Validación.

La validación se refiere a que, si el instrumento que me hemos elegido mida lo que realmente debe medir, es decir, que el instrumento pueda recopilar toda la información necesaria respecto al comportamiento de un fenómeno determinado.

Los instrumentos de recolección de datos de la presente investigación son estandarizados según las normas para la realización de cada uno de los ensayos.

3.7.2 Confiabilidad.

La confiabilidad, también denominada precisión, corresponde al grado con que los puntajes de una medición se encuentran libres de error de medida. Es decir, al repetir la medición en condiciones constantes estas deberían ser similares.

Para determinar resultados confiables, la presente investigación realizara 3 repeticiones de todo el estudio de manera que nos permita evaluar, el grado de confiabilidad en función a los resultados obtenidos.

3.8 Procedimiento.

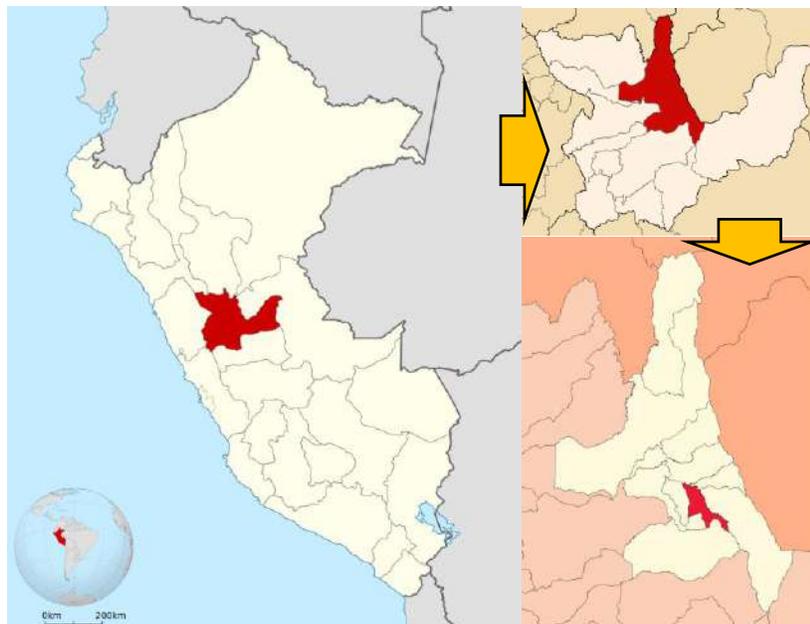
3.8.1 *Ubicación y localización de los materiales.*

3.8.1.1 Suelo arcilloso. Como los suelos arcillosos son característicos de la zona selva, se buscaron muestras de suelos en la provincia de Leoncio Prado, Huánuco. Obteniendo muestras de suelo de 03 zonas diferentes, los cuales fueron llevados al laboratorio para comprobar la clasificación correcta de los mismos.

Los resultados indicaron que solo uno de ellos cumplía los parámetros para ser considerado suelo arcilloso. El material corresponde a un acceso al margen derecho de la localidad de Naranjillo.

Figura 19

Ubicación del Material Arcilloso a Nivel Departamental, Provincial y Distrital.



Nota. Elaboración propia.

Localidad : Naranjillo
Distrito : Luyando.
Provincia : Leoncio Prado.
Departamento : Huánuco
Coordenadas UTM : 391468.4 E – 8977799.3 N.

Figura 20

Ubicación del suelo arcilloso



Nota. Imagen satelital-Google Earth.

La excavación se realizó con herramientas manuales, acumulándolas en sacos de 30 a 40 Kg. aproximadamente para posteriormente trasladarlas al laboratorio donde se realizarán los ensayos.

La profundidad de excavación a la que se llegó es de 1.50 m., los estratos previos son de material orgánico y limoso.

3.8.1.2 Ceniza de Biomasa. Se recolectó las muestras de ceniza de biomasa de la refinería Palmas del Espino S.A correspondiente el Grupo Palmas que tiene empresas agrícolas a nivel nacional, como se observa en la Figura 21, ubicado en el departamento de San Martín, se extrajo aproximadamente 130 kg. de ceniza de biomasa, almacenadas en costales para no alterar el material.

Figura 21

Plantas de Producción y Procesamiento de Palma Aceitera-Grupo Palmas



Nota. Extraído de GRUPO PALMAS, s.f.

La ceniza utilizada en la presente investigación es producto de la incineración de la biomasa de la palma aceitera, en este caso está compuesto por el cuesco (cascarilla) y el escobajo, como se observa en la Figura 22, obtenido de los racimos que ya fueron procesados. La producción de ceniza diaria es una aproximado de 20 Ton/día, lo que significa que solo de la Planta de Palmas del Espino-Sede Palmawasi hay una producción mensual de 600 Ton., las

mismas que son dispuestas en áreas autorizadas para su almacenamiento, posteriormente su eliminación.

Figura 22

Compuestos de Biomasa de Palma Aceitera y Ceniza.



Nota. A la izquierda tenemos se observa los residuos obtenidos de la extracción del aceite de Palma (cuesco y escobajo) y a la derecha el producto final después de pasar por un proceso de calcinación a altas temperaturas. Fotografías correspondientes a la visita de la Planta en la Sede Palmawasi. Fuente: Propia.

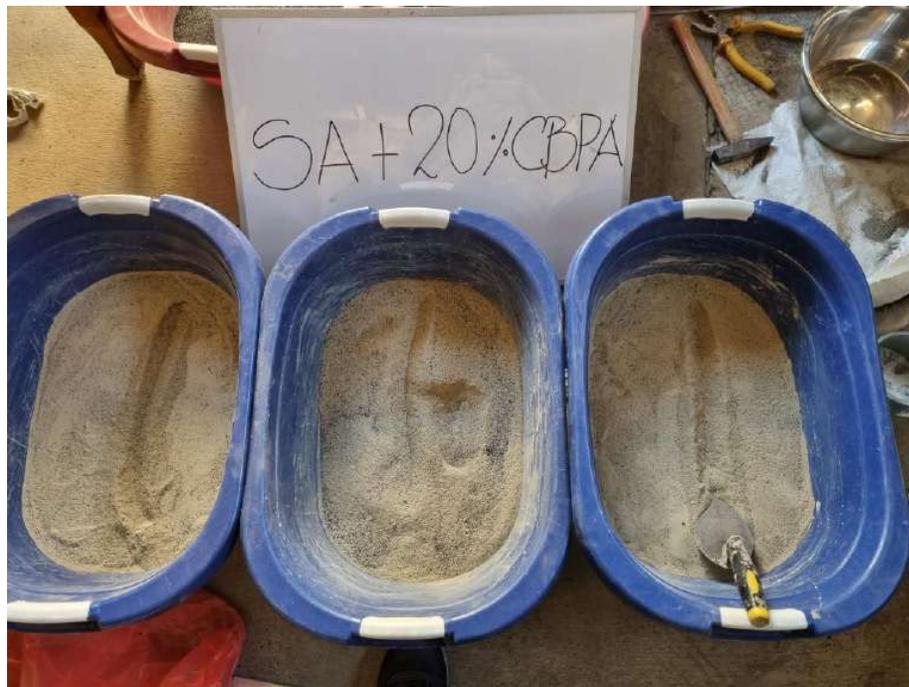
3.8.2 Preparación de muestras.

Las muestras de suelo y de ceniza de biomasa se almacenaron bajo sombra en sacos de 50 kg. Para el caso de las cenizas se realizó un pre-tamizaje para eliminar residuos que no fueron quemados completamente.

Las proporciones para los ensayos se muestran en la siguiente tabla;

Tabla 10*Tratamientos de las muestras*

Tratamiento	Porcentaje de suelo arcilloso	Porcentaje de ceniza de biomasa	Simbología
Tratamiento 0	100	0	T ₀
Tratamiento 15	85	15	T ₁₅
Tratamiento 20	80	20	T ₂₀
Tratamiento 25	75	25	T ₂₅

*Nota. Elaboración propia.***Figura 23***Mezcla de material arcilloso y CBPA al 20%*

Nota. Para cada ensayo se requieren cantidades específicas de material, en la foto se observa la mezcla del material con tratamiento 20%, que será usado para el ensayo de CBR. Fuente. Propia.

3.8.3 Fase Experimental.

a) **Análisis granulométrico.** Para cada una de las muestras y sus respectivos tratamientos se realizó el ensayo granulométrico por tamizado, por ser material fino se usó solo 500 gr. Se realizaron ensayos para las muestras con cada tratamiento, así como también a muestras de ceniza elegidas aleatoriamente.

Figura 24

Ensayo Granulométrico de Tratamientos y CBPA.



Nota. En la izquierda se observa el ensayo a una muestra con tratamiento y en la izquierda los tamices utilizados para el ensayo correspondiente a la CBPA. Fuente: Propia.

b) **Límites de Atterberg.** Para determinar los límites de Atterberg se realizaron los ensayos según los procedimientos contemplados en NTP 339,129.

Se realizaron los ensayos de límites tanto líquidos como plásticos para determinar el comportamiento de las muestras de arcillas al entrar en contacto con la CBPA.

Figura 25

Muestras Tamizadas para el Ensayo de Límites de Atterberg



Nota. Muestras con tratamientos al 15%, 20% y 25% para ensayos del Límites de Atterberg.

Fuente. Propia.

El índice de plasticidad permitirá clasificar adecuadamente el suelo y determinará que tan arcilloso es un material ver Tabla 11, un IP alto indica un suelo muy arcilloso, mientras que un IP menor es característico de un suelo poco arcilloso.

De los ensayos realizados se determinó un $IP = 11.62\%$ promedio, correspondiente a la muestra sin adición de CBPA, mientras que para las combinaciones de 15%, 20% y 25% un IP promedio de 4.23%, 6.14% y 6.45% respectivamente. Estos resultados indican que el suelo natural sin tratamiento según su IP, corresponden a un material de plasticidad media característico de un suelo arcilloso, mientras que los resultados de IP con tratamientos corresponden a materiales de plasticidad baja característico de suelos poco arcillosos.

Tabla 11*Índices de Plasticidad para Materiales Arcillosos*

Índice de plasticidad	Plasticidad	Características
IP>20	Alta	Suelos muy arcillosos
IP<=20	Media	Suelos arcillosos
IP>7	Baja	Suelos poco arcillosos
IP<7	No plástico (NP)	Suelos exentos de arcilla

Nota. Tomado del *Manual de Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos* (MTC, 2014).

Figura 26*Ensayo-Límites de Atterberg.*

Nota. Ensayos de límites de Atterberg para muestra sin CBPA. Fuente: Propia.

c) **Ensayo Proctor Modificado- Método “A”.** En función al análisis granulométrico se determinó el método más adecuado para realizar el ensayo, se usará el MÉTODO A, ya que todas las partículas del suelo natural pasan el tamiz N°4, con la finalidad de

obtener la relación Máxima Densidad Seca y el Óptimo Contenido de humedad para alcanzar la misma.

Para el ensayo de compactación se preparó muestras para cada molde, equivalentes a 2.00 kg. para los diferentes tratamientos.

Figura 27

Preparación de Muestra para Ensayo Proctor Modificado



Nota. Fuente: Propia.

De las muestras debidamente mezcladas se obtiene las humedades naturales, para poder determinar las dosificaciones adecuadas de agua e iniciar las mezclas respectivas, posteriormente se procede al llenado de los moldes (4") en 5 capas, compactando cada una con 25 golpes según lo dispuesto en el Manual de Ensayo de Materiales 2016, el procedimiento se repitió 4 veces con la finalidad de obtener 4 puntos para graficar las respectivas curvas de compactación.

Figura 28

Ensayo Proctor de la combinación al 15% de CBPA



Nota. Fuente: Propia

d) **Ensayo CBR.** La capacidad de soporte de los suelos es un parámetro muy importante para determinar si un suelo es adecuado para ser utilizado como material para las diferentes capas de un pavimento. El ensayo tiene como referencia la NTP 339.145, para la presente investigación y con los resultados obtenidos del ensayo nos enfocaremos en determinar si el material arcilloso con CBPA en dosificaciones de 15%, 20% y 25% incrementa sus valores de CBR, para la evaluación de material a nivel de Subrasante utilizaremos el valor obtenido al 95% de MDS (Máxima Densidad Seca) y a una penetración de carga de 2.54 mm.

Se realiza las mezclas correspondientes para cada tratamiento, para este ensayo se dosifica de manera que se obtenga un equivalente a 6 kg, para cada molde.

Figura 29

Preparación de Moldes a 56, 25 y 12 golpes, al 15 % de CBPA



Nota. Fuente: Propia

Figura 30

Saturación de Moldes por 4 días



Nota. Los moldes se saturan inmediatamente después de ser moldeados, se mide la expansión del material cada día. Fuente: Propia

Figura 31

Ensayo de Moldes al 25% de CBPA



Nota. Luego de los 4 días se realiza el ensayo correspondiente en la prensa, en la fotografía el mejor resultado obtenido para tratamiento de 25%. Fuente: Propia

3.8.4 Fase de Gabinete.

Para esta investigación se procesaron los datos con el programa Microsoft Excel y se presentarán los resultados con gráficos de barras, lineales, entre otros, asimismo se realizará la prueba de comparaciones múltiples con el método LSD (Diferencia Mínima Significativa) de Fisher para crear intervalos de confianza para todas las diferencias en parejas entre las medias de los niveles de los factores, controlando al mismo tiempo la tasa de error individual en un nivel especificado.

3.9 Tabulación y Análisis de Datos.

3.9.1 Tabulación de Resultados.

Tabla 12

Consolidado de Resultados

Repetición	CBPA	LL	LP	IP	Clasificación AASHTO	% Humedad	Proctor		CBR (%)	
							MDS	OCH	0.1"	0.2"
01	0%	35	22.83	12.17	A-6(11)	3.36	2.006	10.0	1.3	1.3
	15%	28	23.48	4.52	A-4(3)	2.71	1.810	10.7	3.4	4.1
	20%	29	23.85	5.15	A-4(2)	2.39	1.779	12.9	3.2	4.2
	25%	31	24.68	6.32	A-4(2)	2.24	1.750	13.6	31.1	31.9
02	0%	31	20.34	10.66	A-6(9)	3.12	1.990	10.4	1.7	1.8
	15%	28	24.24	3.76	A-4(2)	2.69	1.816	10.9	3.0	3.9
	20%	31	23.58	7.42	A-4(3)	2.4	1.773	13.1	4.8	6.4
	25%	31	24.54	6.46	A-4(2)	2.48	1.786	13.4	21.6	23.1
03	0%	31	18.98	12.02	A-6(10)	3.21	1.988	10.2	1.6	1.8
	15%	28	23.6	4.4	A-4(2)	2.42	1.802	10.6	3.3	4.2
	20%	29	23.16	5.84	A-4(2)	2.33	1.772	12.9	3.7	5.1
	25%	30	23.43	6.57	A-4(3)	2.32	1.767	13.3	15.0	18.1

Nota. Los resultados de la tabla fueron recopilados de los registros de ensayos adjuntos en el ANEXO B.

3.9.2 Análisis de Datos.

De la Tabla 12, se realizarán los análisis respectivos por cada parámetro evaluado en los ensayos de laboratorio.

3.9.2.1 Limite Liquido (LL). A continuación, se presentan los resultados correspondientes al límite líquido expresado en %, de cada una de las combinaciones con sus respectivas repeticiones, así como los promedios obtenidos por cada tratamiento.

Tabla 13*Resultados-Límite líquido.*

Ensayo	Repeticiones	Combinaciones de Suelo arcilloso y CBPA			
		T ₀	T ₁₅	T ₂₀	T ₂₅
Límite	1	35.00	28.00	29.00	31.00
Líquido	2	31.00	28.00	31.00	31.00
(%)	3	31.00	28.00	29.00	30.00
Medias de las muestras		32.33	28.00	29.67	30.67

Nota. Elaboración propia.

3.9.2.2 Límite Plástico (LP). A continuación, se presentan los resultados correspondientes al límite plástico expresado en %, de cada una de las combinaciones con sus respectivas repeticiones, así como los promedios obtenidos por cada tratamiento.

Tabla 14*Resultados-Límite Plástico.*

Ensayo	Repeticiones	Combinaciones de Suelo arcilloso y CBPA			
		T ₀	T ₁₅	T ₂₀	T ₂₅
Límite	1	22.83	23.48	23.85	24.68
Plástico	2	20.34	24.24	23.58	24.54
(%)	3	18.98	23.60	23.16	23.43
Medias de las muestras		20.72	23.77	23.53	24.22

Nota. Elaboración propia.

3.9.2.3 Índice de Plasticidad (IP). El índice de plasticidad se obtiene de la diferencia de los límites anteriormente presentados, expresado en %.

Tabla 15*Resultados-Índice de Plasticidad*

Ensayo	Repeticiones	Combinaciones de Suelo arcilloso y CBPA			
		T ₀	T ₁₅	T ₂₀	T ₂₅
Índice	1	12.17	4.52	5.15	6.32
Plasticidad (%)	2	10.66	3.76	7.42	6.46
	3	12.02	4.4	5.84	6.57
Medias de las muestras		11.62	4.23	6.14	6.45

Nota. Elaboración propia.

3.9.2.4 Máxima Densidad Seca. A continuación, se presentan los resultados correspondientes al ensayo de Proctor Modificado-Método A. La máxima densidad seca (MDS) expresada en kg/cm³, para cada uno de los tratamientos con sus respectivas repeticiones.

Tabla 16*Resultados-MDS.*

Ensayo	Repeticiones	Combinaciones de Suelo arcilloso y CBPA			
		T ₀	T ₁₅	T ₂₀	T ₂₅
Máxima	1	2.006	1.810	1.779	1.750
Densidad Seca (kg/cm ³)	2	1.990	1.816	1.773	1.786
	3	1.988	1.802	1.772	1.767
Medias de las muestras		1.995	1.809	1.775	1.768

Nota. Elaboración propia.

3.9.2.5 Óptimo Contenido de Humedad- OCH (%). A continuación, se presentan los resultados correspondientes al óptimo contenido de humedad (OCH), para cada uno de los tratamientos y repeticiones.

Tabla 17*Resultados-OCH*

Ensayo	Repeticiones	Combinaciones de Suelo arcilloso y CBPA			
		T ₀	T ₁₅	T ₂₀	T ₂₅
Óptimo Contenido de Humedad (%)	1	10.00	10.70	12.90	13.60
	2	10.40	10.90	13.10	13.40
	3	10.20	10.60	12.90	13.30
Medias de las muestras		10.20	10.73	12.97	13.43

Nota. Elaboración propia.

3.9.2.6 California Bearing Ratio (CBR). A continuación, se presentan los resultados correspondientes a la capacidad de soporte y la expansión, ambos parámetros están expresado s en %.

Tabla 18*Resultados-Capacidad de Soporte*

Ensayo	Repeticiones	Combinaciones de Suelo arcilloso y CBPA			
		T ₀	T ₁₅	T ₂₀	T ₂₅
California Bearing Ratio (%)	1	1.3	3.4	3.2	31.1
	2	1.7	3.0	4.8	21.6
	3	1.6	3.3	3.7	15.0
Medias de las muestras		1.53	3.23	3.90	22.57

Nota. Elaboración propia.

Tabla 19*Resultados-% de Expansión*

Ensayo	Repeticiones	Combinaciones de Suelo arcilloso y CBPA			
		T ₀	T ₁₅	T ₂₀	T ₂₅
Expansión (%)	1	1.04	0.25	0.40	0.24
	2	1.08	0.23	0.43	0.26
	3	1.04	0.23	0.40	0.27
Medias de las muestras		1.05	0.24	0.41	0.26

Nota. Elaboración propia.

3.9.3 *Análisis de Estadístico.*

3.9.3.1. **Análisis de varianza y prueba de comparaciones múltiples Diferencia**

Mínima Significativa (DMS). Se realizará el análisis de varianza para cada parámetro de manera que se obtenga el valor F la cual será comparada con F_c (crítico).

- Si $F_{cal} > F_c$, Hay diferencia significativa entre las adiciones de ceniza de biomasa de palma aceitera.
- Si $F_{cal} < F_c$, No hay diferencia significativa entre las adiciones de ceniza de biomasa de palma aceitera.

El valor de F_c se obtiene de la tabla de cuantiles de distribución F 0.05

Planteamiento de la hipótesis para el análisis de varianza

En esta etapa las combinaciones serán denominadas tratamientos y se simbolizarán con la letra T.

- Hipótesis nula (H₀), indica que $T_0=T_{15}=T_{20}=T_{25}$
- Hipótesis alterna (H_a), indica que al menos 2 de los tratamientos son diferentes.

Si existe una diferencia significativa entre las adiciones se rechaza la hipótesis nula y se realiza la prueba de comparaciones múltiples.

Para prueba de Comparaciones múltiples:

$$\alpha = 0.05 \text{ (5\% diferencias significativas)}$$

$$n = \text{repeticiones}$$

$$GLEE = n^\circ \text{ de datos} - n^\circ \text{ de tratamientos}$$

$$CMEE = \text{suma de cuadrados medios de tratamientos}$$

$$t_{(\alpha/2, GLEE)} = t_{(0.025, glee)}, \text{ el valor } t \text{ se obtendrá del ANEXO 05}$$

$$LSD = t_{(\alpha/2, GLEE)} \sqrt{\frac{2 CMEE}{n}}$$

El valor LSD se compara con cada una de las diferencias de medias de los pares de tratamientos determinando si son o no significativas.

Si, el valor absoluto de la diferencia de medias $|\bar{X}_{Tn} - \bar{X}_{Tm}|$ es mayor que LSD, la diferencia es significativa, en caso contrario no es significativa.

a) *Análisis de los resultados correspondientes a los ensayos de Límites.* Este análisis estadístico permitirá determinar si existe variación en los límites e índice de plasticidad de los suelos arcillosos a nivel de subrasante al adicionar 15%, 20% y 25% de ceniza de biomasa de palma aceitera en los suelos arcillosos.

Tabla 20*Análisis de Varianza ANOVA para Límite Líquido.*

Fuente de Variación	Grados de Libertad (gl)	Suma de Cuadrados (SC)	Varianza de Cuadrados medios (CM)	Fcal	Fc
Tratamiento	3	29.667	9.889		
Error residual	8	14.000	1.750	5.651	4.066
TOTAL	11	43.667			

Nota. Elaboración propia.

Como el valor de Fcal es mayor que Fc, se rechaza la hipótesis nula, lo que indica que hay evidencia a un 95% de confianza de una diferencia altamente significativa al adicionar cenizas de biomasa al suelo arcilloso.

Para prueba de Comparaciones múltiples:

$$\alpha = 0.05 \quad ; \quad n = 3; \quad GLEE = 8 \quad ; \quad CMEE = 1.750$$

$$\text{Entonces: } t_{(\alpha/2, GLEE)} = t_{(0.025, 8)} = 2.3060$$

$$LSD = t_{(\alpha/2, GLEE)} \sqrt{\frac{2 \cdot CMEE}{n}} = 2.3060 \sqrt{\frac{2(1.750)}{3}} = 2.491$$

Tabla 21*Combinaciones para las comparaciones múltiples de Límite Líquido.*

Diferencia muestral	Diferencia de las medias	Conclusión	LSD	Resultado
T ₀ -T ₁₅	4.333	>	2.491	Significativo
T ₀ -T ₂₀	2.667	>	2.491	Significativo
T ₀ -T ₂₅	1.667	<	2.491	No significativo
T ₂₅ -T ₂₀	1.000	<	2.491	No significativo
T ₂₀ -T ₁₅	1.667	<	2.491	No significativo
T ₂₅ -T ₁₅	2.667	>	2.491	Significativo

Nota. Elaboración propia.

Tabla 22*Análisis de Varianza para Límite Plástico.*

Fuente de Variación	Grados de Libertad (gl)	Suma de Cuadrados (SC)	Varianza de Cuadrados medios (CM)	Fcal	Fc
Tratamiento	3	22.676	7.559		
Error residual	8	9.138	1.142	6.618	4.066
TOTAL	11	31.814			

Nota. Elaboración propia.

Como el valor de Fcal es mayor que Fc, se rechaza la hipótesis nula, lo que indica que hay evidencia a un 95% de confianza de una diferencia altamente significativa al adicionar cenizas de biomasa al suelo arcilloso.

Para prueba de Comparaciones múltiples:

$$\alpha = 0.05 \quad ; \quad n = 3; \quad GLEE = 8 \quad ; \quad CMEE = 1.142$$

$$\text{Entonces: } t_{(\alpha/2, GLEE)} = t_{(0.025, 8)} = 2.3060$$

$$LSD = t_{(\alpha/2, GLEE)} \sqrt{\frac{2 \cdot CMEE}{n}} = 2.3060 \sqrt{\frac{2(1.142)}{3}} = 2.012$$

Tabla 23*Combinaciones para las comparaciones múltiples de Limite Plástico*

Diferencia muestral	Diferencia de las medias	Conclusión	LSD	Resultado
T ₀ -T ₁₅	3.057	>	2.012	Significativo
T ₀ -T ₂₀	2.813	>	2.012	Significativo
T ₀ -T ₂₅	3.500	>	2.012	Significativo
T ₂₅ -T ₂₀	0.687	<	2.012	No significativo
T ₂₀ -T ₁₅	0.243	<	2.012	No significativo

Diferencia muestral	Diferencia de las medias	Conclusión	LSD	Resultado
T ₂₅ -T ₁₅	0.443	<	2.012	No significativo

Nota. Elaboración propia.

Tabla 24

Análisis de Varianza para Índice de Plasticidad.

Fuente de Variación	Grados de Libertad (gl)	Suma de Cuadrados (SC)	Varianza de Cuadrados medios (CM)	Fcal	Fc
Tratamiento	3	89.905	29.968		
Error residual	8	4.470	0.559	53.637	4.066
TOTAL	11	94.374			

Nota. Elaboración propia.

Como el valor de Fcal es mayor que Fc, se rechaza la hipótesis nula, lo que indica que hay evidencia a un 95% de confianza de una diferencia altamente significativa al adicionar cenizas de biomasa al suelo arcilloso.

Para prueba de Comparaciones múltiples:

$$\alpha = 0.05 \quad ; \quad n = 3; \quad GLEE = 8 \quad ; \quad CMEE = 0.559$$

$$\text{Entonces: } t_{(\alpha/2, GLEE)} = t_{(0.025, 8)} = 2.3060$$

$$LSD = t_{(\alpha/2, GLEE)} \sqrt{\frac{2 CMEE}{n}} = 2.3060 \sqrt{\frac{2(0.559)}{3}} = 1.407$$

Tabla 25*Combinaciones para las Comparaciones múltiples para Índices de Plasticidad*

Diferencia muestral	Diferencia de las medias	Conclusión	LSD	Resultado
T ₀ -T ₁₅	7.383	>	1.407	Significativo
T ₀ -T ₂₀	5.480	>	1.407	Significativo
T ₀ -T ₂₅	5.167	>	1.407	Significativo
T ₂₅ -T ₂₀	0.313	<	1.407	No significativo
T ₂₀ -T ₁₅	1.903	>	1.407	Significativo
T ₂₅ -T ₁₅	2.217	>	1.407	Significativo

Nota. Elaboración propia.

b) Análisis de los resultados correspondientes al ensayo Proctor Modificado. Este análisis estadístico permitirá determinar si existe variación tanto en la Máxima Densidad Seca y el óptimo contenido de Humedad de los suelos arcillosos a nivel de subrasante al adicionar 15%, 20% y 25% de ceniza de biomasa de palma aceitera.

Tabla 26*Análisis de Varianza para la Máxima Densidad Seca.*

Fuente de Variación	Grados de Libertad (gl)	Suma de Cuadrados (SC)	Varianza de Cuadrados medios (CM)	Fcal	Fc
Tratamiento	3	0.103	0.034		
Error residual	8	0.001	0.0001	282.825	4.066
TOTAL	11	0.104			

Nota. Elaboración propia.

Como el valor de Fcal es mayor que Fc, se rechaza la hipótesis nula, lo que indica que hay evidencia a un 95% de confianza de una diferencia altamente significativa al adicionar cenizas de biomasa al suelo arcilloso.

Para prueba de Comparaciones múltiples:

$$\alpha = 0.05 \quad ; \quad n = 3; \quad GLEE = 8 \quad ; \quad CMEE = 0.0001$$

$$\text{Entonces: } t_{(\alpha/2, GLEE)} = t_{(0.025, 8)} = 2.3060$$

$$LSD = t_{(\alpha/2, GLEE)} \sqrt{\frac{2 CMEE}{n}} = 2.3060 \sqrt{\frac{2(0.0001)}{3}} = 0.021$$

Tabla 27

Combinaciones para las Comparaciones múltiples para Máxima Densidad Seca.

Diferencia muestral	Diferencia de las medias	Conclusión	LSD	Resultado
T ₀ -T ₁₅	0.185	>	0.021	Significativo
T ₀ -T ₂₀	0.220	>	0.021	Significativo
T ₀ -T ₂₅	0.227	>	0.021	Significativo
T ₂₅ -T ₂₀	0.007	<	0.021	No significativo
T ₂₀ -T ₁₅	0.035	>	0.021	Significativo
T ₂₅ -T ₁₅	0.042	>	0.021	Significativo

Nota. Elaboración propia.

Tabla 28

Análisis de varianza para Óptimo Contenido de Humedad.

Fuente de Variación	Grados de Libertad (gl)	Suma de Cuadrados (SC)	Varianza de Cuadrados medios (CM)	Fcal	Fc
Tratamiento	3	23.167	7.722		
Error residual	8	0.200	0.025	308.889	4.066
TOTAL	11	23.367			

Nota. Elaboración propia.

Como el valor de F_{cal} es mayor que F_c , se rechaza la hipótesis nula, lo que indica que hay evidencia a un 95% de confianza de una diferencia altamente significativa al adicionar cenizas de biomasa al suelo arcilloso.

Para prueba de Comparaciones múltiples:

$$\alpha = 0.05 \quad ; \quad n = 3; \quad GLEE = 8 \quad ; \quad CMEE = 0.025$$

$$\text{Entonces: } t_{(\alpha/2, GLEE)} = t_{(0.025, 8)} = 2.3060$$

$$LSD = t_{(\alpha/2, GLEE)} \sqrt{\frac{2 \cdot CMEE}{n}} = 2.3060 \sqrt{\frac{2(0.025)}{3}} = 0.298$$

Tabla 29

Combinaciones para las Comparaciones múltiples del OCH

Diferencia muestral	Diferencia de las medias	Conclusión	LSD	Resultado
T ₀ -T ₁₅	0.533	>	0.298	Significativo
T ₀ -T ₂₀	2.767	>	0.298	Significativo
T ₀ -T ₂₅	3.233	>	0.298	Significativo
T ₂₅ -T ₂₀	0.467	>	0.298	Significativo
T ₂₀ -T ₁₅	2.233	>	0.298	Significativo
T ₂₅ -T ₁₅	2.700	>	0.298	Significativo

Nota. Elaboración propia.

c) **Análisis de los resultados correspondientes al ensayo CBR.** Este análisis estadístico permitirá determinar si existe variación en la capacidad de soporte de los suelos arcillosos a nivel de subrasante al adicionar ceniza de biomasa de palma aceitera en los suelos arcillosos.

Tabla 30*Análisis de Varianza para CBR.*

Fuente de Variación	Grados de Libertad (gl)	Suma de Cuadrados (SC)	Varianza de Cuadrados medios (CM)	Fcal	Fc
Tratamiento	3	880.169	293.390		
Error	8	132.520	16.565	17.711	4.066
TOTAL	11	1012.689			

Nota. Elaboración propia.

Como el valor de Fcal es mayor que Fc, se rechaza la hipótesis nula, lo que indica que hay evidencia a un 95% de confianza de una diferencia altamente significativa al adicionar cenizas de biomasa al suelo arcilloso.

Para prueba de Comparaciones múltiples:

$$\alpha = 0.05 \quad ; \quad n = 3; \quad GLEE = 8 \quad ; \quad CMEE = 16.565$$

$$\text{Entonces: } t_{(\alpha/2, GLEE)} = t_{(0.025, 8)} = 2.3060$$

$$LSD = t_{(\alpha/2, GLEE)} \sqrt{\frac{2 \cdot CMEE}{n}} = 2.3060 \sqrt{\frac{2(16.565)}{3}} = 7.663$$

Tabla 31*Combinaciones para las comparaciones múltiples de CBR*

Diferencia muestral	Diferencia de las medias	Conclusión	LSD	Resultado
T ₀ -T ₁₅	1.700	<	7.66	No significativo
T ₀ -T ₂₀	2.37	<	7.66	No significativo
T ₀ -T ₂₅	21.03	>	7.66	Significativo
T ₂₅ -T ₂₀	18.67	>	7.66	Significativo

Diferencia muestral	Diferencia de las medias	Conclusión	LSD	Resultado
T ₂₀ -T ₁₅	0.67	<	7.66	No significativo
T ₂₅ -T ₁₅	19.33	>	7.66	Significativo

Nota. Elaboración propia.

3.10 Contrastación de hipótesis.

La hipótesis general de la investigación requiere probar que la ceniza de biomasa de palma mejora el comportamiento de los suelos arcillosos de manera que pueda ser usada para estabilizar suelos a nivel de subrasante, teniendo en cuenta la plasticidad, densidad y la capacidad de soporte.

Por ello para la aceptar o rechazar la hipótesis general, se analizará las hipótesis específicas del presente estudio.

3.10.1 Prueba de Hipótesis Específica 01 – Plasticidad

- Índice de plasticidad.

H₀: No existe variación en la plasticidad de los suelos arcillosos a nivel de subrasante al adicionar ceniza de biomasa de palma aceitera.

$$C_0=C_{15}=C_{20}=C_{25}$$

H_a: Existe variación en la plasticidad de los suelos arcillosos a nivel de subrasante al adicionar ceniza de biomasa de palma aceitera.

$$C_0 \neq C_{15} \neq C_{20} \neq C_{25}$$

De la Tabla 24, del análisis de varianza del Índice plasticidad y utilizando la tabla F de Fisher realizamos la comparación del F (n1, n2) de la tabla y el Fcalc.

Entonces:

$$F(8,3) = 4.066$$

$$F_{cal} = 53.637$$

$$53.637 > 4.066$$

Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, lo que significa que existe suficiente evidencia estadística al nivel del 5% de que hay una diferencia significativa en el índice de plasticidad entre los diferentes tratamientos.

Conclusión

Existe variación en la plasticidad de los suelos arcillosos a nivel de subrasante al adicionar ceniza de biomasa de palma aceitera.

3.10.2 Prueba de Hipótesis Especifica 02 – Densidad.

- Máxima Densidad Seca y Contenido Optimo de Humedad.

H₀: No existe variación en la obtención de la de la densidad de los suelos arcillosos a nivel de subrasante al adicionar ceniza de biomasa de palma aceitera.

$$C_0 = C_{15} = C_{20} = C_{25}$$

H_a: Existe variación en la obtención de la de la densidad de los suelos arcillosos a nivel de subrasante al adicionar ceniza de biomasa de palma aceitera.

$$C_0 \neq C_{15} \neq C_{20} \neq C_{25}$$

De la Tabla 26, del análisis de varianza de MDS y utilizando la tabla F de Fisher realizamos la comparación del F (n1, n2) de la tabla y el F_{calc}.

Entonces:

$$F(8,3) = 4.066$$

$$F_{cal} = 282.825$$

$$282.825 > 4.066$$

De la Tabla 28, del análisis de varianza de OCH y utilizando la tabla F de Fisher realizamos la comparación del F (n1, n2) de la tabla y el Fcalc.

Entonces:

$$F(8,3) = 4.066$$

$$F_{cal} = 308.889$$

$$308.889 > 4.066$$

En ambos casos el $F_{cal} > F_c$ por lo que, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, lo que significa que existe suficiente evidencia estadística al nivel del 5% de que hay una diferencia significativa en la densidad entre las diferentes combinaciones.

Conclusión

Existe variación en la obtención de la de la densidad de los suelos arcillosos a nivel de subrasante al adicionar ceniza de biomasa de palma aceitera.

3.10.3 Prueba de Hipótesis Especifica 03 – Capacidad de soporte.

- CBR.

H₀: La adición de ceniza de biomasa de palma aceitera no incrementa la capacidad de soporte de los suelos arcillosos a nivel de subrasante.

$$C_0 = C_{15} = C_{20} = C_{25}$$

H_a: La adición de ceniza de biomasa de palma aceitera incrementa la capacidad de soporte de los suelos arcillosos a nivel de subrasante.

$$C_0 \neq C_{15} \neq C_{20} \neq C_{25}$$

De la Tabla 30, del análisis de la Capacidad de Soporte y utilizando la tabla F de Fisher realizamos la comparación del F (n1, n2) de la tabla y el Fcalc.

Entonces:

$$F(8,3) = 4.066$$

$$F_{cal} = 17.711$$

$$17.711 > 4.066$$

Por lo tanto, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, lo que significa que existe suficiente evidencia estadística al nivel del 5% de que hay una diferencia significativa en la capacidad de soporte entre las diferentes combinaciones.

Conclusión

La adición de ceniza de biomasa de palma aceitera incrementa la capacidad de soporte de los suelos arcillosos a nivel de subrasante.

3.10.4 Prueba de Hipótesis General

H₀: La adición de la ceniza de biomasa de palma aceitera no mejora el comportamiento de los suelos arcillosos a nivel de subrasante.

H_a: La adición de la ceniza de biomasa de palma aceitera mejora el comportamiento de los suelos arcillosos a nivel de subrasante.

Por las pruebas correspondientes a las hipótesis específicas, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna, lo que significa que existe suficiente evidencia estadística al nivel del 5% de que hay una diferencia significativa en los tratamientos de suelo arcilloso y CBPA.

Conclusión

La adición de ceniza de biomasa de palma aceitera incrementa la capacidad de soporte de los suelos arcillosos a nivel de subrasante.

3.11 Consideraciones Éticas.

La finalidad de la investigación fue evaluar el comportamiento de los suelos arcillosos al incorporarle ceniza de biomasa de palma aceitera, habiendo utilizado información de otros

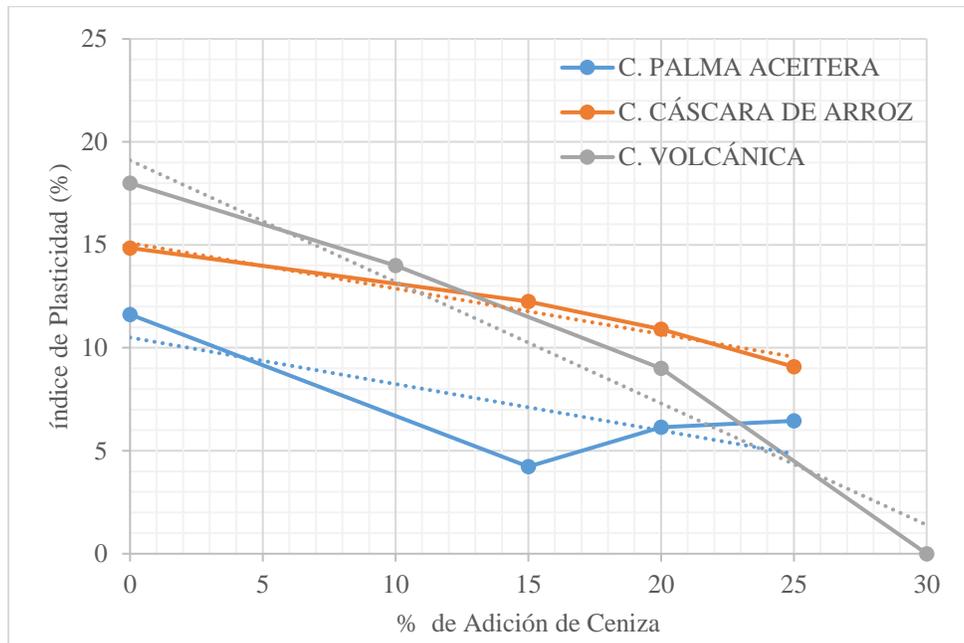
estudios, investigaciones y normatividad existentes, siendo referenciados a lo largo del estudio, respetando las ideas de otros autores sin menoscabar sus logros, siendo un valor ético muy importante en la investigación el respeto a los derechos del autor.

CAPITULO IV. DISCUSION

La presente investigación tenía como objetivo principal determinar los efectos de la ceniza de biomasa de la palma aceitera en la estabilización de suelos arcillosos a nivel de subrasante, para ello se realizaron ensayos de caracterización de material (granulometría y límites de Atterberg), y ensayos mecánicos (Proctor y CBR) en dosificaciones de 15%, 20% y 25%, el estudio se repitió 03 veces de manera que se pudieran obtener resultados más confiables y reducir los posibles errores durante la ejecución de la investigación.

La hipótesis general depende directamente de las hipótesis específicas, las mismas que determinarán si la adición de ceniza de biomasa palma aceitera varía y mejora las condiciones de servicio de los suelos arcillosos. Respecto al parámetro de plasticidad en la Tabla 25, se observa una variación significativa al combinar los suelos arcillosos con ceniza para los diferentes tratamientos, esto significa que la CBPA modifica el IP del suelo arcilloso. Al respecto Castro (2017), en su tesis determinó que la adición de ceniza de cáscara de arroz es inversamente proporcional al índice de plasticidad, pasando de un IP de 18% a 0%, cuando se adiciona 30% de ceniza al material. De la misma forma Vargas B. (2020) concluyó que la adición de ceniza volcánica reduce el índice de plasticidad en los suelos arcillosos, de 14.85% a 9.08%, de estos antecedentes podemos corroborar los resultados obtenidos en la presente investigación. Las variaciones que se presentan al compararlas pueden ser por el origen de material, la granulometría de ceniza, etc.

En la Figura 32 podemos visualizar el comportamiento del IP en los suelos arcillosos con adiciones de ceniza volcánica, de palma aceitera y cáscara de arroz, identificando que en cada una de ellas el IP se reduce.

Figura 32*Índice de plasticidad en suelos arcillosos con Adición de Cenizas*

Nota. Datos tomados y adaptados de Castro (2017) y Vargas B. (2020). Fuente: Elaboración propia.

Castro (2017), identifica que, para tratamientos de suelos arcillosos con adición de cáscara de arroz, y ceniza de cáscara de arroz – cal, la humedad óptima necesaria para que el material alcance su MDS, incrementa entre un 13.61% y 65.68%. Similares resultados se obtuvieron al adicionar de cenizas de bagazo de caña, Terrones (2018), identificó que para tratamientos con 10% y 15% se obtienen incrementos significativos respecto a la humedad, corroborando los resultados de la presente investigación ya que las humedades óptimas aumentaron entre 4.9% y 31.37% respecto al suelo natural, pasa de un 10.2% a 13.4% , por lo tanto, podemos afirmar que la ceniza independientemente de su origen requiere de mayor cantidad de agua para reaccionar con el suelo arcilloso e hidratarse para alcanzar su MDS. Contrario al comportamiento de la humedad óptima, la MDS es inversamente proporcional a la

adición de CBPA, ya que reduce su valor entre 9.32% y 11.38% en sus tratamientos, respecto a ello Cotes & Murillo (2015) en sus resultados indican que para un Suelo B, existen variaciones cerca al 5%, para un tratamiento de ceniza de cuesco de palma aceitera al 10%; Castro (2017) en la Figura 5.7 de su tesis, muestra como la MDS, va reduciendo su valor conforme se incrementa la adición de ceniza de cáscara de arroz, corroborando de esta manera los resultados obtenidos con la CBPA. Neyra (2020) explica que esto sucede por la sustitución material arcilloso con ceniza, el hacerlo incrementa el volumen de la muestra inicial, ello debido a que el peso unitario de la ceniza es menor respecto al suelo natural, razón por la cual disminuye significativamente se MDS, asimismo se requiere una mayor cantidad de agua para que las partículas de ceniza puedan llenar los espacios entre partículas.

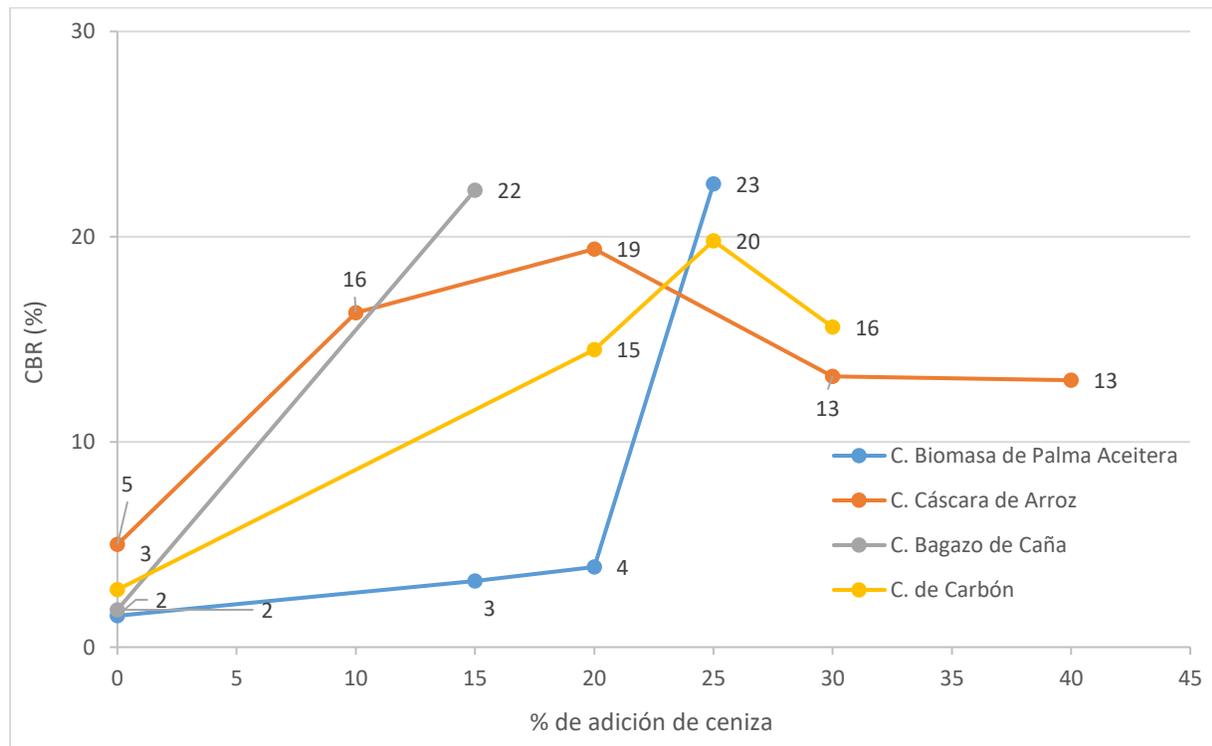
Los resultados de la capacidad de soporte se muestran en la Tabla 18, de los promedios obtenidos para cada uno de los tratamientos podemos indicar que, el valor de CBR incrementa a medida que se adiciona CBPA. El valor del suelo natural es de 1.53% mientras que para suelos con 25% de CBPA se consigue 22.57%.

Este parámetro también fue analizado por, Cotes & Murillo (2015), en la que concluyen que la adición de ceniza de cuesco de palma aceitera incrementa un 80% el valor de CBR respecto al suelo sin estabilizar considerando 14 días de curado. Por su parte Castro (2017), determina para sus combinaciones, un aumento del valor de CBR, siendo la combinación al 20%, la que muestra mejores resultados con un valor de CBR de 19.40%, mientras que el suelo natural solo alcanzaba un CBR de 5.00%. Asimismo, Terrones (2018) identificó también que para adiciones de 15% de ceniza de bagazo de caña se consigue incrementar 12 veces el valor el de CBR respecto al material natural, pasando de 1.82% a 22.27%. Los antecedentes mencionados

corroboran los resultados obtenidos en la investigación. Respecto a la capacidad de soporte concluimos que el valor del CBR de los suelos arcillosos incrementa al ser tratado con CBPA.

Figura 33

CBR de Muestras con Diferentes Adicciones de Ceniza



Nota. Datos tomados y adaptados de Castro (2017), Terrones (2018) y Espinoza & Honores (2018). Fuente: Elaboración propia.

De la Figura 33, podemos observar que existe variación en los resultados y en los porcentajes de adicciones de ceniza para el mejoramiento de suelos arcillosos a nivel de subrasante, esto se debe a diversos factores como: el tipo de combustión durante la quema del material, el tamaño de partículas usadas y su comportamiento puzolánico.

De acuerdo al análisis de la investigación y los antecedentes respectivos podemos afirmar que la ceniza biomasa de palma aceitera mejora las propiedades de los suelos arcillosos.

CAPITULO V. RESULTADOS

5.1 Interpretación de resultados.

5.1.1 Distribución Granulométrica.

Según los ensayos de granulometría por tamizado es posible distribuir el material de cada uno de los tratamientos a los cuales fue sometido el material arcilloso.

Tabla 32

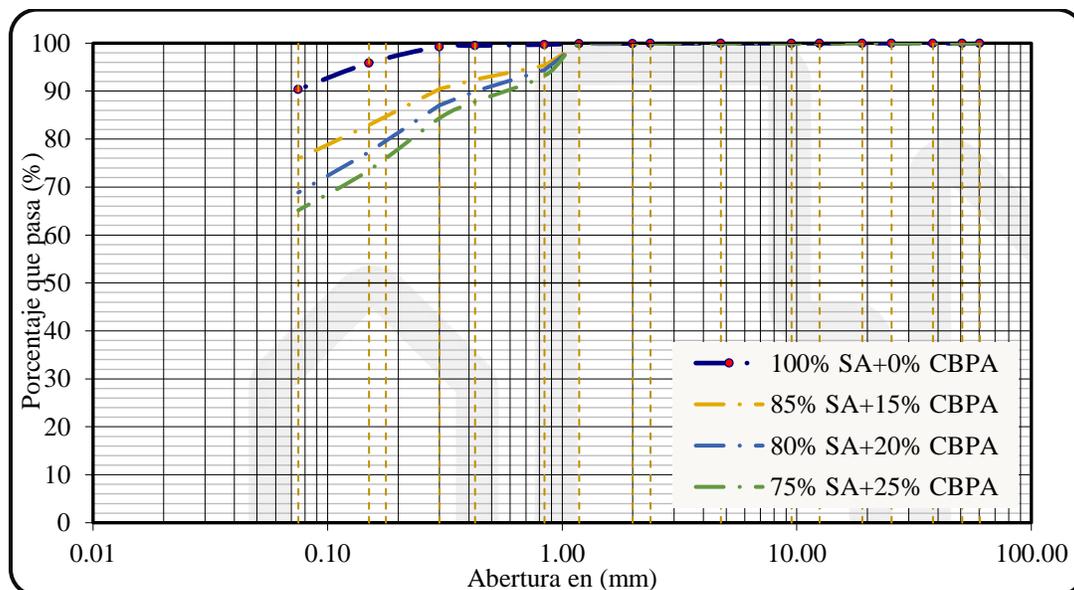
Distribución Granulométrica de los Tratamientos

Material	Grava (%)	Arena (%)	Finos (%)
100% SA+0% CBPA	0.00	4.20	95.80
85% SA+15% CBPA	0.00	19.48	80.52
80% SA+20% CBPA	0.00	23.79	76.21
75% SA+25% CBPA	0.00	26.47	73.53

Nota. Elaboración propia.

Figura 34

Curvas Granulométricas de los Tratamientos.



Nota. Representación de la distribución granulométrica por tratamientos. Elaboración propia.

5.1.2 Límites de Atterberg.

Consolidando la información de las Tablas 13 y 14, obtenemos el índice de plasticidad de los suelos arcillosos para cada uno de sus tratamientos, los cuales se resumen a continuación.

Tabla 33

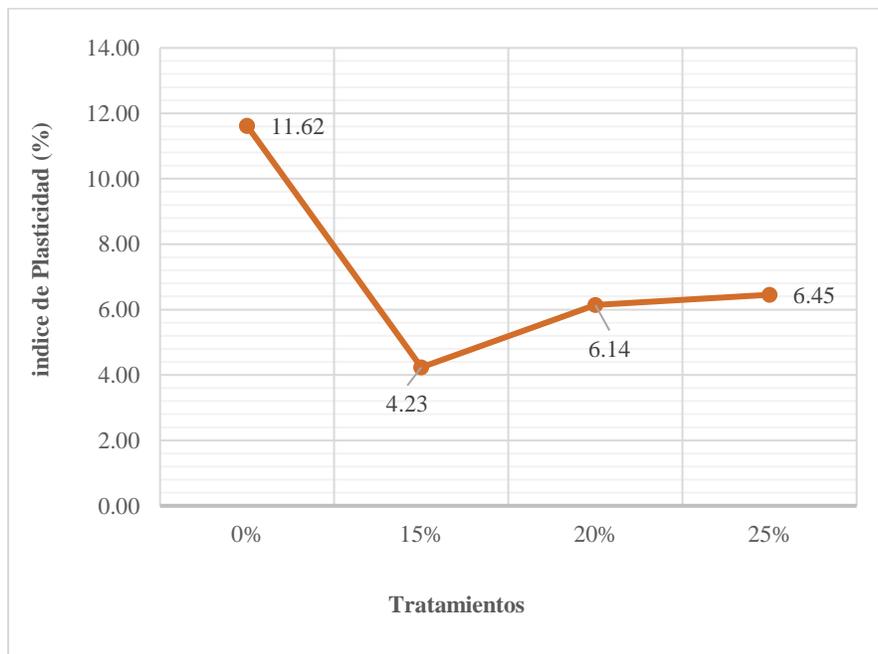
Resultados de Límites de Atterberg

Material	LL	LP	IP
100% SA+0% CBPA	32.33	20.72	11.62
85% SA+15% CBPA	28.00	23.77	4.23
80% SA+20% CBPA	29.67	23.53	6.14
75% SA+25% CBPA	30.67	24.22	6.45

Nota. Elaboración propia.

Figura 35

Índice de Plasticidad



Nota. Elaboración propia.

Análisis e interpretación

El índice de plasticidad es posiblemente el parámetro más completo para determinar el comportamiento de un material, ya que su valor está en función de los límites. De la Figura 35, podemos observar que el índice de plasticidad se reduce considerablemente para la muestra con adición de 15% de CBPA, pasa de 11.62% a 4.23%, para luego incrementarse en las adiciones de 20% y 25% sin exceder el valor obtenido para índice de la muestra sin adición, las diferencias respecto a la muestra sin ceniza son significativas en cada una de ellas, en tratamientos de 20% y 25% se aprecia un ligero incremento, sin embargo, entre ellas no existe mucha variación por lo tanto la diferencia entre ambas no es significativa.

5.1.3 Clasificación de Suelos.

De acuerdo a los resultados del ítem, 5.1.1 y 5.1.2, se clasifica a las muestras para cada uno de sus tratamientos en la siguiente tabla.

Tabla 34

Clasificación de Suelos

Material	Clasificación SUCS		Clasificación AASHTO	
	Grupo	Material	Grupo	Material
100% SA+0% CBPA	CL	Suelo arcilloso de baja plasticidad	A-6(11)	Suelo arcilloso
85% SA+15% CBPA	ML	Suelo Limoso de baja plasticidad	A-4(3)	Suelo Limoso
80% SA+20% CBPA	ML	Suelo Limoso de baja plasticidad	A-4(2)	Suelo Limoso
75% SA+25% CBPA	ML	Suelo Limoso de baja plasticidad	A-4(2)	Suelo Limoso

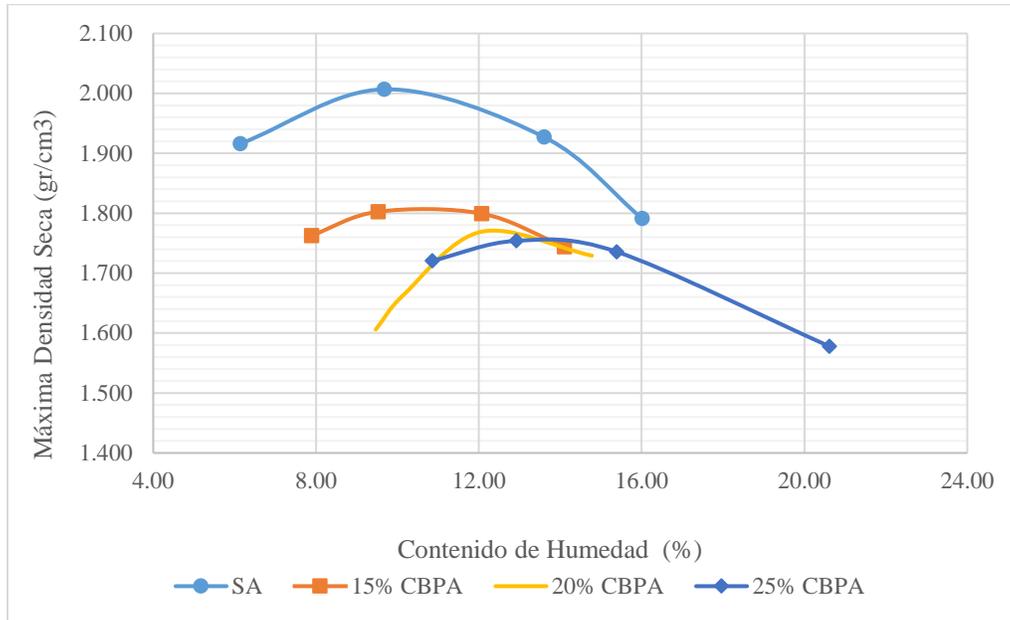
Nota. Elaboración Propia.

Análisis e interpretación

Acorde con la clasificación SUCS, el suelo natural pertenece al tipo CL, tratándose de un suelo arcilloso de baja plasticidad, para las muestras con tratamientos de 15%, 20% y 25% de CBPA se clasifican como ML que corresponden a suelos limosos de baja plasticidad, esto debido a la modificación del IP, que puede verse en la Tabla 33. Según AASHTO, el suelo arcilloso se ubica en el grupo A-6, conformado por suelos arcillosos de baja a mediana compresión y de regular a mala calidad para ser utilizado a nivel de subrasante, mientras que para los suelos arcillosos con tratamientos de 15%, 20% y 25%, se clasifica en el grupo A-4, que corresponde a suelos limosos.

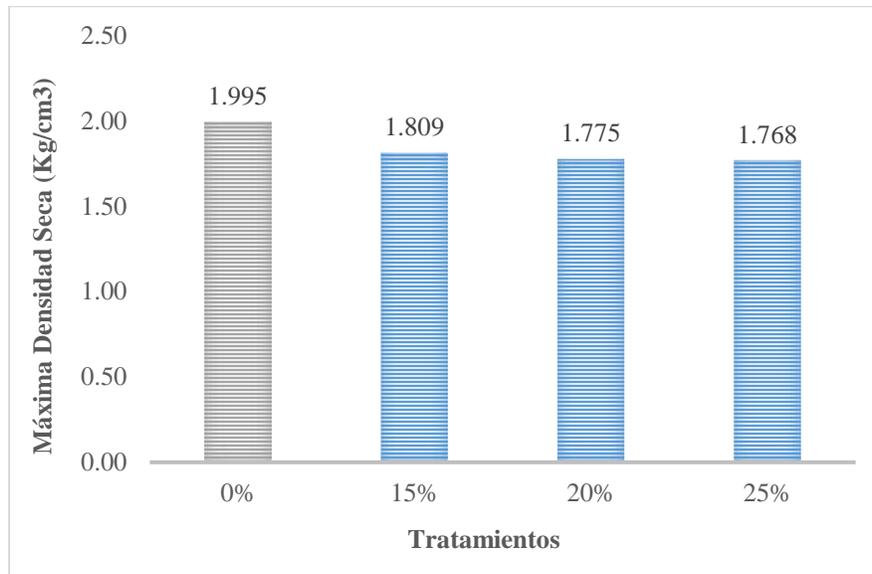
5.1.4 Ensayo Proctor Modificado

De los resultados obtenidos en los ensayos de Proctor modificado – Método A, se obtuvieron los resultados presentados en la Tabla 16 y 17, con ligeras variaciones en cada una de las repeticiones. De forma general, existe una variación tanto en la máxima densidad seca (MDS) como en la humedad óptima del material sin adición de CBPA, frente los tratamientos con ceniza. En el Figura 36, se representa 04 curvas de compactación correspondiente al segundo ciclo de ensayos (II repetición), de ella observamos que la humedad optima se incrementa para tratamientos con 15%, 20% y 25 % de CBPA, lo que significa que al adicionar ceniza se requiere de una mayor cantidad de agua para alcanzar la densidad Máxima.

Figura 36*Curvas de Compactación-II Repetición**Nota.* Elaboración Propia.**Tabla 35***Resumen de Resultados del ensayo Proctor*

Material	MDS (gr/cm ³)	OCH (%)
100% SA+0% CBPA	1.995	10.2
85% SA+15% CBPA	1.809	10.7
80% SA+20% CBPA	1.775	13.0
75% SA+25% CBPA	1.768	13.4

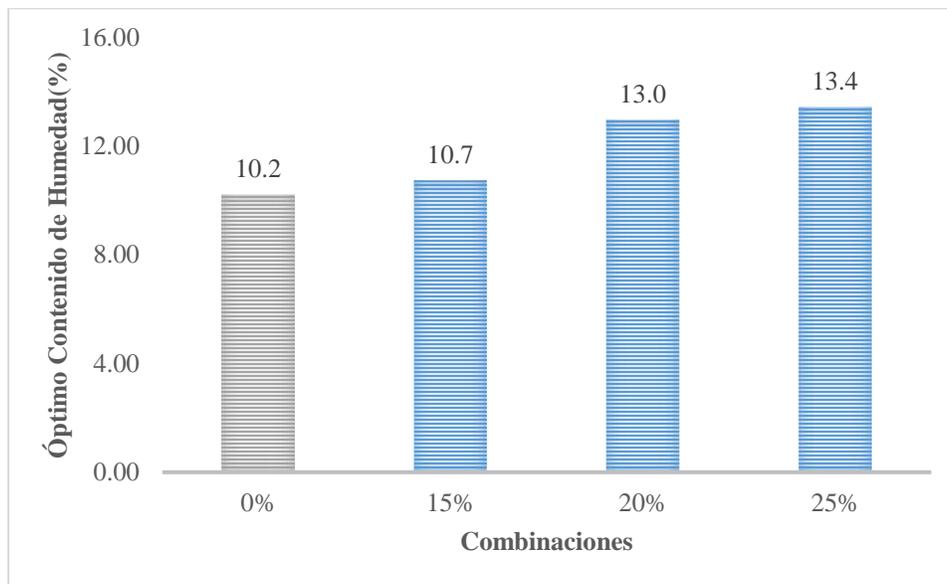
Nota. Elaboración Propia.

Figura 37*Variación de MDS en Tratamientos*

Nota. Elaboración Propia.

Análisis e interpretación

De la Tabla 35 y las Figuras 36 y 37, se observa que la MDS se reduce al adicionar CBPA, la variación es significativa en cada una de los tratamientos respecto a la muestra sin adición de ceniza. El suelo arcilloso inicia con una densidad de 1.995 kg/cm³ hasta llegar a 1.768 kg/cm³ con una adición de 25% de CBPA. La variación entre las adiciones de 20% y 25% no presentan un cambio considerable por lo que no son significativas.

Figura 38*Variación de OCH en Tratamientos*

Nota. Elaboración Propia.

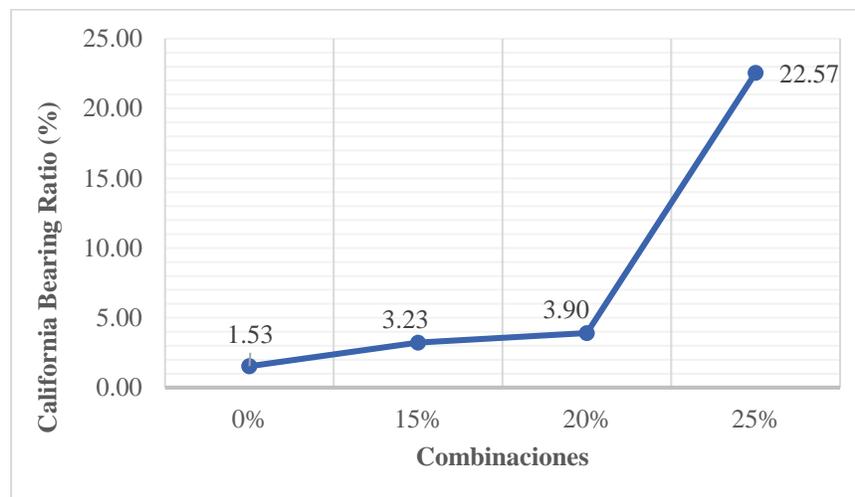
Respecto al óptimo contenido de humedad (OCH) en la Tabla 35 y las Figuras 36 y 38, podemos apreciar como varía frente a las diferentes adiciones de CBPA, de forma general podemos indicar que el OCH es directamente proporcional a la adición de ceniza, las diferencias entre los tratamientos respectivos, son significativas. El suelo arcilloso pasa de requerir una humedad de 10.2% a 13.4% para un suelo arcilloso con 25% de CBPA.

5.1.5 Capacidad de Soporte.

Los ensayos de CBR realizados nos entregan los valores de expansión y la capacidad de soporte, los mismos que se visualizan en las Tablas 36 y 37. La capacidad de soporte es ascendente hasta el tratamiento de muestras con 25% de CBPA, logrando mejorar la calidad del material a nivel de subrasante.

Tabla 36*Resultados de CBR al 95%*

Material	CBR (%)
100% SA+0% CBPA	1.53
85% SA+15% CBPA	3.23
80% SA+20% CBPA	3.90
75% SA+25% CBPA	22.57

Nota. Elaboración Propia.**Figura 39***Variación de CBR**Nota.* Elaboración Propia.**Análisis e interpretación**

De la Tabla 36 y la Figura 39, se aprecia los cambios respecto a la capacidad de soporte de los suelos arcillosos frente a las diferentes adiciones de CBPA, se puede observar como el valor del CBR alcanza su máximo valor con el tratamiento de 25% de CBPA, donde se obtiene la variación más significativa, pasa de tener un valor de 1.53% a 22.57%, lo que significa que incrementa casi 14 veces su capacidad de soporte, reclasificando el material tratado, ya que el

material arcilloso sin adición corresponde a una subrasante inadecuada, mientras que el material arcilloso con 25% de adición de ceniza consigue un clasificación de subrasante Muy buena. .

Tabla 37

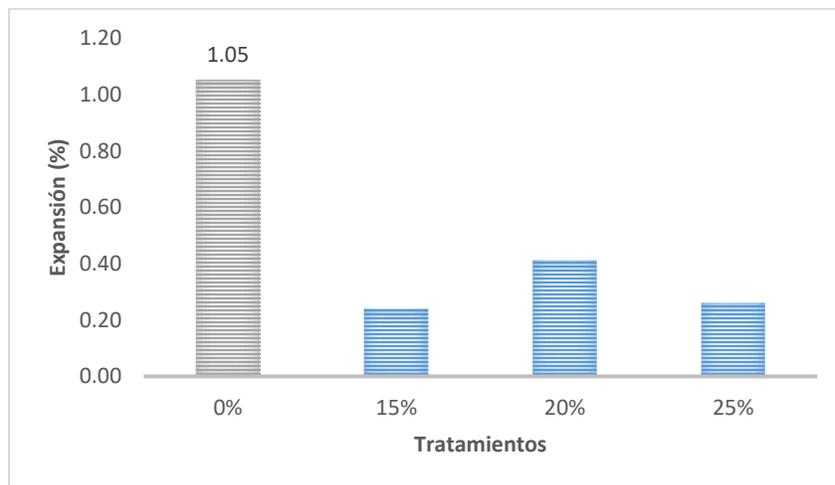
Resultados de Expansión

Material	Expansión a los 4 días (%)
100% SA+0% CBPA	1.05
85% SA+15% CBPA	0.24
80% SA+20% CBPA	0.41
75% SA+25% CBPA	0.26

Nota. Elaboración Propia.

Figura 40

Variación de Expansión a 4 días



Nota. Elaboración Propia.

Análisis e interpretación

De la Tabla 37 y la Figura 40, podemos observar que la expansión se reduce considerablemente en las muestras con tratamiento de 15%, 20% y 25% de CBPA.

CONCLUSIONES

- La ceniza biomasa de palma aceitera modifica la clasificación de los suelos arcillosos, según AASHTO y SUCS, las muestras de suelo natural se clasifican en suelo tipo CL y grupo A-6 respectivamente, que corresponden suelos arcillosos de baja plasticidad. Sin embargo, las muestras con tratamientos de 15%, 20% y 25% se clasifican en suelos de tipo ML y grupo A-(4) correspondiente a suelos limosos.
- La plasticidad del suelo arcilloso con adición de CBPA, presenta comportamientos diferentes, respecto al el límite líquido se reduce y luego va incrementando ligeramente, mientras que los valores correspondientes al límite plástico incrementan en medida que se adiciona ceniza. El índice de plasticidad, se reduce en todas las combinaciones, obteniendo los valores extremos en tratamientos de 15% y 25%, con IP de 4.23% y 6.45% respectivamente, pasando de un suelo arcilloso ($IP < 20$) a un suelo poco arcilloso ($IP < 7$).
- La adición de CBPA al suelo arcilloso es directamente proporcional el óptimo contenido de humedad, pero inversamente proporcional a la obtención de la máxima densidad seca, la misma que se reduce un 9.32% y 11.37% para T_{15} y T_{25} respectivamente, mientras que el óptimo contenido de humedad llega a incrementar un 31.37% de la muestra sin CBPA.
- El valor del CBR incrementa para los tratamientos de 15%, 20% y 25%. Las muestras sin adición de ceniza solo alcanzaron un valor promedio de 1.53%, mientras que con adiciones de CBPA al 15% y 20% alcanzaron valores de 3.23% y 3.90% respectivamente, siendo el tratamiento al 25% de CBPA la que alcanzó el máximo valor de CBR con 22.57%, incrementando casi 14 veces la capacidad de soporte inicial.

- El incremento del CBR permite reclasificar nuevamente el material arcilloso a nivel subrasante según el Manual de Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos del MTC (2014), para el valor inicial de 1.53% le corresponde la categoría S0-Subrasante Inadecuada, sin embargo, para un valor de 22.57% se recategoriza a un S4-Subrasante Muy buena.
- Los resultados evaluados demuestran que la estabilización a nivel de subrasante mediante el uso de ceniza de biomasa de palma aceitera mejora las propiedades de los suelos arcillosos, los resultados más significativos se obtuvieron con la adicción de 25% de CBPA.
- La ceniza de biomasa de palma aceitera es un material que puede ser considerado un agente estabilizador, y su uso podría ayudar a mejorar sosteniblemente carreteras de bajo volumen de tránsito.
- En la presente investigación se determinó que la adición de ceniza de biomasa de palma aceitera estabiliza suelos arcillosos a nivel de subrasante.

RECOMENDACIONES O SUGERENCIAS

- Los materiales que se obtienen como residuos de procesos industriales deben ser investigados para identificar en que áreas o sectores puede ser usado nuevamente de manera que resulte una alternativa sustentable y sostenible a través de tiempo.
- Así como la ceniza de biomasa de palma aceitera también se obtiene otro residuo constante dentro del proceso industrial de la palma, este es conocido como “tierra blanca”, la cual es un tipo de arcilla importada que cumple la función de filtro para clarificar el aceite, este material también podría ser usado en la estabilización de suelos, quedando como una posible línea de investigación.
- Se recomienda investigar más acerca del uso de estas cenizas ya que en muchos países se están realizando diversos estudios, no solo a nivel de estabilización de suelos, sino que involucran su uso en la elaboración de morteros y concretos de baja resistencia.
- Se recomienda investigar el uso de la CBPA y las fibras del escobajo en la elaboración de adobes.
- Tamizar la ceniza y trabajar con las partículas más finas para obtener mejores resultados.
- De forma general se determinó que el uso de CBPA resulta beneficioso para los suelos arcillosos, por lo que se recomienda su uso como alternativa a los estabilizantes que se usan de forma convencional.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alanya Palomino, C. E. (2020). *“Estabilización de suelos arcillosos incorporando cenizas de madera, originadas por ladrilleras artesanales, en la red vial vecinal Antarumi-Macachacra, Ayacucho”*. Lima Norte: Universidad Cesar Vallejo.
- Anaya, E., & Avalos, E. (2021). *Estudio comparativo de las propiedades físicas y mecánicas del adobe elaborado con paja frente a otro, con bagazo de caña de azúcar- Huánuco-2020*. Huánuco: Universidad Nacional Hermilio Valdizan.
- Blázquez, L., & Beviá, J. (1999). *Manual de Carreteras-Tomo II*. Alicante: 2000.
- Caballero, A. (2014). *Metodología integral innovadora para planes y tesis*. Mexico: CENGAGE Learning.
- Castro, A. (2017). *Estabilización de suelos arcillosos con ceniza de cascara de arroz para el mejoramiento de subrasante*. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería.
- Cortés, M., & Iglesias, M. (2004). *Generalidades sobre Metodología de la Investigación*. México: Universidad Autónoma del Carmen - Colección Material Didáctico.
- Cotes, L., & Murillo, C. (2015). Estabilización de suelos arcillosos mediante la dosificación de la ceniza del cuesco de la palma africana. En D. Manzanal, & A. Sfriso, *Fom Fundamentals to Applications in Geotechnics* (págs. 1678-1685). Buenos Aires: IOS Press.
- Diccionario de Geotecnia*. (s.f.). Obtenido de <https://www.diccionario.geotecnia.online/palabra/carta-de-plasticidad-de-casagrande/>
- Espinoza, T., & Honores, G. (2018). *“Estabilización de suelos arcillosos con conchas de abanico y cenizas de carbón con fines de pavimentación”*. Chimbote.

- Gamarra, L. F. (2016). *Aptitud de las fibras del mesocarpio de la palma aceitera (Elaeis guineensis Jacq.) para la elaboración de tableros fibrocemento*. Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Gonzales, A. (2013). *Estudio de prefactibilidad para la instalación de una planta extractora de aceite crudo de palma aceitera (Elaeis guineensis Jacq), en la provincia de Alto Amazonas*. Tarapoto: Universidad Nacional de San Martín .
- GRUPO PALMAS. (s.f.). Obtenido de https://www.palmas.com.pe/grupo_palmas
- Guamán, K., Hernández , E., & Lloay, S. (2020). El positivismo y el positivismo jurídico. *Revista Científica de la Universidad de Cienfuegos* , 265-269.
- Gutiérrez , C. (2010). *Estabilización química de carreteras no pavimentadas en el Perú y ventajas comparativas del cloruro de magnesio (bischofita) frente al cloruro de calcio*. Lima: Universidad Ricardo Palma.
- Hamada, H. M., Jokhio, G. A., Yahaya, F. M., Humada, A. M., & Gul, Y. (2018). The present state of the use of palm oil fuel ash (POFA) in concrete. *Construction and Building Materials-Volume 175*, 26-40.
- Hernández, R., Fernández , C., & Baptista, M. (2014). *Metodología de la Investigación. Sexta edición*. Mexico: Mc Graw Hill.
- MTC. (2014). *Manual de Carreteras, Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos*.
- Neyra, M. (2020). *Efecto de la incorporación de las cenizas de caña de azúcar en subrasantes arenolimosas*. Piura.
- Riego, R. d. (Julio de 2016). *Repositorio Institucional MIDAGRI*. Obtenido de Plan Nacional de Desarrollo Sostenible de la Palma Aceitera en el Perú – 2016-2025: <https://repositorio.midagri.gob.pe/jspui/handle/20.500.13036/187>

- Roldán , J. (2010). *Estabilización de suelos con cloruro de sodio (NaCl) para bases y sub base*.
Guatemala : Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Sáenz, G. (Enero de 2017). <https://junpalmaperu.org/publicaciones/agroindustria-de-la-palma-aceitera/>. Obtenido de JUNPALMAPERÚ.
- Sánchez, B., & Solano, J. (2019). *Análisis de viabilidad del uso de cenizas de palma de aceite mezcladas con escoria granulada y activadores alcalinos para elaboración de morteros de recubrimiento*. Bogotá D.C: Universidad La Salle.
- Terrones, A. (2018). *Estabilización de suelos arcillosos adicionando cenizas de bagazo de caña para el mejoramiento de subrasante en el Sector Barraza, Trujillo – 2018*. Trujillo:
Universidad Privada del Norte.
- Van , J. (2016). Subproductos de la palma de aceite como materias primas de biomasa. *Revista Palmas Vol. 37 Tomo II*, 149-156.
- Vargas , E., & Zumbado, M. (2003). Composición de los subproductos de la industrialización de la Palma Africana utilizados en la alimentación animal en Costa Rica. *Agronomía Costarricense*, 7-18.
- Vargas, B. (2020). *Estabilización de un suelo arcilloso con ceniza volcánica para el mejoramiento de subrasante en la progresiva km 5+100 al 6+100 del tramo Asirumi – Rosaspata Huancané*. Juliaca, Puno: Universidad Peruana Union.
- Wikivia. (s.f.). Obtenido de Wikivia:
http://www.wikivia.org/wikivia/index.php?title=Clasificaci%C3%B3n_AASHTO
- Yupanqui, O., Julca, J., & Valerio, E. (2021). “Estimación de la superficie cultivada de Palma Aceitera mediante la interpretación de imágenes satelitales durante los años 2016-2020”.
Revista Xilema, 32-45.

ANEXOS

ANEXOS

- ANEXO A: MATRIZ DE CONSISTENCIA.
- ANEXO B: ENSAYOS DE LABORATORIO.
- ANEXO C: CERTIFICADOS DE LABORATORIO.
- ANEXO D: PANEL FOTOGRÁFICO.

ANEXO A. MATRIZ DE CONSISTENCIA

**EFFECTOS DE LA CENIZA DE BIOMASA DE PALMA ACEITERA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS
ARCILLOSOS A NIVEL DE SUBRASANTE, HUANUCO 2021**

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPOTESIS	METODOLOGÍA
<p>Problema general ¿Qué efectos tiene la ceniza de la biomasa de la palma aceitera en la estabilización de suelos arcillosos a nivel de subrasante?</p>	<p>Objetivo general Determinar los efectos de la ceniza de biomasa de la palma aceitera en la estabilización de suelos arcillosos a nivel de subrasante</p>	<p>Hipótesis general La adición de la ceniza de biomasa de palma aceitera mejora el comportamiento de los suelos arcillosos a nivel de subrasante.</p>	<p>Enfoque; Cuantitativo</p> <p>Tipo; Aplicada</p>
<p>Problema específico N° 1 ¿En qué medida incide la ceniza de biomasa de palma aceitera en la consistencia de los suelos arcillosos a nivel de subrasante?</p>	<p>Objetivo específico N° 1 Evaluar la incidencia de la ceniza de biomasa de palma aceitera en la plasticidad de los suelos arcillosos a nivel de subrasante</p>	<p>Hipótesis específica N° 1 Existe variación en la plasticidad al adicionar ceniza de biomasa de palma aceitera en los suelos arcillosos a nivel de subrasante</p>	<p>Nivel; relacional</p> <p>Diseño; Experimental</p>
<p>Problema específico N° 2 ¿En qué medida incide la ceniza de biomasa palma aceitera en la densidad de los suelos arcillosos a nivel de subrasante?</p>	<p>Objetivo específico N.º 2 Evaluar la incidencia de la ceniza de biomasa de palma aceitera en la densidad de los suelos arcillosos a nivel de subrasante</p>	<p>Hipótesis específica N° 2 Existe variación en la densidad al adicionar ceniza de biomasa de palma aceitera en los suelos arcillosos a nivel de subrasante</p>	<p>Muestreo; No probabilístico por conveniencia</p>
<p>Problema específico N° 3 ¿En qué medida incide la ceniza de biomasa de palma aceitera en la capacidad de soporte de los suelos arcillosos?</p>	<p>Objetivo específico N° 3 Evaluar la incidencia de la ceniza de biomasa de palma aceitera en la capacidad de soporte de los suelos arcillosos a nivel de subrasante</p>	<p>Hipótesis específica N° 3 La adición de ceniza de biomasa de palma aceitera incrementa la capacidad de soporte de los suelos arcillosos a nivel de subrasante</p>	

ANEXO B. ENSAYOS DE LABORATORIO

TRATAMIENTO 1

100% SA+0% CBPA

PROYECTO: TESIS "EFECTOS DE LA CENIZA DE BIOMASA DE PALMA ACEITERA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS A NIVEL DE SUBRASANTE, HUANUCO 2022"

SOLICITA: Bach. Ing. Claudia Laos

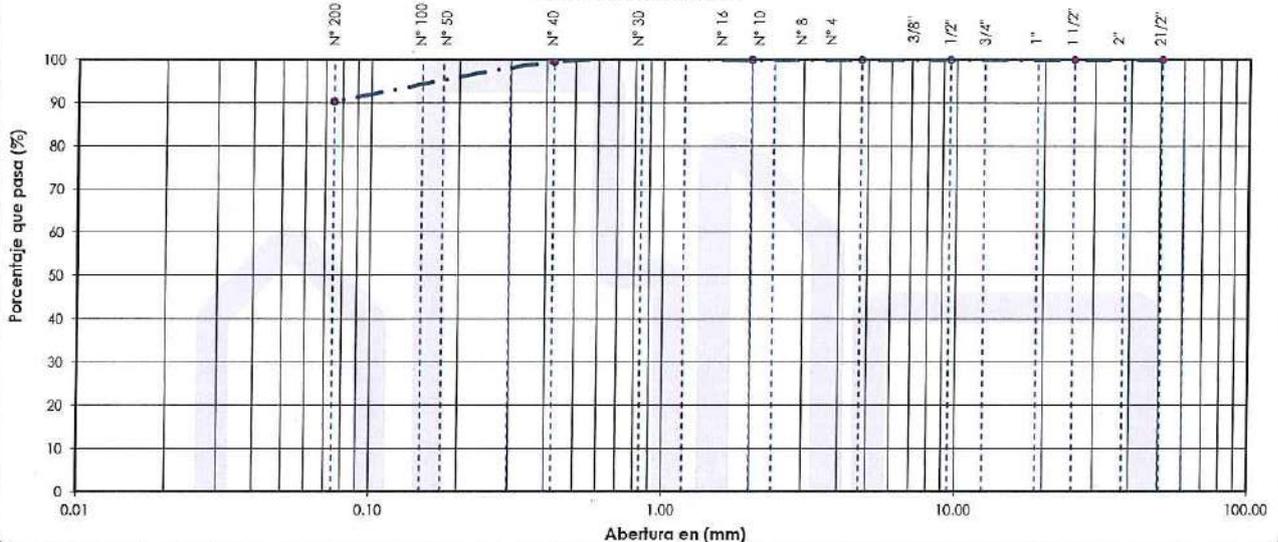
CÓDIGO: TI-UHV-1-SA-G

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
 NORMAS TÉCNICAS: MTC E 107, ASTM D 422, AASHTO T 88

DATOS DE LA MUESTRA

ESTRUCTURA : SUB RASANTE	PROGRESIVA : -	P. Inicial muestra, g: 500
CANTERA : -	TMN, mm : 38.100	P. Inicial muestra seca, g: 484
TRAMO : -	HECHO POR : Dennis Reyes	P. Inicial muestra <N°4, g: 500
MUESTRA : R01-100%SA	FECHA : 12/03/2022	P. Inicial muestra <N°4 seca, g: 484

TAMIZ	ABERTURA EN (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	GRADACIÓN "A"	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
2 1/2"	60.350	0	0.0	0.0	100.0		Pesos de Muestra
2"	50.800	0	0.0	0.0	100.0	100	Peso Total : 484 gr.
1 1/2"	38.100	0	0.0	0.0	100.0		Peso de Grava : 0 gr.
1"	25.400	0	0.0	0.0	100.0	-	Peso de Arena : 484 gr.
3/4"	19.000	0	0.0	0.0	100.0		Fracc. < N° 4 : 484 gr.
1/2"	12.500	0	0.0	0.0	100.0		LÍMITES DE CONSISTENCIA
3/8"	9.500	0	0.0	0.0	100.0	30 - 65	Límite Líquido : 35.00 %
N° 4	4.750	0	0.0	0.0	100.0	25 - 55	Límite Plástico : 22.83 %
N° 8	2.380	0.13	0.0	0.0	100.0		Índice Plástico : 12.17 %
N° 10	2.000	0.15	0.0	0.1	99.9	15 - 40	CLASIFICACIÓN DEL SUELO
N° 16	1.180	0.27	0.1	0.1	99.9		A.A.S.H.T.O : A-6(11)
N° 30	0.840	0.87	0.2	0.3	99.7		S.U.C.S : CL
N° 40	0.425	1.04	0.2	0.5	99.5	8 - 20	
N° 50	0.300	1.08	0.2	0.7	99.3		
N° 100	0.150	16.47	3.4	4.1	95.9		
N° 200	0.075	26.6	5.5	9.6	90.4	2 - 8	
< N° 200	Fondo	437.34	90.4	100.0	0.0		

CURVA GRANULOMÉTRICA

Observaciones:

Elaborado por:	
Nombre / Función:	D:
Técnico Jefe de Laboratorio	
Firma:	M:
	A:

 Bach. Ing. Dennis H. Reyes Medina
 TÉCNICO JEFE DE LABORATORIO

Revisado por:	
Nombre / Función:	D:
Ingeniero Jefe de Laboratorio	
Firma:	M:
	A:

 Ing. Carlos Ortiz Gómez
 CIP: 61857
 INGENIERO JEFE DE LABORATORIO

PROYECTO: TESIS "EFECTOS DE LA CENIZA DE BIOMASA DE PALMA ACEITERA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS A NIVEL DE SUBRASANTE, HUANUCO 2022"

SOLICITA: Bach. Ing. Claudia Laos

CÓDIGO: TI-UHV-1-SA-LL

LÍMITES DE CONSISTENCIA

DATOS DE LA MUESTRA

ESTRUCTURA : SUB RASANTE
CANTERA : - -
PROGRESIVA : -
MUESTRA : R01-100%SA

HECHO POR : Dennis Reyes
FECHA : 12/03/2022

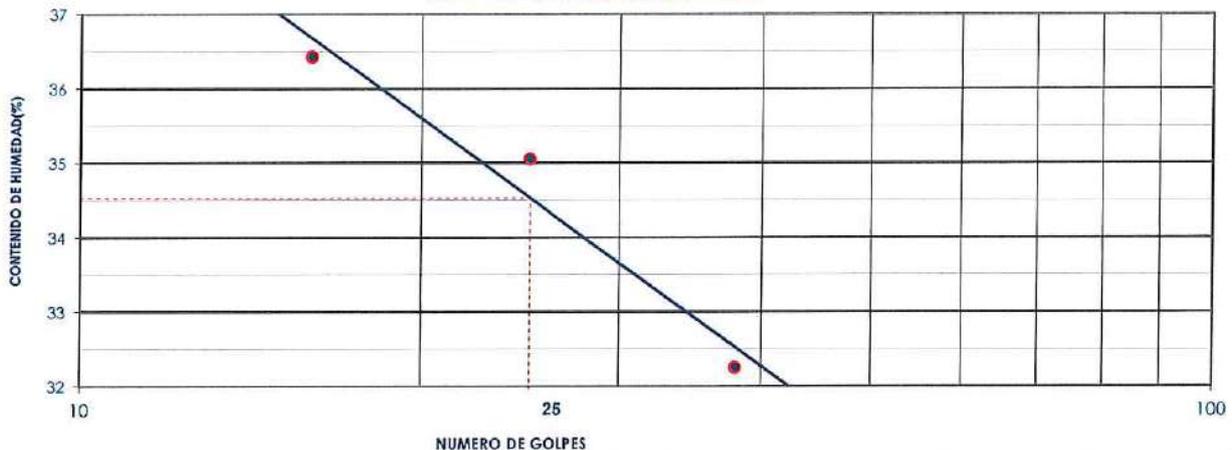
LIMITE LIQUIDO (MTC E 110, AASHTO T 89)

Nº TARA		T-09	T-03	T-01	PROMEDIO
PESO TARA + SUELO HUMEDO	(gr.)	65.58	61.49	67.12	
PESO TARA + SUELO SECO	(gr.)	54.63	51.58	56.47	
PESO DE AGUA	(gr.)	10.95	9.91	10.65	
PESO DE LA TARA	(gr.)	24.57	23.31	23.45	
PESO DEL SUELO SECO	(gr.)	30.06	28.27	33.02	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	36.43	35.05	32.25	
NUMERO DE GOLPES		16	25	38	34.58

LIMITE PLÁSTICO (MTC E 111, AASHTO T 90)

Nº TARA		T-05	T-04	T-07	PROMEDIO
PESO TARA + SUELO HUMEDO	(gr.)	27.39	25.96	24.81	
PESO TARA + SUELO SECO	(gr.)	26.73	25.48	24.35	
PESO DE LA TARA	(gr.)	23.63	23.33	22.50	
PESO DEL AGUA	(gr.)	0.66	0.48	0.46	
PESO DEL SUELO SECO	(gr.)	3.10	2.15	1.85	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	21.29	22.33	24.86	22.83

CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA

LIMITE LIQUIDO (%)	35.00
LIMITE PLASTICO (%)	22.83
INDICE DE PLASTICIDAD (%)	12.17

OBSERVACIONES

Elaborado por:

Nombre / Función:	D:
Técnico Jefe de Laboratorio	M:
Firma:	A:

Bach. Ing. Dennis N. Reyes Medina
TÉCNICO JEFE DE LABORATORIO

Revisado por:

Nombre / Función:	D:
Ingeniero Jefe de Laboratorio	M:
Firma:	A:

Ing. Carlos Ortiz Gómez,
CIP: 61657
INGENIERO JEFE DE LABORATORIO



PROYECTO: TESIS "EFECTOS DE LA CENIZA DE BIOMASA DE PALMA ACEITERA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS A NIVEL DE SUBRASANTE, HUANUCO 2022"

SOLICITA: Bach. Ing. Claudia Laos

CÓDIGO: T1-UHV-1-SA-CH

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO
NORMAS TÉCNICA: MTC E 108

DATOS DE LA MUESTRA

ESTRUCTURA: SUB RASANTE

CANERA: . .

PROGRESIVA: .

MUESTRA: R01-100%SA

HECHO POR: Dennis Reyes

FECHA: 12/03/2022

CONTENIDO DE HUMEDAD

Peso suelo húmedo + cápsula	gr.	239.00	321.00	288.00			
Peso suelo seco + cápsula	gr.	234.00	313.00	281.00			
Peso de cápsula	gr.	78.00	78.00	79.00			
Peso del agua	gr.	5.00	8.00	7.00			
Peso de suelo seco	gr.	156.00	235.00	202.00			
Contenido de Humedad	%	3.21	3.40	3.47			
Promedio de Humedad	%	3.36					

Observaciones:

Elaborado por:	
Nombre / Función:	D:
Técnico Jefe de Laboratorio	
Firma:	A:

Bach. Ing. Dennis N. Reyes Medina
TÉCNICO JEFE DE LABORATORIO

Revisado por:	
Nombre / Función:	D:
Ingeniero Jefe de Laboratorio	
Firma:	A:

Ing. Carlos Ortiz Gómez
CIP: 61557
INGENIERO JEFE DE LABORATORIO

PROYECTO:

TESIS "EFECTOS DE LA CENIZA DE BIOMASA DE PALMA ACEITERA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS A NIVEL DE SUBRASANTE, HUANUCO 2022"

SOLICITA:

Bach. Ing. Claudia Laos

CÓDIGO:

TI-UHV-1-SA-P

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

PROCTOR MODIFICADO

NORMAS TÉCNICAS: MITC E 115, ASTM D 1557, AASHTO T 180

DATOS DE LA MUESTRA

ESTRUCTURA : SUB RASANTE

CANTERA : - -

PROGRESIVA : -

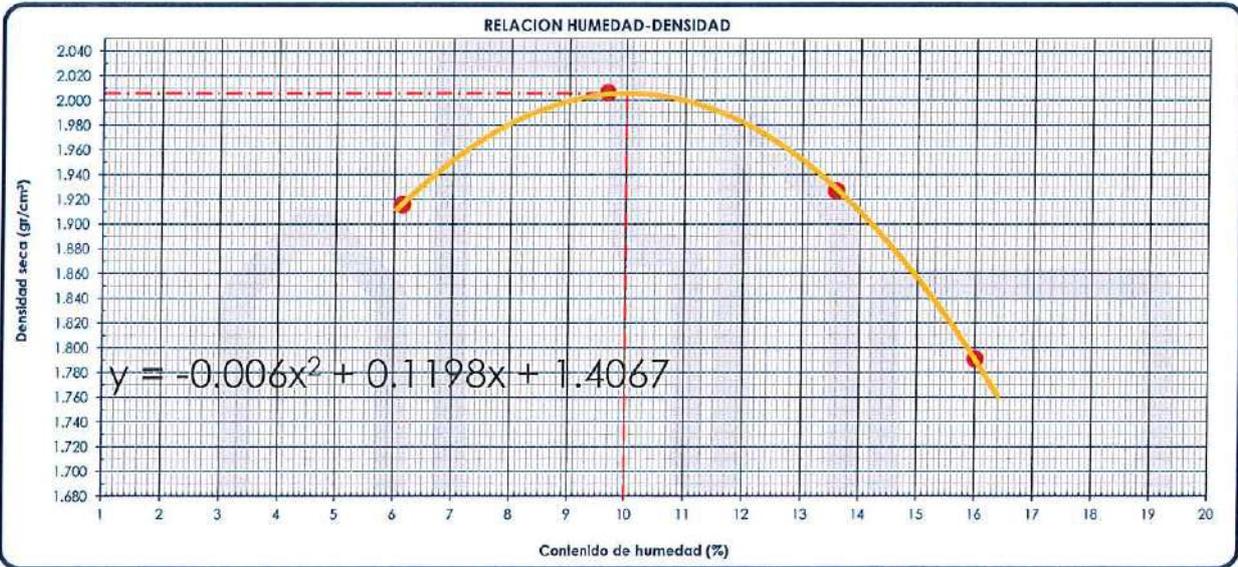
MUESTRA : R01-100%SA

MÉTODO : A

HECHO POR : Dennis Reyes

FECHA : 12/03/2022

Ensayo N°		1	2	3	4	
Número de Capas		5	5	5	5	
Golpes de Pisón por Capa		56	56	56	56	
Peso suelo húmedo + molde	gr.	5623	5781	5756	5611	
Peso molde + base	gr.	3704	3704	3690	3650	
Peso suelo húmedo compactado	gr.	1919	2077	2066	1961	
Volumen del molde	cm ³	944	944	944	944	
Peso volumétrico húmedo	gr/cm ³	2.034	2.201	2.189	2.078	
Recipiente N°		Tc-06	Tc-06	Tc-03	Tc-01	
Peso del suelo húmedo+tara	gr.	493.0	488.0	234.0	448.0	
Peso del suelo seco + tara	gr.	469.0	452.0	217.0	399.0	
Peso de Tara	gr.	78.0	80.0	92.0	93.0	
Peso de agua	gr.	24.0	36.0	17.0	49.0	
Peso del suelo seco	gr.	391.0	372.0	125.0	306.0	
Contenido de agua	%	6.14	9.68	13.60	16.01	
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	1.916	2.007	1.927	1.791	
					Densidad máxima (gr/cm ³)	2.006
					Humedad óptima (%)	10.0



Observaciones:

Elaborado por:	
Nombre / Función:	D:
Técnico Jefe de Laboratorio	
Firma:	A:

Bach. Ing. Dennis N. Reyes Medina
TÉCNICO JEFE DE LABORATORIO

Revisado por:	
Nombre / Función:	D:
Ingeniero Jefe de Laboratorio	
Firma:	A:

ING. JERO JEFE DE LABORATORIO

PROYECTO: TESIS "EFECTOS DE LA CENIZA DE BIOMASA DE PALMA ACEITERA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS A NIVEL DE SUBRASANTE, HUANUCO 2022"

Hoja: 1 de 2

SOLICITA: Bach. Ing. Claudia Laos

CÓDIGO: TI-UHV-1-SA-CBR

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

RELACIÓN SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R)
NORMAS TÉCNICAS: MIC E 132, ASTM D 1883, AASHTO T 193

DATOS DE LA MUESTRA

ESTRUCTURA : SUB RASANTE
CANTERA : - -
PROGRESIVA : -
TRAMO : -
MUESTRA : R01-100%SA

PROFUNDIDAD : -
HECHO POR : Dennis Reyes
FECHA : 12/03/2022

COMPACTACIÓN

Molde N°	4		5		6	
	5		5		5	
Capas N°	56		25		12	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	12429	12824	12255	12701	11814	12332
Peso de molde + base (g)	8008	8008	8026	8026	7826	7826
Peso del suelo húmedo (g)	4421	4816	4229	4675	3988	4506
Volumen del molde (cm ³)	2068	2068	2068	2068	2068	2068
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.138	2.329	2.045	2.261	1.928	2.179
Tara (N°)	Tc-01	Tc-12	Tc-03	Tc-01	Tc-09	Tc-07
Peso suelo húmedo + tara (g)	539.0	529.0	596.0	626.0	568.0	585.0
Peso suelo seco + tara (g)	503.0	442.0	553.0	523.0	526.0	482.0
Peso de tara (g)	93.0	78.0	91.0	93.0	85.0	78.0
Peso de agua (g)	36.0	36.0	43.0	43.0	42.0	103.0
Peso de suelo seco (g)	410.0	364.0	462.0	430.0	441.0	441.0
Contenido de humedad (%)	8.8	9.9	9.3	10.0	9.5	23.4
Densidad seca (g/cm ³)	1.965	2.119	1.871	2.055	1.761	1.766
Densidad seca (g/cm ³)	2.042		1.963		1.764	

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
12-Mar-22	10:20	0	0.150	0.00	0.00	0.180	0.00	0.00	0.140	0.00	0.00
13-Mar-22	10:20	24	10.130	9.98	0.67	14.320	14.14	0.79	18.620	18.48	1.32
14-Mar-22	10:20	48	12.460	12.31	0.82	15.620	15.44	0.86	22.340	22.20	1.59
15-Mar-22	10:20	72	13.480	13.33	0.89	19.650	19.47	1.08	25.650	25.51	1.82
16-Mar-22	10:20	96	15.880	15.73	1.05	23.650	23.47	1.30	28.980	28.84	2.06

PENETRACION

PENETRACION mm	CARGA STAND. kg/cm ²	MOLDE N°1			MOLDE N°2			MOLDE N°3			
		CARGA		CORRECCION	CARGA		CORRECCION	CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	kg		Dial (div)	kg		Dial (div)	kg		
0.000			0.0			0.0			0.0		
0.635			11.4			10.5			6.6		
1.270			16.7			14.8			10.2		
1.905			20.3			18.2			12.6		
2.540	70.5		24.4	22.2	1.63	20.4	18.7	1.38	14.2	12.02	0.88
3.810			31.3			25.2			16.4		
5.080	105.7		36.7	36.8	1.80	28.8	29.4	1.44	18.6	18.7	0.92
6.350			43.1			32.6			20.2		
7.620			47.4			37.0			22.0		
10.160			58.0			41.9			25.3		
12.700			65.4			48			28.1		

Observaciones:

Revisado por:

Nombre / Función: Técnico jefe de laboratorio D:

Firma:  A:

Revisado por:

Nombre / Función: Asistente jefe de laboratorio D:

Firma:  A:

Bach. Ing. Dennis N. Reyes Medina
TÉCNICO JEFE DE LABORATORIO

Ing. Carlos Ortiz Gomez
CPI: 61057
INGENIERO JEFE DE LABORATORIO

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

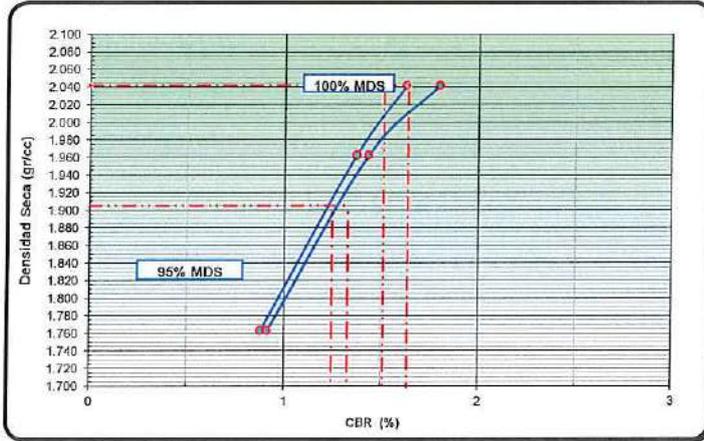
RELACIÓN SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)
NORMAS TÉCNICAS: MIT E 132, ASTM D 1883, AASHTO T 193

DATOS DE LA MUESTRA

ESTRUCTURA : SUB RASANTE
CANTERA : - -
PROGRESIVA : -
TRAMO : -
MUESTRA : R01-100%SA

PROFUNDIDAD : -
HECHO POR : Dennis Reyes
FECHA : 12/03/2022

DETERMINACIÓN DEL CBR



DATOS DEL PRÓCTOR MODIFICADO

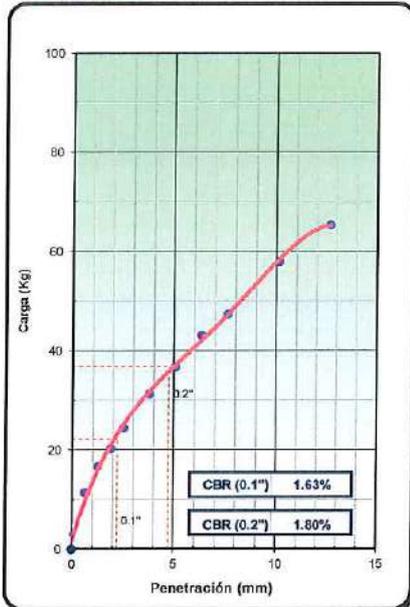
PROCTOR MODIFICADO ASTM D	:	1557
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3)	:	2.006
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	:	10.0
AL 95% DE LA MAX. DEN. SECA (g/cm³)	:	1.906

PORCENTAJE DEL CBR

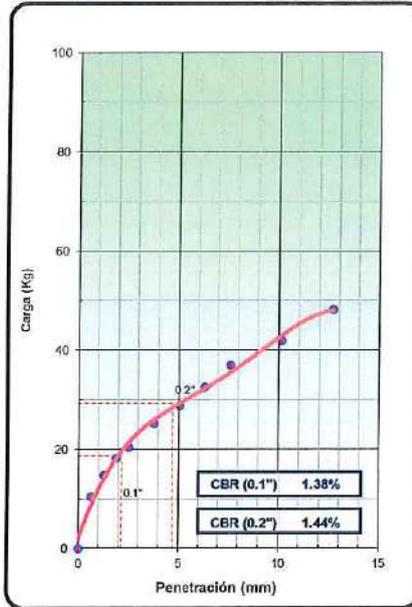
C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1"	1.5	0.2"	1.6
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1"	1.3	0.2"	1.3

OBSERV.: _____

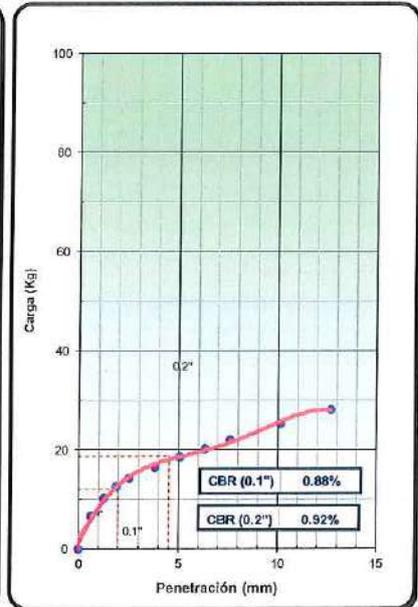
EC = 56 GOLPES



EC = 25 GOLPES



EC = 12 GOLPES



Observaciones: _____

Elaborado por:

Nombre / Función:	Técnico Jefe de Laboratorio	D:
Firma:		A:

Revisado por:

Nombre / Función:	Ingeniero Jefe de Laboratorio	D:
Firma:		A:

Bach. Ing. Dennis N. Reyes Medina
TÉCNICO JEFE DE LABORATORIO

Ing. Carlos Ortiz Gómez
INGE JEFE DE LABORATORIO

PROYECTO: TESIS : EFECTOS DE LA CENIZA DE BIOMASA DE PALMA ACEITERA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS A NIVEL DE SUBRASANTE, HUANUCO 2022

SOLICITA: Bach. Ing. Claudia Laos

CÓDIGO: TI-UHV-2-SA-G

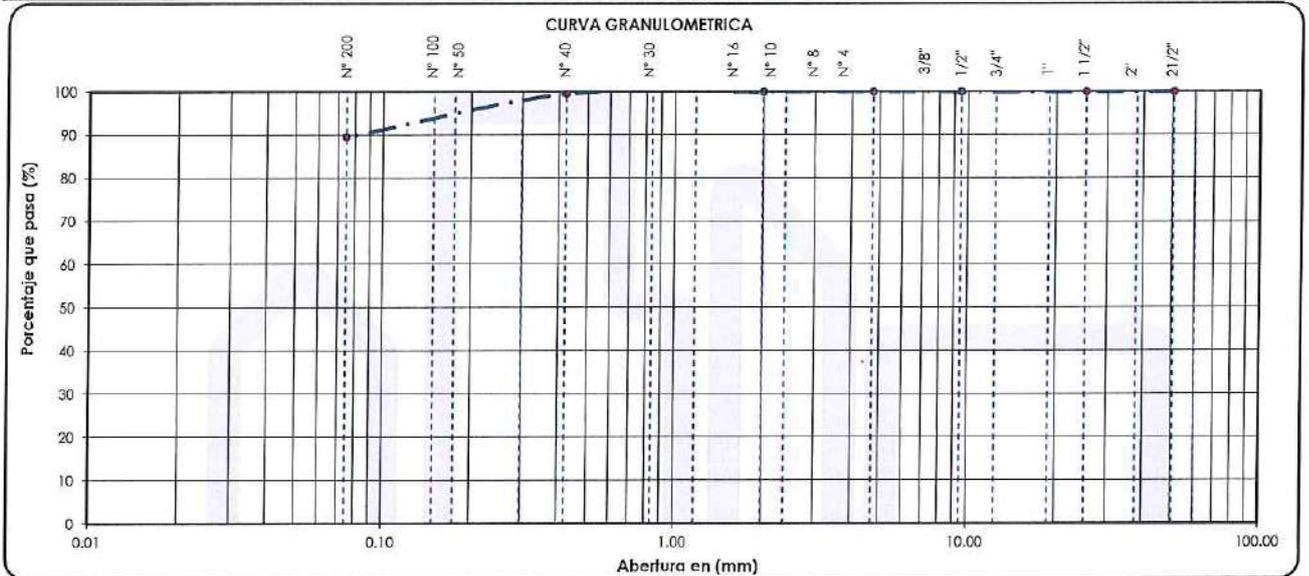
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
 NORMAS TÉCNICAS: MTC E 107, ASTM D 422, AASHTO T 88

DATOS DE LA MUESTRA

ESTRUCTURA : SUB RASANTE	PROGRESIVA : -	P. Inicial muestra, g: 500
CANERA : - -	TMN, mm: 38.100	P. Inicial muestra seca, g: 485
TRAMO : -	HECHO POR: Dennis Reyes	P. Inicial muestra <N°4, g: 500
MUESTRA : R02-100%SA	FECHA: 12/03/2022	P. Inicial muestra <N°4 seca, g: 485

TAMIZ	ABERTURA EN (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	GRADACIÓN "A"	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
2 1/2"	60.350	0	0.0	0.0	100.0		Pesos de Muestra
2"	50.800	0	0.0	0.0	100.0	100	Peso Total : 485 gr.
1 1/2"	38.100	0	0.0	0.0	100.0		Peso de Grava : 0 gr.
1"	25.400	0	0.0	0.0	100.0	-	Peso de Arena : 485 gr.
3/4"	19.000	0	0.0	0.0	100.0		Fracc. < N° 4 : 485 gr.
1/2"	12.500	0	0.0	0.0	100.0		LIMITES DE CONSISTENCIA
3/8"	9.500	0	0.0	0.0	100.0	30 - 65	Límite Líquido : 31.00 %
N° 4	4.750	0	0.0	0.0	100.0	25 - 55	Límite Plástico : 20.34 %
N° 8	2.380	0.12	0.0	0.0	100.0		Índice Plástico : 10.66 %
N° 10	2.000	0.19	0.0	0.1	99.9	15 - 40	CLASIFICACIÓN DEL SUELO
N° 16	1.180	0.21	0.0	0.1	99.9		A.A.S.H.T.O : A-6(9)
N° 30	0.840	0.79	0.2	0.3	99.7		S.U.C.S : CL
N° 40	0.425	1.12	0.2	0.5	99.5	8 - 20	
N° 50	0.300	0.98	0.2	0.7	99.3		
N° 100	0.150	17.23	3.6	4.3	95.7		
N° 200	0.075	30.44	6.3	10.5	89.5	2 - 8	
< N° 200	Fondo	433.81	89.5	100.0	0.0		



Observaciones:

Elaborado por:	
Nombre / Función:	D:
Técnico Jefe de Laboratorio	
Firma:	M:
	
Bach. Ing. Dennis Reyes Medina TÉCNICO JEFE DE LABORATORIO	

Revisado por:	
Nombre / Función:	D:
Ingeniero Jefe de Laboratorio	
Firma:	M:
	
Ing. Carlos Ortiz INGENIERO JEFE DE LABORATORIO	

PROYECTO: TESIS : EFECTOS DE LA CENIZA DE BIOMASA DE PALMA ACEITERA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS A NIVEL DE SUBRASANTE, HUANUCO 2022

SOLICITA: Bach. Ing. Claudia Laos

CÓDIGO: T1-UHV-2-SA-LL

LÍMITES DE CONSISTENCIA

DATOS DE LA MUESTRA

ESTRUCTURA : SUB RASANTE
CANTERA : - -
PROGRESIVA : -
MUESTRA : R02-100%SA

HECHO POR : Dennis Reyes
FECHA : 12/03/2022

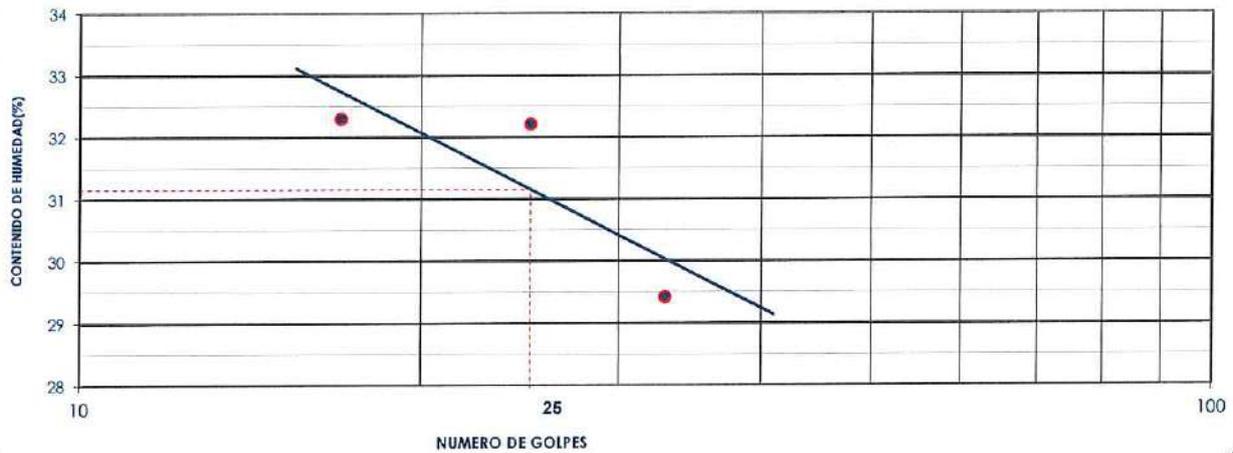
LIMITE LIQUIDO (MTC E 110, AASHTO T 89)

Nº TARA		T-12	T-09	T-06	PROMEDIO
PESO TARA + SUELO HUMEDO	(gr.)	70.32	66.21	71.12	
PESO TARA + SUELO SECO	(gr.)	59.00	56.07	60.30	
PESO DE AGUA	(gr.)	11.32	10.14	10.82	
PESO DE LA TARA	(gr.)	23.95	24.59	23.52	
PESO DEL SUELO SECO	(gr.)	35.05	31.48	36.78	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	32.30	32.21	29.42	
NUMERO DE GOLPES		17	25	33	31.31

LIMITE PLÁSTICO (MTC E 111, AASHTO T 90)

Nº TARA		T-08	T-12	T-02	PROMEDIO
PESO TARA + SUELO HUMEDO	(gr.)	26.94	27.32	27.12	
PESO TARA + SUELO SECO	(gr.)	26.44	26.72	26.62	
PESO DE LA TARA	(gr.)	23.92	23.95	24.06	
PESO DEL AGUA	(gr.)	0.50	0.60	0.50	
PESO DEL SUELO SECO	(gr.)	2.52	2.77	2.56	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	19.84	21.66	19.53	20.34

CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA

LIMITE LIQUIDO (%)	31.00
LIMITE PLASTICO (%)	20.34
INDICE DE PLASTICIDAD (%)	10.66

OBSERVACIONES

Elaborado por:

Nombre / Función:	D:
Técnico Jefe de Laboratorio	
Firma:	M:
	A:

Bach. Ing. Dennis N. Reyes Medina
TÉCNICO JEFE DE LABORATORIO

Revisado por:

Nombre / Función:	D:
Ingeniero Jefe de Laboratorio	
Firma:	M:
	A:

Ing. Carlos Ortiz Gómez
CIP-61557
INGENIERO JEFE DE LABORATORIO



PROYECTO: TESIS : EFECTOS DE LA CENIZA DE BIOMASA DE PALMA ACEITERA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS A NIVEL DE SUBRASANTE, HUANUCO 2022

SOLICITA: Bach. Ing. Claudia Laas

CÓDIGO: T1-UHV-2-SA-CH

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO
NORMAS TÉCNICA: MTC E 108

DATOS DE LA MUESTRA

ESTRUCTURA : SUB RASANTE

CANTERA : - -

PROGRESIVA : -

MUESTRA : R02-100%SA

HECHO POR : Dennis Reyes

FECHA : 12/03/2022

CONTENIDO DE HUMEDAD

Peso suelo húmedo + cápsula	gr.	213.00	224.00	214.00		
Peso suelo seco + cápsula	gr.	208.00	220.00	211.00		
Peso de cápsula	gr.	72.00	93.00	92.00		
Peso del agua	gr.	5.00	4.00	3.00		
Peso de suelo seco	gr.	136.00	127.00	119.00		
Contenido de Humedad	%	3.68	3.15	2.52		
Promedio de Humedad	%					3.12

Observaciones: _____

Elaborado por:	
Nombre / Función:	D:
Técnico Jefe de Laboratorio	M:
Firma:	A:

Bach. Ing. Dennis N. Reyes Medina
TÉCNICO JEFE DE LABORATORIO

Revisado por:	
Nombre / Función:	D:
Ingeniero Jefe de Laboratorio	M:
Firma:	A:

ING. CARLOS SELL GÓMEZ
CIP: 41657
INGENIERO JEFE DE LABORATORIO

PROYECTO: TESIS : EFECTOS DE LA GENIZA DE BIOMASA DE PALMA ACEITERA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS A NIVEL DE SUBRASANTE, HUANUCO 2022

SOLICITA: Bach. Ing. Claudia Laos

CÓDIGO: TI-UHV-2-SA-P

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

PROCTOR MODIFICADO

NORMAS TÉCNICAS: MTC E 115, ASTM D 1557, AASHIO T 180

DATOS DE LA MUESTRA

ESTRUCTURA : SUB RASANTE

CANERA : - -

PROGRESIVA : -

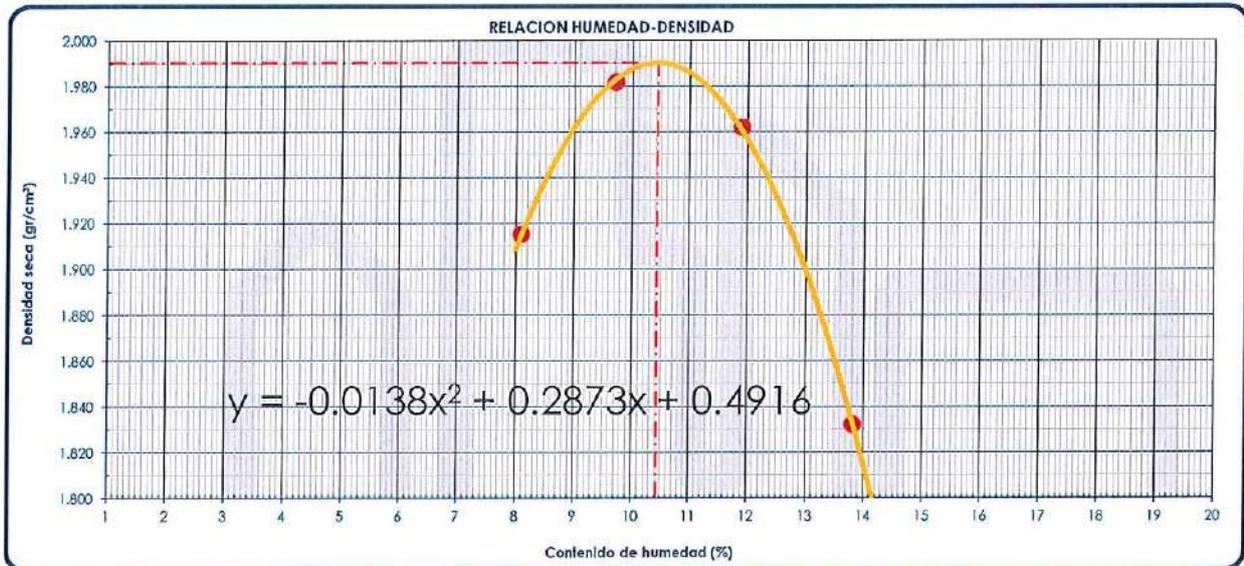
MUESTRA : R02-100%SA

MÉTODO : A

HECHO POR : Dennis Reyes

FECHA : 12/03/2022

Ensayo N°		1	2	3	4
Número de Capas		5	5	5	5
Golpes de Pisón por Capa		56	56	56	56
Peso suelo húmedo + molde	gr.	5644	5756	5762	5672
Peso molde + base	gr.	3690	3704	3690	3704
Peso suelo húmedo compactado	gr.	1954	2052	2072	1968
Volumen del molde	cm ³	944	944	944	944
Peso volumétrico húmedo	gr/cm ³	2.071	2.174	2.196	2.085
Recipiente N°		Tc-01	Tc-01	Tc-03	Tc-10
Peso del suelo húmedo+tara	gr.	507.0	475.0	663.0	232.0
Peso del suelo seco + tara	gr.	476.0	441.0	601.0	215.0
Peso de Tara	gr.	93.0	91.0	80.0	92.0
Peso de agua	gr.	31.0	34.0	62.0	17.0
Peso del suelo seco	gr.	383.0	350.0	521.0	123.0
Contenido de agua	%	8.09	9.71	11.90	13.82
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	1.916	1.982	1.962	1.832
Densidad máxima (gr/cm³)					1.990
Humedad óptima (%)					10.4



Observaciones:

<p style="text-align: center;">Elaborado por:</p> <p>Nombre / Función: Técnico Jefe de Laboratorio</p> <p>D: _____</p> <p>M: _____</p> <p>A: _____</p> <p>Firma: </p> <p style="text-align: center;">Bach. Ing. Dennis N. Reyes Medina TÉCNICO JEFE DE LABORATORIO</p>	<p style="text-align: center;">Revisado por:</p> <p>Nombre / Función: Ingeniero Jefe de Laboratorio</p> <p>D: _____</p> <p>M: _____</p> <p>A: _____</p> <p>Firma: </p> <p style="text-align: center;">Ing. Carlos Ortiz Gómez CIP: 61557 INGE. JEFE DE LABORATORIO</p>
--	---

PROYECTO: TESIS : EFECTOS DE LA CENIZA DE BIOMASA DE PALMA ACEITERA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS A NIVEL DE SUBRASANTE, HUANUCO 2022

Hoja: 1 de 2

SOLICITA: Bach. Ing. Claudia Laos

CÓDIGO: T1-UHV-2-SA-CBR

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

RELACIÓN SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R)
NORMAS TÉCNICAS: MTC E 132, ASTM D 1883, AASHTO T 193

DATOS DE LA MUESTRA

ESTRUCTURA : SUB RASANTE
CANERA : - -
PROGRESIVA : -
TRAMO : -
MUESTRA : R02-100%SA

PROFUNDIDAD : -
HECHO POR : Dennis Reyes
FECHA : 12/03/2022

COMPACTACIÓN

Molde N°	4		5		6	
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	12544	12906	12268	12674	12021	12514
Peso de molde + base (g)	8052	8052	7952	7952	8074	8074
Peso del suelo húmedo (g)	4492	4854	4316	4722	3947	4440
Volumen del molde (cm ³)	2068	2068	2068	2068	2068	2068
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.172	2.347	2.087	2.283	1.909	2.147
Tara (N°)	Tc-07	Tc-03	Tc-04	Tc-04	Tc-02	Tc-09
Peso suelo húmedo + tara (g)	586.0	539.0	532.0	523.0	564.0	596.0
Peso suelo seco + tara (g)	535.0	455.0	482.0	437.0	511.0	489.0
Peso de tara (g)	78.0	91.0	79.0	79.0	80.0	80.0
Peso de agua (g)	51.0	84.0	50.0	86.0	53.0	107.0
Peso de suelo seco (g)	457.0	364.0	403.0	358.0	431.0	409.0
Contenido de humedad (%)	11.2	23.1	12.4	24.0	12.3	26.2
Densidad seca (g/cm ³)	1.954	1.907	1.857	1.841	1.700	1.702
Densidad seca (g/cm ³)	1.931		1.849		1.701	

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
12-Mar-22	10:20	0	0.150	0.00	0.00	0.170	0.00	0.00	0.130	0.00	0.00
13-Mar-22	10:20	24	12.650	12.50	0.83	14.680	14.51	0.85	18.740	18.61	1.43
14-Mar-22	10:20	48	14.630	14.48	0.97	16.870	16.70	0.98	21.350	21.22	1.63
15-Mar-22	10:20	72	15.650	15.50	1.03	20.350	20.18	1.19	26.740	26.61	2.05
16-Mar-22	10:20	96	16.400	16.25	1.08	23.650	23.48	1.38	28.620	28.49	2.19

PENETRACION

PENETRACION mm	CARGA STAND. kg/cm ²	MOLDE N°1				MOLDE N°2				MOLDE N°3			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%
0.000			0.0			0.0				0.0			
0.635			11.3			8.3				1.5			
1.270			17.9			15.6				2.0			
1.905			24.7			19.1				2.6			
2.540	70.5		29.9	26.86	1.97	21.1	18.48	1.36		3.3	5.02	0.37	
3.810			37.9			25.3				5.1			
5.080	105.7		45.5	45.20	2.21	28.2	28.93	1.42		7.4	10.40	0.51	
6.350			52.8			31.8				10.7			
7.620			58.9			34.6				14.7			
10.160			70.8			40.6				19.1			
12.700			82.7			46.3				23.1			

Observaciones:

Elaborado por:

Nombre / Función: Técnico Jefe de Laboratorio

D: _____

M: _____

A: _____

Revisado por:

Nombre / Función: Ingeniero Jefe de Laboratorio

D: _____

M: _____

A: _____

Bach. Ing. Dennis N. Reyes Medina
TÉCNICO JEFE DE LABORATORIO

Ing. Carlos Ortiz Gómez
INGENIERO JEFE DE LABORATORIO

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

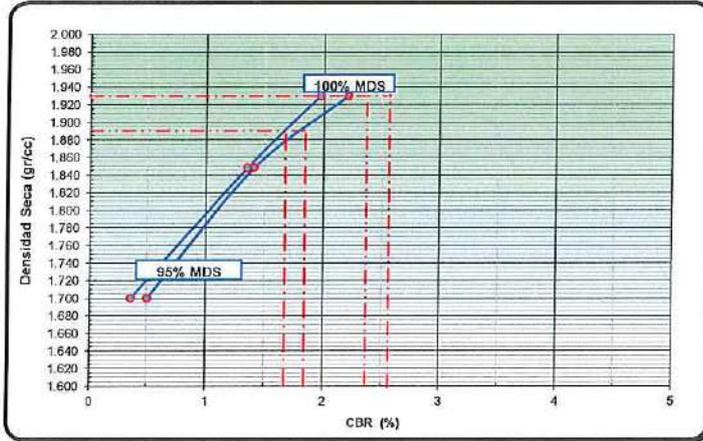
RELACIÓN SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R)
NORMAS TÉCNICAS: MIC E 132, ASTM D 1883, AASHTO T 193

DATOS DE LA MUESTRA

ESTRUCTURA : SUB RASANTE
CANTERA : - -
PROGRESIVA : -
TRAMO : -
MUESTRA : R02-100%SA

PROFUNDIDAD : -
HECHO POR : Dennis Reyes
FECHA : 12/03/2022

DETERMINACIÓN DEL CBR



DATOS DEL PRÓCTOR MODIFICADO

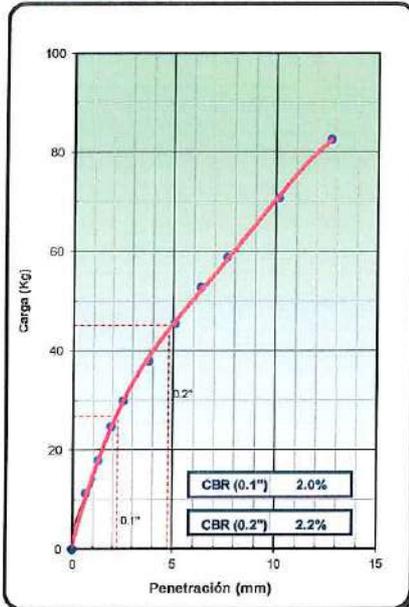
PROCTOR MODIFICADO ASTM D	: 1557
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm ³)	: 1.990
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	: 10.4
AL 95% DE LA MAX. DEN. SECA (g/cm ³)	: 1.891

PORCENTAJE DEL CBR

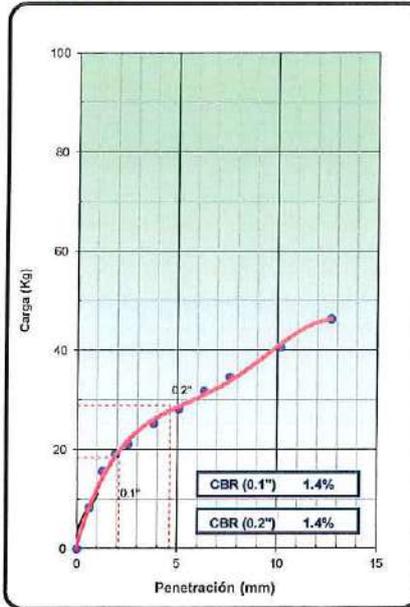
C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1": 2.4	0.2": 2.6
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1": 1.7	0.2": 1.8

OBSERV.: _____

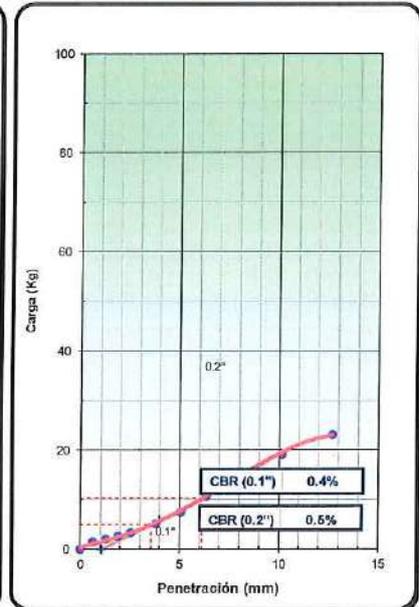
EC = 56 GOLPES



EC = 25 GOLPES



EC = 12 GOLPES



Observaciones: _____

Elaborado por:
Nombre / Función: Bach. Ing. Dennis M. Reyes Medina
D: TÉCNICO JEFE DE LABORATORIO
M:
A:
Firma: *[Signature]*

Bach. Ing. Dennis M. Reyes Medina
TÉCNICO JEFE DE LABORATORIO

Revisado por:
Nombre / Función: Ing. Carlos Ortiz Gómez
D: INGENIERO JEFE DE LABORATORIO
M:
A:
Firma: *[Signature]*

Ing. Carlos Ortiz Gómez
CPI 61657
INGENIERO JEFE DE LABORATORIO

PROYECTO: TESIS : EFECTOS DE LA CENIZA DE BIOMASA DE PALMA ACEITERA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS A NIVEL DE SUBRASANTE, HUANUCO 2022.

SOLICITA: Bach. Ing. Claudia Laos

CÓDIGO: TI-UHV-3-SA-G

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

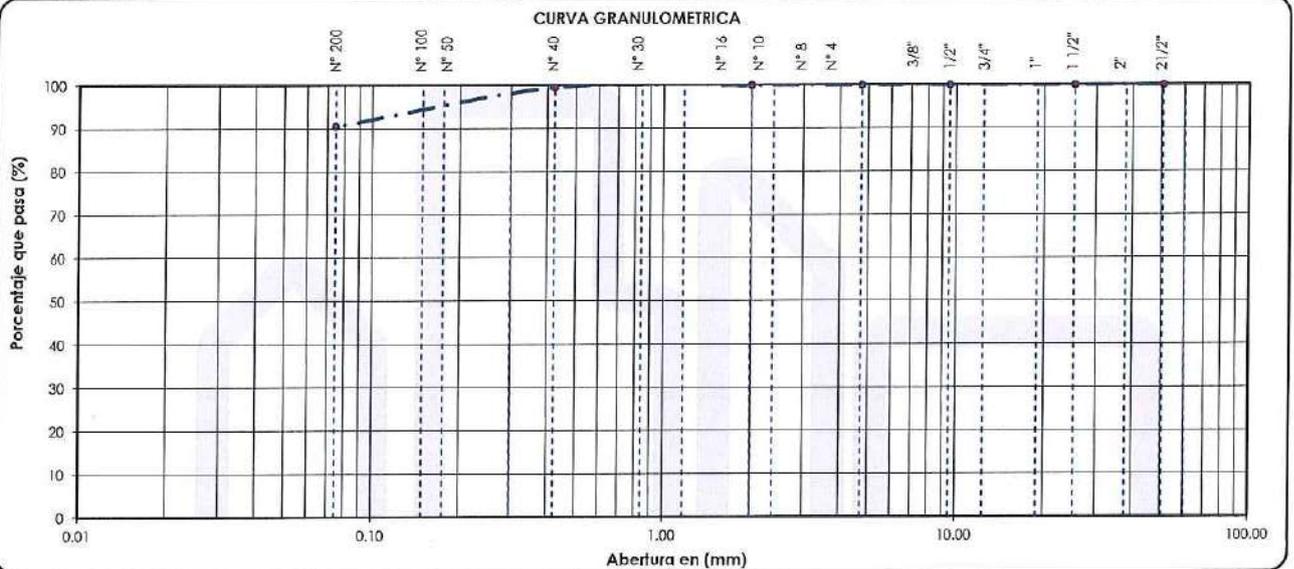
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
NORMAS TÉCNICAS: MTC E 107, ASTM D 422, AASHTO T 88

DATOS DE LA MUESTRA

ESTRUCTURA	: SUB RASANTE	PROGRESIVA	: -	P. Inicial muestra, g:	500
CANTERA	: -	TMN, mm:	38.100	P. Inicial muestra seca, g:	484
TRAMO	: -	HECHO POR:	Dennis Reyes	P. Inicial muestra <N°4, g:	500
MUESTRA	: R03-100%SA	FECHA:	22/08/2022	P. Inicial muestra <N°4 seca, g:	484

TAMIZ	ABERTURA EN (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	GRADACIÓN "A"	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
2 1/2"	60.350	0	0.0	0.0	100.0		Pesos de Muestra
2"	50.800	0	0.0	0.0	100.0	100	Peso Total : 484 gr.
1 1/2"	38.100	0	0.0	0.0	100.0		Peso de Grava : 0 gr.
1"	25.400	0	0.0	0.0	100.0	-	Peso de Arena : 484 gr.
3/4"	19.000	0	0.0	0.0	100.0		Fracc. < N° 4 : 484 gr.
1/2"	12.500	0	0.0	0.0	100.0		LIMITES DE CONSISTENCIA
3/8"	9.500	0	0.0	0.0	100.0	30 - 65	Límite Líquido : 31.00 %
N° 4	4.750	0	0.0	0.0	100.0	25 - 55	Límite Plástico : 18.98 %
N° 8	2.380	0.1	0.0	0.0	100.0		Índice Plástico : 12.02 %
N° 10	2.000	0.18	0.0	0.1	99.9	15 - 40	CLASIFICACIÓN DEL SUELO
N° 16	1.180	0.25	0.1	0.1	99.9		A.A.S.H.T.O : A-6(10)
N° 30	0.840	0.73	0.2	0.3	99.7		S.U.C.S : CL
N° 40	0.425	1.09	0.2	0.5	99.5	8 - 20	
N° 50	0.300	1.08	0.2	0.7	99.3		
N° 100	0.150	17.02	3.5	4.2	95.8		
N° 200	0.075	25.63	5.3	9.5	90.5	2 - 8	
< N° 200	Fondo	438.38	90.5	100.0	0.0		

CURVA GRANULOMÉTRICA



Observaciones:

Elaborado por:

Nombre / Función:	D:
Técnico Jefe de Laboratorio	M:
Firma:	A:

Revisado por:

Nombre / Función:	D:
Ingeniero Jefe de Laboratorio	M:
Firma:	A:

Bach. Ing. Dennis N. Reyes Medina
TÉCNICO JEFE DE LABORATORIO

INGE. JEFE JEFE DE LABORATORIO

PROYECTO: TESIS : EFECTOS DE LA CENIZA DE BIOMASA DE PALMA ACEITERA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS A NIVEL DE SUBRASANTE, HUANUCO 2022

SOLICITA: Bach. Ing. Claudia Laos

CÓDIGO: T1-UHV-3-SA-LL

LÍMITES DE CONSISTENCIA

DATOS DE LA MUESTRA

ESTRUCTURA : SUB RASANTE
CANERA : - -
PROGRESIVA : -
MUESTRA : R03-100%SA

HECHO POR : Dennis Reyes
FECHA : 22/08/2022

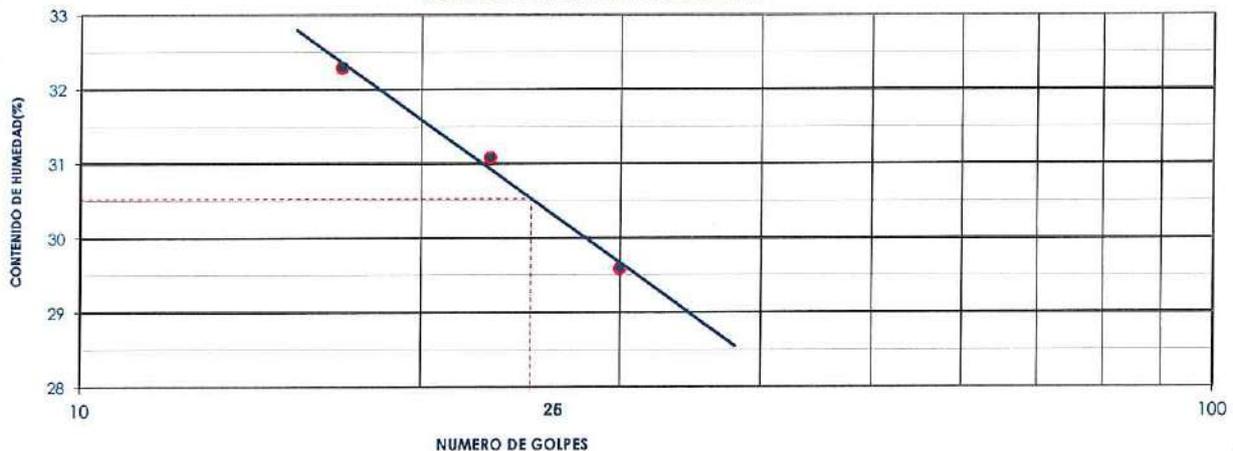
LIMITE LIQUIDO (MTC E 110, AASHTO T 89)

Nº TARA		T-11	T-01	T-02	PROMEDIO
PESO TARA + SUELO HUMEDO	(gr.)	63.68	62.48	67.42	
PESO TARA + SUELO SECO	(gr.)	53.98	53.23	57.52	
PESO DE AGUA	(gr.)	9.70	9.25	9.90	
PESO DE LA TARA	(gr.)	23.94	23.47	24.06	
PESO DEL SUELO SECO	(gr.)	30.04	29.76	33.46	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	32.29	31.08	29.59	
NUMERO DE GOLPES		17	23	30	30.99

LIMITE PLÁSTICO (MTC E 111, AASHTO T 90)

Nº TARA		T-02	T-01	T-08	PROMEDIO
PESO TARA + SUELO HUMEDO	(gr.)	27.32	27.74	27.86	
PESO TARA + SUELO SECO	(gr.)	26.78	27.03	27.28	
PESO DE LA TARA	(gr.)	24.06	23.45	23.92	
PESO DEL AGUA	(gr.)	0.54	0.71	0.58	
PESO DEL SUELO SECO	(gr.)	2.72	3.58	3.36	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	19.85	19.83	17.26	18.98

CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA

LIMITE LIQUIDO (%)	31.00
LIMITE PLASTICO (%)	18.98
INDICE DE PLASTICIDAD (%)	12.02

OBSERVACIONES

Elaborado por:

Nombre / Función:	D:
Firma:	M:
	A:

Bach. Ing. Dennis N. Reyes Modina
TÉCNICO JEFE DE LABORATORIO

Revisado por:

Nombre / Función:	D:
Firma:	M:
	A:

Ing. Daniel Ochoa Gómez
CIP: 61557
INGENIERO JEFE DE LABORATORIO



PROYECTO: TESIS : EFECTOS DE LA CENIZA DE BIOMASA DE PALMA ACEITERA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS A NIVEL DE SUBRASANTE, HUANUCO 2022

SOLICITA: Bach. Ing. Claudia Laas

CÓDIGO: PSA-CH-01

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO
NORMAS TÉCNICA: MTC E 108

DATOS DE LA MUESTRA

ESTRUCTURA : SUB RASANTE
CANERA : - -
PROGRESIVA : -
MUESTRA : R03-100%SA

HECHO POR : Dennis Reyes
FECHA : 22/08/2022

CONTENIDO DE HUMEDAD

Peso suelo húmedo + cápsula	gr.	246.00	261.00	235.00		
Peso suelo seco + cápsula	gr.	241.00	256.00	230.00		
Peso de cápsula	gr.	73.00	92.00	91.00		
Peso del agua	gr.	5.00	5.00	5.00		
Peso de suelo seco	gr.	168.00	164.00	139.00		
Contenido de Humedad	%	2.98	3.05	3.60		
Promedio de Humedad						
	%					3.21

Observaciones:

Elaborado por:		D:
Nombre / Función:	Técnico Jefe de Laboratorio	M:
Firma:		A:

Bach. Ing. Dennis N. Reyes Medina
TÉCNICO JEFE DE LABORATORIO

Revisado por:		D:
Nombre / Función:	Ingeniero Jefe de Laboratorio	M:
Firma:		A:

Ing. Carlos Ortiz Gómez
CPI 61657
INGENIERO JEFE DE LABORATORIO

PROYECTO: TESIS : EFECTOS DE LA GENIZA DE BIOMASA DE PALMA ACEITERA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS A NIVEL DE SUBRASANTE, HUANUCO 2022

SOLICITA: Bach. Ing. Claudia Laos

CÓDIGO: TI-UHV-3-SA-P

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

PROCTOR MODIFICADO

NORMAS TÉCNICAS: MTC E 115, ASTM D 1557, AASHTO T 180

DATOS DE LA MUESTRA

ESTRUCTURA : SUB RASANTE

CANERA : - -

PROGRESIVA : -

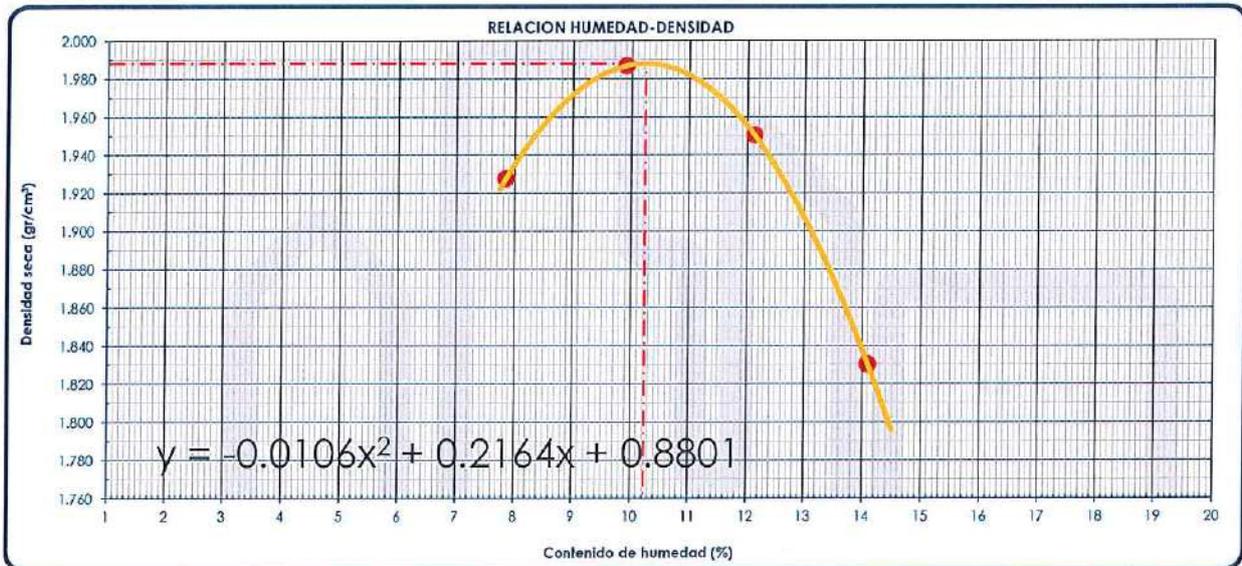
MUESTRA : R03-100%SA

MÉTODO : A

HECHO POR : Dennis Reyes

FECHA : 22/08/2022

Ensayo N°		1	2	3	4
Número de Capas		5	5	5	5
Golpes de Pisón por Capa		56	56	56	56
Peso suelo húmedo + molde	gr.	5652	5751	5754	5661
Peso molde + base	gr.	3690	3690	3690	3690
Peso suelo húmedo compactado	gr.	1962	2061	2064	1971
Volumen del molde	cm ³	944	944	944	944
Peso volumétrico húmedo	gr/cm ³	2.079	2.184	2.187	2.089
Recipiente N°		Tc-03	Tc-07	Tc-01	Tc-12
Peso del suelo húmedo+tara	gr.	561.0	577.0	583.0	526.0
Peso del suelo seco + tara	gr.	526.0	532.0	530.0	471.0
Peso de Tara	gr.	80.0	78.0	93.0	81.0
Peso de agua	gr.	35.0	45.0	53.0	55.0
Peso del suelo seco	gr.	446.0	454.0	437.0	390.0
Contenido de agua	%	7.85	9.91	12.13	14.10
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	1.928	1.987	1.951	1.830
Densidad máxima (gr/cm³)					1.988
Humedad óptima (%)					10.2



Observaciones:

Elaborado por:

Nombre / Función: Ingeniero Jefe de Laboratorio

D: _____

M: _____

A: _____

Firma: 

Bach. Ing. Dennis Reyes Medina
TÉCNICO JEFE DE LABORATORIO

Revisado por:

Nombre / Función: Ingeniero Jefe de Laboratorio

D: _____

M: _____

A: _____

Firma: 

Ing. Carlos Ortiz Gómez
CIP: 61267
INGENIERO JEFE DE LABORATORIO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

RELACIÓN SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R)
NORMAS TÉCNICAS: MTC E 132, ASIM D 1883, AASHTO T 193

DATOS DE LA MUESTRA

ESTRUCTURA : SUB RASANTE
CANTERA : . .
PROGRESIVA : -
TRAMO -
MUESTRA : R03-100%SA

PROFUNDIDAD : 1.20 m
HECHO POR : Dennis Reyes
FECHA : 22/08/2022

COMPACTACION

Molde N°	4		5		6	
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	12524	12910	12263	12721	11798	12356
Peso de molde + base (g)	8009	8009	8028	8028	7836	7836
Peso del suelo húmedo (g)	4515	4901	4235	4693	3962	4520
Volumen del molde (cm ³)	2068	2068	2068	2068	2068	2068
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.183	2.370	2.048	2.269	1.916	2.186
Tara (N°)	Tc-04	Tc-06	Tc-03	Tc-07	Tc-12	Tc-09
Peso suelo húmedo + tara (g)	536.0	554.0	612.0	642.0	563.0	547.0
Peso suelo seco + tara (g)	489.0	462.0	561.0	534.0	514.0	456.0
Peso de tara (g)	79.0	80.0	91.0	78.0	78.0	85.0
Peso de agua (g)	47.0	92.0	51.0	108.0	49.0	91.0
Peso de suelo seco (g)	410.0	382.0	470.0	456.0	436.0	371.0
Contenido de humedad (%)	11.5	24.1	10.9	23.7	11.2	24.5
Densidad seca (g/cm ³)	1.959	1.910	1.847	1.835	1.722	1.755
Densidad seca (g/cm ³)	1.934		1.841		1.739	

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
22-Ago-22	10:20	0	0.180	0.00	0.00	0.160	0.00	0.00	0.140	0.00	0.00
23-Ago-22	10:20	24	12.450	12.27	0.68	15.480	15.32	0.96	18.630	18.49	1.32
24-Ago-22	10:20	48	15.790	15.61	0.87	17.630	17.47	1.09	21.580	21.44	1.53
25-Ago-22	10:20	72	17.690	17.51	0.97	18.970	18.81	1.18	27.840	27.70	1.98
26-Ago-22	10:20	96	18.960	18.78	1.04	21.450	21.29	1.33	28.640	28.50	2.04

PENETRACION

PENETRACION mm	CARGA STAND. kg/cm ²	MOLDE N°1				MOLDE N°2				MOLDE N°3			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%
0.000			0.0			0.0				0.0			
0.635			10.7			8.7				2.3			
1.270			16.3			12.4				2.4			
1.905			26.0			14.2				2.9			
2.540	70.5		30.1	28.00	2.06	19.3	15.82	1.16		3.4	4.52	0.33	
3.810			35.8			21.3				5.9			
5.080	105.7		44.3	45.41	2.22	26.4	26.54	1.30		8.0	9.91	0.49	
6.350			51.6			30.2				11.1			
7.620			61.4			37.8				16.3			
10.160			68.7			42.5				20.1			
12.700			87.4			51.2				24.6			

Observaciones:

Elaborado por:

Nombre / Función: Técnico Jefe de Laboratorio

D: _____

M: _____

A: _____

Firma: 

Bach. Ing. Dennis N. Reyes Medina
TÉCNICO JEFE DE LABORATORIO

Revisado por:

Nombre / Función: Ingeniero Jefe de Laboratorio

D: _____

M: _____

A: _____

Firma: 

Ing. Carlos Ortiz Gómez
CPI-41357
INGENIERO JEFE DE LABORATORIO

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

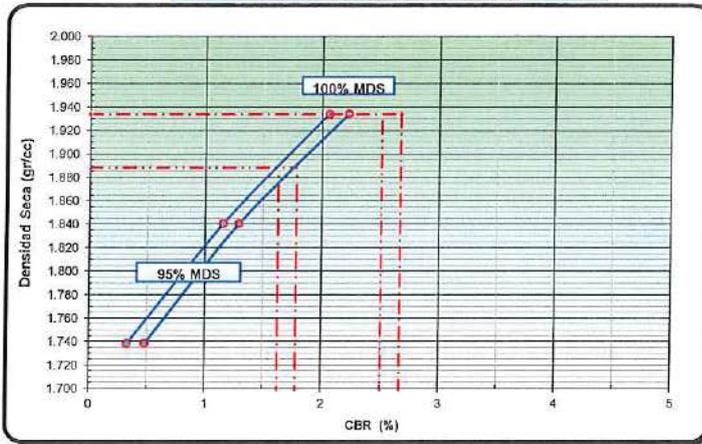
RELACIÓN SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)
NORMAS TÉCNICAS: MITC E 132, ASTM D 1883, AASHTO T 193

DATOS DE LA MUESTRA

ESTRUCTURA : SUB RASANTE
 CANTERA : - -
 PROGRESIVA : - -
 TRAMO : -
 MUESTRA : R03-100%SA

PROFUNDIDAD : -
 HECHO POR : Dennis Reyes
 FECHA : 22/08/2022

DETERMINACIÓN DEL CBR



DATOS DEL PRÓCTOR MODIFICADO

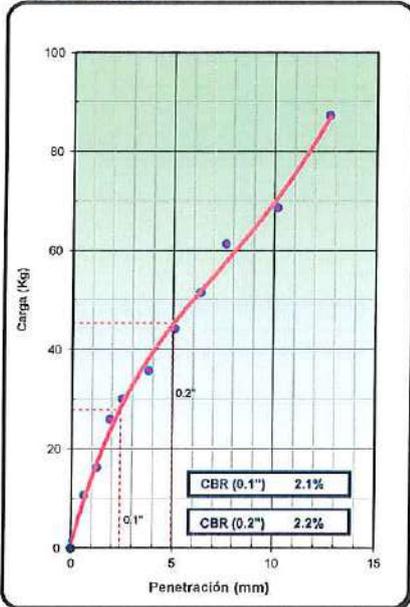
PROCTOR MODIFICADO ASTM D	:	1557
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm ³)	:	1.988
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	:	10.2
AL 95% DE LA MAX. DEN. SECA (g/cm ³)	:	1.889

PORCENTAJE DEL CBR

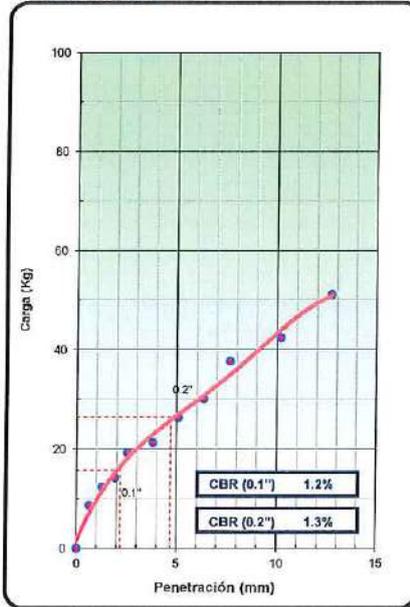
C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1"	2.5	0.2"	2.7
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1"	1.6	0.2"	1.8

OBSERV.: _____

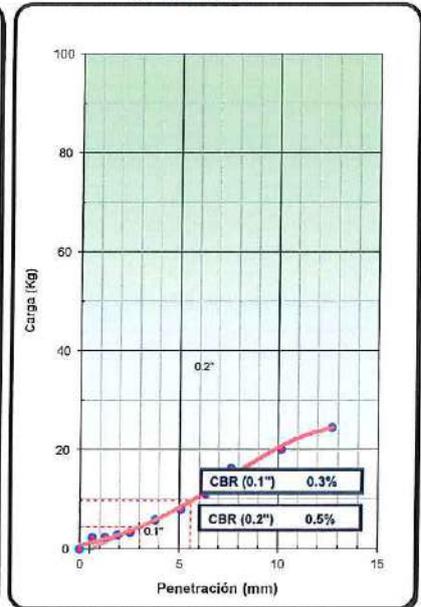
EC = 56 GOLPES



EC = 25 GOLPES



EC = 12 GOLPES



Observaciones: _____

Elaborado por:

Nombre / Función:	D:
Ingeniero Jefe de laboratorio	MT:
Firma:	AC:

Bach. Ing. Dennis N. Reyes Medina
 TÉCNICO JEFE DE LABORATORIO

Revisado por:

Nombre / Función:	D:
Ingeniero Jefe de laboratorio	MT:
Firma:	AC:

Ing. Carlos Omar Gómez
 CIP# 61557
 INGENIERO JEFE DE LABORATORIO

TRATAMIENTO 2

85%SA+15% CBPA

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

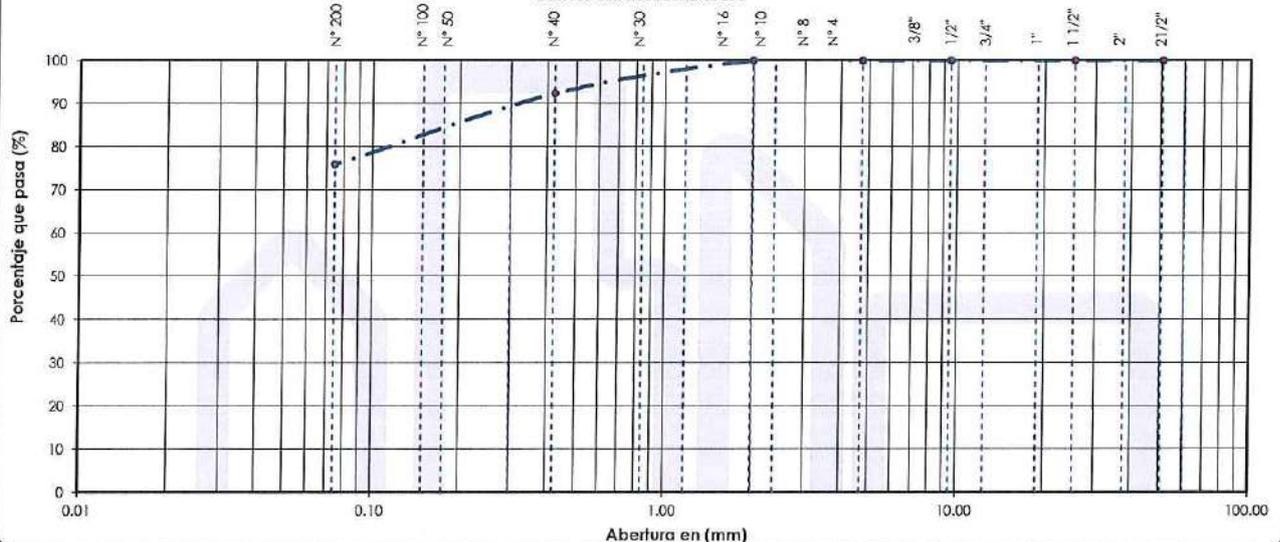
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
NORMAS TÉCNICAS: MTC E 107, ASTM D 422, AASHTO T 88

DATOS DE LA MUESTRA

ESTRUCTURA	: SUB RASANTE	PROGRESIVA	: -	P. Inicial muestra, g:	500
CANtera	: -	TMN, mm	: 38.100	P. Inicial muestra seca, g:	487
TRAMO	: -	HECHO POR	: Dennis Reyes	P. Inicial muestra <N°4, g:	500
MUESTRA	: R01-85%SA+15%CBPA	FECHA	: 22/08/2022	P. Inicial muestra <N°4 seca, g:	487

TAMIZ	ABERTURA EN (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	GRADACIÓN "A"	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
21/2"	60.350	0	0.0	0.0	100.0		Pesos de Muestra
2"	50.800	0	0.0	0.0	100.0	100	Peso Total : 487 gr.
1 1/2"	38.100	0	0.0	0.0	100.0		Peso de Grava : 0 gr.
1"	25.400	0	0.0	0.0	100.0	-	Peso de Arena : 487 gr.
3/4"	19.000	0	0.0	0.0	100.0		Fracc. < N° 4 : 487 gr.
1/2"	12.500	0	0.0	0.0	100.0		LIMITES DE CONSISTENCIA
3/8"	9.500	0	0.0	0.0	100.0	30 - 65	Límite Líquido : 28.00 %
N° 4	4.750	0	0.0	0.0	100.0	25 - 55	Límite Plástico : 23.48 %
N° 8	2.380	0.13	0.0	0.0	100.0		Índice Plástico : 4.52 %
N° 10	2.000	0.15	0.0	0.1	99.9	15 - 40	CLASIFICACIÓN DEL SUELO
N° 16	1.180	0.35	0.1	0.1	99.9		A.A.S.H.T.O : A-4(3)
N° 30	0.840	22.16	4.6	4.7	95.3		S.U.C.S : ML
N° 40	0.425	14.23	2.9	7.6	92.4	8 - 20	
N° 50	0.300	9.62	2.0	9.6	90.4		
N° 100	0.150	36.42	7.5	17.1	82.9		
N° 200	0.075	34.18	7.0	24.1	75.9	2 - 8	
< N° 200	Fondo	369.73	76.0	100.0	0.0		

CURVA GRANULOMÉTRICA



Observaciones:

Elaborado por:

Nombre / Función:	D:
Firma:	M: A:

Bach. Ing. Dennis N. Reyes Medina
TÉCNICO JEFE DE LABORATORIO

Revisado por:

Nombre / Función:	D:
Firma:	M: A:

Ing. Carlos Ortiz Gómez
CIP: 61557
INGENIERO JEFE DE LABORATORIO

PROYECTO: TESIS : EFECTOS DE LA GENIZA DE BIOMASA DE PALMA ACEITERA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS A NIVEL DE SUBRASANTE, HUANUCO 2022

SOLICITA: Bach. Ing. Claudia Laos

CÓDIGO: TI-UHV-1-SA-CBPA-15-LL

LÍMITES DE CONSISTENCIA

DATOS DE LA MUESTRA

ESTRUCTURA : SUB RASANTE

CANTERA : - -

PROGRESIVA : -

MUESTRA : R01-85%SA+15%CBPA

HECHO POR : Dennis Reyes

FECHA : 22/08/2022

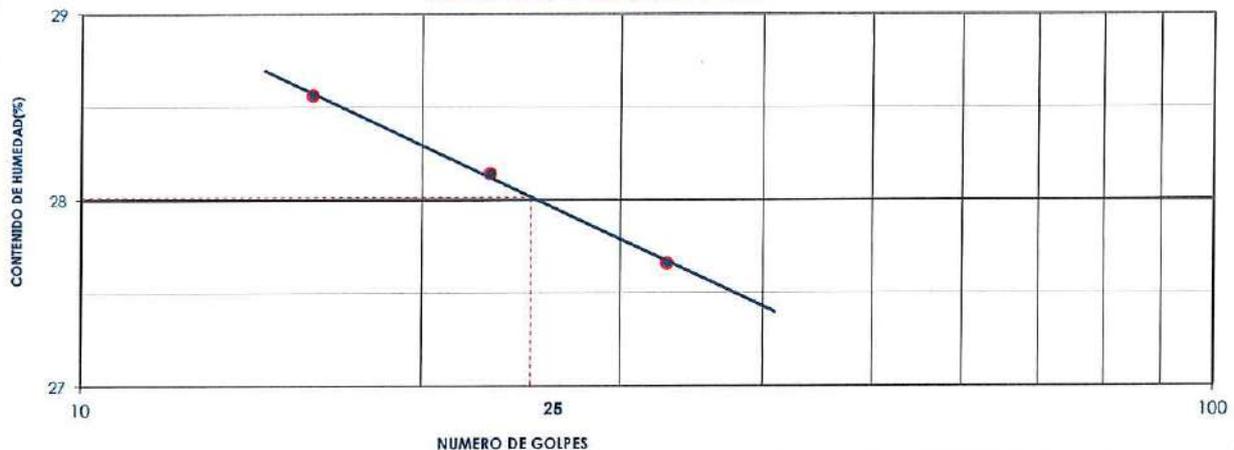
LIMITE LIQUIDO (MTC E 110, AASHTO T 89)

Nº TARA		T-04	T-10	T-07	PROMEDIO
PESO TARA + SUELO HUMEDO	(gr.)	70.52	73.68	65.64	
PESO TARA + SUELO SECO	(gr.)	60.30	62.67	56.06	
PESO DE AGUA	(gr.)	10.22	11.01	9.58	
PESO DE LA TARA	(gr.)	23.35	23.55	22.52	
PESO DEL SUELO SECO	(gr.)	36.95	39.12	33.54	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	27.66	28.14	28.56	
NUMERO DE GOLPES		33	23	16	28.12

LIMITE PLÁSTICO (MTC E 111, AASHTO T 90)

Nº TARA		T-09	T-06	T-01	PROMEDIO
PESO TARA + SUELO HUMEDO	(gr.)	26.70	25.85	25.18	
PESO TARA + SUELO SECO	(gr.)	26.28	25.39	24.87	
PESO DE LA TARA	(gr.)	24.55	23.50	23.45	
PESO DEL AGUA	(gr.)	0.42	0.46	0.31	
PESO DEL SUELO SECO	(gr.)	1.73	1.89	1.42	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	24.28	24.34	21.83	23.48

CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA

LIMITE LIQUIDO (%)	28.00
LIMITE PLASTICO (%)	23.48
INDICE DE PLASTICIDAD (%)	4.52

OBSERVACIONES

Elaborado por:	
Nombre / Función:	D:
Técnico Jefe de Laboratorio	
Firma:	M:
	A:

Bach. Ing. Dennis N. Reyes Medina
TÉCNICO JEFE DE LABORATORIO

Revisado por:	
Nombre / Función:	D:
Ingeniero Jefe de Laboratorio	
Firma:	M:
	A:

Ing. Carlos Ortiz Gómez
INGENIERO JEFE DE LABORATORIO



PROYECTO: TESIS : EFECTOS DE LA CENIZA DE BIOMASA DE PALMA ACEITERA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS A NIVEL DE SUBRASANTE, HUANUCO 2022

SOLICITA: Bach. Ing. Claudia Laos

CÓDIGO: T1-UHV-1-SA-CBPA-15-CH

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO
NORMAS TÉCNICA: MTC E 108

DATOS DE LA MUESTRA

ESTRUCTURA : SUB RASANTE

CANTERA : - -

PROGRESIVA : -

MUESTRA : R01-85%SA+15%CBPA

HECHO POR : Dennis Reyes

FECHA : 22/08/2022

CONTENIDO DE HUMEDAD

Peso suelo húmedo + cápsula	gr.	215.00	234.00	264.00		
Peso suelo seco + cápsula	gr.	212.00	231.00	257.00		
Peso de cápsula	gr.	78.00	78.00	79.00		
Peso del agua	gr.	3.00	3.00	7.00		
Peso de suelo seco	gr.	134.00	153.00	178.00		
Contenido de Humedad	%	2.24	1.96	3.93		
Promedio de Humedad	%					2.71

Observaciones:

Elaborado por:	
Nombre / Función:	D:
Técnico Jefe de Laboratorio	M:
Firma:	A:

Bach. Ing. Dennis N. Reyes Medina
TÉCNICO JEFE DE LABORATORIO

Revisado por:	
Nombre / Función:	D:
Ingeniero Jefe de Laboratorio	M:
Firma:	A:

Ing. Carlos Ortiz Gómez
INGENIERO JEFE DE LABORATORIO

PROYECTO: TESIS : EFECTOS DE LA CENIZA DE BIOMASA DE PALMA ACEITERA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS A NIVEL DE SUBRASANTE, HUANUCO 2022

SOLICITA: Bach. Ing. Claudia Laos

CÓDIGO: TI-UHV-1-SA-CBPA-15-P

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

PROCTOR MODIFICADO

NORMAS TÉCNICAS: MTC E 115, ASTM D 1557, AASHTO T 180

DATOS DE LA MUESTRA

ESTRUCTURA : SUB RASANTE

CANTERA : - -

PROGRESIVA : -

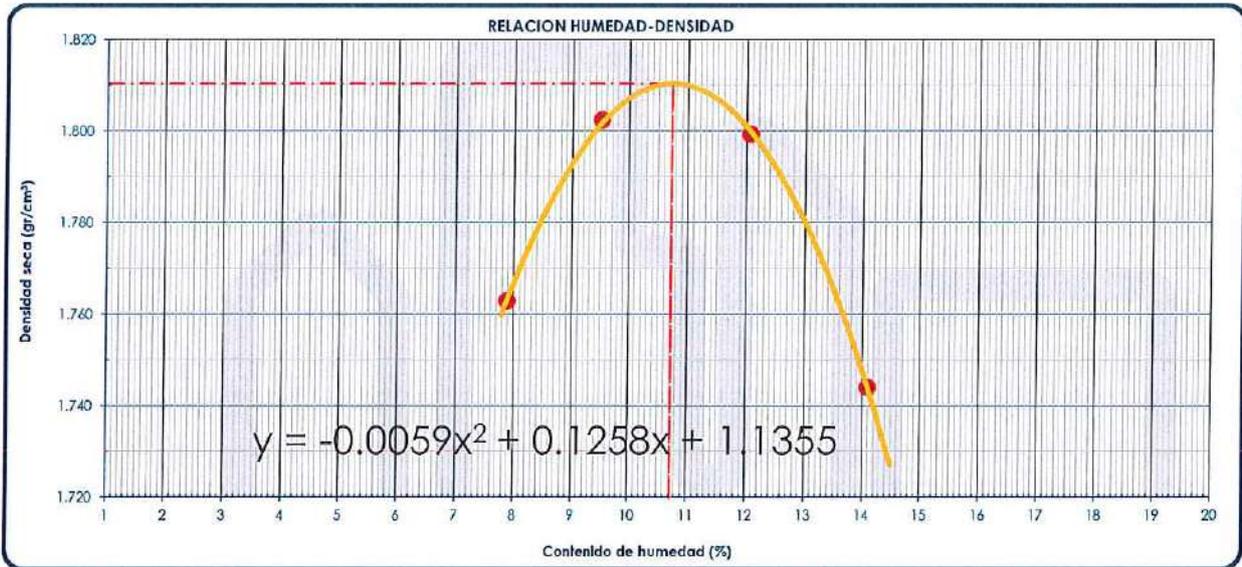
MUESTRA : R01-85%SA+15%CBPA

MÉTODO : A

HECHO POR : Dennis Reyes

FECHA : 22/08/2022

Ensayo N°		1	2	3	4	
Número de Capas		5	5	5	5	
Golpes de Pisón por Capa		56	56	56	56	
Peso suelo húmedo + molde	gr.	5485	5513	5607	5582	
Peso molde + base	gr.	3690	3650	3704	3704	
Peso suelo húmedo compactado	gr.	1795	1863	1903	1878	
Volumen del molde	cm ³	944	944	944	944	
Peso volumétrico húmedo	gr/cm ³	1.902	1.974	2.017	1.990	
Recipiente N°		Tc-10	Tc-11	Tc-12	Tc-05	
Peso del suelo húmedo+tara	gr.	242.0	223.0	274.0	257.0	
Peso del suelo seco + tara	gr.	230.0	211.0	253.0	235.0	
Peso de Tara	gr.	78.0	85.0	79.0	79.0	
Peso de agua	gr.	12.0	12.0	21.0	22.0	
Peso del suelo seco	gr.	152.0	126.0	174.0	156.0	
Contenido de agua	%	7.89	9.52	12.07	14.10	
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	1.763	1.802	1.799	1.744	
					Densidad máxima (gr/cm ³)	1.810
					Humedad óptima (%)	10.7



Observaciones:

Elaborado por:	
Nombre / Función:	D:
Técnico Jefe de Laboratorio	
Firma:	A:

Bach. Ing. Dennis N. Reyes Medina
TÉCNICO JEFE DE LABORATORIO

Revisado por:	
Nombre / Función:	D:
Ingeniero Jefe de Laboratorio	
Firma:	A:

Ing. Carlos Oniz Gómez
INGENIERO JEFE DE LABORATORIO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

RELACIÓN SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R)
NORMAS TÉCNICAS: MTC E 132, ASTM D 1883, AASHTO T 193

DATOS DE LA MUESTRA

ESTRUCTURA: SUB RASANTE

CANERA: - -

PROGRESIVA: -

TRAMO: -

MUESTRA: R01-85%SA+15%CBPA

PROFUNDIDAD: -

HECHO POR: Dennis Reyes

FECHA: 22/08/2022

COMPACTACIÓN

	4		5		6	
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	12254	12571	11874	12277	11680	12176
Peso de molde + base (g)	8050	8050	7951	7951	8071	8071
Peso del suelo húmedo (g)	4204	4521	3923	4326	3609	4105
Volumen del molde (cm ³)	2068	2068	2068	2068	2068	2068
Densidad húmeda (g/cm ³)	2.033	2.186	1.897	2.092	1.745	1.985
Tara (N°)	Tc-10	Tc-08	Tc-08	Tc-04	Tc-09	Tc-09
Peso suelo húmedo + tara (g)	472.0	647.0	508.0	619.0	572.0	574.0
Peso suelo seco + tara (g)	432.0	533.0	465.0	506.0	525.0	478.0
Peso de tara (g)	78.0	78.0	78.0	79.0	85.0	85.0
Peso de agua (g)	40.0	114.0	43.0	113.0	47.0	96.0
Peso de suelo seco (g)	354.0	455.0	387.0	427.0	440.0	393.0
Contenido de humedad (%)	11.3	25.1	11.1	26.5	10.7	24.4
Densidad seca (g/cm ³)	1.826	1.748	1.707	1.654	1.577	1.595
Densidad seca (g/cm ³)	1.787		1.681		1.586	

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
22-Ago-22	10:20	0	0.580	0.00	0.00	0.590	0.00	0.00	0.580	0.00	0.00
23-Ago-22	10:20	24	9.740	9.16	0.16	12.510	11.92	0.20	17.630	17.05	0.29
24-Ago-22	10:20	48	12.350	11.77	0.20	17.630	17.04	0.29	22.140	21.56	0.37
25-Ago-22	10:20	72	13.480	12.90	0.22	18.630	18.04	0.31	24.890	24.31	0.42
26-Ago-22	10:20	96	14.960	14.38	0.25	20.350	19.76	0.33	25.160	24.58	0.42

PENETRACION

PENETRACION mm	CARGA STAND. kg/cm ²	MOLDE N°1				MOLDE N°2				MOLDE N°3			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%
0.000			0.0			0.0				0.0			
0.635			15.1			10.8				14.2			
1.270			24.3			20.4				21.2			
1.905			36.9			32.2				27.5			
2.540	70.5		50.8	53.88	3.96	41.3	42.54	3.13		32.6	30.8	2.26	
3.810			80.2			59.7				41.5			
5.080	105.7		106.8	103.12	5.05	73.1	73.73	3.61		48.6	48.8	2.39	
6.350			124.2			86.8				54.9			
7.620			144.9			96.4				60.5			
10.160			185.6			116.9				70.7			
12.700			220.6			138				82.3			

Observaciones:

Elaborada por:

Nombre / Función: Técnico Jefe de Laboratorio D:

Firma:  A:

Bach. Ing. Dennis N. Reyes Medina
TÉCNICO JEFE DE LABORATORIO

Revisada por:

Nombre / Función: Ingeniero Jefe de Laboratorio D:

Firma:  A:

INGE JEFE DE LABORATORIO
CPT 61557

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

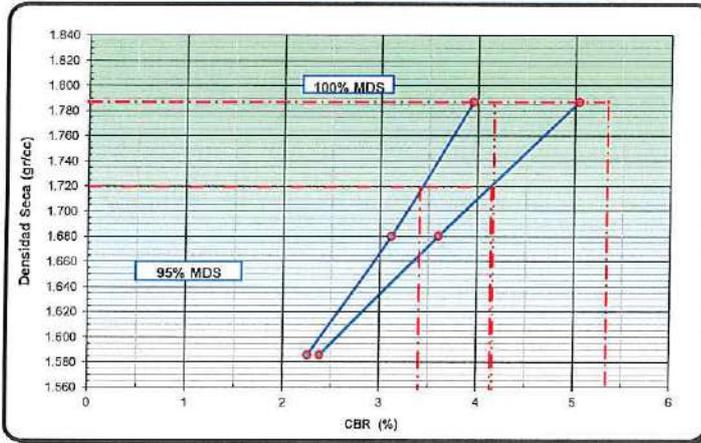
RELACIÓN SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)
NORMAS TÉCNICAS: MIC E 132, ASTM D 1883, AASHTO T 193

DATOS DE LA MUESTRA

ESTRUCTURA : SUB RASANTE
CANTERA : - -
PROGRESIVA : -
TRAMO : -
MUESTRA : R01-85%SA+15%CBPA

PROFUNDIDAD : .
HECHO POR : Dennis Reyes
FECHA : 22/08/2022

DETERMINACIÓN DEL CBR



DATOS DEL PRÓCTOR MODIFICADO

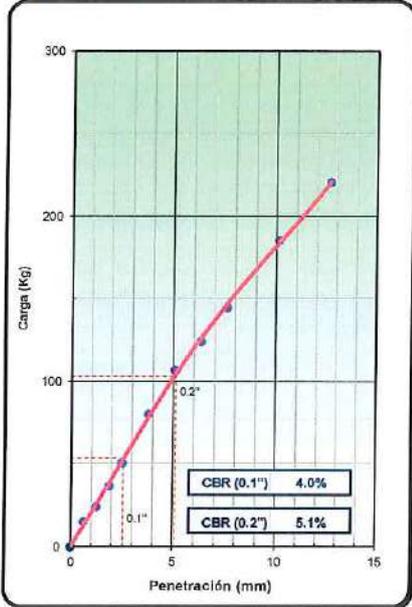
PROCTOR MODIFICADO ASTM D	:	1557
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm ³)	:	1.810
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	:	10.7
AL 95% DE LA MAX. DEN. SECA (g/cm ³)	:	1.720

PORCENTAJE DEL CBR

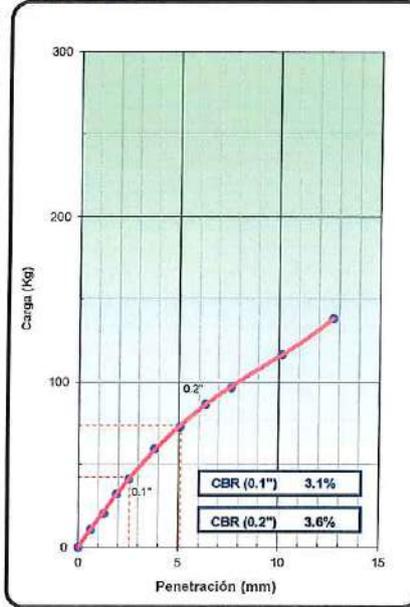
C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1"	4.2	0.2"	5.3
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1"	3.4	0.2"	4.1

OBSERV.: _____

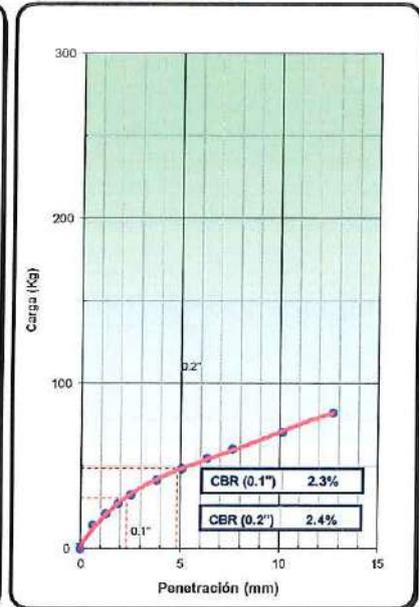
EC = 56 GOLPES



EC = 25 GOLPES



EC = 12 GOLPES



Observaciones: _____

Elaborado por:
Nombre / Función: **Ing. Dennis N. Reyes Medina**
Firma: *[Signature]*
D: _____
M: _____
A: _____

Bach. Ing. Dennis N. Reyes Medina
TÉCNICO JEFE DE LABORATORIO

Revisado por:
Nombre / Función: **Ing. Carlos Díaz Cómez**
Firma: *[Signature]*
D: _____
M: _____
A: _____

ING. JEFE DE LABORATORIO

PROYECTO: TESIS : EFECTOS DE LA CENIZA DE BIOMASA DE PALMA ACEITERA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS A NIVEL DE SUBRASANTE, HUANUCO 2022

SOLICITA: Bach. Ing. Claudia Laos

CÓDIGO: TI-UHV-2-SA-CBPA-15-G

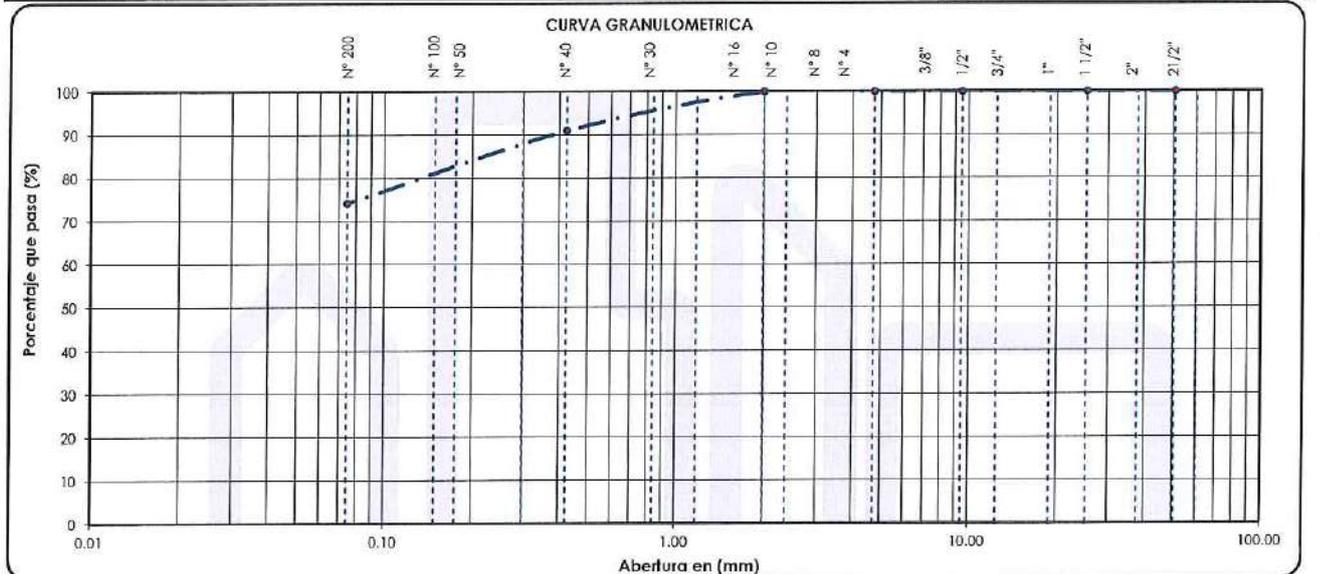
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
NORMAS TÉCNICAS: MTC E 107, ASTM D 422, AASHTO T 88

DATOS DE LA MUESTRA

ESTRUCTURA	: SUB RASANTE	PROGRESIVA	: -	P. Inicial muestra, g:	500
CANTERA	: -	TMN, mm:	38.100	P. Inicial muestra seca, g:	487
TRAMO	: -	HECHO POR:	Dennis Reyes	P. Inicial muestra <N°4, g:	500
MUESTRA	: R02-85%SA+15%CBPA	FECHA:	22/08/2022	P. Inicial muestra <N°4 seca, g:	487

TAMIZ	ABERTURA EN (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	GRADACIÓN "A"	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
2 1/2"	60.350	0	0.0	0.0	100.0		Pesos de Muestra
2"	50.800	0	0.0	0.0	100.0	100	Peso Total : 487 gr.
1 1/2"	38.100	0	0.0	0.0	100.0		Peso de Grava : 0 gr.
1"	25.400	0	0.0	0.0	100.0	-	Peso de Arena : 487 gr.
3/4"	19.000	0	0.0	0.0	100.0		Fracc. < N° 4 : 487 gr.
1/2"	12.500	0	0.0	0.0	100.0		LÍMITES DE CONSISTENCIA
3/8"	9.500	0	0.0	0.0	100.0	30 - 65	Límite Líquido : 28.00 %
N° 4	4.750	0	0.0	0.0	100.0	25 - 55	Límite Plástico : 24.24 %
N° 8	2.380	0.08	0.0	0.0	100.0		Índice Plástico : 3.76 %
N° 10	2.000	0.13	0.0	0.0	100.0	15 - 40	CLASIFICACIÓN DEL SUELO
N° 16	1.180	0.44	0.1	0.1	99.9		A.A.S.H.T.O : A-4(2)
N° 30	0.840	25.13	5.2	5.3	94.7		S.U.C.S : ML
N° 40	0.425	17.96	3.7	9.0	91.0	8 - 20	
N° 50	0.300	10.14	2.1	11.1	88.9		
N° 100	0.150	40.32	8.3	19.3	80.7		
N° 200	0.075	31.41	6.5	25.8	74.2	2 - 8	
< N° 200	Fondo	361.27	74.2	100.0	0.0		



Observaciones:

Elaborado por:

Nombre / Función:	D:
Técnico Jefe de Laboratorio	M:
Firma:	A:

Bach. Ing. Dennis N. Reyes Medina
TÉCNICO JEFE DE LABORATORIO

Revisado por:

Nombre / Función:	D:
Ingeniero Jefe de Laboratorio	M:
Firma:	A:

ING. HERO JEFÉ DE LABORATORIO

PROYECTO: TESIS : EFECTOS DE LA GENIZA DE BIOMASA DE PALMA ACEITERA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS A NIVEL DE SUBRASANTE, HUANUCO 2022

SOLICITA: Bach. Ing. Claudia Laos

CÓDIGO: TI-UHV-2-SA-CBPA-15-LL

LÍMITES DE CONSISTENCIA

DATOS DE LA MUESTRA

ESTRUCTURA : SUB RASANTE

CANtera : - -

PROGRESIVA : -

MUESTRA : R02-85%SA+15%CBPA

HECHO POR : Dennis Reyes

FECHA : 22/08/2022

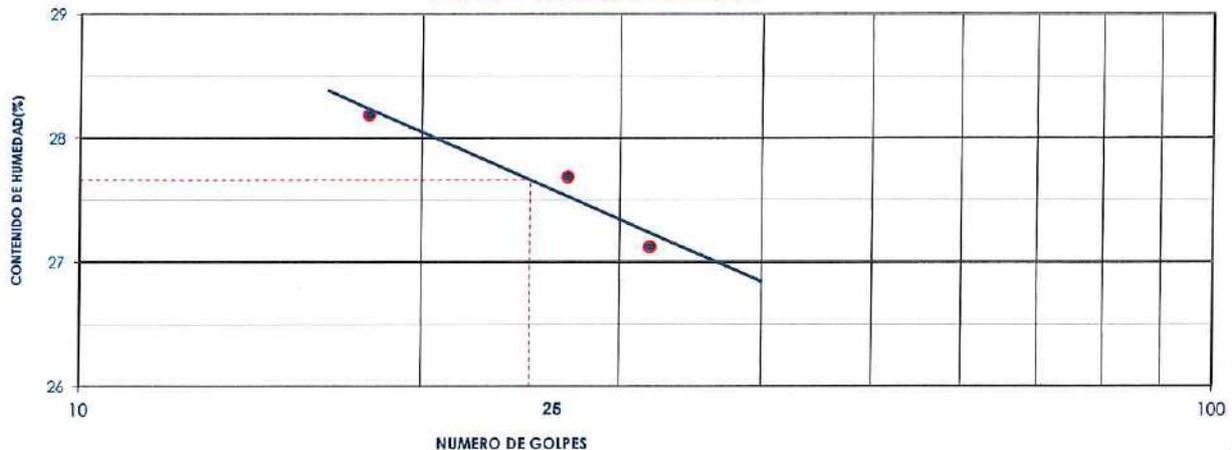
LIMITE LIQUIDO (MTC E 110, AASHTO T 89)

Nº TARA		T-05	T-03	T-11	PROMEDIO
PESO TARA + SUELO HUMEDO	(gr.)	75.55	62.79	57.94	
PESO TARA + SUELO SECO	(gr.)	64.47	54.23	50.18	
PESO DE AGUA	(gr.)	11.08	8.56	7.76	
PESO DE LA TARA	(gr.)	23.62	23.31	22.65	
PESO DEL SUELO SECO	(gr.)	40.85	30.92	27.53	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	27.12	27.68	28.19	
NUMERO DE GOLPES		32	27	18	27.67

LIMITE PLÁSTICO (MTC E 111, AASHTO T 90)

Nº TARA		T-02	T-08	T-12	PROMEDIO
PESO TARA + SUELO HUMEDO	(gr.)	25.74	26.11	25.55	
PESO TARA + SUELO SECO	(gr.)	25.40	25.68	25.25	
PESO DE LA TARA	(gr.)	24.06	23.92	23.94	
PESO DEL AGUA	(gr.)	0.34	0.43	0.30	
PESO DEL SUELO SECO	(gr.)	1.34	1.76	1.31	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	25.37	24.43	22.90	24.24

CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA

LIMITE LIQUIDO (%)	28.00
LIMITE PLASTICO (%)	24.24
INDICE DE PLASTICIDAD (%)	3.76

OBSERVACIONES

Elaborado por:

Nombre / Función:	D:
Técnico Jefe de Laboratorio	M:
Firma:	A:

Bach. Ing. Dennis N. Reyes Medina
TÉCNICO JEFE DE LABORATORIO

Revisado por:

Nombre / Función:	D:
Ingeniero Jefe de Laboratorio	M:
Firma:	A:

Ing. Carlos Cruz Gómez
CIP: 87357
INGENIERO JEFE DE LABORATORIO



PROYECTO: TESIS : EFECTOS DE LA CENIZA DE BIOMASA DE PALMA ACEITERA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS A NIVEL DE SUBRASANTE, HUANUCO 2022

SOLICITA: Bach. Ing. Claudia Laos

CÓDIGO: T1-UHV-2-SA-CBPA-15-CH

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO
NORMAS TÉCNICA: MTC E 108

DATOS DE LA MUESTRA

ESTRUCTURA : SUB RASANTE

CANERA : - -

PROGRESIVA : -

MUESTRA : R02-85%SA+15%CBPA

HECHO POR : Dennis Reyes

FECHA : 22/08/2022

CONTENIDO DE HUMEDAD

Peso suelo húmedo + cápsula	gr.	244.00	212.00	223.00			
Peso suelo seco + cápsula	gr.	240.00	209.00	219.00			
Peso de cápsula	gr.	73.00	92.00	91.00			
Peso del agua	gr.	4.00	3.00	4.00			
Peso de suelo seco	gr.	167.00	117.00	128.00			
Contenido de Humedad	%	2.40	2.56	3.13			
Promedio de Humedad	%					2.69	

Observaciones:

Elaborado por:		D:
Nombre / Función:	Técnico Jefe de Laboratorio	M:
Firma:		A:

Bach. Ing. Dennis N. Reyes Maslino
TÉCNICO JEFE DE LABORATORIO

Revisado por:		D:
Nombre / Función:	Ingeniero Jefe de Laboratorio	M:
Firma:		A:

Ing. Carlos Oñiz Zómez
CPI-41857
ING. JEFE DE LABORATORIO

PROYECTO: TESIS : EFECTOS DE LA CENIZA DE BIOMASA DE PALMA ACEITERA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS A NIVEL DE SUBRASANTE, HUANUCO 2022

SOLICITA: Bach. Ing. Claudia Laos

CÓDIGO: TI-UHV-I-SA-CBPA-15-P

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

PROCTOR MODIFICADO

NORMAS TÉCNICAS: MTC E 115, ASTM D 1557, AASHTO T 180

DATOS DE LA MUESTRA

ESTRUCTURA : SUB RASANTE

CANERA : - -

PROGRESIVA : -

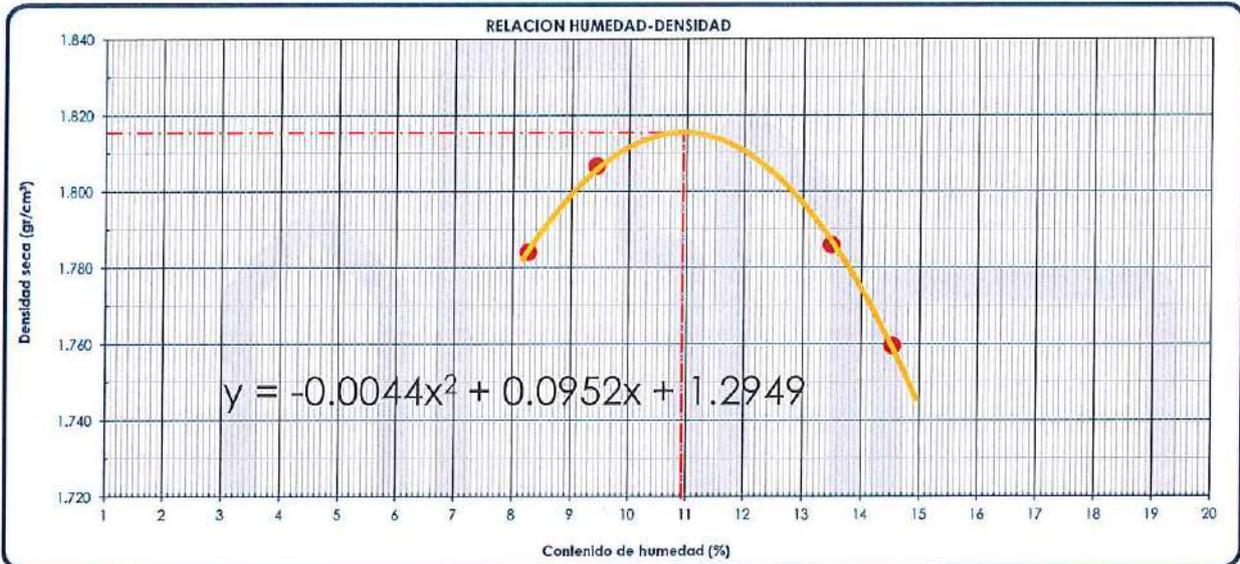
MUESTRA : R02-85%SA+15%CBPA

MÉTODO : A

HECHO POR : Dennis Reyes

FECHA : 22/08/2022

Ensayo N°	1	2	3	4
Número de Capas	5	5	5	5
Golpes de Pisón por Capa	56	56	56	56
Peso suelo húmedo + molde	gr. 5513	5556	5563	5552
Peso molde + base	gr. 3690	3690	3650	3650
Peso suelo húmedo compactado	gr. 1823	1866	1913	1902
Volumen del molde	cm ³ 944	944	944	944
Peso volumétrico húmedo	gr/cm ³ 1.932	1.977	2.027	2.015
Recipiente N°	Tc-12	Tc-08	Tc-09	Tc-09
Peso del suelo húmedo+tara	gr. 235.0	275.0	270.0	274.0
Peso del suelo seco + tara	gr. 223.0	258.0	248.0	250.0
Peso de Tara	gr. 78.0	78.0	85.0	85.0
Peso de agua	gr. 12.0	17.0	22.0	24.0
Peso del suelo seco	gr. 145.0	180.0	163.0	165.0
Contenido de agua	% 8.28	9.44	13.50	14.55
Peso volumétrico seco	gr/cm ³ 1.784	1.807	1.786	1.760
Densidad máxima (gr/cm³)				1.816
Humedad óptima (%)				10.9



Observaciones:

Elaborado por:

Nombre / Función: Técnico Jefe de Laboratorio

Firma: 

D: _____
M: _____
A: _____

Bach. Ing. Dennis N. Reyes Medina
TÉCNICO JEFE DE LABORATORIO

Revisado por:

Nombre / Función: Ingeiero Jefe de Laboratorio

Firma: 

D: _____
M: _____
A: _____

INGE JEFE DE LABORATORIO
INGE JEFE DE LABORATORIO

PROYECTO: TESIS : EFECTOS DE LA CENIZA DE BIOMASA DE PALMA ACEITERA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS A NIVEL DE SUBRASANTE, HUANUCO 2022

Hoja: 1 de 2

SOLICITA: Bach. Ing. Claudia Loos

CÓDIGO: TI-UHV-2-SA-CBPA-15-CBR

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

RELACIÓN SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R)
NORMAS TÉCNICAS: MIC E 132, ASTM D 1883, AASHTO T 193

DATOS DE LA MUESTRA

ESTRUCTURA : SUB RASANTE

CANTERA : . .

PROGRESIVA : .

TRAMO -

MUESTRA : R02-85%SA+15%CBPA

PROFUNDIDAD : -

HECHO POR : Dennis Reyes

FECHA : 22/08/2022

COMPACTACIÓN

Molde N°	4		5		6	
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	12038	12417	11811	12307	11388	11951
Peso de molde + base (g)	8006	8006	8025	8025	7854	7854
Peso del suelo húmedo (g)	4032	4411	3786	4282	3534	4097
Volumen del molde (cm ³)	2068	2068	2068	2068	2068	2068
Densidad húmeda (g/cm ³)	1.950	2.133	1.831	2.071	1.709	1.981
Tara (N°)	Tc-01	Tc-01	Tc-11	Tc-11	Tc-04	Tc-10
Peso suelo húmedo + tara (g)	583.0	607.0	494.0	606.0	543.0	657.0
Peso suelo seco + tara (g)	536.0	508.0	457.0	494.0	501.0	528.0
Peso de tara (g)	93.0	93.0	85.0	85.0	79.0	78.0
Peso de agua (g)	47.0	99.0	37.0	112.0	42.0	129.0
Peso de suelo seco (g)	443.0	415.0	372.0	409.0	422.0	450.0
Contenido de humedad (%)	10.6	23.9	9.9	27.4	10.0	28.7
Densidad seca (g/cm ³)	1.763	1.722	1.665	1.625	1.554	1.540
Densidad seca (g/cm ³)	1.742		1.645		1.547	

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
22-Ago-22	10:20	0	0.560	0.00	0.00	0.610	0.00	0.00	0.570	0.00	0.00
23-Ago-22	10:20	24	9.410	8.85	0.16	12.630	12.02	0.20	17.540	16.97	0.30
24-Ago-22	10:20	48	11.630	11.07	0.20	17.020	16.41	0.27	22.130	21.56	0.38
25-Ago-22	10:20	72	13.450	12.89	0.23	16.540	15.93	0.26	24.990	24.42	0.43
26-Ago-22	10:20	96	13.360	12.80	0.23	18.420	17.81	0.29	25.000	24.43	0.43

PENETRACION

PENETRACION mm	CARGA STAND. kg/cm ²	MOLDE N°1			MOLDE N°2			MOLDE N°3			
		CARGA	CORRECCION		CARGA	CORRECCION		CARGA	CORRECCION		
		Dial (div)	kg	%	Dial (div)	kg	%	Dial (div)	kg	%	
0.000			0.0			0.0			0.0		
0.635			8.2			10.2			10.6		
1.270			19.1			19.3			18.3		
1.905			29.6			25.9			22.1		
2.540	70.5		37.2	42.03	3.09	33.7	33.38	2.45	25.4	22.10	1.62
3.810			60.3			48.7			30.6		
5.080	105.7		85.5	84.23	4.13	57.8	57.43	2.81	34.8	35.23	1.73
6.350			104.8			66.5			39.6		
7.620			123.0			75.2			42.5		
10.160			155.3			87.9			49.6		
12.700			188.1			100.8			55.1		

Observaciones:

Elaborado por:

Nombre / Función: *[Firma]* D:
M:
A:

Bach. Ing. Dennis N. Reyes Medina
TÉCNICO JEFE DE LABORATORIO

Revisado por:

Nombre / Función: *[Firma]* D:
M:
A:

Ing. Carlos Ortiz Gómez
CIPI 17357
INGENIERO JEFE DE LABORATORIO

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

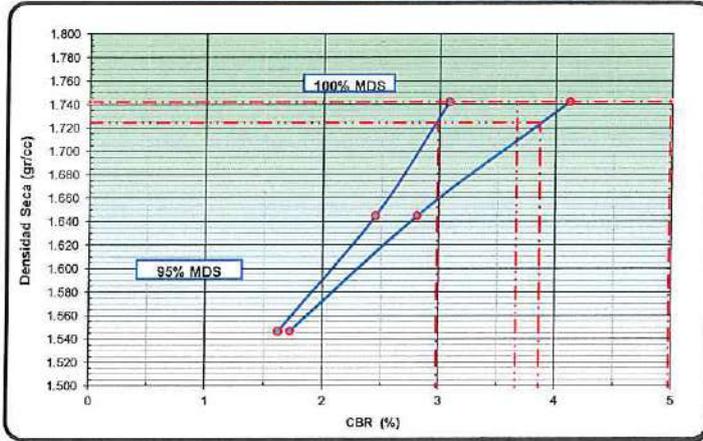
RELACIÓN SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R)
NORMAS TÉCNICAS: MIC E 132, ASTM D 1883, AASHTO T 193

DATOS DE LA MUESTRA

ESTRUCTURA : SUB RASANTE
CANTERA : - -
PROGRESIVA : -
TRAMO : -
MUESTRA : R02-85%SA+15%CBPA

PROFUNDIDAD : .
HECHO POR :
FECHA : : 22/08/2022

DETERMINACIÓN DEL CBR



DATOS DEL PRÓCTOR MODIFICADO

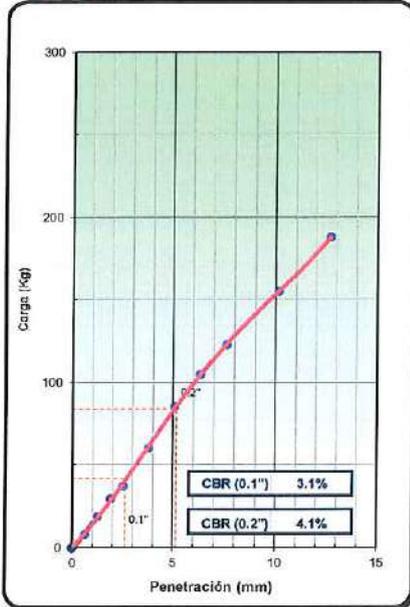
PROCTOR MODIFICADO ASTM D	: 1557
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3)	: 1.816
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	: 10.9
AL 95% DE LA MAX. DEN. SECA (g/cm ³)	: 1.725

PORCENTAJE DEL CBR

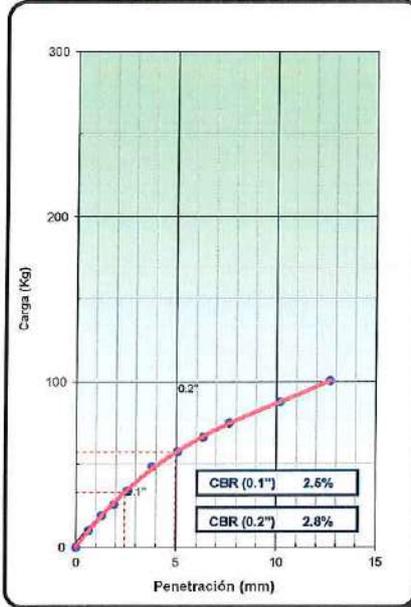
C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1": 3.7	0.2": 5.0
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1": 3.0	0.2": 3.9

OBSERV.: _____

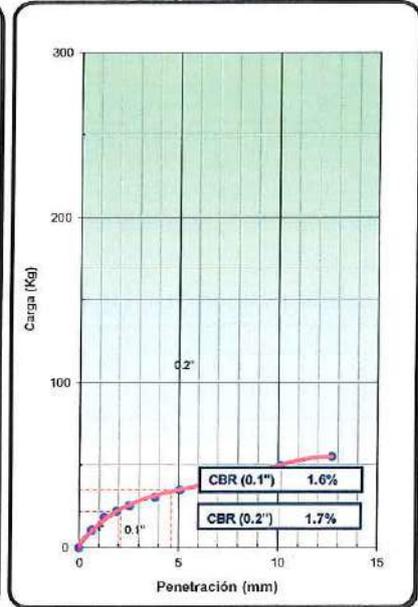
EC = 54 GOLPES



EC = 25 GOLPES



EC = 12 GOLPES



Observaciones: _____

Elaborado por:

Nombre / Función:	D:
Técnico Jefe de Laboratorio	M:
Firma:	A:

Bach. Ing. Dennis N. Reyes Medina
TÉCNICO JEFE DE LABORATORIO

Revisado por:

Nombre / Función:	D:
Ingeniero Jefe de Laboratorio	M:
Firma:	A:

Ing. Carlos Ortiz Gómez
CIP 21557
INGENIERO JEFE DE LABORATORIO

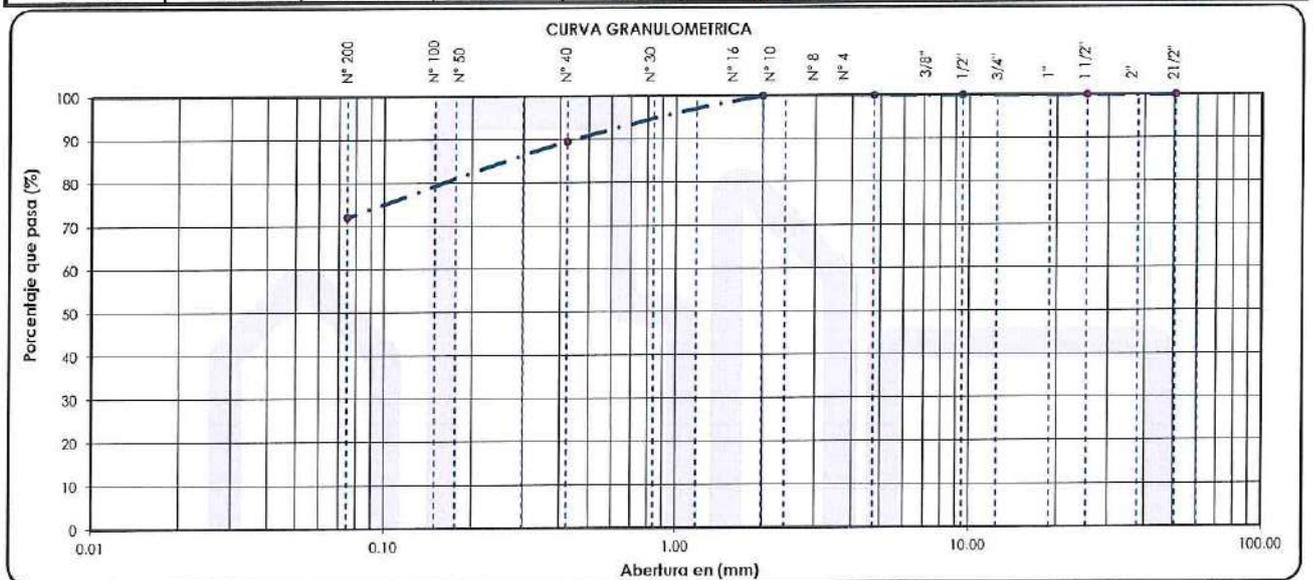
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
NORMAS TÉCNICAS: MTC E 107, ASTM D 422, AASHTO T 88

DATOS DE LA MUESTRA

ESTRUCTURA : SUB RASANTE	PROGRESIVA : -	P. inicial muestra, g: 500
CANTERA : -	TMN, mm: 38.100	P. inicial muestra seca, g: 488
TRAMO : -	HECHO POR: Dennis Reyes	P. inicial muestra <N°4, g: 500
MUESTRA : R03-85%SA+15%CBPA	FECHA: 22/08/2022	P. inicial muestra <N°4 seca, g: 488

TAMIZ	ABERTURA EN (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	GRADACIÓN "A"	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
2 1/2"	60.350	0	0.0	0.0	100.0		Pesos de Muestra
2"	50.800	0	0.0	0.0	100.0	100	Peso Total : 488 gr.
1 1/2"	38.100	0	0.0	0.0	100.0		Peso de Grava : 0 gr.
1"	25.400	0	0.0	0.0	100.0	-	Peso de Arena : 488 gr.
3/4"	19.000	0	0.0	0.0	100.0		Frac. < N° 4 : 488 gr.
1/2"	12.500	0	0.0	0.0	100.0		LIMITES DE CONSISTENCIA
3/8"	9.500	0	0.0	0.0	100.0	30 - 65	Límite Líquido : 28.00 %
N° 4	4.750	0	0.0	0.0	100.0	25 - 55	Límite Plástico : 23.60 %
N° 8	2.380	0.13	0.0	0.0	100.0		Índice Plástico : 4.40 %
N° 10	2.000	0.18	0.0	0.1	99.9	15 - 40	CLASIFICACIÓN DEL SUELO
N° 16	1.180	0.38	0.1	0.1	99.9		A.A.S.H.T.O : A-4(2)
N° 30	0.840	31.23	6.4	6.5	93.5		S.U.C.S : ML
N° 40	0.425	19.15	3.9	10.5	89.5	8 - 20	
N° 50	0.300	12.14	2.5	12.9	87.1		
N° 100	0.150	44.56	9.1	22.1	77.9		
N° 200	0.075	28.46	5.8	27.9	72.1	2 - 8	
< N° 200	Fondo	351.97	72.1	100.0	0.0		



Observaciones:

Elaborado por:

Nombre / Función:	D:
Técnico Jefe de Laboratorio	M:
Firma:	A:

Bach. Ing. Dennis N. Reyes Medina
TÉCNICO JEFE DE LABORATORIO

Revisado por:

Nombre / Función:	D:
Ingeniero Jefe de Laboratorio	M:
Firma:	A:

ING. JERO JEFE DE LABORATORIO



PROYECTO: TESIS : EFECTOS DE LA CENIZA DE BIOMASA DE PALMA ACEITERA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS A NIVEL DE SUBRASANTE, HUANUCO 2022

SOLICITA: Bach. Ing. Claudia Laos

CÓDIGO: T1-UHV-3-SA-CBPA-15-LL

LÍMITES DE CONSISTENCIA

DATOS DE LA MUESTRA

ESTRUCTURA : SUB RASANTE

CANTERA : - -

PROGRESIVA : -

MUESTRA : R03-85%SA+15%CBPA

HECHO POR : Dennis Reyes

FECHA : 22/08/2022

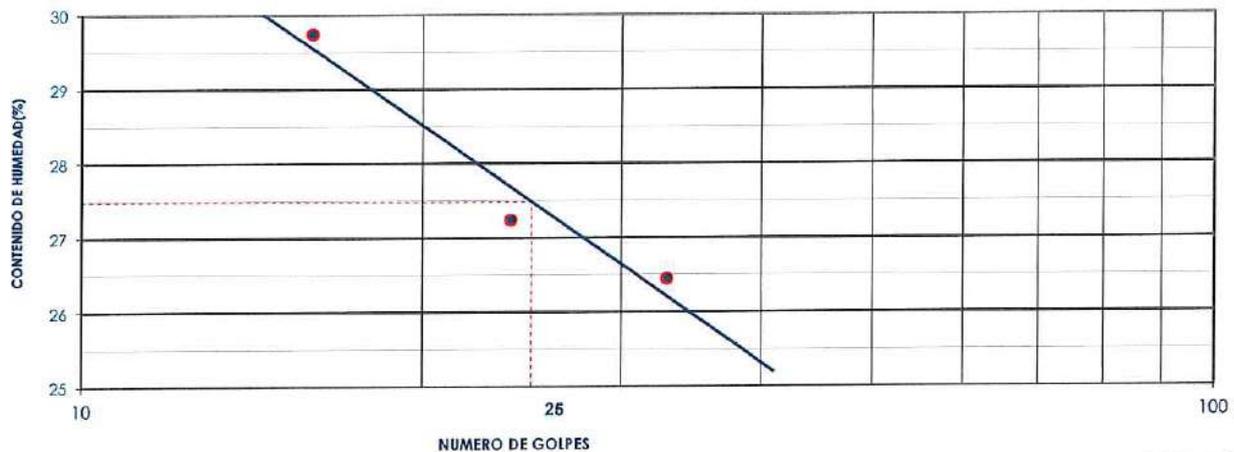
LIMITE LIQUIDO (MTC E 110, AASHTO T 89)

Nº TARA		T-11	T-03	T-07	PROMEDIO
PESO TARA + SUELO HUMEDO	(gr.)	65.44	52.32	64.91	
PESO TARA + SUELO SECO	(gr.)	55.63	46.25	55.83	
PESO DE AGUA	(gr.)	9.81	6.07	9.08	
PESO DE LA TARA	(gr.)	22.65	23.30	22.50	
PESO DEL SUELO SECO	(gr.)	32.98	22.95	33.33	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	29.75	26.45	27.24	
NUMERO DE GOLPES		16	33	24	27.81

LIMITE PLÁSTICO (MTC E 111, AASHTO T 90)

Nº TARA		T-05	T-03	T-12	PROMEDIO
PESO TARA + SUELO HUMEDO	(gr.)	26.21	26.74	26.33	
PESO TARA + SUELO SECO	(gr.)	25.72	26.07	25.88	
PESO DE LA TARA	(gr.)	23.62	23.31	23.94	
PESO DEL AGUA	(gr.)	0.49	0.67	0.45	
PESO DEL SUELO SECO	(gr.)	2.10	2.76	1.94	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	23.33	24.28	23.20	23.60

CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA

LIMITE LIQUIDO (%)	28.00
LIMITE PLASTICO (%)	23.60
INDICE DE PLASTICIDAD (%)	4.40

OBSERVACIONES

Elaborado por:

Nombre / Función:	Técnico Jefe de Laboratorio	D:
Firma:		M:
		A:

Bach. Ing. Dennis N. Reyes Medina
TÉCNICO JEFE DE LABORATORIO

Revisado por:

Nombre / Función:	Ingeniero Jefe de Laboratorio	D:
Firma:		M:
		A:

Ing. Carlos Ortiz Gómez
CIP 61.857
INGE JEFE DE LABORATORIO



PROYECTO: TESIS : EFECTOS DE LA CENIZA DE BIOMASA DE PALMA ACEITERA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS A NIVEL DE SUBRASANTE, HUANUCO 2022

SOLICITA: Bach. Ing. Claudía Laos

CÓDIGO: T1-UHV-3-SA-CBPA-15-CH

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO
NORMAS TÉCNICA: MTC E 108

DATOS DE LA MUESTRA

ESTRUCTURA : SUB RASANTE

CANTERA : - -

PROGRESIVA : -

MUESTRA : R03-85%SA+15%CBPA

HECHO POR : Dennis Reyes

FECHA : 22/08/2022

CONTENIDO DE HUMEDAD

Peso suelo húmedo + cápsula	gr.	261.00	246.00	232.00			
Peso suelo seco + cápsula	gr.	256.00	242.00	229.00			
Peso de cápsula	gr.	78.00	78.00	79.00			
Peso del agua	gr.	5.00	4.00	3.00			
Peso de suelo seco	gr.	178.00	164.00	150.00			
Contenido de Humedad	%	2.81	2.44	2.00			
Promedio de Humedad	%	2.42					

Observaciones:

Elaborado por:		D:
Nombre / Función:	Técnico Jefe de Laboratorio	M:
Firma:		A:

Bach. Ing. Dennis N. Reyes Medina
TÉCNICO JEFE DE LABORATORIO

Revisado por:		D:
Nombre / Función:	Ingeniero Jefe de Laboratorio	M:
Firma:		A:

Ing. Carlos Ortiz Gómez
INGENIERO JEFE DE LABORATORIO



TERZAGHI
LABORATORIO
SUELOS | CONCRETO | ASFALTO

PROYECTO: TESIS : EFECTOS DE LA CENIZA DE BIOMASA DE PALMA ACEITERA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS A NIVEL DE SUBRASANTE, HUANUCO 2022

SOLICITA: Bach. Ing. Claudia Laos

CÓDIGO: T1-UHV-3-SA-CBPA-15-P

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

PROCTOR MODIFICADO

NORMAS TÉCNICAS: MTC E 115, ASTM D 1557, AASHTO T 180

DATOS DE LA MUESTRA

ESTRUCTURA : SUB RASANTE

CANTERA : - -

PROGRESIVA : -

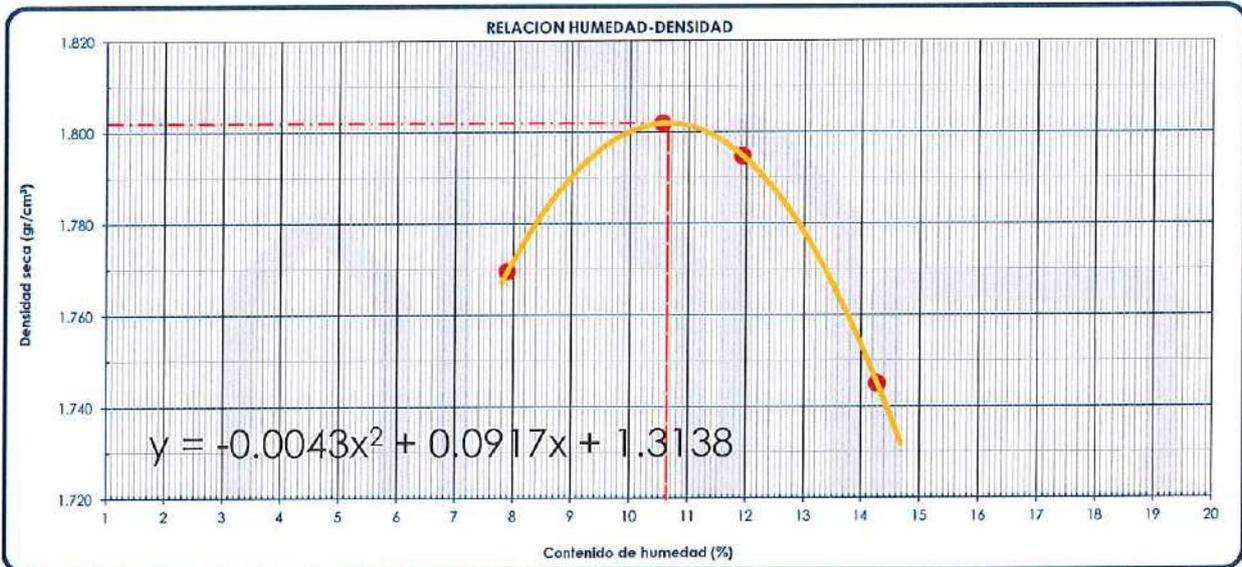
MUESTRA : R03-85%SA+15%CBPA

MÉTODO : A

HECHO POR : Dennis Reyes

FECHA : 22/08/2022

Ensayo N°		1	2	3	4	
Número de Capas		5	5	5	5	
Golpes de Pisón por Capa		56	56	56	56	
Peso suelo húmedo + molde	gr.	5492	5570	5546	5586	
Peso molde + base	gr.	3690	3690	3650	3704	
Peso suelo húmedo compactado	gr.	1802	1880	1896	1882	
Volumen del molde	cm ³	944	944	944	944	
Peso volumétrico húmedo	gr/cm ³	1.910	1.992	2.009	1.994	
Recipiente N°		Tc-07	Tc-11	Tc-08	Tc-09	
Peso del suelo húmedo+tara	gr.	351.0	284.0	153.0	237.0	
Peso del suelo seco + tara	gr.	331.0	265.0	145.0	218.0	
Peso de Tara	gr.	78.0	85.0	78.0	85.0	
Peso de agua	gr.	20.0	19.0	8.0	19.0	
Peso del suelo seco	gr.	253.0	180.0	67.0	133.0	
Contenido de agua	%	7.91	10.56	11.94	14.29	
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	1.770	1.802	1.795	1.745	
					Densidad máxima (gr/cm ³)	1.802
					Humedad óptima (%)	10.6



Observaciones:

Elaborado por:

Nombre / Función: Técnico Jefe de Laboratorio N. 03

Firma:

D: _____

M: _____

A: _____

Bach. Ing. Dennis N. Reyes Medina
TÉCNICO JEFE DE LABORATORIO

Revisado por:

Nombre / Función: Ingeniero Jefe de Laboratorio

Firma:

D: _____

M: _____

A: _____

Ing. Carlos Díaz Gómez
CIP: 61657
MTC JEFE DE LABORATORIO

PROYECTO: TESIS : EFECTOS DE LA CENIZA DE BIOMASA DE PALMA ACEITERA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS A NIVEL DE SUBRASANTE, HUANUCO 2022

 Hoja: de
SOLICITA: Bach. Ing. Claudia Loos

CÓDIGO: TI-UHV-3-SA-CBPA-15-CBR

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
RELACIÓN SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R)
 NORMAS TÉCNICAS: MIC E 132, ASTM D 1883, AASHTO T 193

DATOS DE LA MUESTRA
ESTRUCTURA: SUB RASANTE

CANERA: . .

PROGRESIVA: .

TRAMO: .

MUESTRA: R03-85%SA+15%CBPA

PROFUNDIDAD: .

HECHO POR: Dennis Reyes

FECHA: 22/08/2022

COMPACTACIÓN

Molde N°	4		5		6	
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	12144	12553	11825	12312	11653	12008
Peso de molde + base (g)	8050	8050	7951	7951	8071	8071
Peso del suelo húmedo (g)	4094	4503	3874	4361	3582	3937
Volumen del molde (cm ³)	2068	2068	2068	2068	2068	2068
Densidad húmeda (g/cm ³)	1.980	2.177	1.873	2.109	1.732	1.904
Tara (N°)	Tc-04	Tc-10	Tc-02	Tc-09	Tc-04	Tc-06
Peso suelo húmedo + tara (g)	568.0	557.0	541.0	570.0	516.0	546.0
Peso suelo seco + tara (g)	520.0	459.0	500.0	474.0	476.0	456.0
Peso de tara (g)	79.0	78.0	93.0	85.0	79.0	80.0
Peso de agua (g)	48.0	98.0	41.0	96.0	40.0	90.0
Peso de suelo seco (g)	441.0	381.0	407.0	389.0	397.0	376.0
Contenido de humedad (%)	10.9	25.7	10.1	24.7	10.1	23.9
Densidad seca (g/cm ³)	1.785	1.732	1.702	1.691	1.574	1.536
Densidad seca (g/cm ³)	1.759		1.697		1.555	

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
22-Ago-22	10:20	0	0.580	0.00	0.00	0.540	0.00	0.00	0.560	0.000	0.00
23-Ago-22	10:20	24	9.140	8.56	0.15	11.870	11.33	0.21	17.540	16.980	0.30
24-Ago-22	10:20	48	10.350	9.77	0.17	15.640	15.10	0.28	22.340	21.780	0.39
25-Ago-22	10:20	72	13.540	12.96	0.22	15.780	15.24	0.28	24.990	24.430	0.44
26-Ago-22	10:20	96	13.870	13.29	0.23	16.890	16.35	0.30	24.690	24.130	0.43

PENETRACION

PENETRACION mm	CARGA STAND. kg/cm ²	MOLDE N°1			MOLDE N°2			MOLDE N°3				
		CARGA		CORRECCION	CARGA		CORRECCION	CARGA		CORRECCION		
		Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg
0.000			0.0			0.0				0.0		
0.635			13.3			11.0				10.2		
1.270			21.5			18.6				17.9		
1.905			33.8			28.6				16.3		
2.540	70.5		46.9	52.15	3.83	37.8	40.17	2.95		30.1	31.16	2.29
3.810			73.2			54.3				45.7		
5.080	105.7		100.5	94.88	4.65	86.7	78.59	3.85		66.8	60.98	2.99
6.350			112.4			98.6				73.9		
7.620			132.7			105.8				84.0		
10.160			163.1			138.9				97.8		
12.700			214.2			155				100.0		

Observaciones:

Elaborado por:		D:
Nombre / Función:	México Jefe de Laboratorio	M:
Firma:		A:

 Bach. Ing. Dennis R. Reyes Medina
 TÉCNICO JEFE DE LABORATORIO

Revisado por:		D:
Nombre / Función:	Ingeniero Jefe de Laboratorio	M:
Firma:		A:

 Ing. Carlos Ortiz Gómez
 CIP: 87557
 INGENIERO JEFE DE LABORATORIO

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

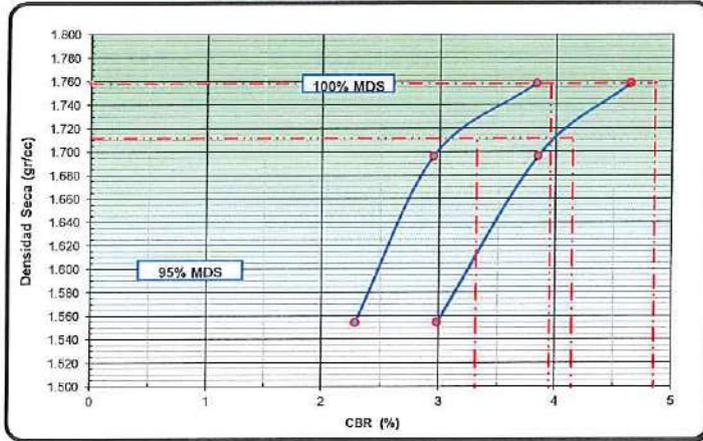
RELACIÓN SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)
NORMAS TÉCNICAS: MIT E 132, ASTM D 1883, AASHTO T 193

DATOS DE LA MUESTRA

ESTRUCTURA : SUB RASANTE
CANTERA : - -
PROGRESIVA : -
TRAMO : -
MUESTRA : R03-85%SA+15%CBPA

PROFUNDIDAD : .
HECHO POR : Dennis Reyes
FECHA : : 22/08/2022

DETERMINACIÓN DEL CBR



DATOS DEL PRÓCTOR MODIFICADO

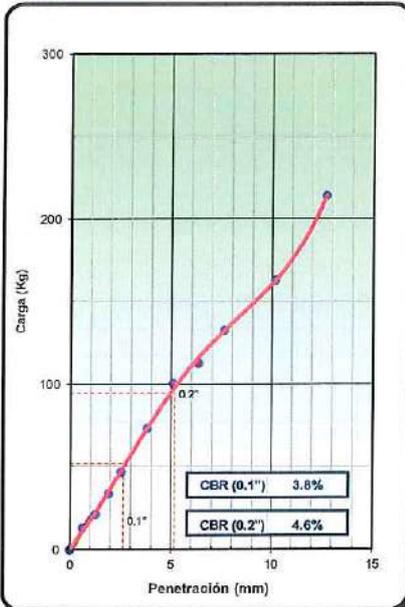
PROCTOR MODIFICADO ASTM D	:	1557
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3)	:	1.802
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	:	10.6
AL 95% DE LA MAX. DEN. SECA (g/cm ³)	:	1.712

PORCENTAJE DEL CBR

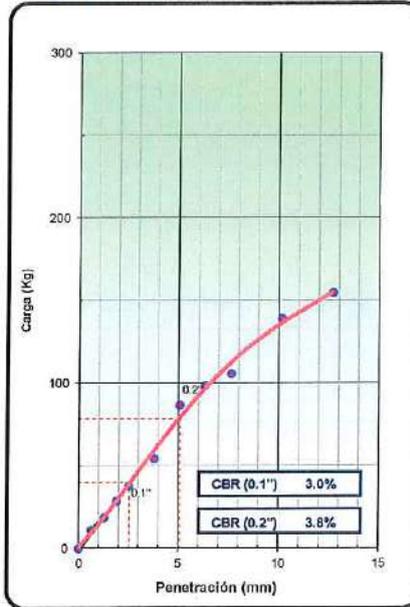
C.B.R. AL 100% DE M.D.S (%)	0.1"	4.0	0.2"	4.9
C.B.R. AL 95% DE M.D.S (%)	0.1"	3.3	0.2"	4.2

OBSERV.: _____

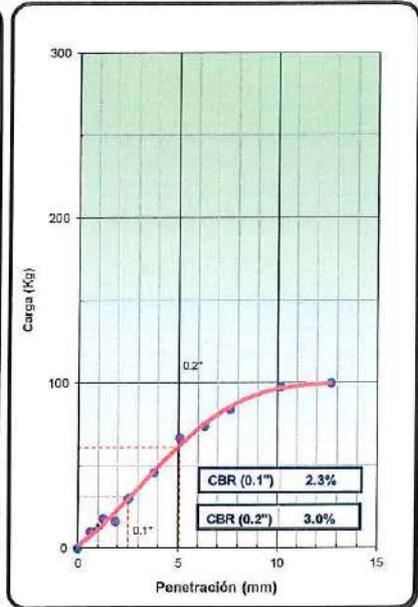
EC = 56 GOLPES



EC = 25 GOLPES



EC = 12 GOLPES



Observaciones: _____

Elaborado por:
Nombre / Función: *[Firma]* D:
Firma: *[Firma]* IA:
A:
Bach. Ing. Dennis N. Reyes Medina
TÉCNICO JEFE DE LABORATORIO

Revisado por:
Nombre / Función: *[Firma]* D:
Firma: *[Firma]* M:
A:
Ing. Carlos del Valle Gómez
CIP 14357
INGENIERO JEFE DE LABORATORIO

TRATAMIENTO 3

80% SA+20% CBPA

PROYECTO: TESIS : EFECTOS DE LA CENIZA DE BIOMASA DE PALMA ACEITERA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS A NIVEL DE SUBRASANTE, HUANUCO 2022

SOLICITA: Bach. Ing. Claudia Laos

CÓDIGO: TI-UHV-1-SA-CBPA-20-G

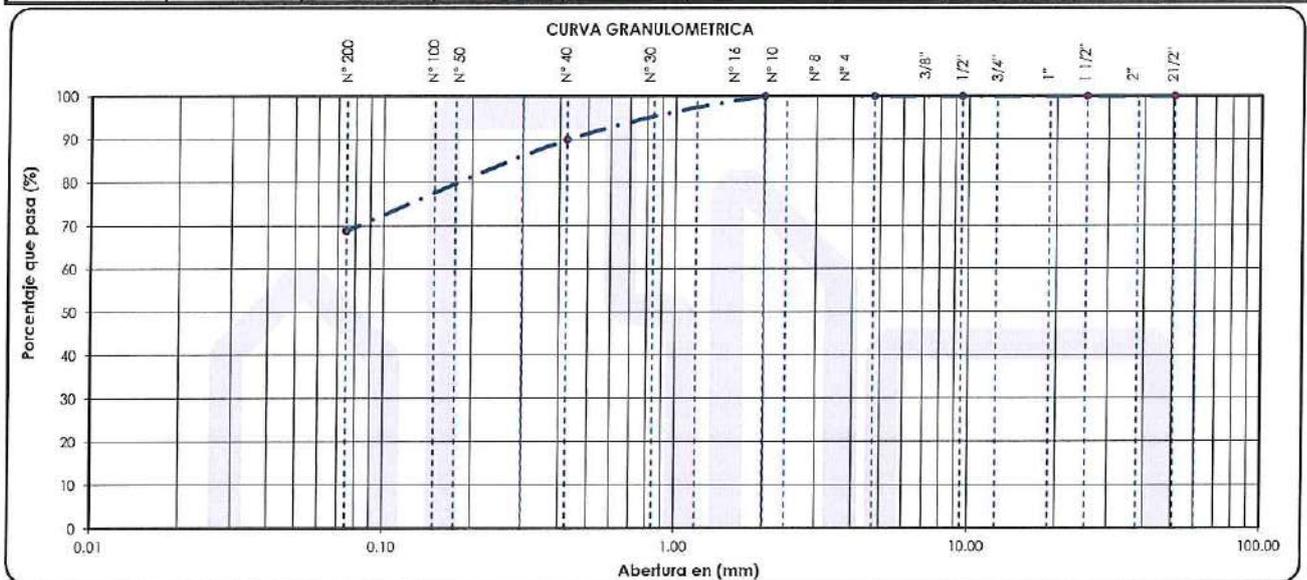
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
 NORMAS TÉCNICAS: MTC E 107, ASTM D 422, AASHTO T 88

DATOS DE LA MUESTRA

ESTRUCTURA : SUB RASANTE **PROGRESIVA :** - **P. inicial muestra, g:** 500
CANIERA : -- **TMN, mm :** 38.100 **P. inicial muestra seca, g:** 488
TRAMO : - **HECHO POR :** Dennis Reyes **P. inicial muestra <N°4, g:** 500
MUESTRA : R01-80%SA+20%CBPA **FECHA :** 22/08/2022 **P. inicial muestra <N°4 seca, g:** 488

TAMIZ	ABERTURA EN (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	GRADACIÓN "A"	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
2 1/2"	60.350	0	0.0	0.0	100.0		Pesos de Muestra
2"	50.800	0	0.0	0.0	100.0	100	Peso Total : 488 gr.
1 1/2"	38.100	0	0.0	0.0	100.0		Peso de Grava : 0 gr.
1"	25.400	0	0.0	0.0	100.0	-	Peso de Arena : 488 gr.
3/4"	19.000	0	0.0	0.0	100.0		Fracc. < N° 4 : 488 gr.
1/2"	12.500	0	0.0	0.0	100.0		LIMITES DE CONSISTENCIA
3/8"	9.500	0	0.0	0.0	100.0	30 - 65	Límite Líquido : 29.00 %
N° 4	4.750	0	0.0	0.0	100.0	25 - 55	Límite Plástico : 23.85 %
N° 8	2.380	0	0.0	0.0	100.0		Índice Plástico : 5.15 %
N° 10	2.000	0	0.0	0.0	100.0	15 - 40	CLASIFICACIÓN DEL SUELO
N° 16	1.180	0.11	0.0	0.0	100.0		A.A.S.H.T.O : A-4(2)
N° 30	0.840	27.21	5.6	5.6	94.4		S.U.C.S : ML
N° 40	0.425	21.82	4.5	10.1	89.9	8 - 20	
N° 50	0.300	14.13	2.9	13.0	87.0		
N° 100	0.150	47.74	9.8	22.7	77.3		
N° 200	0.075	41.02	8.4	31.1	68.9	2 - 8	
< N° 200	Fondo	336.32	68.9	100.0	0.0		



Observaciones:

Elaborado por:

Nombre / Función: **Técnico Jefe de Laboratorio**

Firma: *[Firma]*

D: _____
 M: _____
 A: _____

Bach. Ing. Dennis N. Reyes Medina
 TÉCNICO JEFE DE LABORATORIO

Revisado por:

Nombre / Función: **Ingeniero Jefe de Laboratorio**

Firma: *[Firma]*

D: _____
 M: _____
 A: _____

INGE. HERO JEFE DE LABORATORIO



PROYECTO: TESIS : EFECTOS DE LA CENIZA DE BIOMASA DE PALMA ACEITERA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS A NIVEL DE SUBRASANTE, HUANUCO 2022

SOLICITA: Bach. Ing. Claudia Laos

CÓDIGO: T1-UHV-1-SA-CBPA-20-LL

LÍMITES DE CONSISTENCIA

DATOS DE LA MUESTRA

ESTRUCTURA : SUB RASANTE

CANERA : - -

PROGRESIVA : -

MUESTRA : R01-80%SA+20%CBPA

HECHO POR : Dennis Reyes

FECHA : 22/08/2022

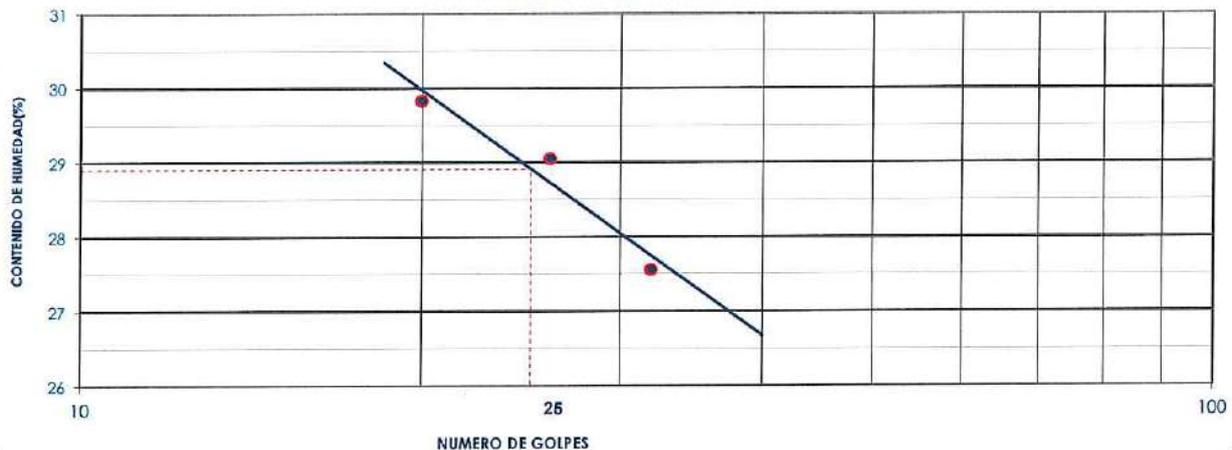
LIMITE LIQUIDO (MTC E 110, AASHTO T 89)

Nº TARA		T-05	T-04	T-10	PROMEDIO
PESO TARA + SUELO HUMEDO	(gr.)	59.20	63.33	61.75	
PESO TARA + SUELO SECO	(gr.)	51.19	54.69	52.97	
PESO DE AGUA	(gr.)	8.01	8.64	8.78	
PESO DE LA TARA	(gr.)	23.62	23.34	23.54	
PESO DEL SUELO SECO	(gr.)	27.57	31.35	29.43	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	29.05	27.56	29.83	
NUMERO DE GOLPES		26	32	20	28.82

LIMITE PLÁSTICO (MTC E 111, AASHTO T 90)

Nº TARA		T-12	T-09	T-06	PROMEDIO
PESO TARA + SUELO HUMEDO	(gr.)	25.61	26.45	25.73	
PESO TARA + SUELO SECO	(gr.)	25.30	26.08	25.29	
PESO DE LA TARA	(gr.)	23.93	24.56	23.50	
PESO DEL AGUA	(gr.)	0.31	0.37	0.44	
PESO DEL SUELO SECO	(gr.)	1.37	1.52	1.79	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	22.63	24.34	24.58	23.85

CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA

LIMITE LIQUIDO (%)	29.00
LIMITE PLASTICO (%)	23.85
INDICE DE PLASTICIDAD (%)	5.15

OBSERVACIONES

Elaborado por:	
Nombre / Función:	D:
Jéfnico Jefe de Laboratorio	M:
Firma:	A:

Bach. Ing. Dennis N. Reyes Medina
TÉCNICO JEFE DE LABORATORIO

Revisado por:	
Nombre / Función:	D:
Ingeniero Jefe de Laboratorio	M:
Firma:	A:

ING. CARLOS ORTIZ GÓMEZ
CIP: 61567
ING. JEFE DE LABORATORIO



PROYECTO: TESIS : EFECTOS DE LA CENIZA DE BIOMASA DE PALMA ACEBITERA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS A NIVEL DE SUBRASANTE, HUANUCO 2022

SOLICITA: Bach. Ing. Claudia Laos

CÓDIGO: T1-UHV-1-SA-CBPA-20-CH

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO
NORMAS TÉCNICA: MTC E 108

DATOS DE LA MUESTRA

ESTRUCTURA : SUB RASANTE

CANTERA : - -

PROGRESIVA : -

MUESTRA : R01-80%SA+20%CBPA

HECHO POR : Dennis Reyes

FECHA : 22/08/2022

CONTENIDO DE HUMEDAD

Peso suelo húmedo + cápsula	gr.	263.00	278.00	219.00		
Peso suelo seco + cápsula	gr.	260.00	272.00	216.00		
Peso de cápsula	gr.	91.00	84.00	79.00		
Peso del agua	gr.	3.00	6.00	3.00		
Peso de suelo seco	gr.	169.00	188.00	137.00		
Contenido de Humedad	%	1.78	3.19	2.19		
Promedio de Humedad	%					2.39

Observaciones:

Elaborado por:		D:
Nombre / Función:	Técnico Jefe de Laboratorio	M:
Firma:		A:

Bach. Ing. Dennis N. Reyes Medina
TÉCNICO JEFE DE LABORATORIO

Revisado por:		D:
Nombre / Función:	Ingeniero Jefe de Laboratorio	M:
Firma:		A:

Ing. Carlos Ortiz Gómez
CIP: 61667
INGENIERO JEFE DE LABORATORIO

PROYECTO: TESIS : EFECTOS DE LA CENIZA DE BIOMASA DE PALMA ACEITERA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS A NIVEL DE SUBRASANTE, HUANUCO 2022

SOLICITA: Bach. Ing. Claudia Laos

CÓDIGO: TI-UHV-1-SA-CBPA-20-P

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

PROCTOR MODIFICADO

NORMAS TÉCNICAS: MIC E 115, ASTM D 1557, AASHTO T 180

DATOS DE LA MUESTRA

ESTRUCTURA : SUB RASANTE

CANTERA : - -

PROGRESIVA : -

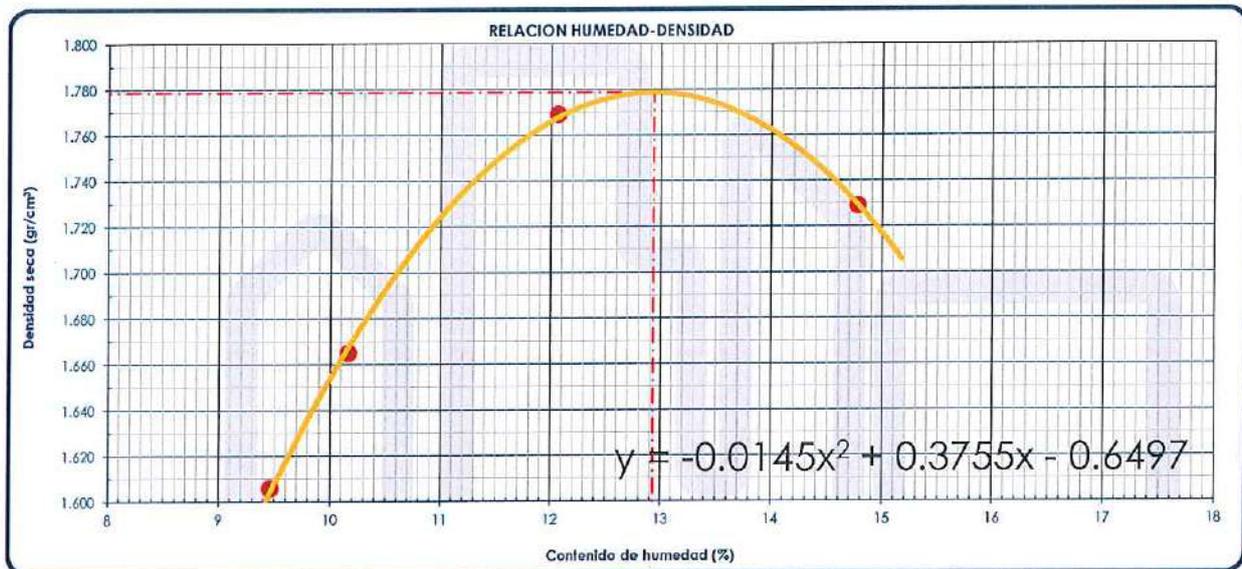
MUESTRA : R01-80%SA+20%CBPA

MÉTODO : A

HECHO POR : Dennis Reyes

FECHA : 22/08/2022

Ensayo N°		1	2	3	4	
Número de Capas		5	5	5	5	
Golpes de Pisón por Capa		56	56	56	56	
Peso suelo húmedo + molde	gr.	5347	5381	5574	5562	
Peso molde + base	gr.	3688	3650	3703	3689	
Peso suelo húmedo compactado	gr.	1659	1731	1871	1873	
Volumen del molde	cm ³	944	944	944	944	
Peso volumétrico húmedo	gr/cm ³	1.758	1.834	1.983	1.985	
Recipiente N°		Tc-09	Tc-12	Tc-04	Tc-05	
Peso del suelo húmedo+tara	gr.	270.0	338.0	274.0	315.0	
Peso del suelo seco + tara	gr.	254.0	314.0	253.0	285.0	
Peso de Tara	gr.	85.0	78.0	79.0	82.0	
Peso de agua	gr.	16.0	24.0	21.0	30.0	
Peso del suelo seco	gr.	169.0	236.0	174.0	203.0	
Contenido de agua	%	9.47	10.17	12.07	14.78	
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	1.606	1.665	1.769	1.729	
					Densidad máxima (gr/cm³)	1.779
					Humedad óptima (%)	12.9



Observaciones:

Elaborado por:

Nombre / Función:
 D:
 M:
 A:

Firma:
 [Signature]

Bach. Ing. Dennis N. Reyes Medina
JEFE JEFE DE LABORATORIO

Revisado por:

Nombre / Función:
 D:
 M:
 A:

Firma:
 [Signature]

ING. JERO JEFE DE LABORATORIO

PROYECTO: TESIS : EFECTOS DE LA CENIZA DE BIOMASA DE PALMA ACEITERA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS A NIVEL DE SUBRASANTE, HUANUCO 2022

 Hoja: de
SOLICITA: Bach. Ing. Claudia Laos

CÓDIGO: TI-UHV-1-SA-CBPA-20-CBR

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO
RELACIÓN SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)
 NORMAS TÉCNICAS: MTC E 132, ASTM D 1883, AASHTO T 193

DATOS DE LA MUESTRA
ESTRUCTURA : SUB RASANTE

CANERA : - -

PROGRESIVA : -

TRAMO : -

MUESTRA : R01-80%SA+20%CBPA

PROFUNDIDAD : -

HECHO POR : Dennis Reyes

FECHA : 22/08/2022

COMPACTACIÓN

Molde N°	4		5		6	
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	12008	12431	11745	12351	11587	12010
Peso de molde + base (g)	8048	8048	7951	7951	8071	8071
Peso del suelo húmedo (g)	3960	4383	3794	4400	3516	3939
Volumen del molde (cm ³)	2068	2068	2068	2068	2068	2068
Densidad húmeda (g/cm ³)	1.915	2.119	1.835	2.128	1.700	1.905
Tara (N°)	Tc-03	Tc-03	Tc-01	Tc-08	Tc-02	Tc-09
Peso suelo húmedo + tara (g)	512.0	518.0	575.0	578.0	547.0	586.0
Peso suelo seco + tara (g)	475.0	452.0	526.0	495.0	500.0	511.0
Peso de tara (g)	92.0	91.0	84.0	85.0	85.0	84.0
Peso de agua (g)	37.0	66.0	49.0	83.0	47.0	75.0
Peso de suelo seco (g)	383.0	361.0	442.0	410.0	415.0	427.0
Contenido de humedad (%)	9.7	18.3	11.1	20.2	11.3	17.6
Densidad seca (g/cm ³)	1.746	1.792	1.652	1.769	1.527	1.620
Densidad seca (g/cm ³)	1.769		1.710		1.574	

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
22-Ago-22	10:20	0	0.350	0.00	0.00	0.500	0.00	0.00	0.460	0.00	0.00
23-Ago-22	10:20	24	9.360	9.01	0.26	12.350	11.85	0.24	18.630	18.17	0.40
24-Ago-22	10:20	48	12.350	12.00	0.34	18.740	18.24	0.36	23.650	23.19	0.50
25-Ago-22	10:20	72	14.530	14.18	0.41	19.630	19.13	0.38	26.350	25.89	0.56
26-Ago-22	10:20	96	14.360	14.01	0.40	26.320	25.82	0.52	28.130	27.67	0.60

PENETRACION

PENETRACION mm	CARGA STAND. kg/cm ²	MOLDE N°1			MOLDE N°2			MOLDE N°3			
		CARGA Dial (div)	kg	CORRECCION %	CARGA Dial (div)	kg	CORRECCION %	CARGA Dial (div)	kg	CORRECCION %	
0.000			0.0			0.0			0.0		
0.635			13.5			11.2			10.4		
1.270			23.5			18.5			13.7		
1.905			36.7			28.6			21.0		
2.540	70.5		50.0	54.95	4.04	39.7	42.81	3.15	27.5	31.60	2.32
3.810			79.1			61.2			41.3		
5.080	105.7		105.8	102.97	5.04	88.4	85.70	4.20	67.9	66.65	3.26
6.350			125.1			105.4			84.3		
7.620			141.8			124.7			100.6		
10.160			172.8			146.9			119.6		
12.700			205.8			166.5			136.5		

Observaciones:

Elaborado por:		D:
Nombre / Función:	Técnico Jefe de Laboratorio	M:
Firma:		A:

 Bach. Ing. Dennis N. Reyes Medina
 TÉCNICO JEFE DE LABORATORIO

Revisado por:		D:
Nombre / Función:	Ingeniero Jefe de Laboratorio	M:
Firma:		A:

 Ing. Carlos Ortiz Gómez
 CIP 61657
 INGENIERO JEFE DE LABORATORIO

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

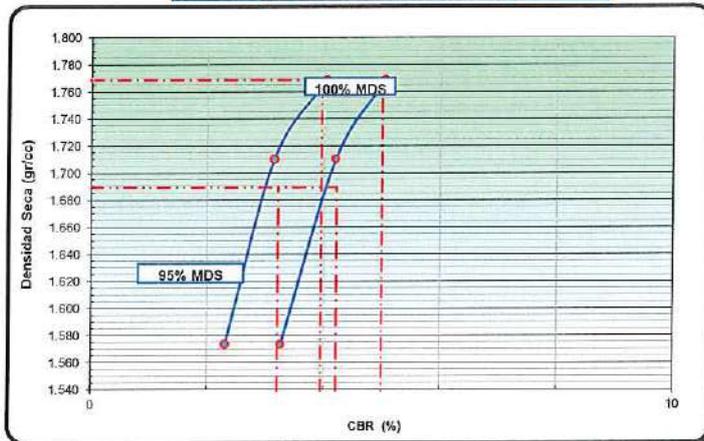
RELACIÓN SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R)
NORMAS TÉCNICAS: MIC E 132, ASTM D 1883, AASHTO T 193

DATOS DE LA MUESTRA

ESTRUCTURA : SUB RASANTE
CANTERA : --
PROGRESIVA : --
TRAMO : --
MUESTRA : R01-80%SA+20%CBPA

PROFUNDIDAD : --
HECHO POR : Dennis Reyes
FECHA : 22/08/2022

DETERMINACIÓN DEL CBR



DATOS DEL PRÓCTOR MODIFICADO

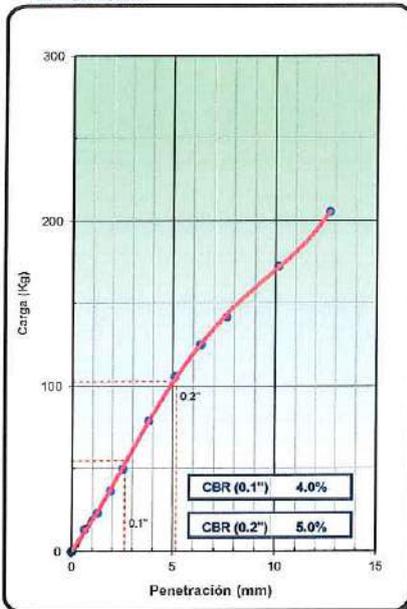
PROCTOR MODIFICADO ASTM D	:	1557
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3)	:	1.779
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	:	12.9
AL 95% DE LA MAX. DEN. SECA (g/cm³)	:	1.690

PORCENTAJE DEL CBR

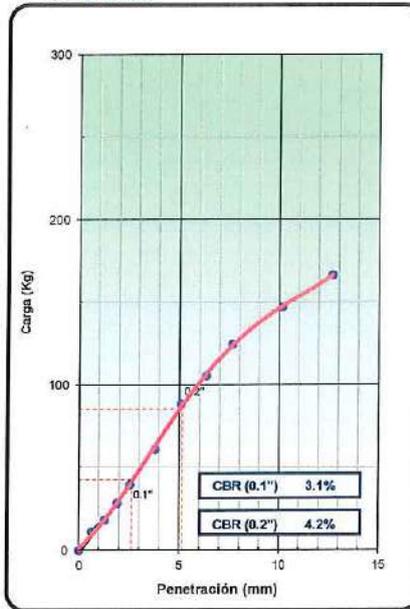
C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1":	4.0	0.2":	5.0
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1":	3.2	0.2":	4.2

OBSERV.: _____

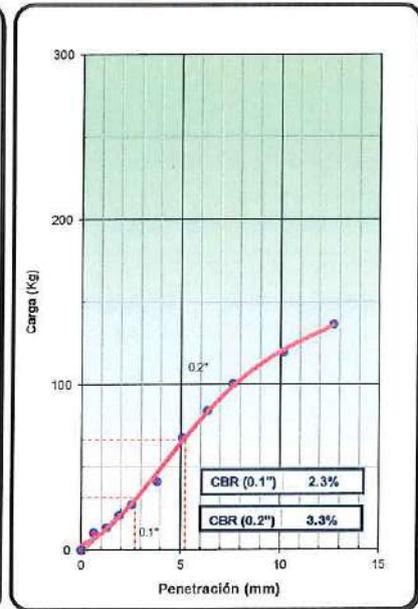
EC = 56 GOLPES



EC = 25 GOLPES



EC = 12 GOLPES



Observaciones: _____

Elaborado por:

Nombre / Función:	D:
Firma:	M: A:

Bach. Ing. Dennis N. Reyes Medina
TÉCNICO JEFE DE LABORATORIO

Revisado por:

Nombre / Función:	D:
Firma:	M: A:

ING. JERO JERO DE LABORATORIO

PROYECTO: TESIS : EFECTOS DE LA GENIZA DE BIOMASA DE PALMA ACEITERA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS A NIVEL DE SUBRASANTE, HUANUCO 2022

SOLICITA: Bach. Ing. Claudia Laos

CÓDIGO: TI-UHV-2-SA-CBPA-20-G

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

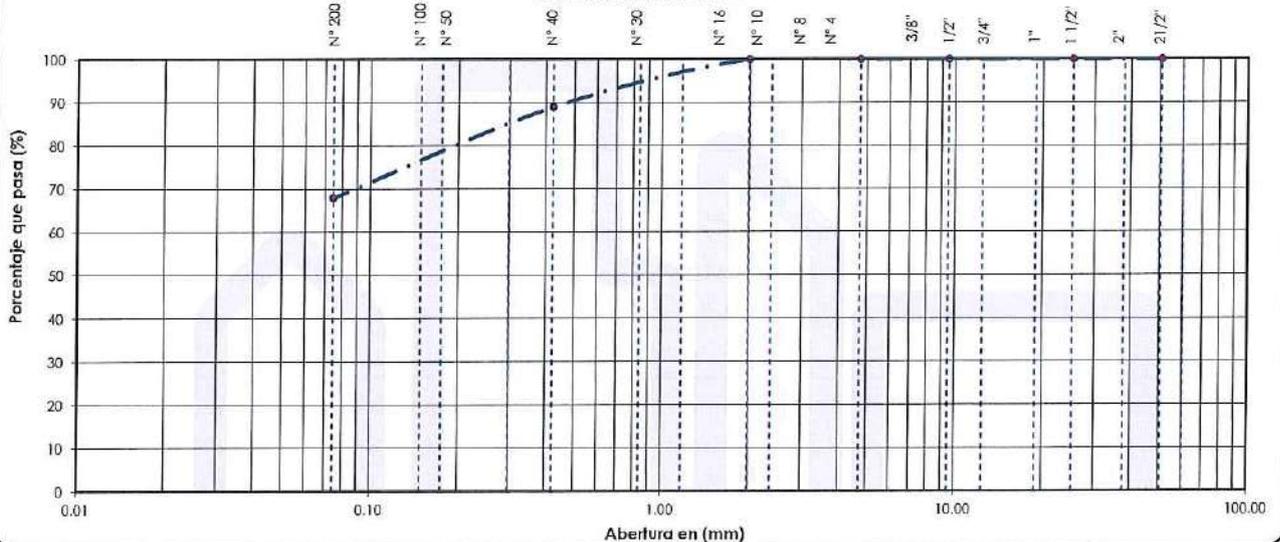
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
NORMAS TÉCNICAS: MIT E 107, ASTM D 422, AASHTO T 88

DATOS DE LA MUESTRA

ESTRUCTURA	: SUB RASANTE	PROGRESIVA	: -	P. Inicial muestra, g:	500
CANTERA	: -	TMN, mm:	38.100	P. inicial muestra seca, g:	488
TRAMO	: -	HECHO POR	: Dennis Reyes	P. Inicial muestra <Nº4, g:	500
MUESTRA	: R02-80%SA+20%CBPA	FECHA	: 22/08/2022	P. Inicial muestra <Nº4 seca, g:	488

TAMIZ	ABERTURA EN (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	GRADACIÓN "A"	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
2 1/2"	60.350	0	0.0	0.0	100.0		Pesos de Muestra
2"	50.800	0	0.0	0.0	100.0	100	Peso Total : 488 gr.
1 1/2"	38.100	0	0.0	0.0	100.0		Peso de Grava : 0 gr.
1"	25.400	0	0.0	0.0	100.0	-	Peso de Arena : 488 gr.
3/4"	19.000	0	0.0	0.0	100.0		Fracc. < Nº 4 : 488 gr.
1/2"	12.500	0	0.0	0.0	100.0		LÍMITES DE CONSISTENCIA
3/8"	9.500	0	0.0	0.0	100.0	30 - 65	Límite Líquido : 31.00 %
Nº 4	4.750	0	0.0	0.0	100.0	25 - 55	Límite Plástico : 23.58 %
Nº 8	2.380	0	0.0	0.0	100.0		Índice Plástico : 7.42 %
Nº 10	2.000	0	0.0	0.0	100.0	15 - 40	CLASIFICACIÓN DEL SUELO
Nº 16	1.180	0.14	0.0	0.0	100.0		A.A.S.H.T.O : A-4(3)
Nº 30	0.840	30.11	6.2	6.2	93.8		S.U.C.S : ML
Nº 40	0.425	23.47	4.8	11.0	89.0	8 - 20	
Nº 50	0.300	12.34	2.5	13.5	86.5		
Nº 100	0.150	51.3	10.5	24.0	76.0		
Nº 200	0.075	39.06	8.0	32.0	68.0	2 - 8	
< Nº 200	Fondo	331.88	68.0	100.0	0.0		

CURVA GRANULOMÉTRICA



Observaciones:

Elaborado por:

Nombre / Función:	D:
Técnico Jefe de Laboratorio	M:
Firma:	A:

Bach. Ing. Dennis N. Reyes Medina
TÉCNICO JEFE DE LABORATORIO

Revisado por:

Nombre / Función:	D:
Ingeniero Jefe de Laboratorio	M:
Firma:	A:

ING. BERO JEFE DE LABORATORIO

PROYECTO: TESIS : EFECTOS DE LA CENIZA DE BIOMASA DE PALMA ACEITERA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS A NIVEL DE SUBRASANTE, HUANUCO 2022

SOLICITA: Bach. Ing. Claudia Laos

CÓDIGO: TI-UHV-2-SA-CBPA-20-LL

LÍMITES DE CONSISTENCIA
DATOS DE LA MUESTRA
ESTRUCTURA : SUB RASANTE

CANTERA : - -

PROGRESIVA : -

MUESTRA : R02-80%SA+20%CBPA

HECHO POR : Dennis Reyes

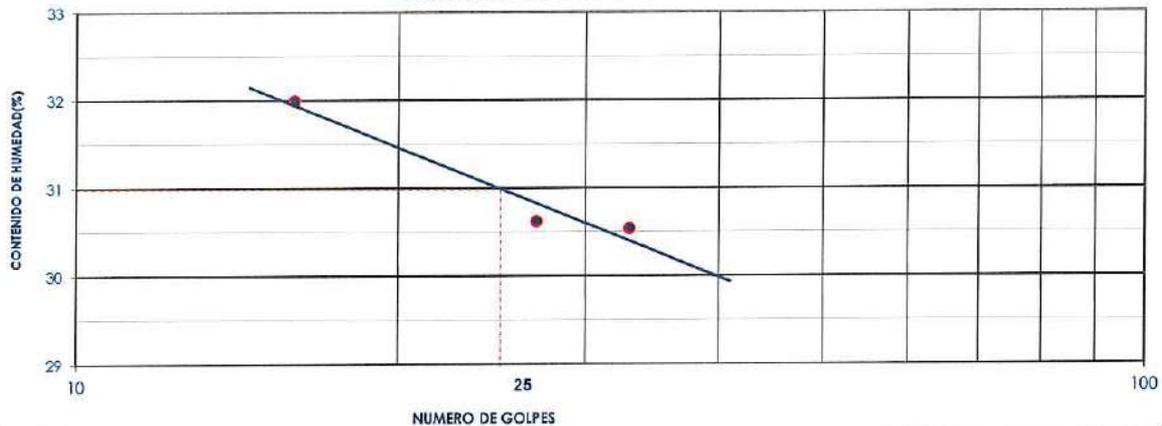
FECHA : 22/08/2022

LIMITE LIQUIDO (MTC E 110, AASHTO T 89)

Nº TARA		T-11	T-03	T-07	PROMEDIO
PESO TARA + SUELO HUMEDO	(gr.)	64.44	51.68	67.50	
PESO TARA + SUELO SECO	(gr.)	54.31	45.04	56.95	
PESO DE AGUA	(gr.)	10.13	6.64	10.55	
PESO DE LA TARA	(gr.)	22.65	23.30	22.50	
PESO DEL SUELO SECO	(gr.)	31.66	21.74	34.45	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	32.00	30.54	30.62	
NUMERO DE GOLPES		16	33	27	31.05

LIMITE PLÁSTICO (MTC E 111, AASHTO T 90)

Nº TARA		T-02	T-01	T-08	PROMEDIO
PESO TARA + SUELO HUMEDO	(gr.)	26.34	27.00	26.43	
PESO TARA + SUELO SECO	(gr.)	25.91	26.36	25.92	
PESO DE LA TARA	(gr.)	24.06	23.45	23.92	
PESO DEL AGUA	(gr.)	0.43	0.64	0.51	
PESO DEL SUELO SECO	(gr.)	1.85	2.91	2.00	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	23.24	21.99	25.50	23.58

CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES

CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA

LIMITE LIQUIDO (%)	31.00
LIMITE PLASTICO (%)	23.58
INDICE DE PLASTICIDAD (%)	7.42

OBSERVACIONES

Elaborado por:	
Nombre / Función:	D:
Técnico Jefe de Laboratorio	M:
Firma:	A:

 Bach. Ing. Dennis N. Reyes Medina
 TÉCNICO JEFE DE LABORATORIO

Revisado por:	
Nombre / Función:	D:
Ingeniero Jefe de Laboratorio	M:
Firma:	A:

 Ing. Carlos Ortiz Gómez
 CIP: 61557
 INGENIERO JEFE DE LABORATORIO



TERZAGHI
LABORATORIO
SUELOS | CONCRETO | ASFALTO

PROYECTO: TESIS : EFECTOS DE LA CENIZA DE BIOMASA DE PALMA ACEITERA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS A NIVEL DE SUBRASANTE, HUANUCO 2022

SOLICITA: Bach. Ing. Claudia Laos

CÓDIGO: T1-UHV-2-SA-CBPA-20-CH

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO
NORMAS TÉCNICA: MTC E 108

DATOS DE LA MUESTRA

ESTRUCTURA: SUB RASANTE

CANERA: . .

PROGRESIVA: .

MUESTRA: R02-80%SA+20%CBPA

HECHO POR: Dennis Reyes

FECHA: 22/08/2022

CONTENIDO DE HUMEDAD

Peso suelo húmedo + cápsula	gr.	186.00	213.00	215.00			
Peso suelo seco + cápsula	gr.	184.00	210.00	211.00			
Peso de cápsula	gr.	78.00	78.00	79.00			
Peso del agua	gr.	2.00	3.00	4.00			
Peso de suelo seco	gr.	106.00	132.00	132.00			
Contenido de Humedad	%	1.89	2.27	3.03			
Promedio de Humedad	%					2.40	

Observaciones:

Elaborado por:	
Nombre / Función:	D:
Técnico Jefe de Laboratorio	M:
Firma:	A:

Bach. Ing. Dennis N. Reyes Medina
TÉCNICO JEFE DE LABORATORIO

Revisado por:	
Nombre / Función:	D:
Ingeniero Jefe de Laboratorio	M:
Firma:	A:

Ing. Carlos Cruz Gómez
CIPLE 1557
INGENIERO JEFE DE LABORATORIO

PROYECTO: TESIS : EFECTOS DE LA CENIZA DE BIOMASA DE PALMA ACEITERA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS A NIVEL DE SUBRASANTE, HUANUCO 2022

SOLICITA: Bach. Ing. Claudia Laos

CÓDIGO: T1-UHV-2-SA-CBPA-20-P

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

PROCTOR MODIFICADO

NORMAS TÉCNICAS: MTC E 115, ASTM D 1557, AASHTO T 180

DATOS DE LA MUESTRA

ESTRUCTURA : SUB RASANTE

CANTERA : - -

PROGRESIVA : -

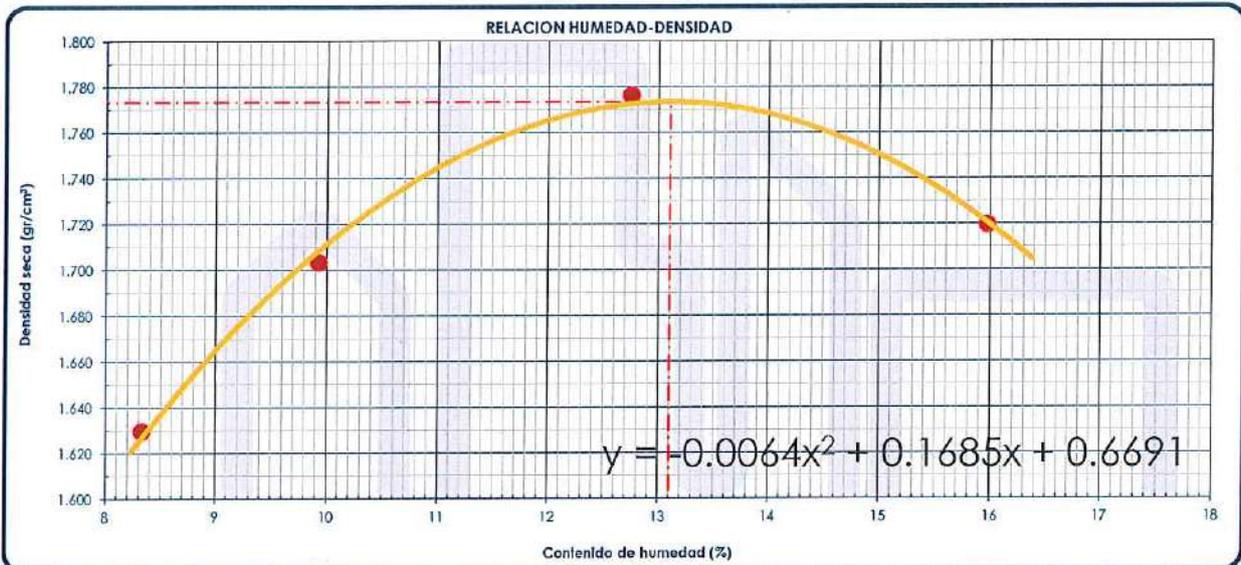
MUESTRA : R02-80%SA+20%CBPA

MÉTODO : A

HECHO POR : Dennis Reyes

FECHA : 22/08/2022

Ensayo N°		1	2	3	4
Número de Capas		5	5	5	5
Golpes de Pisón por Capa		56	56	56	56
Peso suelo húmedo + molde	gr.	5355	5417	5593	5571
Peso molde + base	gr.	3689	3650	3703	3689
Peso suelo húmedo compactado	gr.	1666	1767	1890	1882
Volumen del molde	cm ³	944	944	944	944
Peso volumétrico húmedo	gr/cm ³	1.765	1.872	2.003	1.994
Recipiente N°		Tc-08	Tc-03	Tc-01	Tc-07
Peso del suelo húmedo+tara	gr.	354.0	259.0	257.0	279.0
Peso del suelo seco + tara	gr.	333.0	244.0	238.0	252.0
Peso de Tara	gr.	81.0	93.0	89.0	83.0
Peso de agua	gr.	21.0	15.0	19.0	27.0
Peso del suelo seco	gr.	252.0	151.0	149.0	169.0
Contenido de agua	%	8.33	9.93	12.75	15.98
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	1.630	1.703	1.776	1.720
				Densidad máxima (gr/cm ³)	1.773
				Humedad óptima (%)	13.1



Observaciones:

Elaborado por:

Nombre / Función: Técnico Jefe de Laboratorio

Firma: 

D: _____

M: _____

A: _____

Bach. Ing. Dennis N. Reyes Medina
TÉCNICO JEFE DE LABORATORIO

Revisado por:

Nombre / Función: Ingeniero Jefe de Laboratorio

Firma: 

D: _____

M: _____

A: _____

ING. CARLOS OCHOA GÓMEZ
INGENIERO JEFE DE LABORATORIO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

RELACIÓN SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R)
NORMAS TÉCNICAS: MIT E 132, ASTM D 1883, AASHTO T 193

DATOS DE LA MUESTRA

ESTRUCTURA : SUB RASANTE

CANERA : . .

PROGRESIVA : .

TRAMO : .

MUESTRA : R02-80%SA+20%CBPA

PROFUNDIDAD : .

HECHO POR : Dennis Reyes

FECHA : 22/08/2022

COMPACTACIÓN

Molde N°	4		5		6	
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	11925	12318	11702	12213	11488	11778
Peso de molde + base (g)	8048	8048	8028	8028	7836	7836
Peso del suelo húmedo (g)	3877	4270	3674	4185	3652	3942
Volumen del molde (cm ³)	2068	2068	2068	2068	2068	2068
Densidad húmeda (g/cm ³)	1.875	2.065	1.777	2.024	1.766	1.906
Tara (N°)	Tc-01	Tc-11	Tc-01	Tc-08	Tc-02	Tc-09
Peso suelo húmedo + tara (g)	568.0	565.0	612.0	641.0	571.0	608.0
Peso suelo seco + tara (g)	523.0	485.0	557.0	554.0	523.0	524.0
Peso de tara (g)	84.0	85.0	93.0	78.0	83.0	85.0
Peso de agua (g)	45.0	80.0	55.0	87.0	48.0	84.0
Peso de suelo seco (g)	439.0	400.0	464.0	476.0	440.0	439.0
Contenido de humedad (%)	10.3	20.0	11.9	18.3	10.9	19.1
Densidad seca (g/cm ³)	1.700	1.721	1.588	1.711	1.592	1.600
Densidad seca (g/cm ³)	1.711		1.650		1.596	

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
22-Ago-22	10:20	0	0.360	0.00	0.00	0.510	0.00	0.00	0.470	0.00	0.00
23-Ago-22	10:20	24	10.230	9.87	0.27	12.230	11.72	0.23	18.630	18.16	0.39
24-Ago-22	10:20	48	12.450	12.09	0.34	18.410	17.90	0.35	23.480	23.01	0.49
25-Ago-22	10:20	72	14.680	14.32	0.40	19.230	18.72	0.37	25.640	25.17	0.54
26-Ago-22	10:20	96	15.890	15.53	0.43	26.580	26.07	0.51	28.680	28.21	0.60

PENETRACION

PENETRACION mm	CARGA STAND. kg/cm ²	MOLDE N°1			MOLDE N°2			MOLDE N°3			
		CARGA		CORRECCION	CARGA		CORRECCION	CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	kg		Dial (div)	kg		Dial (div)	kg		
0.000			0.0			0.0			0.0		
0.635			16.1			14.2			10.2		
1.270			29.2			20.4			14.7		
1.905			44.8			38.4			29.7		
2.540	70.5		64.6	74.47	5.47	49.2	52.07	3.83	37.4	47.39	3.48
3.810			108.2			74.3			69.5		
5.080	105.7		147.6	144.15	7.06	115.4	112.18	5.49	107.4	101.55	4.97
6.350			176.1			144.3			120.4		
7.620			199.9			168.3			152.4		
10.160			243.6			212.4			188.7		
12.700			285.0			239.4			219.4		

Observaciones:

Elaborado por:

Nombre / Función: Técnico Jefe de Laboratorio

Firma:

D: _____
M: _____
A: _____

Bach. Ing. Dennis Reyes Medina
TÉCNICO JEFE DE LABORATORIO

Revisado por:

Nombre / Función: Ingeniero Jefe de Laboratorio

Firma:

D: _____
M: _____
A: _____

Ing. Carlos Ortiz Gómez
INGE JEFE DE LABORATORIO

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

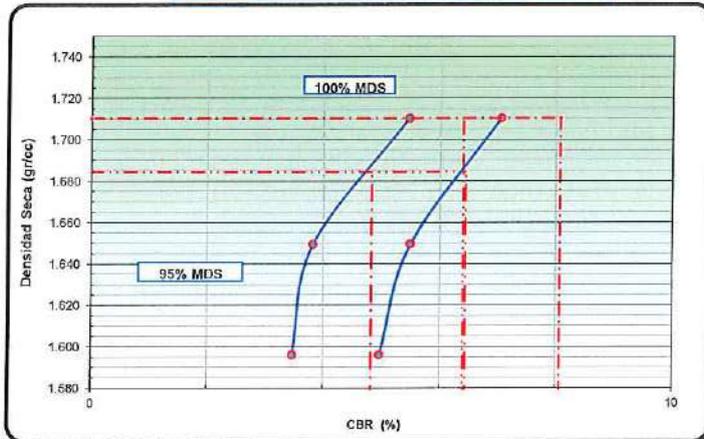
RELACIÓN SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R)
NORMAS TÉCNICAS: MIC E 132, ASTM D 1883, AASHTO T 193

DATOS DE LA MUESTRA

ESTRUCTURA : SUB RASANTE
CANTERA : --
PROGRESIVA : -
TRAMO : -
MUESTRA : R02-80%SA+20%CBPA

PROFUNDIDAD : -
HECHO POR : Dennis Reyes
FECHA : 22/08/2022

DETERMINACIÓN DEL CBR



DATOS DEL PRÓCTOR MODIFICADO

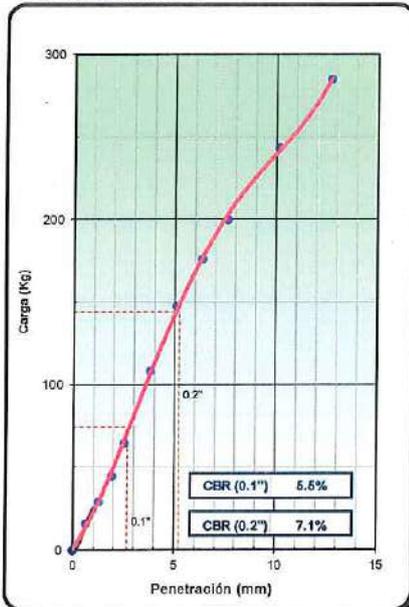
PROCTOR MODIFICADO ASTM D	:	1557
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3)	:	1.773
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	:	13.1
AL 95% DE LA MAX. DEN. SECA (g/cm³)	:	1.685

PORCENTAJE DEL CBR

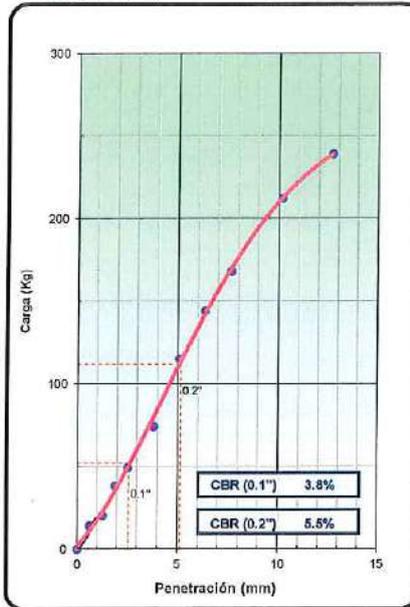
C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1"	6.4	0.2"	8.1
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1"	4.8	0.2"	6.4

OBSERV.: _____

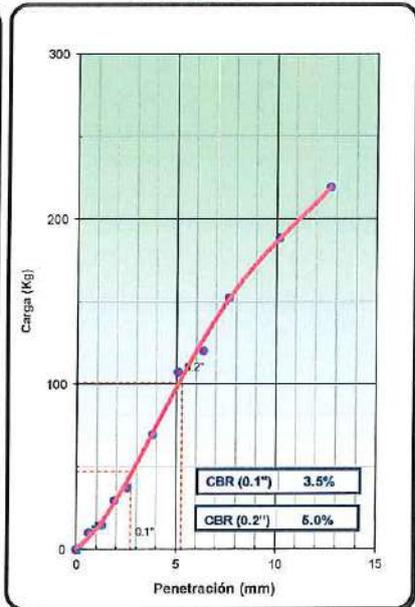
EC = 56 GOLPES



EC = 25 GOLPES



EC = 12 GOLPES



Observaciones: _____

Elaborado por:
Nombre / Función: Técnico jefe de Laboratorio
Firma: *[Signature]*
D:
M:
A:
Bach. Ing. Dennis N. Reyes Medina
TÉCNICO JEFE DE LABORATORIO

Revisado por:
Nombre / Función: Ingeniero jefe de Laboratorio
Firma: *[Signature]*
D:
M:
A:
Ing. Carlos Ortiz Gómez
ING. JEFE DE LABORATORIO

PROYECTO: TESIS : EFECTOS DE LA CENIZA DE BIOMASA DE PALMA ACEITERA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS A NIVEL DE SUBRASANTE, HUANUCO 2022

SOLICITA: Bach. Ing. Claudia Laos

CÓDIGO: TI-UHV-3-SA-CBPA-20-G

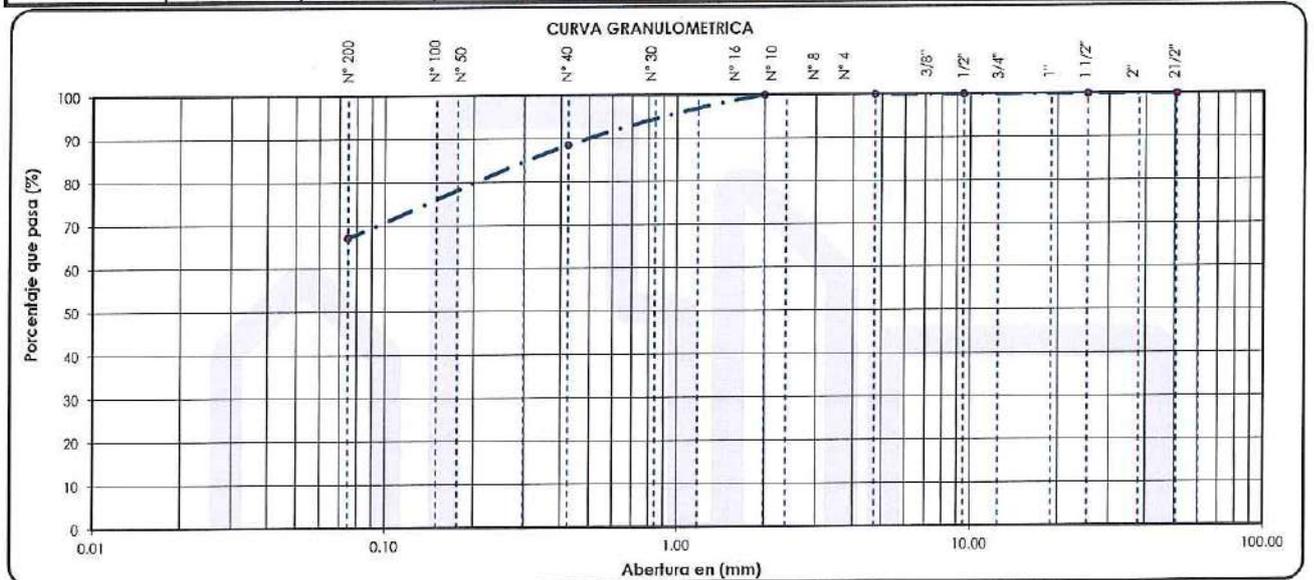
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
NORMAS TÉCNICAS: MTC E 107, ASTM D 422, AASHTO T 88

DATOS DE LA MUESTRA

ESTRUCTURA : SUB RASANTE	PROGRESIVA : -	P. Inicial muestra, g: 500
CANTERA : -	TMN, mm : 38.100	P. Inicial muestra seca, g: 489
TRAMO : -	HECHO POR : Dennis Reyes	P. Inicial muestra <N°4, g: 500
MUESTRA : R03-80%SA+20%CBPA	FECHA : 22/08/2022	P. inicial muestra <N°4 seca, g: 489

TAMIZ	ABERTURA EN (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	GRADACIÓN "A"	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
21/2"	60.350	0	0.0	0.0	100.0		Pesos de Muestra
2"	50.800	0	0.0	0.0	100.0	100	Peso Total : 489 gr.
1 1/2"	38.100	0	0.0	0.0	100.0		Peso de Grava : 0 gr.
1"	25.400	0	0.0	0.0	100.0	-	Peso de Arena : 489 gr.
3/4"	19.000	0	0.0	0.0	100.0		Fracc. < N° 4 : 489 gr.
1/2"	12.500	0	0.0	0.0	100.0		LIMITES DE CONSISTENCIA
3/8"	9.500	0	0.0	0.0	100.0	30 - 65	Límite Líquido : 29.00 %
N° 4	4.750	0	0.0	0.0	100.0	25 - 55	Límite Plástico : 23.16 %
N° 8	2.380	0	0.0	0.0	100.0		Índice Plástico : 5.84 %
N° 10	2.000	0	0.0	0.0	100.0	15 - 40	CLASIFICACIÓN DEL SUELO
N° 16	1.180	0.08	0.0	0.0	100.0		A.A.S.H.T.O : A-4(2)
N° 30	0.840	31.25	6.4	6.4	93.6		S.U.C.S : ML
N° 40	0.425	24.63	5.0	11.5	88.5	8 - 20	
N° 50	0.300	15.22	3.1	14.6	85.4		
N° 100	0.150	49.03	10.0	24.6	75.4		
N° 200	0.075	40.17	8.2	32.8	67.2	2 - 8	
< N° 200	Fondo	328.22	67.2	100.0	0.0		



Observaciones:

Elaborado por:

Nombre / Función:	D:
Técnico Jefe de Laboratorio	M:
Firma:	A:

Bach. Ing. Dennis N. Reyes Medina
TÉCNICO JEFE DE LABORATORIO

Revisado por:

Nombre / Función:	D:
Ingeniero Jefe de Laboratorio	M:
Firma:	A:

ING. CARLOS ORTIZ GÓMEZ
CPI 6155
INGENIERO JEFE DE LABORATORIO

PROYECTO: TESIS : EFECTOS DE LA CENIZA DE BIOMASA DE PALMA ACEITERA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS A NIVEL DE SUBRASANTE, HUANUCO 2022

SOLICITA: Bach. Ing. Claudia Laos

CÓDIGO: T1-UHV-3-SA-CBPA-20-LL

LÍMITES DE CONSISTENCIA

DATOS DE LA MUESTRA

ESTRUCTURA : SUB RASANTE

CANTERA : - -

PROGRESIVA : -

MUESTRA : R03-80%SA+20%CBPA

HECHO POR : Dennis Reyes

FECHA : 22/08/2022

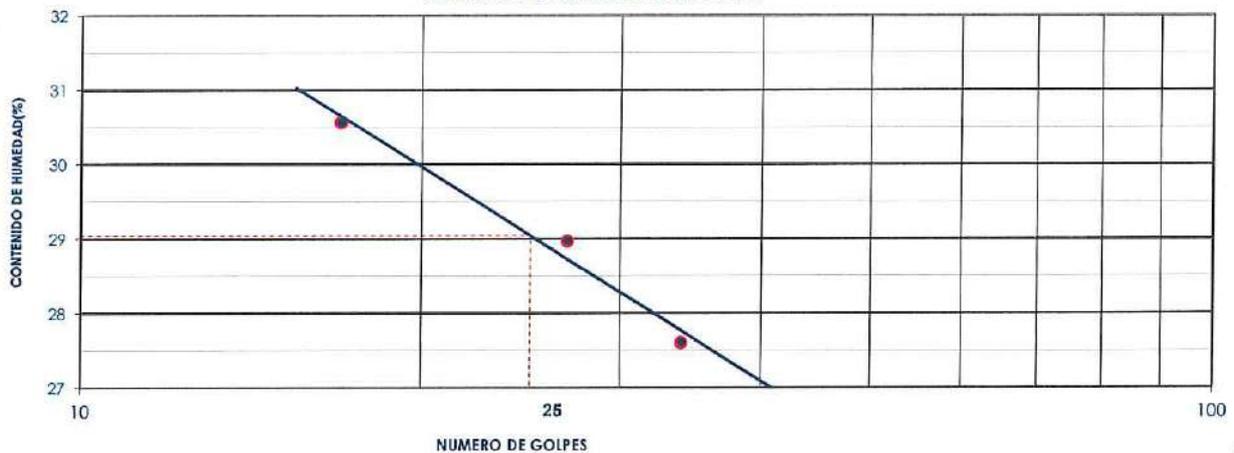
LIMITE LIQUIDO (MTC E 110, AASHTO T 89)

Nº TARA		T-05	T-03	T-11	PROMEDIO
PESO TARA + SUELO HUMEDO	(gr.)	76.23	63.42	58.96	
PESO TARA + SUELO SECO	(gr.)	64.85	54.41	50.46	
PESO DE AGUA	(gr.)	11.38	9.01	8.50	
PESO DE LA TARA	(gr.)	23.62	23.31	22.65	
PESO DEL SUELO SECO	(gr.)	41.23	31.10	27.81	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	27.60	28.97	30.56	
NUMERO DE GOLPES		34	27	17	29.05

LIMITE PLÁSTICO (MTC E 111, AASHTO T 90)

Nº TARA		T-02	T-08	T-12	PROMEDIO
PESO TARA + SUELO HUMEDO	(gr.)	25.67	26.43	25.86	
PESO TARA + SUELO SECO	(gr.)	25.38	25.95	25.49	
PESO DE LA TARA	(gr.)	24.06	23.92	23.94	
PESO DEL AGUA	(gr.)	0.29	0.48	0.37	
PESO DEL SUELO SECO	(gr.)	1.32	2.03	1.55	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	21.97	23.65	23.87	23.16

CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA

LIMITE LIQUIDO (%)	29.00
LIMITE PLASTICO (%)	23.16
INDICE DE PLASTICIDAD (%)	5.84

OBSERVACIONES

Elaborado por:

Nombre / Función:	Técnico Jefe de Laboratorio	D:
Firma:		M:
		A:

Bach. Ing. Dennis N. Reyes Medina
TÉCNICO JEFE DE LABORATORIO

Revisado por:

Nombre / Función:	Ingeniero Jefe de Laboratorio	D:
Firma:		M:
		A:

INGENIERO JEFE DE LABORATORIO



PROYECTO: TESIS : EFECTOS DE LA CENIZA DE BIOMASA DE PALMA ACEITERA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS A NIVEL DE SUBRASANTE, HUANUCO 2022

SOLICITA: Bach. Ing. Claudia Laos

CÓDIGO: TI-UHV-3-SA-CBPA-20-CH

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO
NORMAS TÉCNICA: MTC E 108

DATOS DE LA MUESTRA

ESTRUCTURA : SUB RASANTE

CANERA : - -

PROGRESIVA : -

MUESTRA : R03-80%SA+20%CBPA

HECHO POR : Dennis Reyes

FECHA : 22/08/2022

CONTENIDO DE HUMEDAD

Peso suelo húmedo + cápsula	gr.	187.00	236.00	241.00			
Peso suelo seco + cápsula	gr.	185.00	232.00	237.00			
Peso de cápsula	gr.	78.00	78.00	79.00			
Peso del agua	gr.	2.00	4.00	4.00			
Peso de suelo seco	gr.	107.00	154.00	158.00			
Contenido de Humedad	%	1.87	2.60	2.53			
Promedio de Humedad	%					2.33	

Observaciones:

Elaborado por:	
Nombre / Función:	D:
Técnico Jefe de Laboratorio	M:
Firma:	A:

Ing. Dennis M. Reyes Medina
TÉCNICO JEFE DE LABORATORIO

Revisado por:	
Nombre / Función:	D:
Ingeniero Jefe de Laboratorio	M:
Firma:	A:

Ing. Carlos Ortiz Gómez
CIP: 61567
INGENIERO JEFE DE LABORATORIO



TERZAGHI
LABORATORIO
SUELOS | CONCRETO | ASFALTO

PROYECTO: TESIS : EFECTOS DE LA CENIZA DE BIOMASA DE PALMA ACEITERA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS A NIVEL DE SUBRASANTE, HUANUCO 2022

SOLICITA: Bach. Ing. Claudia Laos

CÓDIGO: T1-UHV-3-SA-CBPA-20-P

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

PROCTOR MODIFICADO

NORMAS TÉCNICAS: MITC E 115, ASTM D 1557, AASHTO T 180

DATOS DE LA MUESTRA

ESTRUCTURA : SUB RASANTE

CANTERA : - -

PROGRESIVA : -

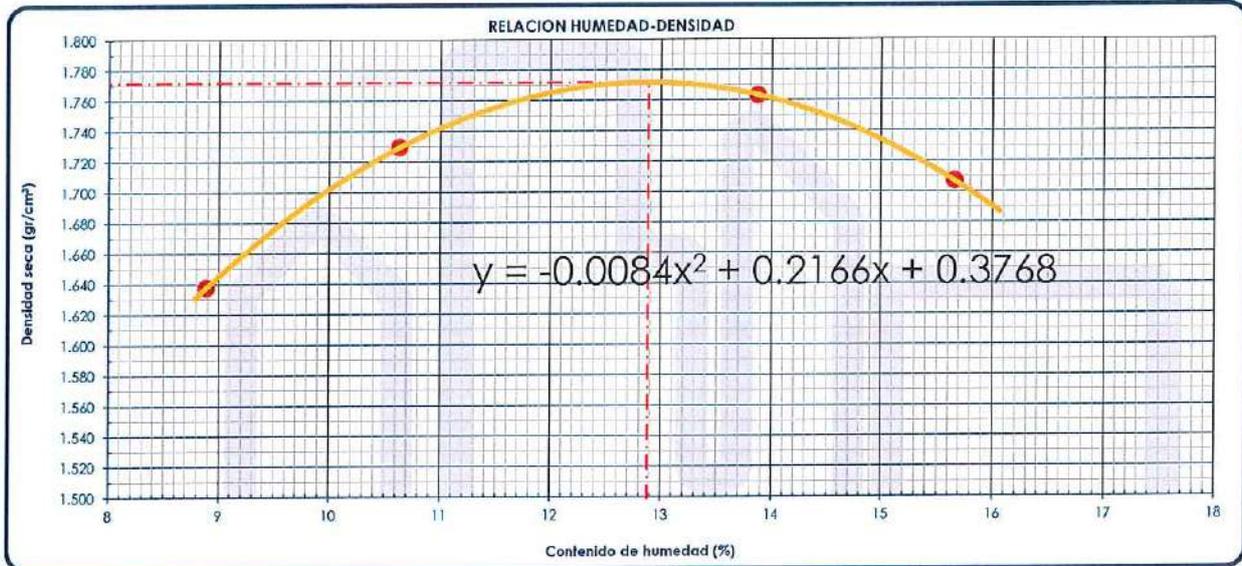
MUESTRA : R03-80%SA+20%CBPA

MÉTODO : A

HECHO POR : Dennis Reyes

FECHA : 22/08/2022

Ensayo N°		1	2	3	4
Número de Capas		5	5	5	5
Golpes de Pisón por Capa		56	56	56	56
Peso suelo húmedo + molde	gr.	5372	5456	5598	5552
Peso molde + base	gr.	3689	3650	3703	3689
Peso suelo húmedo compactado	gr.	1683	1806	1895	1863
Volumen del molde	cm ³	944	944	944	944
Peso volumétrico húmedo	gr/cm ³	1.783	1.914	2.008	1.974
Recipiente N°		Tc-02	Tc-10	Tc-04	Tc-03
Peso del suelo húmedo+tara	gr.	377.0	341.0	289.0	367.0
Peso del suelo seco + tara	gr.	353.0	316.0	265.0	328.0
Peso de Tara	gr.	83.0	81.0	92.0	79.0
Peso de agua	gr.	24.0	25.0	24.0	39.0
Peso del suelo seco	gr.	270.0	235.0	173.0	249.0
Contenido de agua	%	8.89	10.64	13.87	15.66
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	1.638	1.730	1.763	1.707
Densidad máxima (gr/cm³)					1.772
Humedad óptima (%)					12.9



Observaciones:

Elaborado por:	
Nombre / Función:	D:
Técnico Jefe de Laboratorio	M:
Firma:	A:

BACH. ING. DENNIS N. REYES MEDINA
 TÉCNICO JEFE DE LABORATORIO

Revisado por:	
Nombre / Función:	D:
Ingeniero Jefe de Laboratorio	M:
Firma:	A:

INGE. CARLOS ORTIZ GÓMEZ
 INGE JEFE DE LABORATORIO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

**RELACIÓN SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R)
NORMAS TÉCNICAS: MTC E 132, ASTM D 1883, AASHTO T 193**

DATOS DE LA MUESTRA

ESTRUCTURA : SUB RASANTE

CANTERA : - -

PROGRESIVA : -

TRAMO : -

MUESTRA : R03-80%SA+20%CBPA

PROFUNDIDAD : -

HECHO POR : Dennis Reyes

FECHA : 22/08/2022

COMPACTACIÓN

Molde N°	4		5		6	
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	12057	12425	11854	12213	11632	12025
Peso de molde + base (g)	8070	8070	8028	8028	7950	7950
Peso del suelo húmedo (g)	3987	4355	3826	4185	3682	3682
Volumen del molde (cm ³)	2068	2068	2068	2068	2068	2068
Densidad húmeda (g/cm ³)	1.928	2.106	1.850	2.024	1.780	1.780
Tara (N°)	Tc-11	Tc-09	Tc-08	Tc-03	Tc-04	Tc-07
Peso suelo húmedo + tara (g)	674.0	534.0	551.0	621.0	563.0	645.0
Peso suelo seco + tara (g)	622.0	467.0	502.0	536.0	516.0	558.0
Peso de tara (g)	85.0	84.0	78.0	93.0	80.0	78.0
Peso de agua (g)	52.0	67.0	49.0	85.0	47.0	87.0
Peso de suelo seco (g)	537.0	383.0	424.0	443.0	436.0	480.0
Contenido de humedad (%)	9.7	17.5	11.6	19.2	10.8	18.1
Densidad seca (g/cm ³)	1.758	1.792	1.658	1.698	1.607	1.507
Densidad seca (g/cm ³)	1.775		1.678		1.557	

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
22-Ago-22	10:20	0	0.380	0.00	0.00	0.520	0.00	0.00	0.480	0.00	0.00
23-Ago-22	10:20	24	9.450	9.07	0.24	12.850	12.33	0.24	18.630	18.15	0.38
24-Ago-22	10:20	48	12.240	11.86	0.31	17.690	17.17	0.33	23.740	23.26	0.48
25-Ago-22	10:20	72	14.690	14.31	0.38	23.650	23.13	0.44	25.640	25.16	0.52
26-Ago-22	10:20	96	15.740	15.36	0.40	26.740	26.22	0.50	29.630	29.15	0.61

PENETRACION

PENETRACION mm	CARGA STAND. kg/cm ²	MOLDE N°1			MOLDE N°2			MOLDE N°3			
		CARGA Dial (div)	kg	CORRECCION kg %	CARGA Dial (div)	kg	CORRECCION kg %	CARGA Dial (div)	kg	CORRECCION kg %	
0.000			0.0			0.0			0.0		
0.635			16.0			14.3			9.7		
1.270			30.6			19.7			14.0		
1.905			45.7			32.6			21.3		
2.540	70.5		62.1	67.48	4.96	42.6	46.57	3.42	29.0	29.90	2.20
3.810			96.6			77.9			36.4		
5.080	105.7		130.0	125.31	6.14	91.6	103.17	5.05	44.6	76.77	3.76
6.350			151.0			139.7			108.2		
7.620			171.2			160.8			131.7		
10.160			211.9			191.4			151.4		
12.700			253.3			211.1			173.9		

Observaciones:

Elaborado por:

Nombre / Función: Técnico Jefe de Laboratorio	D: M: A:
Firma:	

Bach. Ing. Dennis N. Reyes Medina
TÉCNICO JEFE DE LABORATORIO

Revisado por:

Nombre / Función: Ingeniero Jefe de Laboratorio	D: M: A:
Firma:	

Ing. Carlos Oñiz Gómez
INGENIERO JEFE DE LABORATORIO

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

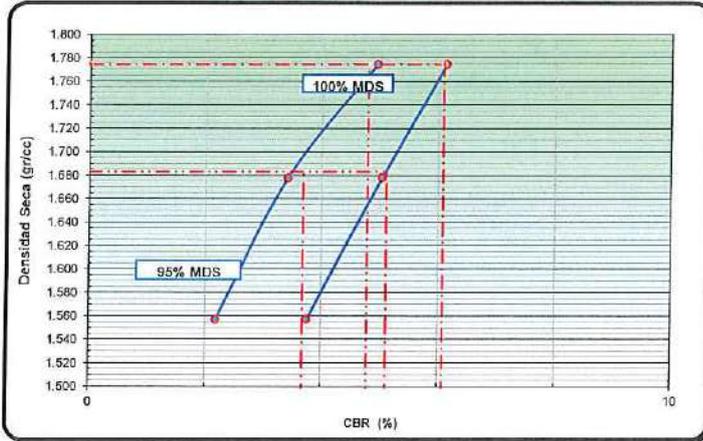
RELACIÓN SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)
NORMAS TÉCNICAS: MIC E 132, ASTM D 1883, AASHTO T 193

DATOS DE LA MUESTRA

ESTRUCTURA : SUB RASANTE
CANTERA : - -
PROGRESIVA : -
TRAMO : -
MUESTRA : R03-80%SA+20%CBPA

PROFUNDIDAD : -
HECHO POR : Dennis Reyes
FECHA : 22/08/2022

DETERMINACIÓN DEL CBR



DATOS DEL PRÓCTOR MODIFICADO

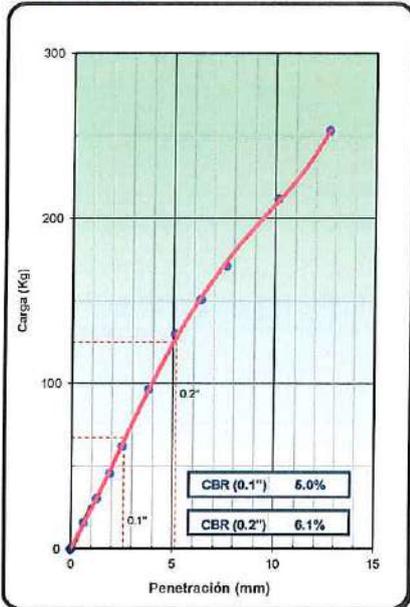
PROCTOR MODIFICADO ASTM D	: 1557
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3)	: 1.772
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	: 12.9
AL 95% DE LA MAX. DEN. SECA (g/cm ³)	: 1.683

PORCENTAJE DEL CBR

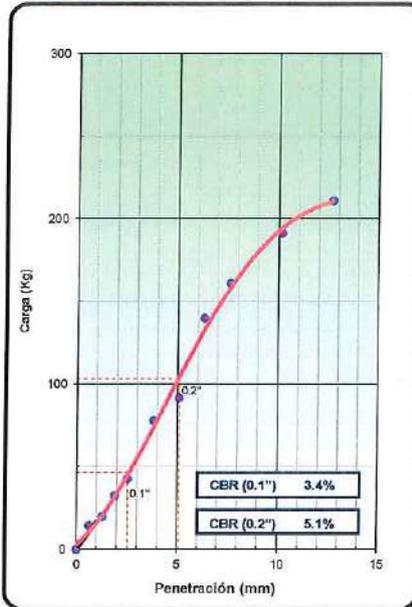
C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1": 4.8	0.2": 6.1
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1": 3.7	0.2": 5.1

OBSERV.: _____

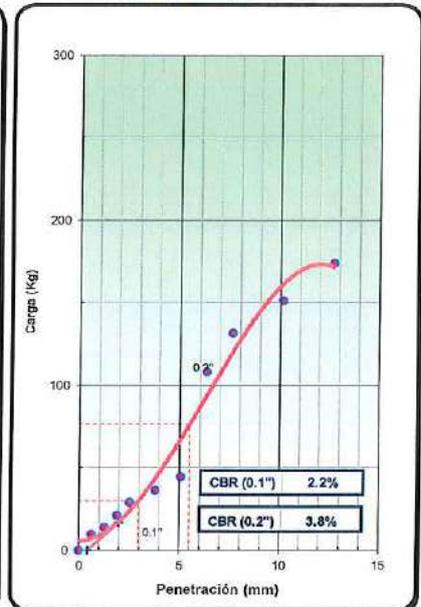
EC = 56 GOLPES



EC = 25 GOLPES



EC = 12 GOLPES



Observaciones: _____

Elaborado por:
Nombre / Función: Técnico de Laboratorio
Firma: *[Signature]*
D: _____
M: _____
A: _____
Bach. Ing. Dennis N. Reyes Medina
TÉCNICO JEFE DE LABORATORIO

Revisado por:
Nombre / Función: Ingeniero de Laboratorio
Firma: *[Signature]*
D: _____
M: _____
A: _____
Ing. Carlos Ortiz Gómez
C.B.R. 41557
ING. JEFE DE LABORATORIO

TRATAMIENTO 4

75%SA+25% CBPA

PROYECTO: TESIS : EFECTOS DE LA CENIZA DE BIOMASA DE PALMA ACEITERA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS A NIVEL DE SUBRASANTE, HUANUCO 2022

SOLICITA: Bach. Ing. Claudia Laos

CÓDIGO: TI-UHV-1-SA-CBPA-25-G

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

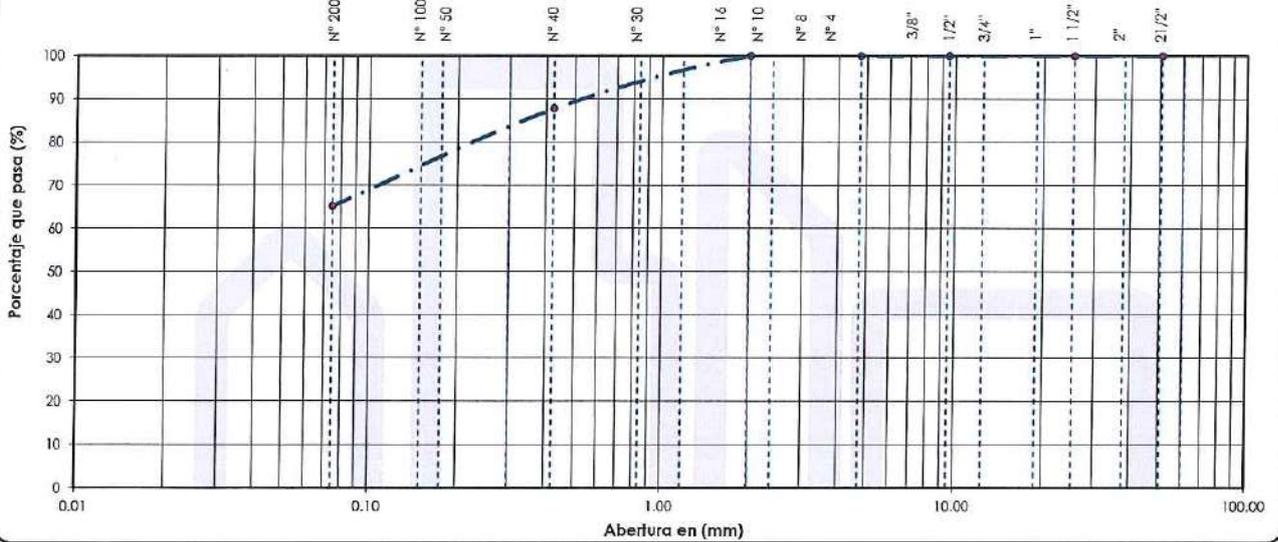
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
NORMAS TÉCNICAS: MTC E 107, ASTM D 422, AASHTO T 88

DATOS DE LA MUESTRA

ESTRUCTURA : SUB RASANTE PROGRESIVA : - P. Inicial muestra, g: 500
 CANTERA : - - TMN,mm : 38.100 P. Inicial muestra seca, g: 489
 TRAMO : - HECHO POR : Dennis Reyes P. Inicial muestra <N°4, g: 500
 MUESTRA : R01-75%SA+25%CBPA FECHA : 22/08/2022 P. Inicial muestra <N°4 seca, g: 489

TAMIZ	ABERTURA EN (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	GRADACIÓN "A"	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
2 1/2"	60.350	0	0.0	0.0	100.0		Pesos de Muestra
2"	50.800	0	0.0	0.0	100.0	100	Peso Total : 489 gr.
1 1/2"	38.100	0	0.0	0.0	100.0		Peso de Grava : 0 gr.
1"	25.400	0	0.0	0.0	100.0	-	Peso de Arena : 489 gr.
3/4"	19.000	0	0.0	0.0	100.0		Fracc. < N° 4 : 489 gr.
1/2"	12.500	0	0.0	0.0	100.0		LIMITES DE CONSISTENCIA
3/8"	9.500	0	0.0	0.0	100.0	30 - 65	Límite Líquido : 31.00 %
N° 4	4.750	0	0.0	0.0	100.0	25 - 55	Límite Plástico : 24.68 %
N° 8	2.380	0	0.0	0.0	100.0		Índice Plástico : 6.32 %
N° 10	2.000	0	0.0	0.0	100.0	15 - 40	CLASIFICACIÓN DEL SUELO
N° 16	1.180	0.14	0.0	0.0	100.0		A.A.S.H.T.O : A-4(2)
N° 30	0.840	33.12	6.8	6.8	93.2		S.U.C.S : ML
N° 40	0.425	26.45	5.4	12.2	87.8	8 - 20	
N° 50	0.300	16.76	3.4	15.6	84.4		
N° 100	0.150	53.12	10.9	26.5	73.5		
N° 200	0.075	40.80	8.3	34.8	65.2	2 - 8	
< N° 200	Fondo	318.65	65.2	100.0	0.0		

CURVA GRANULOMÉTRICA



Observaciones:

Elaborado por:

Nombre / Función: Técnico Jefe de Laboratorio

Firma:

D: _____
M: _____
A: _____

Bach. Ing. Dennis N. Reyes Medina
TÉCNICO JEFE DE LABORATORIO

Revisado por:

Nombre / Función: Ingeniero Jefe de Laboratorio

Firma:

D: _____
M: _____
A: _____

Ing. Carlos Oñiz Gómez
CP# 61687
INGENIERO JEFE DE LABORATORIO

PROYECTO: TESIS : EFECTOS DE LA CENIZA DE BIOMASA DE PALMA ACEITERA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS A NIVEL DE SUBRASANTE, HUANUCO 2022

SOLICITA: Bach. Ing. Claudia Laos

CÓDIGO: T1-UHV-1-SA-CBPA-25-LL

LÍMITES DE CONSISTENCIA

DATOS DE LA MUESTRA

ESTRUCTURA : SUB RASANTE

CANTERA : - -

PROGRESIVA : -

MUESTRA : R01-75%SA+25%CBPA

HECHO POR : Dennis Reyes

FECHA : 22/08/2022

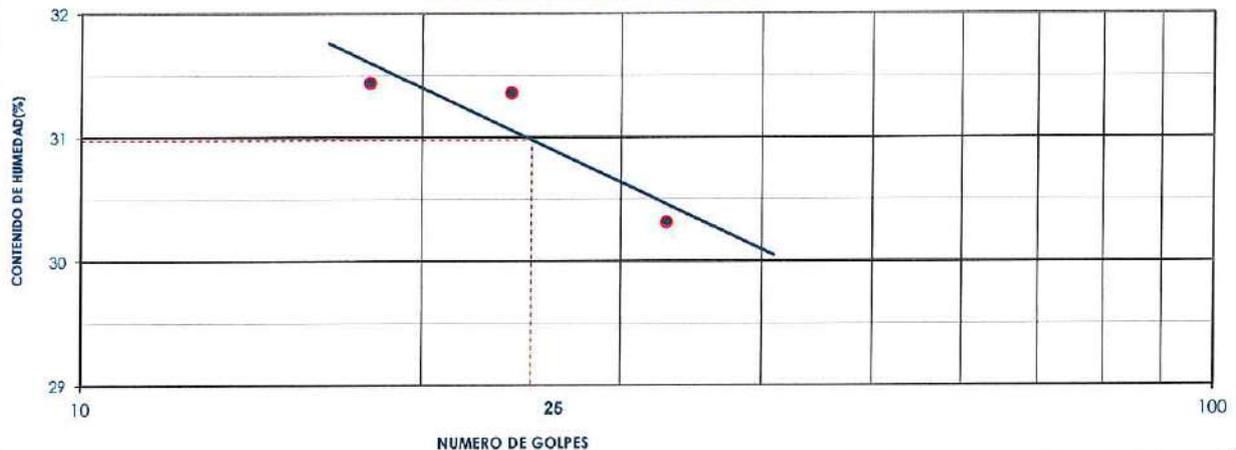
LIMITE LIQUIDO (MTC E 110, AASHTO T 89)

Nº TARA		T-12	T-09	T-06	PROMEDIO
PESO TARA + SUELO HUMEDO	(gr.)	58.44	65.01	71.15	
PESO TARA + SUELO SECO	(gr.)	50.19	55.36	60.07	
PESO DE AGUA	(gr.)	8.25	9.65	11.08	
PESO DE LA TARA	(gr.)	23.95	24.59	23.52	
PESO DEL SUELO SECO	(gr.)	26.24	30.77	36.55	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	31.44	31.36	30.31	
NUMERO DE GOLPES		18	24	33	31.04

LIMITE PLÁSTICO (MTC E 111, AASHTO T 90)

Nº TARA		T-08	T-02	T-12	PROMEDIO
PESO TARA + SUELO HUMEDO	(gr.)	26.51	26.45	26.76	
PESO TARA + SUELO SECO	(gr.)	25.94	26.01	26.23	
PESO DE LA TARA	(gr.)	23.92	24.06	23.95	
PESO DEL AGUA	(gr.)	0.57	0.44	0.53	
PESO DEL SUELO SECO	(gr.)	2.02	1.95	2.28	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	28.22	22.56	23.25	24.68

CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA

LIMITE LIQUIDO (%)	31.00
LIMITE PLASTICO (%)	24.68
INDICE DE PLASTICIDAD (%)	6.32

OBSERVACIONES

Elaborado por:

Nombre / Función:	D:
Técnico Jefe de Laboratorio	M:
Firma:	A:

Bach. Ing. Dennis N. Reyes Medina
TÉCNICO JEFE DE LABORATORIO

Revisado por:

Nombre / Función:	D:
Ingeniero Jefe de Laboratorio	M:
Firma:	A:

ING. JERO JEEB DE LABORATORIO



PROYECTO: TESIS : EFECTOS DE LA CENIZA DE BIOMASA DE PALMA ACEITERA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS A NIVEL DE SUBRASANTE, HUANUCO 2022

SOLICITA: Bach. Ing. Claudia Laos

CÓDIGO: T1-UHV-1-SA-CBPA-25-CH

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO
NORMAS TÉCNICA: MTC E 108

DATOS DE LA MUESTRA

ESTRUCTURA : SUB RASANTE

CANTERA : - -

PROGRESIVA : -

MUESTRA : R01-75%SA+25%CBPA

HECHO POR : Dennis Reyes

FECHA : 22/08/2022

CONTENIDO DE HUMEDAD

Peso suelo húmedo + cápsula	gr.	218.00	260.00	261.00		
Peso suelo seco + cápsula	gr.	215.00	256.00	258.00		
Peso de cápsula	gr.	93.00	94.00	91.00		
Peso del agua	gr.	3.00	4.00	3.00		
Peso de suelo seco	gr.	122.00	162.00	167.00		
Contenido de Humedad	%	2.46	2.47	1.80		
<hr/>						
Promedio de Humedad	%					2.24

Observaciones:

Elaborado por:	
Nombre / Función:	D:
Técnico Jefe de Laboratorio	M:
Firma:	A:

Bach. Ing. Dennis N. Reyes Medina
TÉCNICO JEFE DE LABORATORIO

Revisado por:	
Nombre / Función:	D:
Ingeniero Jefe de Laboratorio	M:
Firma:	A:

INGE. WERO JEE DE LABORATORIO

PROYECTO: TESIS : EFECTOS DE LA CENIZA DE BIOMASA DE PALMA ACEITERA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS A NIVEL DE SUBRASANTE, HUANUCO 2022

SOLICITA: Bach. Ing. Claudia Laos

CÓDIGO: TI-UHV-I-SA-CBPA-25-P

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

PROCTOR MODIFICADO

NORMAS TÉCNICAS: MTC E 115, ASTM D 1557, AASHTO T 180

DATOS DE LA MUESTRA

ESTRUCTURA : SUB RASANTE

CANTERA : - -

PROGRESIVA : -

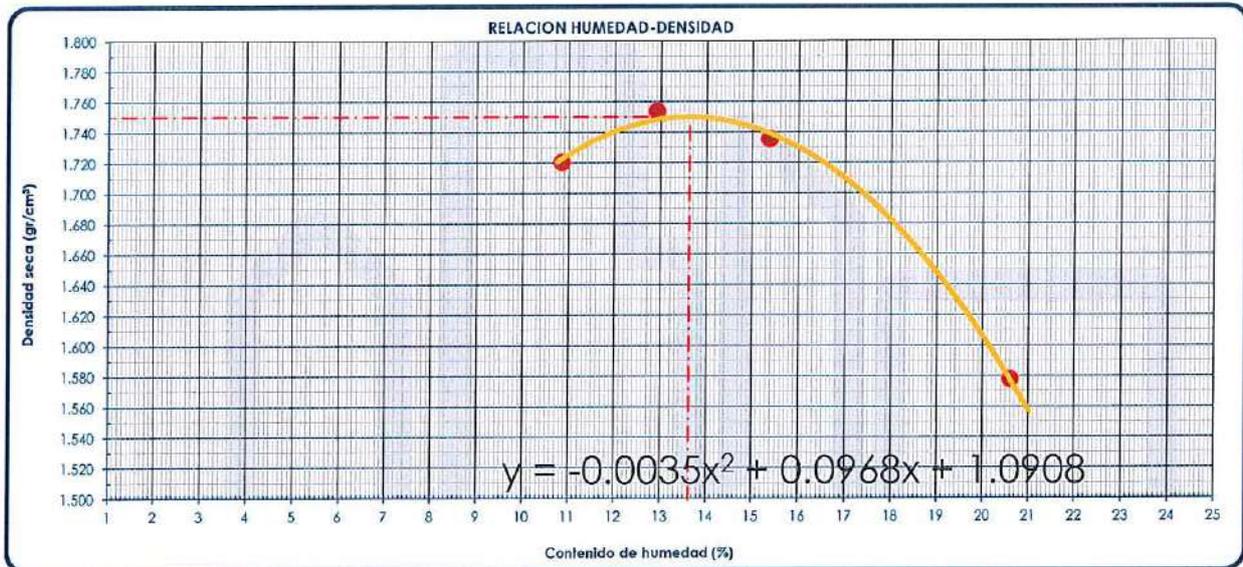
MUESTRA : R01-75%SA+25%CBPA

MÉTODO : A

HECHO POR : Dennis Reyes

FECHA : 22/08/2022

Ensayo N°		1	2	3	4
Número de Capas		5	5	5	5
Golpes de Pisón por Capa		56	56	56	56
Peso suelo húmedo + molde	gr.	5487	5516	5577	5443
Peso molde + base	gr.	3687	3647	3687	3647
Peso suelo húmedo compactado	gr.	1800	1869	1890	1796
Volumen del molde	cm ³	944	944	944	944
Peso volumétrico húmedo	gr/cm ³	1.907	1.981	2.003	1.903
Recipiente N°		Tc-03	Tc-02	Tc-06	Tc-12
Peso del suelo húmedo+tara	gr.	286.0	319.0	335.0	353.0
Peso del suelo seco + tara	gr.	267.0	292.0	301.0	306.0
Peso de Tara	gr.	92.0	83.0	80.0	78.0
Peso de agua	gr.	19.0	27.0	34.0	47.0
Peso del suelo seco	gr.	175.0	209.0	221.0	228.0
Contenido de agua	%	10.86	12.92	15.38	20.61
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	1.721	1.754	1.736	1.578
				Densidad máxima (gr/cm³)	1.750
				Humedad óptima (%)	13.6



Observaciones:

Elaborado por:

Nombre / Función:	D:
Firma:	M:
	A:

Bach. Ing. Dennis N. Reyes Medina
TÉCNICO JEFE DE LABORATORIO

Revisado por:

Nombre / Función:	D:
Firma:	M:
	A:

ING. HERO JEFE DE LABORATORIO

PROYECTO: TESIS : EFECTOS DE LA CENIZA DE BIOMASA DE PALMA ACEITERA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS A NIVEL DE SUBRASANTE, HUANUCO 2022

Hoja: 1 de 2

SOLICITA: Bach. Ing. Claudia Laos

CÓDIGO: TI-UHV-1-SA-CBPA-25-CBR

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

RELACIÓN SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R)
NORMAS TÉCNICAS: MTC E 132, ASTM D 1883, AASHTO T 193

DATOS DE LA MUESTRA

ESTRUCTURA : SUB RASANTE
CANTERA : ..
PROGRESIVA : ..
TRAMO : ..
MUESTRA : R01-75%SA+25%CBPA

PROFUNDIDAD : ..
HECHO POR : Dennis Reyes
FECHA : 22/08/2022

COMPACTACIÓN

Molde N°	4		5		6	
	5		5		5	
Capas N°	56		25		12	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	12068	12285	11835	12055	11389	11642
Peso de molde + base (g)	8004	8004	8022	8022	7831	7831
Peso del suelo húmedo (g)	4064	4281	3813	4033	3558	3811
Volumen del molde (cm ³)	2068	2068	2068	2068	2068	2068
Densidad húmeda (g/cm ³)	1.965	2.070	1.844	1.950	1.721	1.843
Tara (N°)	Tc-04	Tc-07	Tc-08	Tc-04	Tc-09	Tc-09
Peso suelo húmedo + tara (g)	587.0	583.0	524.4	584.0	583.1	520.7
Peso suelo seco + tara (g)	531.0	511.0	475.9	514.9	527.5	457.0
Peso de tara (g)	79.0	78.0	93.0	79.0	85.0	83.0
Peso de agua (g)	56.0	72.0	48.5	69.1	55.6	63.7
Peso de suelo seco (g)	452.0	433.0	382.9	435.9	442.5	374.0
Contenido de humedad (%)	12.4	16.6	12.7	15.9	12.6	17.0
Densidad seca (g/cm ³)	1.749	1.775	1.637	1.683	1.528	1.575
Densidad seca (g/cm ³)	1.762		1.660		1.552	

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
22-Ago-22	10:20	0	0.660	0.00	0.00	0.760	0.00	0.00	0.550	0.00	0.00
23-Ago-22	10:20	24	8.710	8.05	0.12	9.230	8.47	0.11	18.630	18.08	0.33
24-Ago-22	10:20	48	12.000	11.34	0.17	18.850	18.09	0.24	19.220	18.67	0.34
25-Ago-22	10:20	72	15.160	14.50	0.22	22.450	21.69	0.29	20.150	19.60	0.36
26-Ago-22	10:20	96	16.230	15.57	0.24	23.680	22.92	0.30	24.320	23.77	0.43

PENETRACION

PENETRACION mm	CARGA STAND. kg/cm ²	MOLDE N°1				MOLDE N°2				MOLDE N°3			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (dlv)	kg	kg	%	Dial (dlv)	kg	kg	%	Dial (dlv)	kg	kg	%
0.000			0.0			0.0					0.0		
0.635			46.9			42.6					31.4		
1.270			117.5			106.8					75.6		
1.905			240.0			215.2					202.8		
2.540	70.5		397.2	453.1	33.29	342.2	428.5	31.48			310.7	383.8	28.19
3.810			635.4			601.8					562.4		
5.080	105.7		740.6	687.7	33.68	715.4	657.5	32.20			624.1	602.2	29.50
6.350			744.4			720.4					655.2		
7.620			746.1			728.7					680.4		
10.160			828.6			746.5					711.0		
12.700			1018.6			910.3					820.4		

Observaciones:

Elaborado por:		D:
Nombre / Función:		M:
Firma:		A:

Bach. Ing. Dennis N. Reyes Medina
TÉCNICO JEFE DE LABORATORIO

Revisado por:		D:
Nombre / Función:		M:
Firma:		A:

ING. JERO JEFE DE LABORATORIO

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

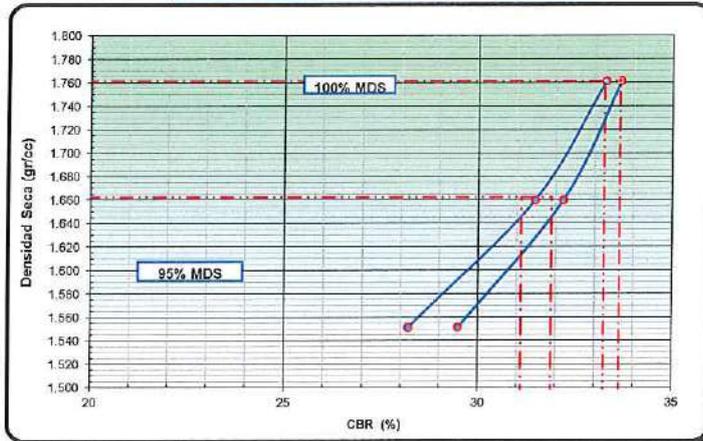
RELACIÓN SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)
NORMAS TÉCNICAS: MIC E 132, ASTM D 1883, AASHTO T 193

DATOS DE LA MUESTRA

ESTRUCTURA: SUB RASANTE
CANTERA: - -
PROGRESIVA: -
TRAMO: -
MUESTRA: R01-75%SA+25%CBPA

PROFUNDIDAD: -
HECHO POR: Dennis Reyes
FECHA: 22/08/2022

DETERMINACIÓN DEL CBR



DATOS DEL PRÓCTOR MODIFICADO

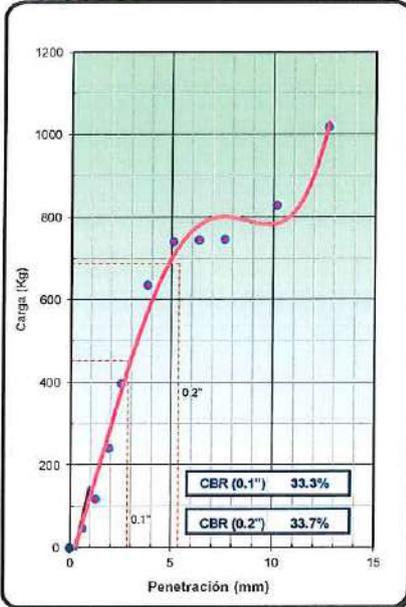
PROCTOR MODIFICADO ASTM D	:	1557
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm ³)	:	1.750
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	:	13.6
AL 95% DE LA MAX. DEN. SECA (g/cm ³)	:	1.663

PORCENTAJE DEL CBR

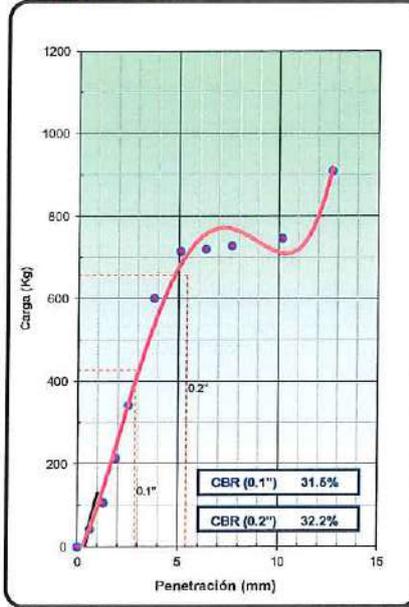
C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1":	33.2	0.2":	33.6
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1":	31.1	0.2":	31.9

OBSERV.: _____

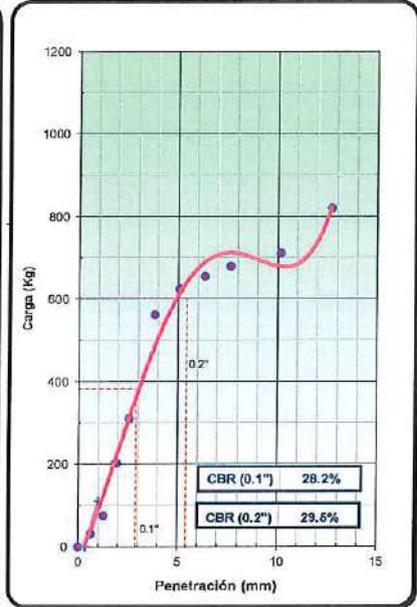
EC = 56 GOLPES



EC = 25 GOLPES



EC = 12 GOLPES



Observaciones: _____

Elaborado por:

Nombre / Función:	D:
Técnico Jefe de Laboratorio	M:
Firma:	A:

Bach. Ing. Dennis N. Reyes Medina
TÉCNICO JEFE DE LABORATORIO

Revisado por:

Nombre / Función:	D:
Ingeniero Jefe de Laboratorio	M:
Firma:	A:

Ing. Carlos Ortiz Gómez
INGENIERO JEFE DE LABORATORIO

PROYECTO: TESIS : EFECTOS DE LA CENIZA DE BIOMASA DE PALMA ACEITERA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS A NIVEL DE SUBRASANTE, HUANUCO. 2022

SOLICITA: Bach. Ing. Claudia Laos

CÓDIGO: TI-UHV-2-SA-CBPA-25-G

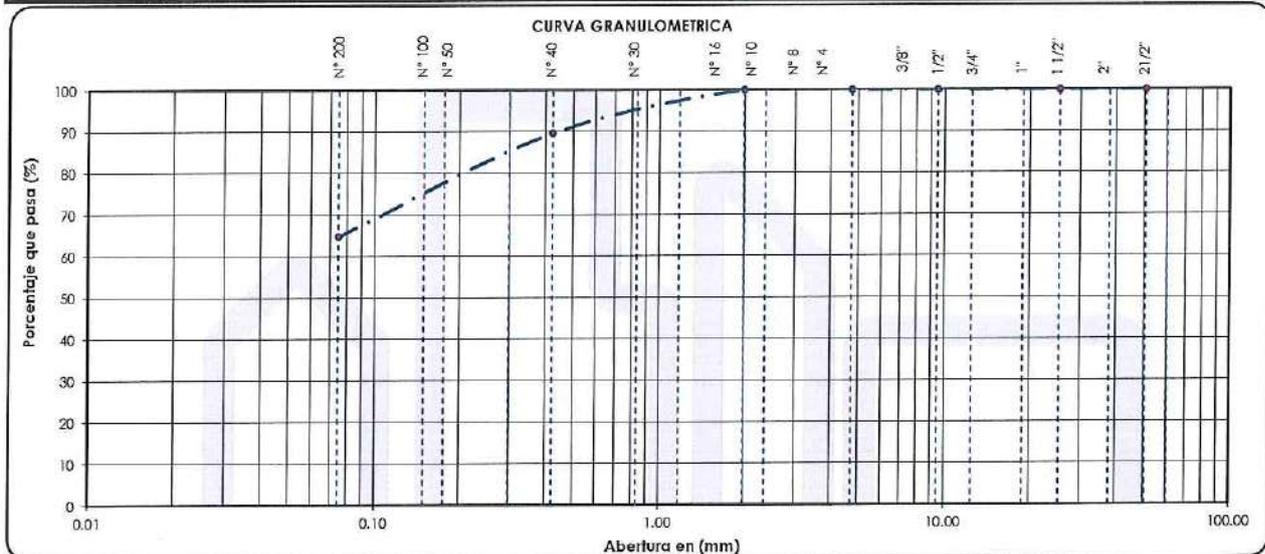
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
NORMAS TÉCNICAS: MTC E 107, ASTM D 422, AASHTO T 88

DATOS DE LA MUESTRA

ESTRUCTURA : SUB RASANTE **PROGRESIVA :** - **P. Inicial muestra, g:** 500
CANTERA : - - **TMN, mm :** 38.100 **P. Inicial muestra seca, g:** 488
TRAMO : - **HECHO POR :** Dennis Reyes **P. Inicial muestra <Nº4, g:** 500
MUESTRA : R02-75%SA+25%CBPA **FECHA :** 22/08/2022 **P. Inicial muestra <Nº4 seca, g:** 488

TAMIZ	ABERTURA EN (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	GRADACIÓN "A"	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
Pesos de Muestra							
2 1/2"	60.350	0	0.0	0.0	100.0		Peso Total : 488 gr.
2"	50.800	0	0.0	0.0	100.0	100	Peso de Grava : 0 gr.
1 1/2"	38.100	0	0.0	0.0	100.0		Peso de Arena : 488 gr.
1"	25.400	0	0.0	0.0	100.0		Fracc. < Nº 4 : 488 gr.
3/4"	19.000	0	0.0	0.0	100.0		
1/2"	12.500	0	0.0	0.0	100.0		LIMITES DE CONSISTENCIA
3/8"	9.500	0	0.0	0.0	100.0	30 - 65	Límite Líquido : 31.00 %
Nº 4	4.750	0	0.0	0.0	100.0	25 - 55	Límite Plástico : 24.54 %
Nº 8	2.380	0	0.0	0.0	100.0		Índice Plástico : 6.46 %
Nº 10	2.000	0	0.0	0.0	100.0	15 - 40	CLASIFICACIÓN DEL SUELO
Nº 16	1.180	0.17	0.0	0.0	100.0		A.A.S.H.T.O : A-4(2)
Nº 30	0.840	28.36	5.8	5.8	94.2		S.U.C.S : ML
Nº 40	0.425	22.31	4.6	10.4	89.6	8 - 20	
Nº 50	0.300	21.38	4.4	14.8	85.2		
Nº 100	0.150	55.61	11.4	26.2	73.8		
Nº 200	0.075	43.94	9.0	35.2	64.8	2 - 8	
< Nº 200	Fondo	316.13	64.8	100.0	0.0		



Observaciones:

Elaborado por:

Nombre / Función:	D:
Técnico Jefe de Laboratorio	M:
Firma:	A:

Bach. Ing. Dennis N. Reyes Medina
TÉCNICO JEFE DE LABORATORIO

Revisado por:

Nombre / Función:	D:
Ingeniero Jefe de Laboratorio	M:
Firma:	A:

ING. CARLOS DELIZ GÓMEZ
CIP: 1337
INGENIERO JEFE DE LABORATORIO

PROYECTO: TESIS : EFECTOS DE LA CENIZA DE BIOMASA DE PALMA ACEITERA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS A NIVEL DE SUBRASANTE, HUANUCO 2022

SOLICITA: Bach. Ing. Claudia Laos

CÓDIGO: T1-UHV-2-SA-CBPA-25-LL

LÍMITES DE CONSISTENCIA

DATOS DE LA MUESTRA

ESTRUCTURA : SUB RASANTE

CANERA : - -

PROGRESIVA : -

MUESTRA : R02-75%SA+25%CBPA

HECHO POR : Dennis Reyes

FECHA : 22/08/2022

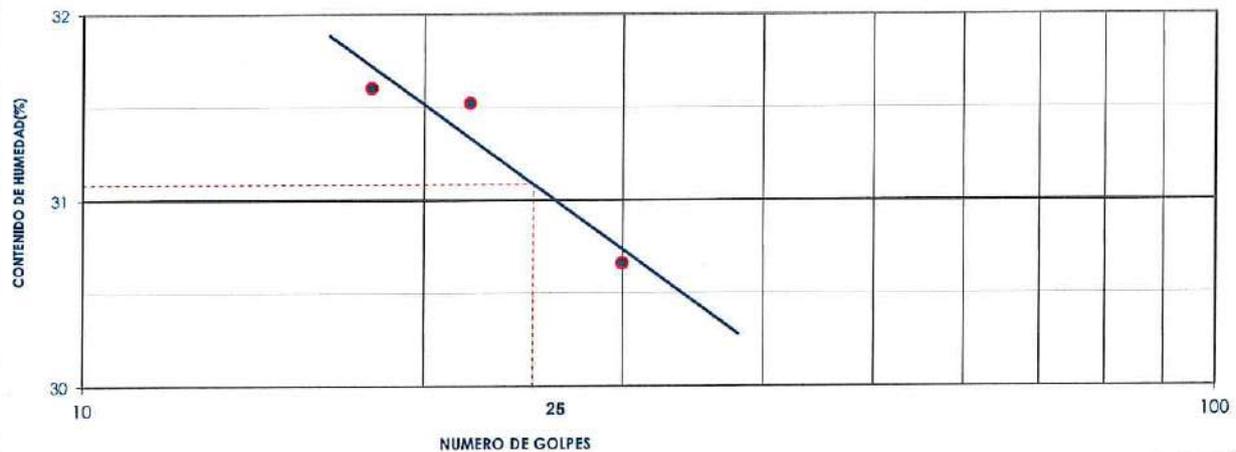
LIMITE LIQUIDO (MTC E 110, AASHTO T 89)

Nº TARA		T-09	T-01	T-02	PROMEDIO
PESO TARA + SUELO HUMEDO	(gr.)	65.33	67.53	63.18	
PESO TARA + SUELO SECO	(gr.)	55.39	56.97	54.00	
PESO DE AGUA	(gr.)	9.94	10.56	9.18	
PESO DE LA TARA	(gr.)	23.94	23.47	24.06	
PESO DEL SUELO SECO	(gr.)	31.45	33.50	29.94	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	31.61	31.52	30.66	
NUMERO DE GOLPES		18	22	30	31.26

LIMITE PLÁSTICO (MTC E 111, AASHTO T 90)

Nº TARA		T-08	T-01	T-03	PROMEDIO
PESO TARA + SUELO HUMEDO	(gr.)	25.97	25.33	25.50	
PESO TARA + SUELO SECO	(gr.)	25.70	24.94	25.12	
PESO DE LA TARA	(gr.)	24.56	23.45	23.52	
PESO DEL AGUA	(gr.)	0.27	0.39	0.38	
PESO DEL SUELO SECO	(gr.)	1.14	1.49	1.60	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	23.68	26.17	23.75	24.54

CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES



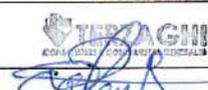
CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA

LIMITE LIQUIDO (%)	31.00
LIMITE PLASTICO (%)	24.54
INDICE DE PLASTICIDAD (%)	6.46

OBSERVACIONES

Elaborado por:

Nombre / Función: Técnico Jefe de Laboratorio

Firma: 

D:
M:
A:

Bach. Ing. Dennis N. Reyes Medina
TÉCNICO JEFE DE LABORATORIO

Revisado por:

Nombre / Función: Ingeniero Jefe de Laboratorio

Firma: 

D:
M:
A:

Ing. Carlos Ortiz Gómez
CIP: 2067
INGENIERO JEFE DE LABORATORIO



PROYECTO: TESIS : EFECTOS DE LA CENIZA DE BIOMASA DE PALMA ACEITERA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS A NIVEL DE SUBRASANTE. HUANUCO 2022

SOLICITA: Bach. Ing. Claudia Laos

CÓDIGO: T1-UHV-2-SA-CBPA-25-CH

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO
NORMAS TÉCNICA: MTC E 108

DATOS DE LA MUESTRA

ESTRUCTURA : SUB RASANTE
 CANTERA : - -
 PROGRESIVA : -
 MUESTRA : R02-75%SA+25%CBPA

HECHO POR : Dennis Reyes
 FECHA : 22/08/2022

CONTENIDO DE HUMEDAD

Peso suelo húmedo + cápsula	gr.	237.00	287.00	233.00		
Peso suelo seco + cápsula	gr.	234.00	282.00	229.00		
Peso de cápsula	gr.	79.00	90.00	91.00		
Peso del agua	gr.	3.00	5.00	4.00		
Peso de suelo seco	gr.	155.00	192.00	138.00		
Contenido de Humedad	%	1.94	2.60	2.90		
<hr/>						
Promedio de Humedad	%					2.48

Observaciones: _____

Elaborado por:

Nombre / Función:	D:
Técnico Jefe de Laboratorio	M:
Firma:	A:

Bach. Ing. Dennis N. Reyes Medina
 TÉCNICO JEFE DE LABORATORIO

Revisado por:

Nombre / Función:	D:
Ingeniero Jefe de Laboratorio	M:
Firma:	A:

Ing. Carlos De la Cruz Gómez
 INGENIERO JEFE DE LABORATORIO



TERZAGHI
LABORATORIO
SUELOS | CONCRETO | ASFALTO

PROYECTO: TESIS : EFECTOS DE LA CENIZA DE BIOMASA DE PALMA ACEITERA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS A NIVEL DE SUBRASANTE, HUANUCO 2022

SOLICITA: Bach. Ing. Claudia Laos

CÓDIGO: T1-UHV-2-SA-CBPA-25-P

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

PROCTOR MODIFICADO

NORMAS TÉCNICAS: MTC E 115, ASTM D 1557, AASHTO T 180

DATOS DE LA MUESTRA

ESTRUCTURA : SUB RASANTE

CANtera : - -

PROGRESIVA : -

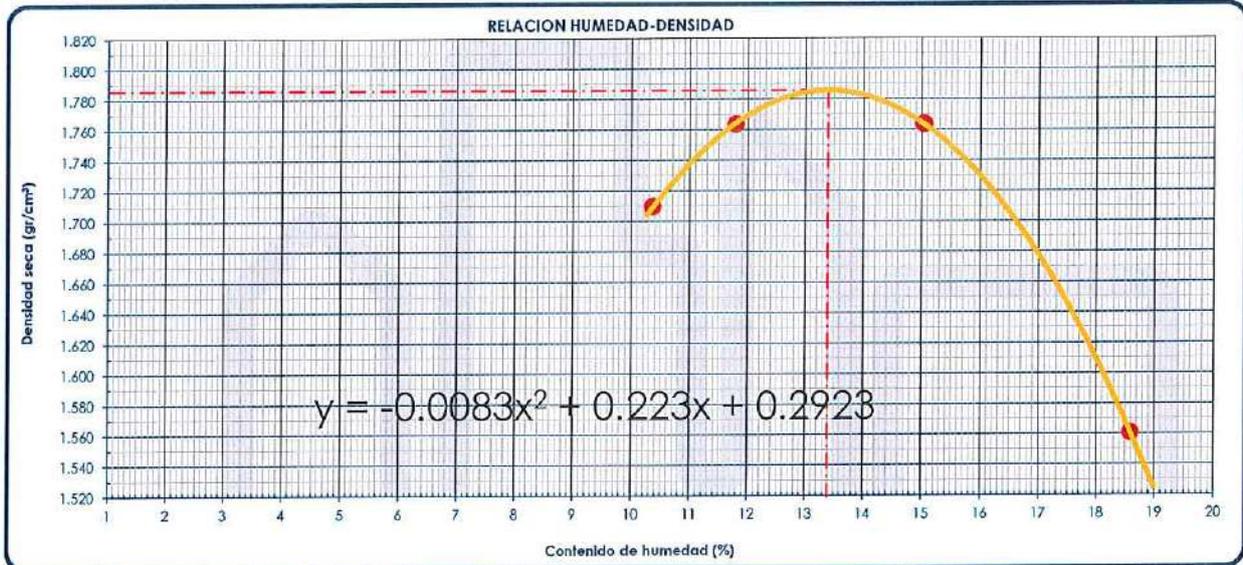
MUESTRA : R02-75%SA+25%CBPA

MÉTODO : A

HECHO POR : Dennis Reyes

FECHA : 22/08/2022

Ensayo N°		1	2	3	4
Número de Capas		5	5	5	5
Golpes de Pisón por Capa		56	56	56	56
Peso suelo húmedo + molde	gr.	5469	5508	5564	5435
Peso molde + base	gr.	3688	3647	3649	3688
Peso suelo húmedo compactado	gr.	1781	1861	1915	1747
Volumen del molde	cm ³	944	944	944	944
Peso volumétrico húmedo	gr/cm ³	1.887	1.972	2.029	1.851
Recipiente N°		Tc-12	Tc-08	Tc-09	Tc-05
Peso del suelo húmedo+tara	gr.	262.0	300.0	368.0	369.0
Peso del suelo seco + tara	gr.	245.0	277.0	331.0	324.0
Peso de Tara	gr.	81.0	82.0	85.0	82.0
Peso de agua	gr.	17.0	23.0	37.0	45.0
Peso del suelo seco	gr.	164.0	195.0	246.0	242.0
Contenido de agua	%	10.37	11.79	15.04	18.60
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	1.710	1.764	1.764	1.561
				Densidad máxima (gr/cm³)	
				Humedad óptima (%)	
				1.786	
				13.4	



Observaciones:

Elaborado por:

Nombre / Función: Técnico Jefe de Laboratorio

D: _____

M: _____

A: _____

Firma:

Bach. Ing. Dennis N. Reyes Medina
TÉCNICO JEFE DE LABORATORIO

Revisado por:

Nombre / Función: Ingeniero Jefe de Laboratorio

D: _____

M: _____

A: _____

Firma:

Ing. Carlos Ortiz Gómez
CIP: 81337
INGENIERO JEFE DE LABORATORIO

PROYECTO: TESIS : EFECTOS DE LA CENIZA DE BIOMASA DE PALMA ACEITERA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS A NIVEL DE SUBRASANTE, HUANUCO 2022

Hoja: 1 de 2

SOLICITA: Bach. Ing. Claudia Loos

CÓDIGO: TI-UHV-2-SA-CBPA-25-CBR

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

RELACIÓN SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R)
NORMAS TÉCNICAS: MIT E 132, ASIM D 1883, AASHTO T 193

DATOS DE LA MUESTRA

ESTRUCTURA : SUB RASANTE

CANTERA : - -

PROGRESIVA : -

TRAMO -

MUESTRA : R02-75%5A+25%CBPA

PROFUNDIDAD : -

HECHO POR : Dennis Reyes

FECHA : 22/08/2022

COMPACTACIÓN

Molde N°	4		5		6	
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	12050	12294	11725	12025	11582	11883
Peso de molde + base (g)	8022	8022	7951	7951	8071	8071
Peso del suelo húmedo (g)	4028	4272	3774	4074	3511	3812
Volumen del molde (cm ³)	2068	2068	2068	2068	2068	2068
Densidad húmeda (g/cm ³)	1.948	2.066	1.825	1.970	1.698	1.843
Tara (N°)	Tc-08	Tc-06	Tc-01	Tc-03	Tc-06	Tc-04
Peso suelo húmedo + tara (g)	625.0	595.0	513.0	528.0	572.0	550.3
Peso suelo seco + tara (g)	567.0	508.0	465.0	466.8	522.3	483.4
Peso de tara (g)	78.0	80.0	78.0	93.0	85.0	85.0
Peso de agua (g)	58.0	87.0	48.0	61.2	49.7	66.9
Peso de suelo seco (g)	489.0	428.0	387.0	373.8	437.3	398.4
Contenido de humedad (%)	11.9	20.3	12.4	16.4	11.4	16.8
Densidad seca (g/cm ³)	1.741	1.717	1.624	1.693	1.525	1.578
Densidad seca (g/cm ³)	1.729		1.658		1.551	

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
22-Ago-22	10:20	0	0.630	0.00	0.00	0.700	0.00	0.00	0.560	0.00	0.00
23-Ago-22	10:20	24	8.770	8.14	0.13	9.010	8.31	0.12	18.140	17.58	0.31
24-Ago-22	10:20	48	11.860	11.23	0.18	17.650	16.95	0.24	19.840	19.28	0.34
25-Ago-22	10:20	72	14.320	13.69	0.22	20.470	19.77	0.28	20.960	20.40	0.36
26-Ago-22	10:20	96	16.870	16.24	0.26	21.870	21.17	0.30	23.240	22.68	0.41

PENETRACION

PENETRACION mm	CARGA STAND. kg/cm ²	MOLDE N°1			MOLDE N°2			MOLDE N°3					
		CARGA		CORRECCION	CARGA		CORRECCION	CARGA		CORRECCION			
		Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%
0.000			0.0			0.0				0.0			
0.635			38.0			35.0				31.0			
1.270			89.2			51.4				40.7			
1.905			169.2			115.4				98.2			
2.540	70.5		240.1	305.9	22	221.2	279.2	21		198.4	251.2	18	
3.810			456.3			420.4				375.2			
5.080	105.7		510.6	483.5	24	485.2	458.1	22		435.7	420.5	21	
6.350			526.5			511.4				479.3			
7.620			546.8			517.6				489.7			
10.160			605.6			580.9				532.9			
12.700			708.6			650.4				601.4			

Observaciones:

Elaborado por:

Nombre / Función: Técnico Jefe de Laboratorio

Firma:

D:
 M:
 A:

Bach. Ing. Dennis N. Reyes Medina
TÉCNICO JEFE DE LABORATORIO

Revisado por:

Nombre / Función: Asistente Jefe de Laboratorio

Firma:

D:
 M:
 A:

Ing. Carlos Otaño Cotro
CIP: 61557
MCC JEFE DE LABORATORIO

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

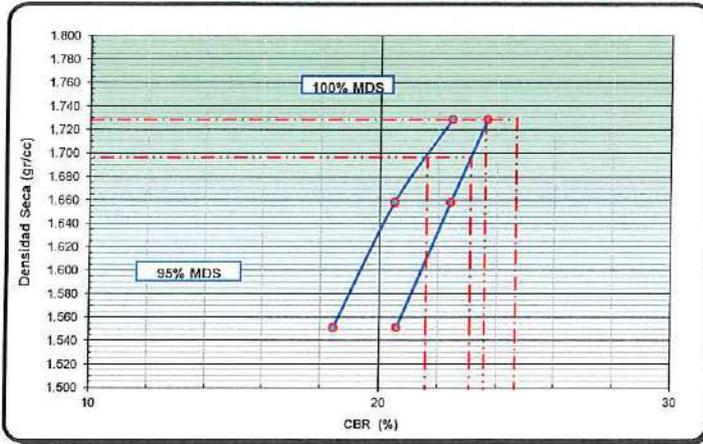
RELACIÓN SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R)
NORMAS TÉCNICAS: MTC E 132, ASTM D 1883, AASHTO T 193

DATOS DE LA MUESTRA

ESTRUCTURA : SUB RASANTE
CANTERA : --
PROGRESIVA : -
TRAMO : -
MUESTRA : R02-75%SA+25%CBPA

PROFUNDIDAD : -
HECHO POR : Dennis Reyes
FECHA : 22/08/2022

DETERMINACIÓN DEL CBR



DATOS DEL PRÓCTOR MODIFICADO

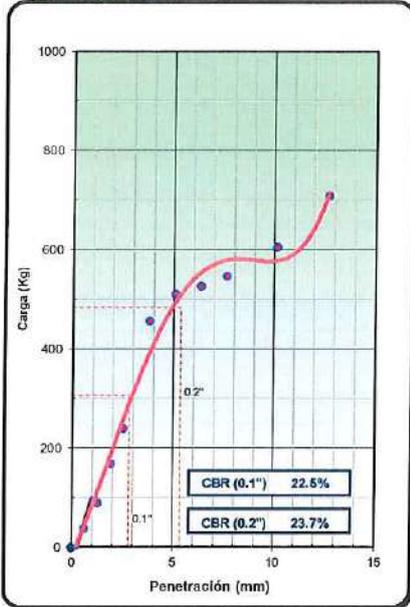
PROCTOR MODIFICADO ASTM D	:	1557
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm ³)	:	1.786
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	:	13.4
AL 95% DE LA MAX. DEN. SECA (g/cm ³)	:	1.697

PORCENTAJE DEL CBR

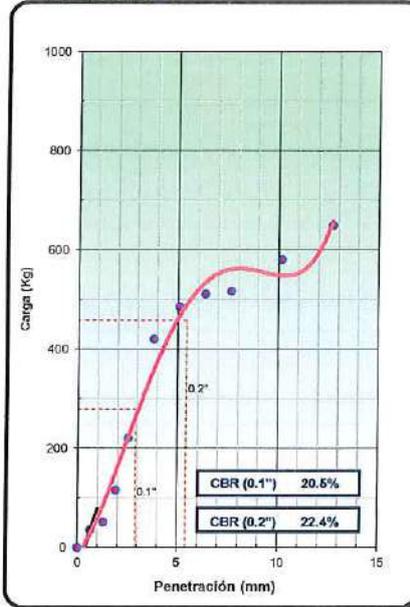
C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1"	23.6	0.2"	24.7
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1"	21.6	0.2"	23.1

OBSERV.: _____

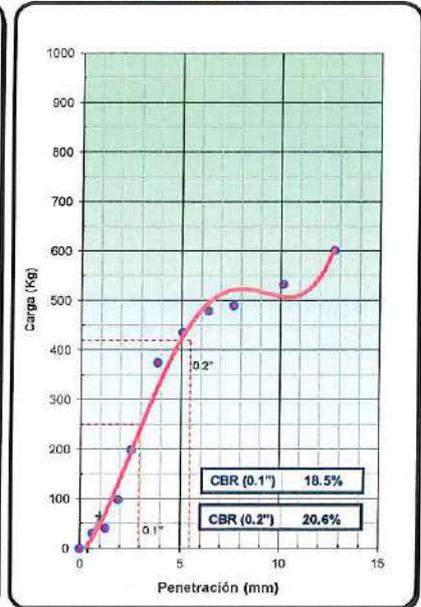
EC = 56 GOLPES



EC = 25 GOLPES



EC = 12 GOLPES



Observaciones: _____

Elaborado por:
Nombre / Función: *Física Jefe de Laboratorio*
Firma: *[Signature]*
D:
M:
A:

Bach. Ing. Dennis N. Reyes Modina
TÉCNICO JEFE DE LABORATORIO

Revisado por:
Nombre / Función: *Ingeniero Jefe de Laboratorio*
Firma: *[Signature]*
D:
M:
A:

ING. INERO JEFFE DE LABORATORIO

PROYECTO: TESIS : EFECTOS DE LA CENIZA DE BIOMASA DE PALMA ACEITERA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS A NIVEL DE SUBRASANTE, HUANUCO 2022

SOLICITA: Bach. Ing. Claudia Laos

CÓDIGO: TI-UHV-3-SA-CBPA-25-G

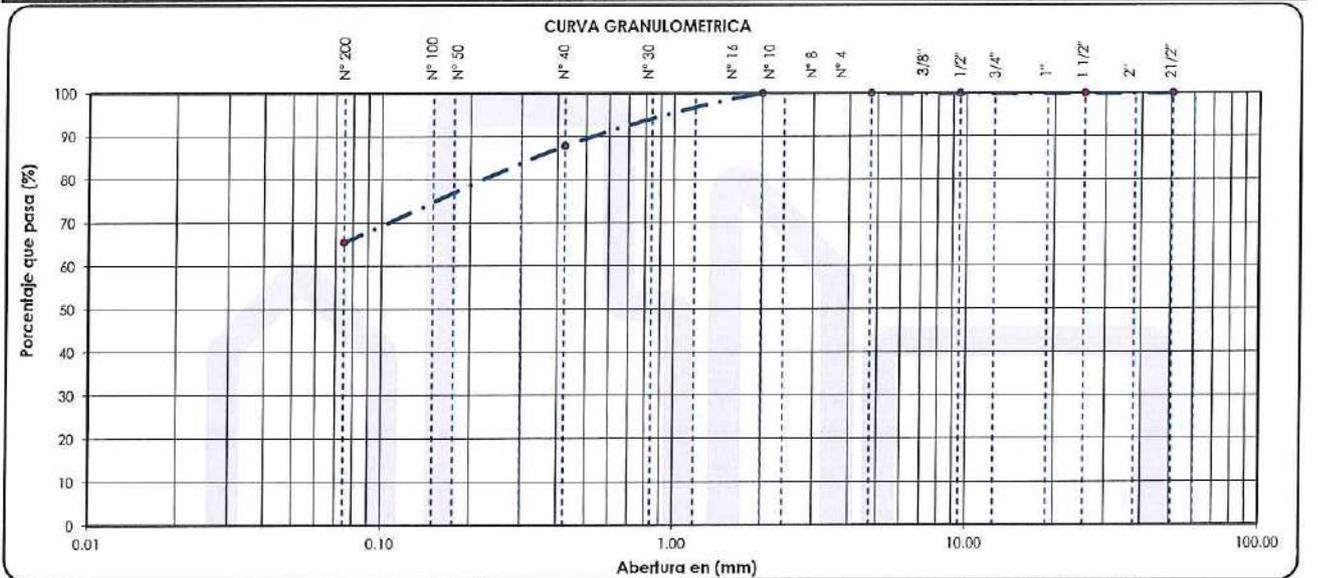
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
NORMAS TÉCNICAS: MTC E 107, ASTM D 422, AASHTO T 88

DATOS DE LA MUESTRA

ESTRUCTURA : SUB RASANTE	PROGRESIVA : -	P. Inicial muestra, g: 500
CANTERA : -	TMN, mm: 38.100	P. Inicial muestra seca, g: 489
TRAMO : -	HECHO POR: Dennis Reyes	P. Inicial muestra <Nº4, g: 500
MUESTRA : R03-75%SA+25%CBPA	FECHA: 22/08/2022	P. Inicial muestra <Nº4 seca, g: 489

TAMIZ	ABERTURA EN (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	GRADACIÓN "A"	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
21/2"	60.350	0	0.0	0.0	100.0		Pesos de Muestra
2"	50.800	0	0.0	0.0	100.0	100	Peso Total : 489 gr.
1 1/2"	38.100	0	0.0	0.0	100.0		Peso de Grava : 0 gr.
1"	25.400	0	0.0	0.0	100.0	-	Peso de Arena : 489 gr.
3/4"	19.000	0	0.0	0.0	100.0		Frac. < Nº 4 : 489 gr.
1/2"	12.500	0	0.0	0.0	100.0		LIMITES DE CONSISTENCIA
3/8"	9.500	0	0.0	0.0	100.0	30 - 65	Límite Líquido : 30.00 %
Nº 4	4.750	0	0.0	0.0	100.0	25 - 55	Límite Plástico : 23.43 %
Nº 8	2.380	0	0.0	0.0	100.0		Índice Plástico : 6.57 %
Nº 10	2.000	0	0.0	0.0	100.0	15 - 40	CLASIFICACIÓN DEL SUELO
Nº 16	1.180	0.17	0.0	0.0	100.0		A.A.S.H.T.O : A-4(3)
Nº 30	0.840	36.5	7.5	7.5	92.5		S.U.C.S : ML
Nº 40	0.425	22.89	4.7	12.2	87.8	8 - 20	
Nº 50	0.300	19.35	4.0	16.1	83.9		
Nº 100	0.150	51.64	10.6	26.7	73.3		
Nº 200	0.075	38.08	7.8	34.5	65.5	2 - 8	
< Nº 200	Fondo	320.04	65.5	100.0	0.0		



Observaciones:

Elaborado por:

Nombre / Función: *[Firma]* D:
 M:
 A:
 Bach. Ing. Dennis N. Reyes Medina
TÉCNICO JEFE DE LABORATORIO

Revisado por:

Nombre / Función: *[Firma]* D:
 M:
 A:
 Ing. Carlos Oñiz Gómez
CIP: 61657
INCL. JEFE DE LABORATORIO

PROYECTO: TESIS : EFECTOS DE LA CENIZA DE BIOMASA DE PALMA ACEITERA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS A NIVEL DE SUBRASANTE, HUANUCO 2022

SOLICITA: Bach. Ing. Claudia Laos

CÓDIGO: T1-UHV-3-SA-CBPA-25-LL

LÍMITES DE CONSISTENCIA

DATOS DE LA MUESTRA

ESTRUCTURA : SUB RASANTE

CANTERA : - -

PROGRESIVA : -

MUESTRA : R03-75%SA+25%CBPA

HECHO POR : Dennis Reyes

FECHA : 22/08/2022

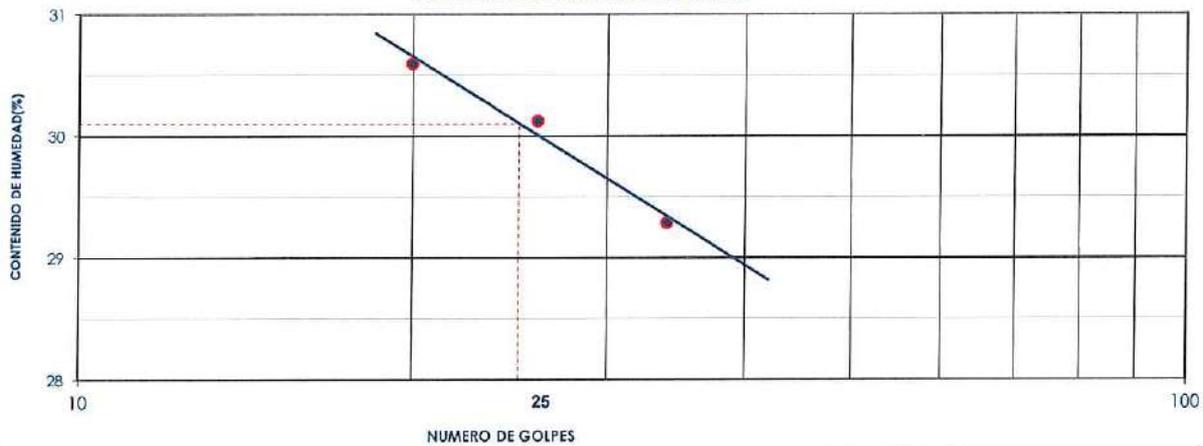
LIMITE LIQUIDO (MTC E 110, AASHTO T 89)

Nº TARA		T-10	T-05	T-04	PROMEDIO
PESO TARA + SUELO HUMEDO	(gr.)	58.80	66.04	70.58	
PESO TARA + SUELO SECO	(gr.)	50.54	56.22	59.88	
PESO DE AGUA	(gr.)	8.26	9.82	10.70	
PESO DE LA TARA	(gr.)	23.54	23.62	23.34	
PESO DEL SUELO SECO	(gr.)	27.00	32.60	36.54	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	30.59	30.12	29.28	
NUMERO DE GOLPES		20	26	34	30.00

LIMITE PLÁSTICO (MTC E 111, AASHTO T 90)

Nº TARA		T-12	T-09	T-06	PROMEDIO
PESO TARA + SUELO HUMEDO	(gr.)	25.64	26.23	25.63	
PESO TARA + SUELO SECO	(gr.)	25.32	25.89	25.25	
PESO DE LA TARA	(gr.)	23.93	24.56	23.50	
PESO DEL AGUA	(gr.)	0.32	0.34	0.38	
PESO DEL SUELO SECO	(gr.)	1.39	1.33	1.75	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	23.02	25.56	21.71	23.43

CONTENIDO DE HUMEDAD A 25 GOLPES



CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA

LIMITE LIQUIDO (%)	30.00
LIMITE PLASTICO (%)	23.43
INDICE DE PLASTICIDAD (%)	6.57

OBSERVACIONES

Elaborado por:

Nombre / Función:	D:
Técnico Jefe de Laboratorio	M:
Firma:	A:

Bach. Ing. Dennis N. Reyes Medina
TÉCNICO JEFE DE LABORATORIO

Revisado por:

Nombre / Función:	D:
Ingeniero Jefe de Laboratorio	M:
Firma:	A:

ING. Carlos Ortiz Gómez
INGENIERO JEFE DE LABORATORIO



PROYECTO: TESIS : EFECTOS DE LA CENIZA DE BIOMASA DE PALMA ACEITERA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS A NIVEL DE SUBRASANTE, HUANUCO 2022

SOLICITA: Bach. Ing. Claudia Laos

CÓDIGO: T1-UHV-3-SA-CBPA-25-CH

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO
NORMAS TÉCNICA: MTC E 108

DATOS DE LA MUESTRA

ESTRUCTURA : SUB RASANTE

CANERA : - -

PROGRESIVA : -

MUESTRA : R03-75%SA+25%CBPA

HECHO POR : Dennis Reyes

FECHA : 22/08/2022

CONTENIDO DE HUMEDAD

Peso suelo húmedo + cápsula	gr.	194.00	208.00	211.00		
Peso suelo seco + cápsula	gr.	192.00	205.00	208.00		
Peso de cápsula	gr.	93.00	90.00	79.00		
Peso del agua	gr.	2.00	3.00	3.00		
Peso de suelo seco	gr.	99.00	115.00	129.00		
Contenido de Humedad	%	2.02	2.61	2.33		
Promedio de Humedad	%					2.32

Observaciones:

Elaborado por:	
Nombre / Función:	D:
Técnico Jefe de Laboratorio	M:
Firma:	A:

Bach. Ing. Dennis N. Reyes Medina
TÉCNICO JEFE DE LABORATORIO

Revisado por:	
Nombre / Función:	D:
Ingeniero Jefe de Laboratorio	M:
Firma:	A:

Ing. Carlos Cruz Gómez
ING. JEFE DE LABORATORIO

PROYECTO: TESIS : EFECTOS DE LA CENIZA DE BIOMASA DE PALMA ACEBITERA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS A NIVEL DE SUBRASANTE, HUANUCO 2022

SOLICITA: Bach. Ing. Claudia Laos

CÓDIGO: T1-UHV-3-SA-CBPA-25-P

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

PROCTOR MODIFICADO

NORMAS TÉCNICAS: MIC E 115, ASTM D 1557, AASHTO T 180

DATOS DE LA MUESTRA

ESTRUCTURA : SUB RASANTE

CANtera : - -

PROGRESIVA : -

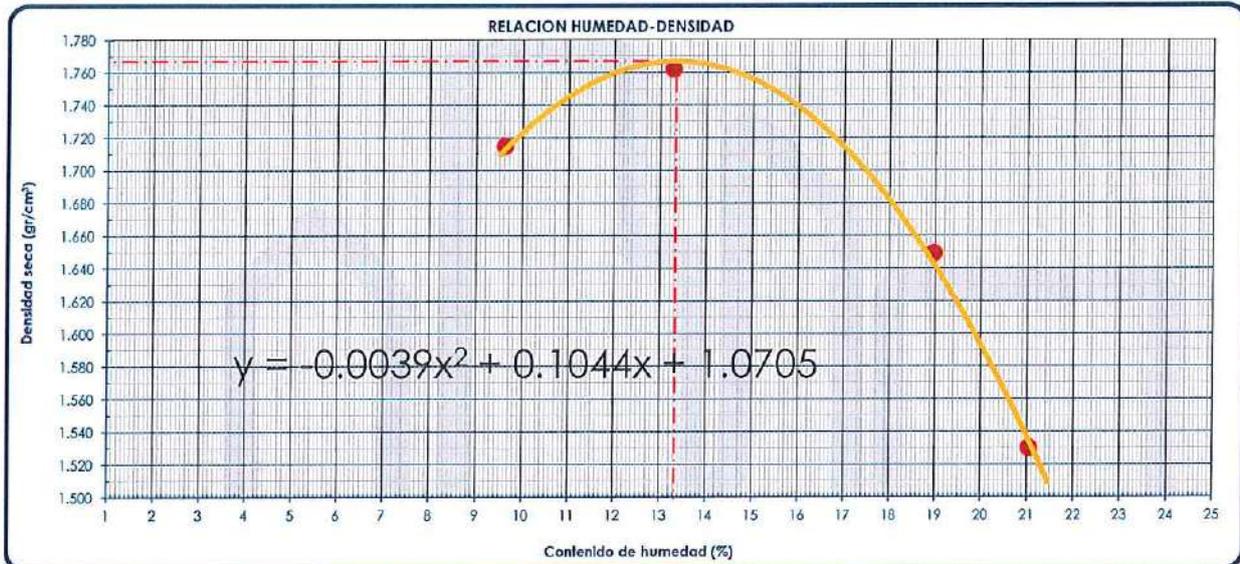
MUESTRA : R03-75%SA+25%CBPA

MÉTODO : A

HECHO POR : Dennis Reyes

FECHA : 22/08/2022

Ensayo N°		1	2	3	4
Número de Capas		5	5	5	5
Golpes de Pisón por Capa		56	56	56	56
Peso suelo húmedo + molde	gr.	5462	5587	5501	5436
Peso molde + base	gr.	3688	3703	3649	3688
Peso suelo húmedo compactado	gr.	1774	1884	1852	1748
Volumen del molde	cm ³	944	944	944	944
Peso volumétrico húmedo	gr/cm ³	1.880	1.996	1.963	1.852
Recipiente N°		Tc-11	Tc-06	Tc-03	Tc-01
Peso del suelo húmedo+tara	gr.	345.0	369.0	311.0	346.0
Peso del suelo seco + tara	gr.	322.0	335.0	274.0	302.0
Peso de Tara	gr.	83.0	79.0	79.0	93.0
Peso de agua	gr.	23.0	34.0	37.0	44.0
Peso del suelo seco	gr.	239.0	256.0	195.0	209.0
Contenido de agua	%	9.62	13.28	18.97	21.05
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	1.715	1.762	1.650	1.530
Densidad máxima (gr/cm³)					1.767
Humedad óptima (%)					13.3



Observaciones:

Elaborado por:	
Nombre / Función:	D:
Técnico Jefe de Laboratorio	M:
Firma:	A:

Bach. Ing. Dennis N. Reyes Medina
TÉCNICO JEFE DE LABORATORIO

Revisado por:	
Nombre / Función:	D:
Ingeniero Jefe de Laboratorio	M:
Firma:	A:

ING. RADIOS ORTIZ GÓMEZ
CIP: 01557
ING. JEFE DE LABORATORIO

PROYECTO: TESIS : EFECTOS DE LA CENIZA DE BIOMASA DE PALMA ACEITERA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS A NIVEL DE SUBRASANTE, HUANUCO 2022

Hoja: 1 de 2

SOLICITA: Bach. Ing. Claudia Laos

CÓDIGO: TI-UHV-3-SA-CBPA-25-CBR

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

RELACIÓN SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R)
NORMAS TÉCNICAS: MIC E 132, ASTM D 1883, AASHTO T 193

DATOS DE LA MUESTRA

ESTRUCTURA : SUB RASANTE

CANERA : . .

PROGRESIVA : -

TRAMO -

MUESTRA : R03-75%SA+25%CBPA

PROFUNDIDAD : .

HECHO POR : Dennis Reyes

FECHA : 22/08/2022

COMPACTACIÓN

Molde N°	4		5		6	
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	11864	12120	11536	12036	11453	11789
Peso de molde + base (g)	7831	7831	7831	7831	8022	8022
Peso del suelo húmedo (g)	4033	4289	3705	4205	3431	3767
Volumen del molde (cm ³)	2068	2068	2068	2068	2068	2068
Densidad húmeda (g/cm ³)	1.950	2.074	1.792	2.033	1.659	1.822
Tara (N°)	Tc-06	Tc-04	Tc-09	Tc-08	Tc-10	Tc-02
Peso suelo húmedo + tara (g)	665.0	535.0	536.0	532.0	591.0	579.3
Peso suelo seco + tara (g)	604.0	465.0	485.0	467.0	533.0	513.4
Peso de tara (g)	80.0	79.0	93.0	78.0	85.0	85.0
Peso de agua (g)	61.0	61.0	51.0	65.0	58.0	65.9
Peso de suelo seco (g)	524.0	386.0	392.0	389.0	448.0	428.4
Contenido de humedad (%)	11.6	15.8	13.0	16.7	12.9	15.4
Densidad seca (g/cm ³)	1.747	1.791	1.585	1.742	1.469	1.579
Densidad seca (g/cm ³)	1.769		1.664		1.524	

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
22-Ago-22	10:20	0	0.630	0.00	0.00	0.700	0.00	0.00	0.570	0.00	0.00
23-Ago-22	10:20	24	8.210	7.58	0.12	9.150	8.45	0.12	18.630	18.06	0.32
24-Ago-22	10:20	48	12.150	11.52	0.18	18.240	17.54	0.25	19.230	18.66	0.33
25-Ago-22	10:20	72	15.130	14.50	0.23	20.140	19.44	0.28	21.340	20.77	0.36
26-Ago-22	10:20	96	17.650	17.02	0.27	22.350	21.65	0.31	23.750	23.18	0.41

PENETRACION

PENETRACION mm	CARGA STAND. kg/cm ²	MOLDE N°1				MOLDE N°2				MOLDE N°3			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%
0.000			0.0			0.0					0.0		
0.635			23.2			19.4					13.4		
1.270			48.6			32.1					26.5		
1.905			94.3			51.5					39.5		
2.540	70.5		190.1	242.3	17.80	152.0	193.1	14.19			112.3	147.7	10.85
3.810			360.8			281.3					215.0		
5.080	105.7		433.6	414.1	20.28	375.0	357.3	17.50			295.6	298.0	14.59
6.350			465.1			415.4					352.7		
7.620			496.0			435.2					394.0		
10.160			583.3			520.6					462.0		
12.700			694.0			569.4					498.0		

Observaciones:

Elaborado por:

Nombre / Función: *[Firma]* D:
M:
A:

Bach. Ing. Dennis N. Reyes Medina
TÉCNICO JEFE DE LABORATORIO

Revisado por:

Nombre / Función: *[Firma]* D:
M:
A:

ING. CARLOS OTTE ROMERO
ING. JEFE DE LABORATORIO

LABORATORIO MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO

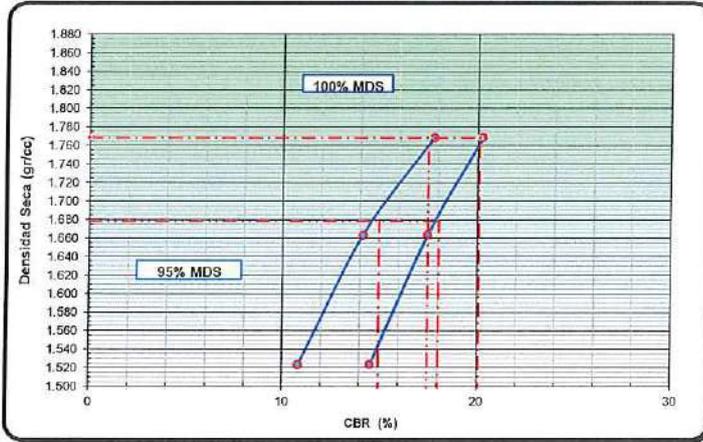
RELACIÓN SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)
NORMAS TÉCNICAS: MTC E 132, ASTM D 1883, AASHTO T 193

DATOS DE LA MUESTRA

ESTRUCTURA : SUB RASANTE
CANTERA : --
PROGRESIVA : -
TRAMO : -
MUESTRA : R03-75%SA+25%CBPA

PROFUNDIDAD : .
HECHO POR : Dennis Reyes
FECHA : : 22/08/2022

DETERMINACIÓN DEL CBR



DATOS DEL PRÓCTOR MODIFICADO

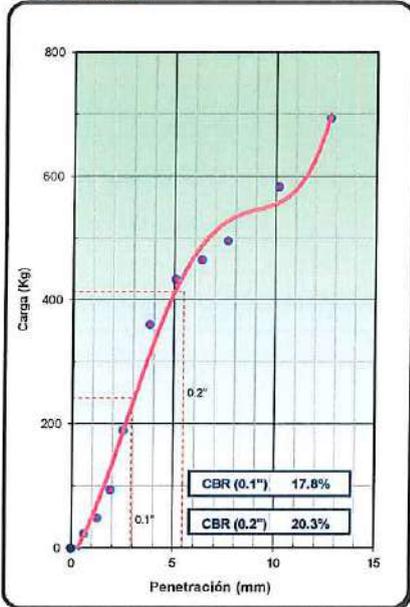
PROCTOR MODIFICADO ASTM D	:	1557
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3)	:	1.767
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	:	13.3
AL 95% DE LA MAX. DEN. SECA (g/cm ³)	:	1.679

PORCENTAJE DEL CBR

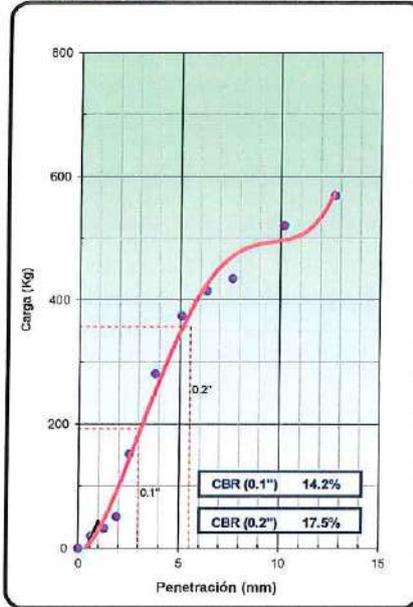
C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1":	17.5	0.2":	20.1
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1":	15.0	0.2":	18.1

OBSERV.: _____

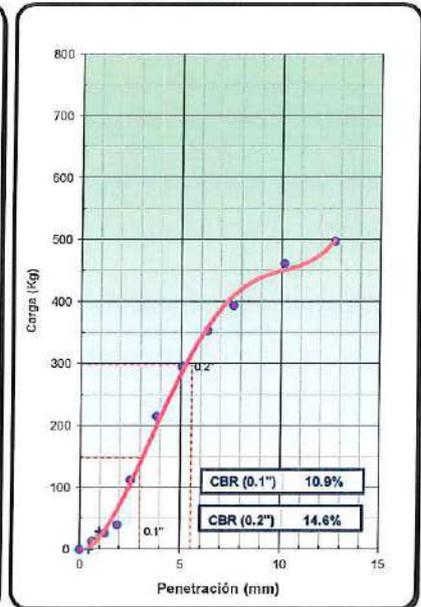
EC = 56 GOLPES



EC = 25 GOLPES



EC = 12 GOLPES



Observaciones: _____

Elaborado por:
Nombre / Función: Técnico Jefe de Laboratorio
Firma:

Bach. Ing. Dennis N. Reyes Medina
TÉCNICO JEFE DE LABORATORIO

Revisado por:
Nombre / Función: Ingeniero Jefe de Laboratorio
Firma:

Ing. Carlos Ortiz Gómez
ING. JEFE DE LABORATORIO

**ANEXO C. CERTIFICADOS DE CALIBRACIÓN DE
EQUIPOS**



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 501-2022 GLM

Página 1 de 3

FECHA DE EMISIÓN : 2022-09-05

1. SOLICITANTE : TERZAGHI CONSULTORES & CONTRATISTAS
GENERALES SOC.COM.RESPONS. LTDA

DIRECCIÓN : JR. PRINCIPE ILLATHUPA NRO. 112 URB.
PILLKOMARCA CAYHUANA HUANUCO -
PILLCO MARCA

2. INSTRUMENTO DE
MEDICIÓN : BALANZA

MARCA : OHAUS

MODELO : R31P30

NÚMERO DE SERIE : 8342504829

ALCANCE DE
INDICACIÓN : 30000 g

DIVISIÓN DE ESCALA
/ RESOLUCIÓN : 1 g

DIVISIÓN DE
VERIFICACIÓN (e) : 10 g

PROCEDENCIA : CHINA

IDENTIFICACIÓN : NO PRESENTA

TIPO : ELECTRÓNICA

UBICACIÓN : LABORATORIO

FECHA DE
CALIBRACIÓN : 2022-08-25

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la incertidumbre en la medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95 %.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

G & L LABORATORIO S.A.C no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

3. PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN

La calibración se realizó mediante el método de comparación según el PC 001 1ra Edición, 2019: "Procedimiento para la calibración de balanzas de funcionamiento no automático clase III y clase IIII" del INACAL-DM.

4. LUGAR DE CALIBRACIÓN

LAB. DE MASA DE G&L LABORATORIO S.A.C
AV. MIRAFLORES MZ. E LT. 60 URB. SANTA ELISA II ETAPA LOS OLIVOS - LIMA



Gilmer Antonio Huaman Pocuima
Responsable del Laboratorio de Metrología



Teléfono:
(01) 622 - 5814
Celular:
992 - 302 - 883 / 962 - 227 - 858



Correo:
laboratorio.gyllaboratorio@gmail.com
servicios@gyllaboratorio.com



Av. Miraflores MZ. E Lt. 60
Urb. Santa Elisa II Etapa Los Olivos
Lima



5. CONDICIONES AMBIENTALES

	Inicial	Final
Temperatura	18.8 °C	18.9 °C
Humedad Relativa	69 %	68 %

6. TRAZABILIDAD

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
Patrones de referencia de DM - INACAL TOTAL WEIGHT	Pesas (exactitud E2 / M1 / M2)	LM - C - 428 - 2021 CM - 1411 - 2021 CM - 1412 - 2021 CM - 1413 - 2021

7. OBSERVACIONES

Para 30000 g. la balanza indicó 29951 g. Se ajustó y se procedió a su calibración. Los errores máximos permitidos (e.m.p.) para esta balanza corresponden a los e.m.p. para balanzas en uso de funcionamiento no automático de clase de exactitud III, según la Norma Metroológica Peruana 003 - 2009. Instrumentos de Pesaje de Funcionamiento no Automático. Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación de "CALIBRADO".

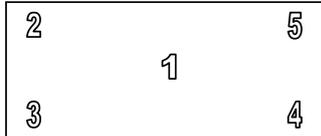
8. RESULTADOS DE MEDICIÓN

INSPECCIÓN VISUAL			
AJUSTE DE CERO	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	CURSOR	NO TIENE
PLATAFORMA	TIENE	NIVELACIÓN	TIENE
SITEMA DE TRABA	TIENE		

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Medición Nº	Carga L1= 15,000 g			Carga L2= 30,000 g		
	I(g)	ΔL(g)	E(g)	I(g)	ΔL(g)	E(g)
1	15,000	0.5	0.0	30,000	0.6	-0.1
2	15,000	0.5	0.0	30,000	0.5	0.0
3	15,000	0.5	0.0	30,000	0.5	0.0
4	15,000	0.6	-0.1	30,000	0.5	0.0
5	15,000	0.5	0.0	30,000	0.5	0.0
6	15,000	0.5	0.0	30,000	0.6	-0.1
7	15,000	0.5	0.0	30,000	0.6	-0.1
8	15,000	0.5	0.0	30,000	0.6	-0.1
9	15,000	0.5	0.0	30,000	0.5	0.0
10	15,000	0.5	0.0	30,000	0.5	0.0
Diferencia Máxima			0.1	0.1		
Error máximo permitido ±			20 g	± 30 g		





Vista Frontal

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

Posición de la Carga	Determinación de E ₀				Determinación del Error corregido				
	Carga mínima (g)	l(g)	ΔL(g)	E ₀ (g)	Carga (g)	l(g)	ΔL(g)	E(g)	E _c (g)
1	10	10	0.5	0.0	10,000	10,000	0.5	0.0	0.0
2		10	0.5	0.0		10,000	0.4	0.1	0.1
3		10	0.5	0.0		10,000	0.5	0.0	0.0
4		10	0.5	0.0		10,000	0.5	0.0	0.0
5		10	0.5	0.0		10,000	0.4	0.1	0.1

(*) valor entre 0 y 10 e

Error máximo permitido: ± 20 g

ENSAYO DE PESAJE

Carga L(g)	CRECIENTES				DECRECIENTES				emp(**) ±(g)
	l(g)	ΔL(g)	E(g)	E _c (g)	l(g)	ΔL(g)	E(g)	E _c (g)	
10	10	0.5	0.0						10
20	20	0.5	0.0	0.0	20	0.5	0.0	0.0	10
100	100	0.5	0.0	0.0	100	0.5	0.0	0.0	10
500	500	0.6	-0.1	-0.1	500	0.5	0.0	0.0	10
1,000	1,000	0.5	0.0	0.0	1,000	0.6	-0.1	-0.1	10
5,000	5,000	0.6	-0.1	-0.1	5,000	0.5	0.0	0.0	10
10,000	10,000	0.5	0.0	0.0	10,000	0.5	0.0	0.0	20
15,000	15,000	0.5	0.0	0.0	15,000	0.5	0.0	0.0	20
20,000	20,000	0.6	-0.1	-0.1	20,000	0.5	0.0	0.0	20
25,000	25,000	0.6	-0.1	-0.1	25,000	0.6	-0.1	-0.1	30
30,000	30,000	0.7	-0.2	-0.2	30,000	0.7	-0.2	-0.2	30

(**) error máximo permitido

Lectura corregida e incertidumbre expandida del resultado de una pesada

$$R_{\text{corregida}} = R + 379E-08 \times R$$

$$U_R = 2 \sqrt{1,702E-04 \text{ g}^2 + 045E-12 \times R^2}$$

R: Lectura de la balanza ΔL: Carga Incrementada E: Error encontrado E₀: Error en cero E_c: Error corregido

Número de tipo Científico E-xx = 10^{-xx} (Ejemplo: E-05 = 10⁻⁵)





Laboratorio PP

Punto de Precisión SAC
LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LC - 033



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM-630-2022

Página: 1 de 3

Expediente : T 554-2022
Fecha de Emisión : 2022-09-26

1. Solicitante : **TERZAGHI CONSULTORES & CONTRATISTAS GENERALES S.R.L.**
Dirección : JR. PRINCIPE ILLATHUPA NRO. 112 URB. PILLKOMARCA CAYHUANA - PILLCO MARCA - HUANUCO

2. Instrumento de Medición : **BALANZA**

Marca : **HENKEL**
Modelo : **NO INDICA**
Número de Serie : **2020065632**
Alcance de Indicación : **2 000 g**
División de Escala de Verificación (e) : **0,1 g**
División de Escala Real (d) : **0,01 g**
Procedencia : **NO INDICA**
Identificación : **NO INDICA**
Tipo : **ELECTRÓNICA**
Ubicación : **LABORATORIO**
Fecha de Calibración : **2022-09-23**

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la incertidumbre en la medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95 %.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones en que se realizaron las mediciones y no debe ser utilizado como certificado de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

3. Método de Calibración

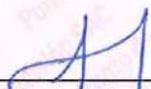
La calibración se realizó mediante el método de comparación según el PC-011 4ta Edición, 2010; Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase I y II del SNM-INDECOPI.

4. Lugar de Calibración

LABORATORIO de TERZAGHI CONSULTORES & CONTRATISTAS GENERALES S.R.L.
JR. PRINCIPE ILLATHUPA NRO. 112 URB. PILLKOMARCA CAYHUANA - PILLCO MARCA - HUANUCO



PT-06.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02


Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Laboratorio PP

Punto de Precisión SAC

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LC - 033



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM-630-2022

Página: 2 de 3

5. Condiciones Ambientales

	Mínima	Máxima
Temperatura	16,6	16,7
Humedad Relativa	79,0	80,0

6. Trazabilidad

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
INACAL - DM	Juego de pesas (exactitud F1)	PE22-C-1070-2022

7. Observaciones

Antes del ajuste, la indicación de la balanza fue de 1 999,30 g para una carga de 2 000,00 g

El ajuste de la balanza se realizó con las pesas de Punto de Precisión S.A.C.

Los errores máximos permitidos (e.m.p.) para esta balanza corresponden a los e.m.p. para balanzas en uso de funcionamiento no automático de clase de exactitud II, según la Norma Metroológica Peruana 003 - 2009. Instrumentos de Pesaje de Funcionamiento no Automático.

Se colocó una etiqueta autoadhesiva de color verde con la indicación de "CALIBRADO".

Los resultados de este certificado de calibración no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

8. Resultados de Medición

INSPECCIÓN VISUAL			
AJUSTE DE CERO	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	CURSOR	NO TIENE
PLATAFORMA	TIENE	SIST. DE TRABA	NO TIENE
NIVELACIÓN	TIENE		

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Medición N°	Carga L1= 1 000,001 g			Carga L2= 2 000,002 g		
	I (g)	ΔL (g)	E (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)
1	1 000,01	0,007	0,007	2 000,00	0,006	-0,003
2	1 000,02	0,008	0,018	2 000,01	0,008	0,005
3	1 000,01	0,008	0,006	2 000,00	0,009	-0,006
4	1 000,02	0,009	0,015	1 999,99	0,007	-0,014
5	1 000,04	0,007	0,037	2 000,02	0,006	0,017
6	1 000,02	0,006	0,018	2 000,03	0,006	0,027
7	1 000,02	0,008	0,016	2 000,02	0,007	0,016
8	1 000,01	0,009	0,005	2 000,01	0,008	0,005
9	1 000,02	0,007	0,017	2 000,01	0,009	0,004
10	1 000,03	0,006	0,028	2 000,01	0,008	0,005
Diferencia Máxima			0,032	0,041		
Error máximo permitido ±			0,2 g	± 0,3 g		



PT-06.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02


 Jefe de Laboratorio
 Ing. Luis Loayza Capcha
 Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Laboratorio PP

Punto de Precisión SAC

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LC - 033



Registro N° LC - 033

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM-630-2022

Página: 3 de 3

2	5
1	
3	4

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

		Temp. (°C)		Inicial	Final					
		16,6		16,6	16,7					
Posición de la Carga	Determinación de E ₀				Determinación del Error corregido					
	Carga mínima (g)	I (g)	ΔL (g)	E ₀ (g)	Carga L (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	E _c (g)	
1	0,200	0,20	0,009	-0,004	600,000	600,00	0,009	-0,004	0,000	
2		0,19	0,006	-0,011		599,98	0,008	-0,023	-0,012	
3		0,20	0,009	-0,004		600,00	0,007	-0,002	0,002	
4		0,20	0,006	-0,001		600,00	0,006	-0,001	0,000	
5		0,20	0,007	-0,002		600,00	0,008	-0,003	-0,001	
					Error máximo permitido : ± 0,2 g					

(*) valor entre 0 y 10 e

ENSAYO DE PESAJE

		Temp. (°C)		Inicial	Final					± emp (g)
		16,7		16,7	16,7					± emp (g)
Carga L (g)	CRECIENTES				DECRECIENTES				± emp (g)	
	I (g)	ΔL (g)	E (g)	E _c (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	E _c (g)		
0,200	0,20	0,008	-0,003							
0,500	0,50	0,006	-0,001	0,002	0,50	0,009	-0,004	-0,001	0,1	
5,000	5,00	0,008	-0,003	0,000	4,94	0,007	-0,062	-0,059	0,1	
20,000	20,00	0,009	-0,004	-0,001	20,00	0,006	-0,001	0,002	0,1	
50,000	50,00	0,007	-0,002	0,001	50,00	0,008	-0,003	0,000	0,1	
100,000	100,00	0,008	-0,003	0,000	100,00	0,009	-0,004	-0,001	0,1	
500,000	499,95	0,009	-0,054	-0,051	499,98	0,009	-0,024	-0,021	0,1	
1 000,001	999,94	0,007	-0,063	-0,060	999,87	0,008	-0,134	-0,131	0,2	
1 500,001	1 499,97	0,006	-0,032	-0,029	1 499,93	0,007	-0,073	-0,070	0,2	
1 800,001	1 799,98	0,008	-0,024	-0,021	1 799,99	0,006	-0,012	-0,009	0,2	
2 000,002	1 999,94	0,007	-0,064	-0,061	1 999,94	0,007	-0,064	-0,061	0,2	

e.m.p.: error máximo permitido

Lectura corregida e incertidumbre expandida del resultado de una pesada

$$R_{\text{corregida}} = R + 3,11 \times 10^{-5} \times R$$

Incertidumbre

$$U_R = 2 \sqrt{5,80 \times 10^{-4} \text{ g}^2 + 4,63 \times 10^{-10} \times R^2}$$

R : Lectura de la balanza ΔL: Carga Incrementada E: Error encontrado E₀: Error en cero E_c: Error corregido

R : en g

FIN DEL DOCUMENTO



PT-06.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02


 Jefe de Laboratorio
 Ing. Luis Loayza Capcha
 Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Laboratorio PP

Punto de Precisión SAC
LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LC - 033



Registro N° LC - 033

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM-628-2022

Página: 1 de 3

Expediente : T 554-2022
Fecha de Emisión : 2022-09-26

1. Solicitante : TERZAGHI CONSULTORES &
CONTRATISTAS GENERALES S.R.L.
Dirección : JR. PRINCIPE ILLATHUPA NRO. 112 URB.
PILLKOMARCA CAYHUANA - PILLCO MARCA -
HUANUCO

2. Instrumento de Medición : **BALANZA**

Marca : **PATRICK'S**

Modelo : **ACS-708W**

Número de Serie : **NO INDICA**

Alcance de Indicación : **30 kg**

División de Escala de Verificación (e) : **5 g**

División de Escala Real (d) : **5 g**

Procedencia : **NO INDICA**

Identificación : **NO INDICA**

Tipo : **ELECTRÓNICA**

Ubicación : **LABORATORIO**

Fecha de Calibración : **2022-09-23**

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la Incertidumbre en la medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95 %.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones en que se realizaron las mediciones y no debe ser utilizado como certificado de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

3. Método de Calibración

La calibración se realizó mediante el método de comparación según el PC-001 1ra Edición, 2019; Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase III y IIII del INACAL-DM.

4. Lugar de Calibración

LABORATORIO de TERZAGHI CONSULTORES & CONTRATISTAS GENERALES S.R.L.
JR. PRINCIPE ILLATHUPA NRO. 112 URB. PILLKOMARCA CAYHUANA - PILLCO MARCA - HUANOUCO



PT-06.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02


Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Laboratorio PP

Punto de Precisión SAC
LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LC - 033



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM-628-2022

Página: 2 de 3

5. Condiciones Ambientales

	Mínima	Máxima
Temperatura	18,7	18,8
Humedad Relativa	79,0	79,0

6. Trazabilidad

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
INACAL - DM	Juego de pesas (exactitud F1)	PE22-C-1070-2022
	Pesa (exactitud F1)	LM-C-018-2022
	Pesa (exactitud F1)	1AM-0055-2022
	Pesa (exactitud F1)	1AM-0056-2022

7. Observaciones

No se realizó ajuste a la balanza antes de su calibración.

Los errores máximos permitidos (e.m.p.) para esta balanza corresponden a los e.m.p. para balanzas en uso de funcionamiento no automático de clase de exactitud III, según la Norma Metrológica Peruana 003 - 2009. Instrumentos de Pesaje de Funcionamiento no Automático.

Se colocó una etiqueta autoadhesiva de color verde con la indicación de "CALIBRADO".

Los resultados de este certificado de calibración no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

8. Resultados de Medición

INSPECCIÓN VISUAL			
AJUSTE DE CERO	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	CURSOR	NO TIENE
PLATAFORMA	TIENE	SIST. DE TRABA	NO TIENE
NIVELACIÓN	TIENE		

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Medición N°	Temp. (°C)					
	Inicial			Final		
	18,8			18,8		
	Carga L1= 15,0000 kg			Carga L2= 30,0000 kg		
	I (kg)	ΔL (g)	E (g)	I (kg)	ΔL (g)	E (g)
1	15,005	3,5	4,0	29,995	3,0	-5,5
2	15,005	3,0	4,5	29,995	3,5	-6,0
3	15,005	3,5	4,0	29,995	4,0	-6,5
4	15,005	4,5	3,0	29,995	4,5	-7,0
5	15,005	3,0	4,5	29,995	3,5	-6,0
6	15,005	3,5	4,0	29,995	4,0	-6,5
7	15,005	4,0	3,5	29,995	4,5	-7,0
8	15,005	4,5	3,0	29,995	3,5	-6,0
9	15,005	3,5	4,0	29,995	4,0	-6,5
10	15,005	4,0	3,5	29,995	4,5	-7,0
Diferencia Máxima			1,5			1,5
Error máximo permitido	±	15 g		±	15 g	



PT-06.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02

Jefe de Laboratorio
 Ing. Luis Loayza Capcha
 Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Laboratorio PP

Punto de Precisión SAC
LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LC - 033



Registro N° LC - 033

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM-628-2022

Página: 3 de 3

Diagram showing positions 1, 2, 3, 4, and 5 for the eccentricity test.

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

Table for eccentricity test showing temperature (18.8°C), determination of E0, and determination of corrected error for various load positions (1-5) and weights (0.0500 kg, 10.0000 kg).

(*) valor entre 0 y 10 e

Error máximo permitido : ± 15 g

ENSAYO DE PESAJE

Table for weighing test showing initial and final temperatures (18.8°C and 18.7°C), and error values for increasing and decreasing loads across various weight ranges.

e.m.p.: error máximo permitido

Lectura corregida e incertidumbre expandida del resultado de una pesada

R_corregida = R - 1,73x10^-4 x R

Incertidumbre

U_R = 2 * sqrt(7,46x10^-47 g^2 + 3,57x10^-8 x R^2)

R: Lectura de la balanza, ΔL: Carga Incrementada, E: Error encontrado, E0: Error en cero, Ec: Error corregido

R: en g

FIN DEL DOCUMENTO



PT-06.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02

Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Laboratorio PP

Punto de Precisión SAC
LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LC - 033



Registro N° LC - 033

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM-629-2022

Página: 1 de 3

Expediente : T 554-2022
Fecha de Emisión : 2022-09-26

1. Solicitante : **TERZAGHI CONSULTORES & CONTRATISTAS GENERALES S.R.L.**
Dirección : JR. PRINCIPE ILLATHUPA NRO. 112 URB. PILLKOMARCA CAYHUANA - PILLCO MARCA - HUANUCO

2. Instrumento de Medición : **BALANZA**

Marca : **NO INDICA**

Modelo : **NO INDICA**

Número de Serie : **BD-046-21**

Alcance de Indicación : **200 g**

División de Escala de Verificación (e) : **0,01 g**

División de Escala Real (d) : **0,01 g**

Procedencia : **NO INDICA**

Identificación : **NO INDICA**

Tipo : **ELECTRÓNICA**

Ubicación : **LABORATORIO**

Fecha de Calibración : **2022-09-23**

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la incertidumbre en la medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95 %.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones en que se realizaron las mediciones y no debe ser utilizado como certificado de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

3. Método de Calibración

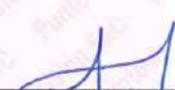
La calibración se realizó mediante el método de comparación según el PC-011 4ta Edición, 2010; Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase I y II del SNM-INDECOPI.

4. Lugar de Calibración

LABORATORIO de TERZAGHI CONSULTORES & CONTRATISTAS GENERALES S.R.L.
JR. PRINCIPE ILLATHUPA NRO. 112 URB. PILLKOMARCA CAYHUANA - PILLCO MARCA - HUANUCO



PT-06.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02


Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Laboratorio PP

Punto de Precisión SAC
LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LC - 033



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM-629-2022

Página: 2 de 3

5. Condiciones Ambientales

	Mínima	Máxima
Temperatura	18,5	18,7
Humedad Relativa	78,0	79,0

6. Trazabilidad

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
INACAL - DM	Juego de pesas (exactitud F1)	PE22-C-1070-2022

7. Observaciones

Antes del ajuste, la indicación de la balanza fue de 199,89 g para una carga de 200,00 g

El ajuste de la balanza se realizó con las pesas de Punto de Precisión S.A.C.

Los errores máximos permitidos (e.m.p.) para esta balanza corresponden a los e.m.p. para balanzas en uso de funcionamiento no automático de clase de exactitud II, según la Norma Metroológica Peruana 003 - 2009. Instrumentos de Pesaje de Funcionamiento no Automático.

Se colocó una etiqueta autoadhesiva de color verde con la indicación de "CALIBRADO".

Los resultados de este certificado de calibración no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

8. Resultados de Medición

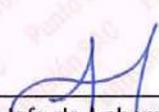
INSPECCIÓN VISUAL			
AJUSTE DE CERO	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	CURSOR	NO TIENE
PLATAFORMA	TIENE	SIST. DE TRABA	NO TIENE
NIVELACIÓN	NO TIENE		

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Medición N°	Carga L1= 100,000 g		Carga L2= 200,000 g			
	I (g)	ΔL (g)	E (g)			
	Temp. (°C)		Inicial	Final		
			18,7	18,6		
1	100,00	0,008	-0,003	199,98	0,007	-0,022
2	99,99	0,007	-0,012	199,99	0,006	-0,011
3	100,00	0,006	-0,001	199,96	0,008	-0,023
4	100,00	0,008	-0,003	200,02	0,007	0,018
5	99,97	0,005	-0,030	200,01	0,006	0,009
6	99,99	0,008	-0,013	199,99	0,008	-0,013
7	99,99	0,007	-0,012	200,01	0,009	0,006
8	99,97	0,006	-0,031	200,00	0,007	-0,002
9	100,01	0,008	0,007	200,00	0,006	-0,001
10	100,00	0,009	-0,004	200,00	0,008	-0,003
Diferencia Máxima			0,038			
Error máximo permitido ±			0,02 g	± 0,03 g		



PT-06.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02


 Jefe de Laboratorio
 Ing. Luis Loayza Capcha
 Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Laboratorio PP

Punto de Precisión SAC
LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LC - 033



Registro N° LC - 033

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM-629-2022

Página: 3 de 3

2	5
1	
3	4

ENSAYO DE EXCENRICIDAD

Posición de la Carga	Determinación de E ₀				Determinación del Error corregido				
	Carga mínima (g)	l (g)	ΔL (g)	E ₀ (g)	Carga L (g)	l (g)	ΔL (g)	E (g)	E _c (g)
1	0,100	0,10	0,007	-0,002	60,000	59,99	0,006	-0,011	-0,009
2		0,10	0,006	-0,001		60,01	0,008	0,007	0,008
3		0,11	0,008	0,007		59,98	0,007	-0,022	-0,029
4		0,11	0,009	0,006		59,96	0,006	-0,041	-0,047
5		0,11	0,007	0,008		60,01	0,006	0,009	0,001

Temp. (°C) Inicial: 18,6 Final: 18,6

(*) valor entre 0 y 10 e

Error máximo permitido : ± 0,02 g

ENSAYO DE PESAJE

Carga L (g)	CRECIENTES				DECRECIENTES				± emp (g)
	l (g)	ΔL (g)	E (g)	E _c (g)	l (g)	ΔL (g)	E (g)	E _c (g)	
0,100	0,11	0,009	0,006						
0,200	0,20	0,006	-0,001	-0,007	0,20	0,009	-0,004	-0,010	0,01
2,000	2,00	0,008	-0,003	-0,009	2,00	0,006	-0,001	-0,007	0,01
5,000	5,00	0,005	0,000	-0,006	5,00	0,005	0,000	-0,006	0,01
10,000	10,01	0,008	0,007	0,001	10,00	0,007	-0,002	-0,008	0,01
20,000	20,00	0,007	-0,002	-0,008	20,00	0,006	-0,001	-0,007	0,01
50,000	50,00	0,006	-0,001	-0,007	50,01	0,006	0,009	0,003	0,01
70,000	70,00	0,008	-0,003	-0,009	70,00	0,008	-0,003	-0,009	0,02
100,000	100,02	0,009	0,016	0,010	100,01	0,009	0,006	0,000	0,02
150,000	150,01	0,007	0,008	0,002	150,01	0,008	0,007	0,001	0,02
200,000	200,01	0,006	0,009	0,003	200,01	0,006	0,009	0,003	0,02

Temp. (°C) Inicial: 18,6 Final: 18,5

e.m.p.: error máximo permitido

Lectura corregida e incertidumbre expandida del resultado de una pesada

$$R_{\text{corregida}} = R + 9,01 \times 10^{-6} \times R$$

Incertidumbre

$$U_R = 2 \sqrt{2,01 \times 10^{-4} \text{ g}^2 + 4,42 \times 10^{-3} \times R^2}$$

R: Lectura de la balanza ΔL: Carga Incrementada E: Error encontrado E₀: Error en cero E_c: Error corregido

R: en g

FIN DEL DOCUMENTO



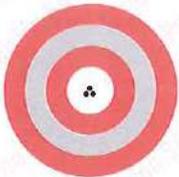
PT-06.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02

Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Angeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Laboratorio PP

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LL - 3000 - 2022

Página : 1 de 2

Expediente : T 554-2022
Fecha de emisión : 2022-09-26

1. Solicitante : TERZAGHI CONSULTORES & CONTRATISTAS GENERALES S.R.L.

Dirección : JR. PRINCIPE ILLATHUPA NRO. 112 URB. PILLKOMARCA
CAYHUANA - PILLCO MARCA - HUANUCO

2. Instrumento de Medición : COPA CASAGRANDE

Marca de Copa : NO INDICA
Modelo de Copa : NO INDICA
Serie de Copa : 1067

Contómetro : ANALÓGICO
Marca de Contómetro : NO INDICA
Modelo de Contómetro : D67-F
Serie de Contómetro : NO INDICA

3. Lugar y fecha de Calibración
LABORATORIO DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.
24 - SETIEMBRE - 2022

4. Método de Calibración

Por Comparación con instrumentos Certificados por el INACAL - DM. Tomando como referencia la Norma ASTM D 4318.

5. Trazabilidad

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO	TRAZABILIDAD
PIE DE REY	INSIZE	DM21 - C - 0136 - 2021	INACAL - DM

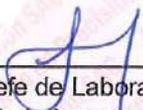
6. Condiciones Ambientales

	INICIAL	FINAL
Temperatura °C	19,7	19,6
Humedad %	82	81

7. Observaciones

Los resultados de las mediciones efectuadas se muestran en la página 02 del presente documento.

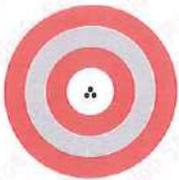



Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

El Equipo de medición con el modelo y número de serie abajo. Indicados ha sido calibrado probado y verificado usando patrones certificados con trazabilidad a la Dirección de Metrología del INACAL y otros.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

Punto de Precisión S.A.C no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.



Laboratorio PP

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LL - 3000 - 2022

Página : 2 de 2

Medidas Verificadas

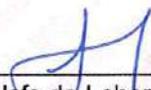
COPA CASAGRANDE								RANURADOR		
CONJUNTO DE LA CAZUELA					BASE			EXTREMO CURVADO		
DIMENSIONES	A	B	C	N	K	L	M	a	b	c

DESCRIPCIÓN	RADIO DE LA COPA	ESPESOR DE LA COPA	PROFUNDIDA DE LA COPA	Copa desde la guía del espesor a base	ESPESOR	LARGO	ANCHO	ESPESOR	BORDE CORTANTE	ANCHO
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
MEDIDA TOMADA	55,08	2,30	27,80	48,38	53,20	151,77	123,89	9,94	2,91	13,76
	54,39	2,24	27,90	47,87	52,58	151,84	123,89	10,05	2,91	13,93
	54,05	2,25	27,95	47,44	52,58	151,76	124,18	10,00	2,90	13,43
	55,15	2,19	27,95	48,38	52,61	151,85	124,29	9,97	2,95	13,88
	55,05	2,14	27,75	47,55	52,53	151,78	124,20	10,03	2,88	13,85
	54,16	2,16	27,95	47,81	52,55	151,97	123,79	10,00	2,98	13,92
PROMEDIO	54,65	2,21	27,88	47,91	52,68	151,83	124,04	10,00	2,92	13,80
MEDIDAS STANDARD	54,00	2,00	27,00	47,00	50,00	150,00	125,00	10,00	2,00	13,50
ERROR	0,65	0,21	0,88	0,91	2,68	1,83	-0,96	0,00	0,92	0,30

	Rango según norma	Medida encontrada
Resilencia	77 % a 90 %	80 %

FIN DEL DOCUMENTO




Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631



Laboratorio PP

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LL - 3001 - 2022

Página : 1 de 2

Expediente : T 554-2022
Fecha de emisión : 2022-09-26

1. Solicitante : TERZAGHI CONSULTORES & CONTRATISTAS
GENERALES S.R.L.
Dirección : JR. PRINCIPE ILLATHUPA NRO. 112 URB. PILLKOMARCA
CAYHUANA - PILLCO MARCA - HUANUCO

2. Instrumento de Medición : MARTILLO PROCTOR

Capacidad : 10 lb
Marca : NO INDICA
Serie : NO INDICA
Material : HIERRO
Color : PLATEADO

3. Lugar y fecha de Calibración
LABORATORIO DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.
24 - SETIEMBRE - 2022

4. Método de Calibración
Por Comparación, tomando como referencia la Norma ASTM D 698 - ASTM D 1557.

5. Trazabilidad

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO	TRAZABILIDAD
PIE DE REY	INSIZE	DM21 - C - 0136 - 2021	INACAL - DM
CINTA MÉTRICA	STANLEY	L - 0442 - 2021	INACAL - DM
BALANZA	KERN	LM - 002 - 2022	PUNTO DE PRECISIÓN

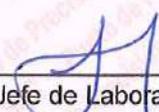
6. Condiciones Ambientales

	INICIAL	FINAL
Temperatura °C	17,0	17,0
Humedad %	77	77

7. Observaciones

Los resultados de las mediciones efectuadas se muestran en la página 02 del presente documento.

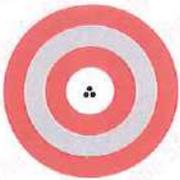



Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

El Equipo de medición con el modelo y número de serie abajo. Indicados ha sido calibrado probado y verificado usando patrones certificados con trazabilidad a la Dirección de Metrología del INACAL y otros.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

Punto de Precisión S.A.C no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.



Laboratorio PP

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LL - 3001 - 2022

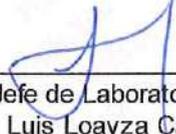
Página : 2 de 2

Resultados de Verificación

MEDICIONES	ALTURA DE CAIDA	PESO	DIÁMETRO DE CARA DE IMPACTO
	mm	g	mm
1	460	4526,50	50,98
2	460	4526,50	50,78
3	460	4526,50	50,68
4	459	4526,50	50,56
5	460	4526,50	50,60
6	460	4526,50	50,48
PROMEDIO	459,8	4526,50	50,68
ESTANDAR	457,2	4536,4	50,80
ERROR	2,6 mm	-9,90 g	-0,12 mm

FIN DEL DOCUMENTO




Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631





CERTIFICADO DE VERIFICACIÓN N° 352-2022 GLL

Página 1 de 2

FECHA DE EMISIÓN : 2022-04-30

1. SOLICITANTE : TERZAGHI CONSULTORES & CONTRATISTAS GENERALES SOC.COM.RESPONS. LTDA

DIRECCIÓN : JR. PRINCIPE ILLATHUPA NRO. 112 URB. PILLKOMARCA CAYHUANA HUANUCO - PILLCO MARCA

2. INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : MOLDE PARA ENSAYO PROCTOR ESTANDAR

MARCA : G&L LABORATORIO PROCEDENCIA : PERÚ
 MODELO : GLS-5 UBICACIÓN : LABORATORIO
 NÚMERO DE SERIE : NO PRESENTA IDENTIFICACIÓN : (*) 13; (*) 14 y (*) 15.
 FECHA DE CALIBRACIÓN : 2022-04-30

3. PROCEDIMIENTO DE REFERENCIA UTILIZADO

La verificación se realizó por el método lineal con patrones trazables al SNM/INDECOPI tomando como referencia la MTC E 132 / ASTM D 1883, Standard Test Method for California Bearing Ratio (CBR) of Laboratory - Compacted Soils.

4. LUGAR Y FECHA DE CALIBRACIÓN

La inspección se realizó el 30 de Abril del 2022 en el LAB. LONGITUD DE G&L LABORATORIO S.A.C.

5. CONDICIONES AMBIENTALES

	Inicial	Final
Temperatura °C	22.5	22.6
Humedad Relativa %HR	68	68

6. TRAZABILIDAD

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI). **Certificado de Calibración N° L - 1418 - 2021.**

7. OBSERVACIONES

(*) Código inscrito en el instrumento.

Este informe de inspección presenta las mediciones realizadas al molde cilíndrico para concreto, los cuales nos permiten confirmar el cumplimiento de los requisitos para la norma técnica ASTM D-698.

8. RESULTADOS

MOLDE PARA PRUEBA DE COMPACTACIÓN PRÓCTOR ESTÁNDAR IDENT: (*) 13					
Altura del Molde (mm)	INDICACIÓN DEL PATRÓN (mm)			PROMEDIO (mm)	ERROR DE INDICACIÓN (mm)
	1	2	3		
116.4 ± 0,5	116.30	116.20	116.30	116.27	0.13
Diámetro del Molde (mm)	INDICACIÓN DEL PATRÓN (mm)			PROMEDIO (mm)	ERROR DE INDICACIÓN (mm)
	1	2	3		
101.6 ± 0,4	101.4	101.4	101.3	101.4	0.23
Volumen Calculado del Molde (cm ³)	INDICACIÓN DEL PATRÓN (mm)			PROMEDIO (cm ³)	ERROR DE INDICACIÓN (cm ³)
	1	2	3		
944 ± 12	939	938	937	938.3	5.7

Gilmer Antonio Huamán Poquioma
Responsable del Laboratorio de Metrología





MOLDE PARA ENSAYO PROCTOR ESTANDAR MODIFICADO IDENT: (*) 14					
Altura del Molde (mm)	INDICACIÓN DEL PATRÓN (mm)			PROMEDIO (mm)	ERROR DE INDICACIÓN (mm)
	1	2	3		
116.4 ± 0,5	115.9	115.9	115.9	115.90	0.50

Diámetro del Molde (mm)	INDICACIÓN DEL PATRÓN (mm)			PROMEDIO (mm)	ERROR DE INDICACIÓN (mm)
	1	2	3		
101.6 ± 0,4	101.4	101.4	101.3	101.4	0.23

Volumen Calculado del Molde (cm ³)	INDICACIÓN DEL PATRÓN (mm ³)			PROMEDIO (cm ³)	ERROR DE INDICACIÓN (cm ³)
	1	2	3		
944 ± 12	936	936	934	935.3	8.7

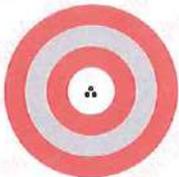
MOLDE PARA ENSAYO PROCTOR ESTANDAR MODIFICADO IDENT: (*) 15					
Altura del Molde (mm)	Longitud Convencional (mm)			PROMEDIO (mm)	ERROR DE INDICACIÓN (mm)
	1	2	3		
116.4 ± 0,5	116.20	116.20	116.20	116.20	0.20

Diámetro del Molde (mm)	INDICACIÓN DEL PATRÓN (mm)			PROMEDIO (mm)	ERROR DE INDICACIÓN (mm)
	1	2	3		
101.6 ± 0,4	101.4	101.4	101.4	101.4	0.20

Volumen Calculado del Molde (cm ³)	INDICACIÓN DEL PATRÓN (mm)			PROMEDIO (cm ³)	ERROR DE INDICACIÓN (cm ³)
	1	2	3		
944 ± 12	938	938	938	938.4	5.6

FIN DEL DOCUMENTO





Laboratorio PP

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LFP - 690 - 2022

Página : 1 de 2

Expediente : T 554-2022
Fecha de emisión : 2022-09-26

1. Solicitante : TERZAGHI CONSULTORES & CONTRATISTAS
GENERALES S.R.L.
Dirección : JR. PRINCIPE ILLATHUPA NRO. 112 URB. PILLKOMARCA
CAYHUANA - PILLCO MARCA - HUANUCO

2. Descripción del Equipo : CELDA DE CARGA

Marca de Celda : MAVIN
Modelo de Celda : NO INDICA
Serie de Celda : e8402537
Capacidad de Celda : 5 t

Marca de Indicador : HI WEIGH
Modelo de Indicador : X8
Serie de Indicador : NO INDICA

El Equipo de medición con el modelo y número de serie abajo. Indicados ha sido calibrado probado y verificado usando patrones certificados con trazabilidad a la Dirección de Metrología del INACAL y otros.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

Punto de Precision S.A.C no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

3. Lugar y fecha de Calibración
LABORATORIO DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.
24 - SETIEMBRE - 2022

4. Método de Calibración
La Calibración se realizó de acuerdo a la norma ASTM E4 .

5. Trazabilidad

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO	TRAZABILIDAD
CELDA DE CARGA	MAVIN	CCP - 0994 - 001 - 2021	SISTEMA INTERNACIONAL
INDICADOR	MCC		

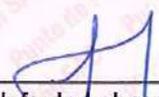
6. Condiciones Ambientales

	INICIAL	FINAL
Temperatura °C	17,9	17,9
Humedad %	74	74

7. Resultados de la Medición
Los errores de la prensa se encuentran en la página siguiente.

8. Observaciones
Con fines de identificación se ha colocado una etiqueta autoadhesiva de color verde con el número de certificado y fecha de calibración de la empresa PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

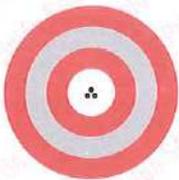



Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Laboratorio PP

PUNTO DE PRECIÓN S.A.C.

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LFP - 690 - 2022

Página : 2 de 2

TABLA N° 1

SISTEMA DIGITAL "A" kgf	SERIES DE VERIFICACIÓN (kgf)				PROMEDIO "B" kgf	ERROR Ep %	RPTBLD Rp %
	SERIE 1	SERIE 2	ERROR (1) %	ERROR (2) %			
500	498,00	498,00	0,40	0,40	498,00	0,40	0,00
1000	998,50	998,50	0,15	0,15	998,50	0,15	0,00
1500	1499,00	1499,00	0,07	0,07	1499,00	0,07	0,00
2000	2000,00	2000,00	0,00	0,00	2000,00	0,00	0,00
2500	2500,50	2500,50	-0,02	-0,02	2500,50	-0,02	0,00
3000	3000,00	3002,00	0,00	-0,07	3001,00	-0,03	-0,07
3500	3503,00	3502,50	-0,09	-0,07	3502,75	-0,08	0,01
4000	4000,50	4000,50	-0,01	-0,01	4000,50	-0,01	0,00

NOTAS SOBRE LA CALIBRACIÓN

1.- Ep y Rp son el Error Porcentual y la Repetibilidad definidos en la citada Norma:

$$Ep = ((A-B) / B) * 100 \quad Rp = \text{Error}(2) - \text{Error}(1)$$

2.- La norma exige que Ep y Rp no excedan el 1,0 %

3.- Coeficiente Correlación : $R^2 = 1$

Ecuación de ajuste : $y = 0,9989x + 2,3912$

Donde: x : Lectura de la pantalla
y : Fuerza promedio (kgf)

GRÁFICO N° 1

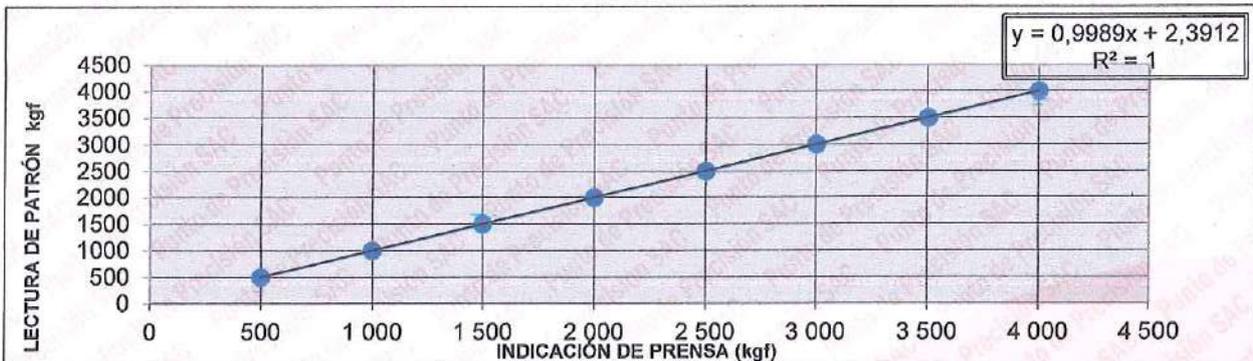
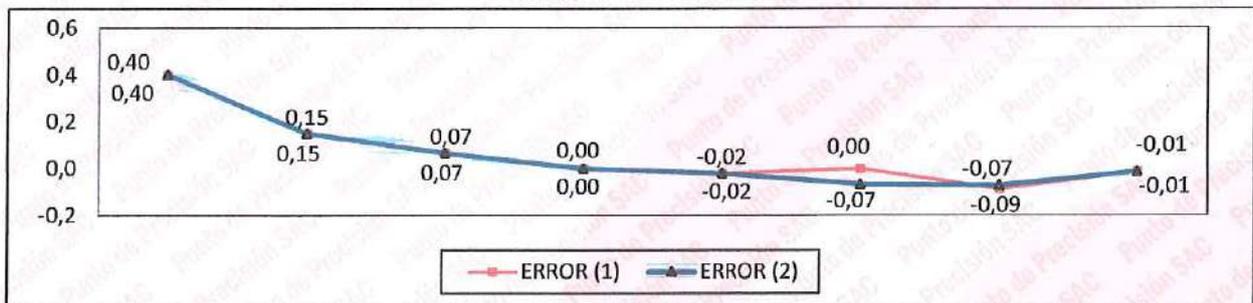


GRÁFICO DE ERRORES



FIN DEL DOCUMENTO



Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECIÓN S.A.C.



FICHA TÉCNICA

Equipo o producto : JUEGO DE PESAS ABIERTA Y CERRADA PARA CBR

Marca : Terraservice Laboratorio Perú

Cumple norma : ASTM D 1883

Especificaciones de pesa abierta o ranurada

Material de fabricación : Acero

Diámetro promedio : 150 mm

Altura promedio : 22.70 mm

Peso promedio : 2.28 kg

Diámetro promedio del agujero : 53.98 mm

Acabado : Cincado

Especificaciones de pesa cerrada o anular

Material de fabricación : Acero

Diámetro promedio : 150 mm

Altura promedio : 19.00 mm

Peso promedio : 2.28 kg

Diámetro promedio del agujero : 53.98 mm

Acabado : Cincado



Fuente: Terraservice Laboratorio Perú SRL

☎ 01 323 9468

📞 938 385 323 / 980 668 072 / 927 526 207

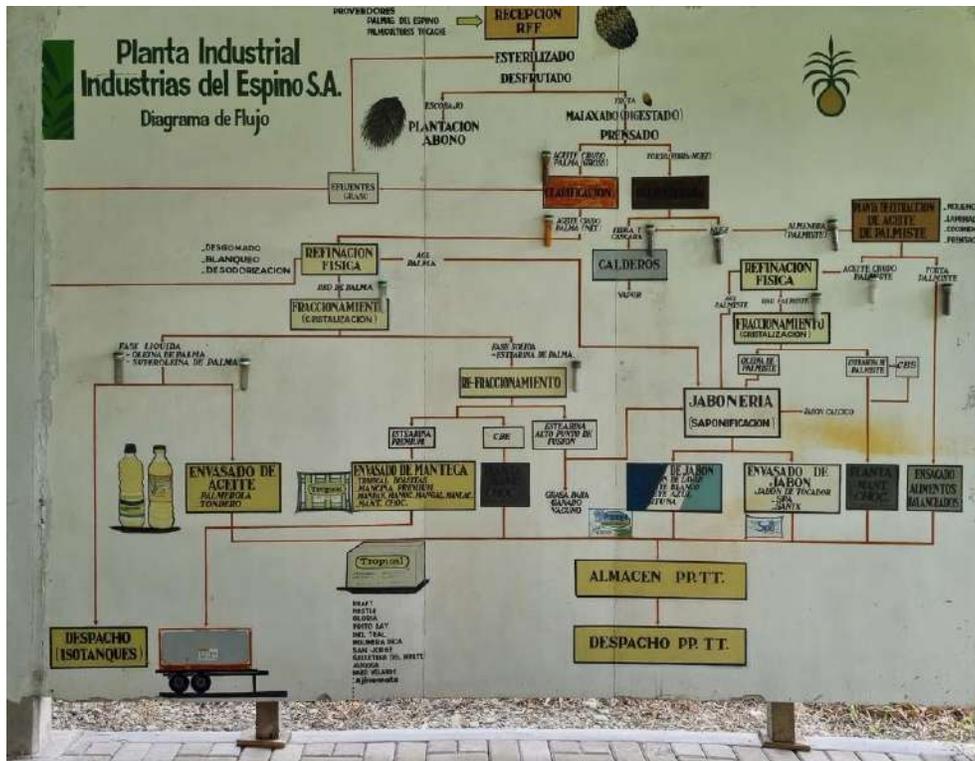
📍 JR. Andahuaylas N°477

San Martín de Porres - Lima

RUC: 20603356781

www.terraservicelaboratorioperu.com

ANEXO D. PANEL FOTOGRAFICO.



Fotografía 1. Flujo de Procesos Industriales.



Fotografía 2 Recolección de Racimos de Palma Aceitera



Fotografía 3. Acumulación de Racimos con Fruto Vacío.



Fotografía 4. Acumulación de Tierra Blanca.



Fotografía 5. Almacenamiento de Ceniza de Palma Aceitera.



Fotografía 6. Escobajo de Palma Aceitera,



Fotografía 7. Fibra de Escobajo de Palma Aceitera.



Fotografía 8. Ceniza de Biomasa de Palma Aceitera.



Fotografía 9. Tramo de Acceso "El Gran Chaparral"-Naranjillo-Luyando



Fotografía 10. Recolección de Material Arcilloso.



Fotografía 11. Lavado de material, para realizar el secado y tamizado.



Fotografía 12. Lavado en el tamiz N°200



Fotografía 13. Ensayos para determinar los límites de Atterberg



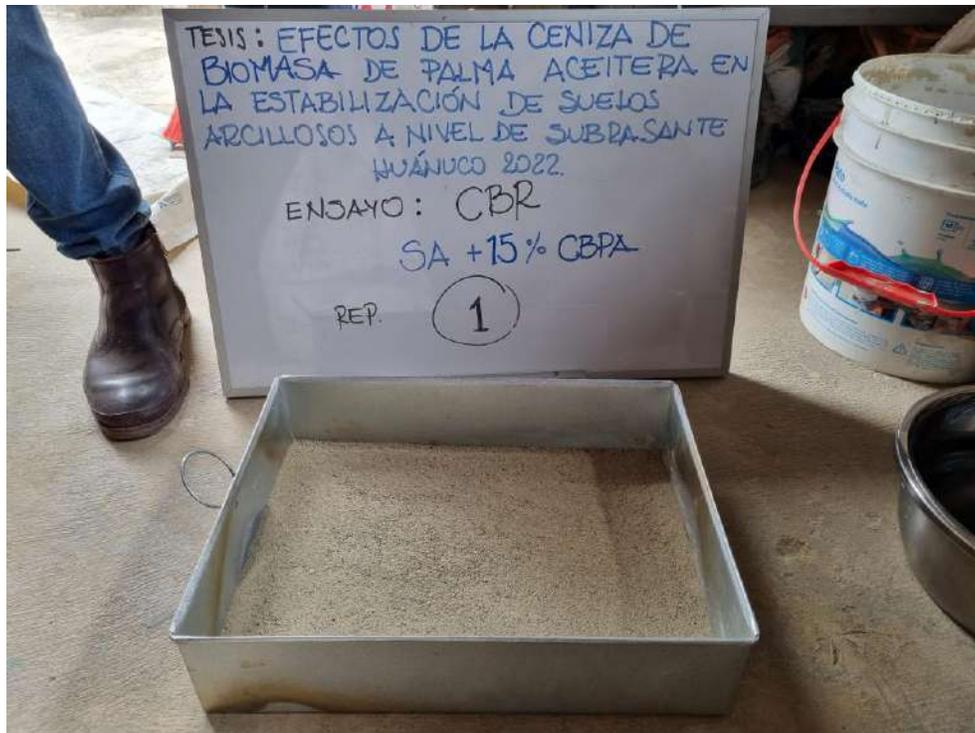
Fotografía 14. Muestras listas para ser secadas.



Fotografía 15. Tamizaje de ceniza.



Fotografía 16. Dosificación para ensayo Proctor Modificado



Fotografía 17. Material mezclado



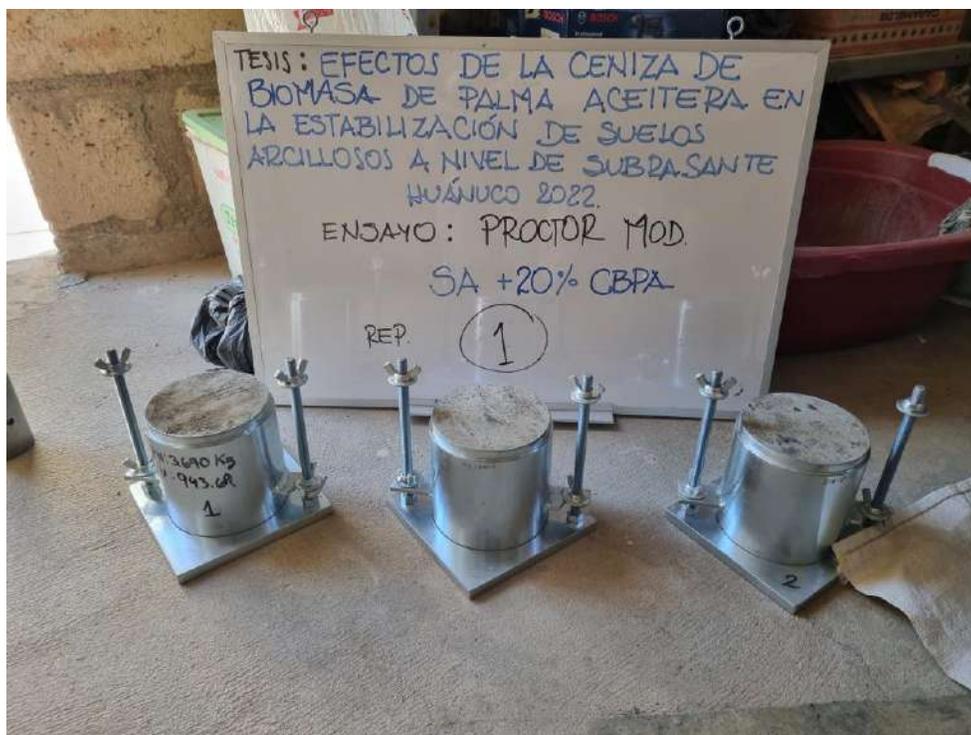
Fotografía 18. Preparación de moldes para el ensayo Proctor Modificado



Fotografía 19. Molde Tratamiento 1- SA+0%CBPA



Fotografía 20. Moldes- Tratamiento 2- SA+15%CBPA



Fotografía 21. Moldes- Tratamiento 3- SA+20%CBPA



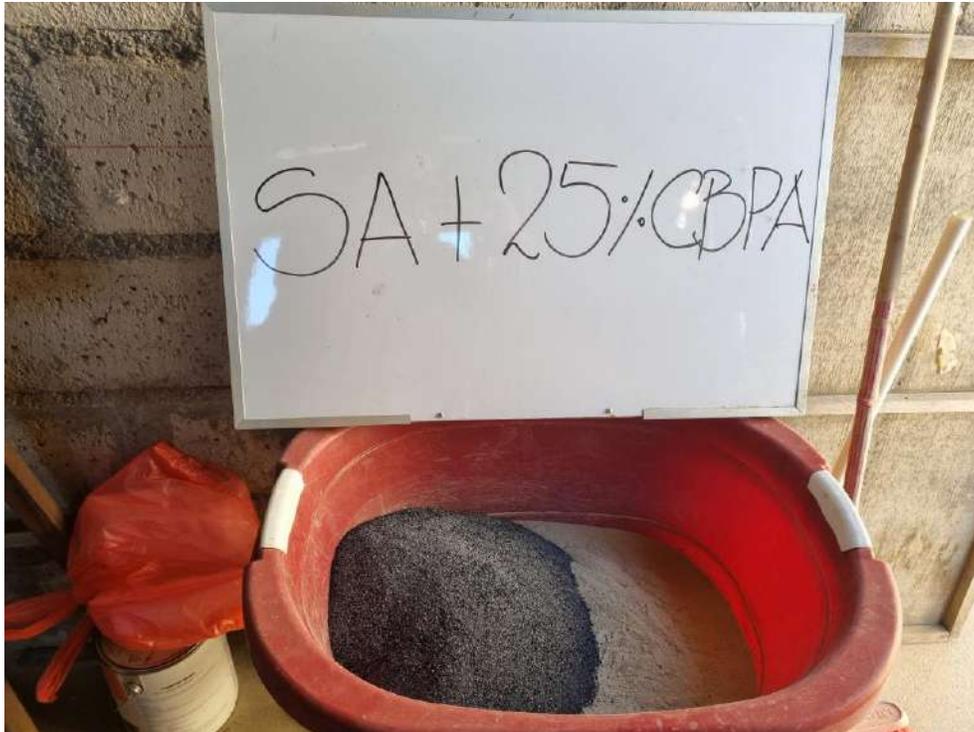
Fotografía 22. Moldes- Tratamiento 4- SA+25%CBPA



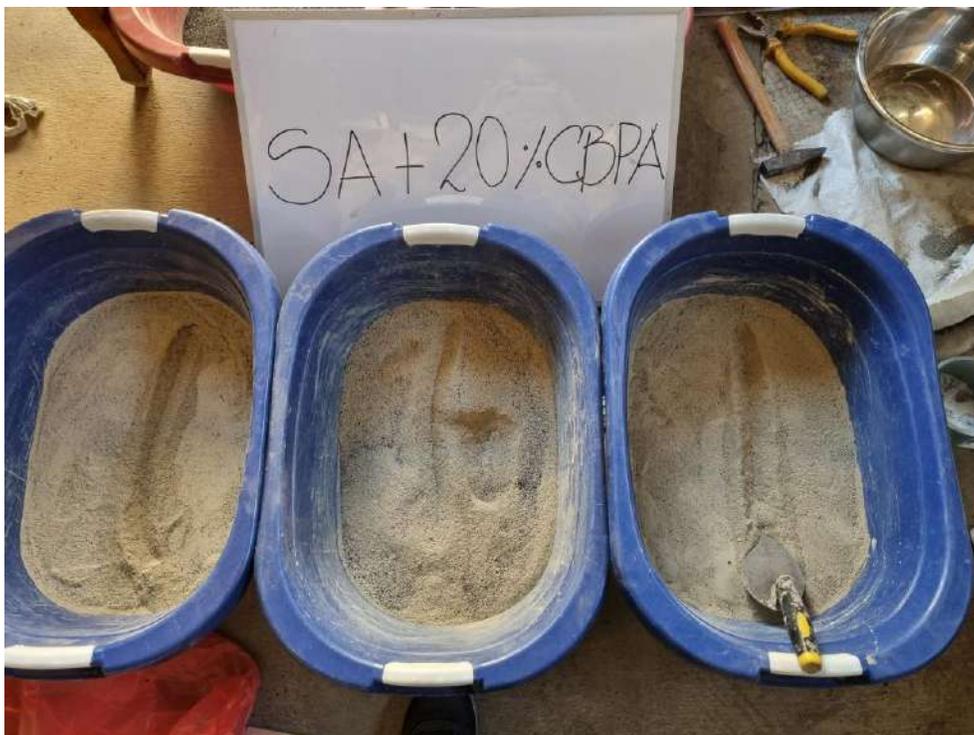
Fotografía 23. Textura de muestra ensayada.



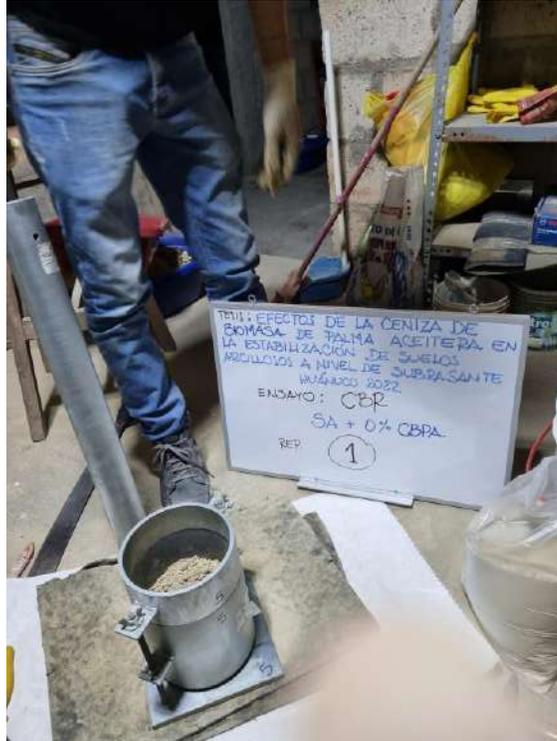
Fotografía 24. Dosificación para moldes de ensayo CBR



Fotografía 25. Dosificación para Tratamiento 4-SA+25%CBPA



Fotografía 26. Dosificación para Tratamiento 3-SA+20%CBPA



Fotografía 27. Preparación de Moldes para ensayo CBR



Fotografía 28. Moldes durante el proceso de saturación de muestras-Tratamiento 1



Fotografía 29. Moldes ensayados a 56, 25 y 12 golpes-Tratamiento 2



Fotografía 30. Moldes ensayados a 56, 25 y 12 golpes-Tratamiento 3



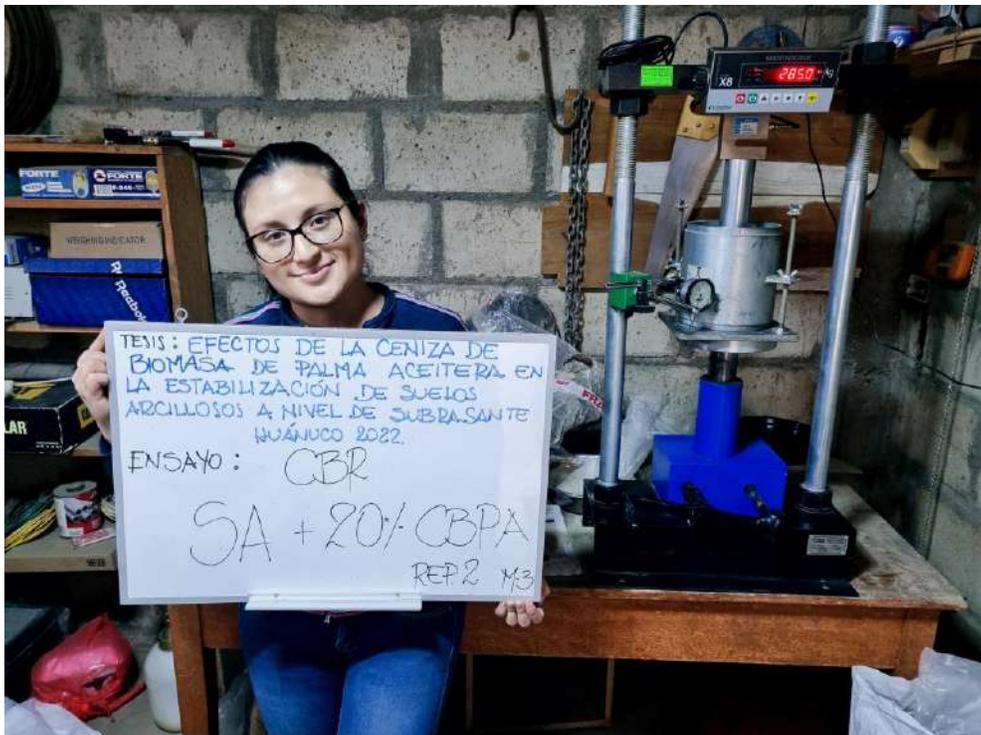
Fotografía 31. Moldes durante el proceso de saturación de muestras-Tratamiento 4



Fotografía 32. Ensayo de moldes en la prensa-Tratamiento 1



Fotografía 33. Ensayo de moldes en la prensa-Tratamiento 2



Fotografía 34. Ensayo de moldes en la prensa-Tratamiento 3



Fotografía 35. Ensayo de moldes en la prensa-Tratamiento 4

AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DIGITAL Y DECLARACIÓN JURADA DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN PARA OPTAR UN GRADO ACADÉMICO O TÍTULO PROFESIONAL

1. Autorización de Publicación: (Marque con una "X")

Pregrado	X	Segunda Especialidad		Posgrado:	Maestría		Doctorado	
----------	---	----------------------	--	-----------	----------	--	-----------	--

Pregrado (tal y como está registrado en **SUNEDU**)

Facultad	INGENIERIA CIVIL Y ARQUITECTURA
Escuela Profesional	INGENIERIA CIVIL
Carrera Profesional	INGENIERIA CIVIL
Grado que otorga	
Título que otorga	INGENIERO CIVIL

Segunda especialidad (tal y como está registrado en **SUNEDU**)

Facultad	-
Nombre del programa	-
Título que Otorga	-

Posgrado (tal y como está registrado en **SUNEDU**)

Nombre del Programa de estudio	-
Grado que otorga	-

2. Datos del Autor(es): (Ingrese todos los datos requeridos completos)

Apellidos y Nombres:	LAOS ELERA, Claudia Gabriela.							
Tipo de Documento:	DNI	X	Pasaporte		C.E.		Nro. de Celular:	954436804
Nro. de Documento:	70320292					Correo Electrónico:	cgabriela.le@gmail.com	

Apellidos y Nombres:	-							
Tipo de Documento:	DNI		Pasaporte		C.E.		Nro. de Celular:	-
Nro. de Documento:	-					Correo Electrónico:	-	

Apellidos y Nombres:	-							
Tipo de Documento:	DNI		Pasaporte		C.E.		Nro. de Celular:	-
Nro. de Documento:	-					Correo Electrónico:	-	

3. Datos del Asesor: (Ingrese todos los datos requeridos completos según DNI, no es necesario indicar el Grado Académico del Asesor)

¿El Trabajo de Investigación cuenta con un Asesor?: (marque con una "X" en el recuadro del costado, según corresponda)	SI		NO					
Apellidos y Nombres:	CÓRDOVA FACUNDO, Carlos Enrique				ORCID ID:	https://orcid.org/0000-0003-2980-5876		
Tipo de Documento:	DNI	x	Pasaporte		C.E.		Nro. de documento:	22521641

4. Datos del Jurado calificador: (Ingrese solamente los Apellidos y Nombres completos según DNI, no es necesario indicar el Grado Académico del Jurado)

Presidente:	ZEVALLOS HUARANGA, Jorge.
Secretario:	TANGO BERNARDO, Earle
Vocal:	RIVERA VIDAL, Jim Arturo
Vocal:	-
Vocal:	-
Accesitario	TORRES PONCE, Carlos Antonio

5. Declaración Jurada: (Ingrese todos los **datos** requeridos **completos**)

a) Soy Autor (a) (es) del Trabajo de Investigación Titulado: (Ingrese el título tal y como está registrado en el Acta de Sustentación)
"EFECTOS DE LA CENIZA DE BIOMASA DE PALMA ACEITERA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS A NIVEL DE SUBRASANTE, HUÁNUCO 2022"
b) El Trabajo de Investigación fue sustentado para optar el Grado Académico ó Título Profesional de: (tal y como está registrado en SUNEDU)
TITULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL
c) El Trabajo de investigación no contiene plagio (ninguna frase completa o párrafo del documento corresponde a otro autor sin haber sido citado previamente), ni total ni parcial, para lo cual se han respetado las normas internacionales de citas y referencias.
d) El trabajo de investigación presentado no atenta contra derechos de terceros.
e) El trabajo de investigación no ha sido publicado, ni presentado anteriormente para obtener algún Grado Académico o Título profesional.
f) Los datos presentados en los resultados (tablas, gráficos, textos) no han sido falsificados, ni presentados sin citar la fuente.
g) Los archivos digitales que entrego contienen la versión final del documento sustentado y aprobado por el jurado.
h) Por lo expuesto, mediante la presente asumo frente a la Universidad Nacional Hermilio Valdizan (en adelante LA UNIVERSIDAD), cualquier responsabilidad que pudiera derivarse por la autoría, originalidad y veracidad del contenido del Trabajo de Investigación, así como por los derechos de la obra y/o invención presentada. En consecuencia, me hago responsable frente a LA UNIVERSIDAD y frente a terceros de cualquier daño que pudiera ocasionar a LA UNIVERSIDAD o a terceros, por el incumplimiento de lo declarado o que pudiera encontrar causas en la tesis presentada, asumiendo todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse de ello. Asimismo, por la presente me comprometo a asumir además todas las cargas pecuniarias que pudieran derivarse para LA UNIVERSIDAD en favor de terceros con motivo de acciones, reclamaciones o conflictos derivados del incumplimiento de lo declarado o las que encontraren causa en el contenido del trabajo de investigación. De identificarse fraude, piratería, plagio, falsificación o que el trabajo haya sido publicado anteriormente; asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndome a la normatividad vigente de la Universidad Nacional Hermilio Valdizan.

6. Datos del Documento Digital a Publicar: (Ingrese todos los **datos** requeridos **completos**)

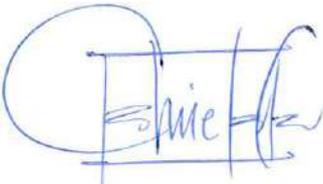
Ingrese solo el año en el que sustentó su Trabajo de Investigación: (Verifique la Información en el Acta de Sustentación)			2022
Modalidad de obtención del Grado Académico o Título Profesional: (Marque con X según Ley Universitaria con la que inició sus estudios)	Tesis	<input checked="" type="checkbox"/>	Tesis Formato Artículo
	Trabajo de Investigación	<input type="checkbox"/>	Trabajo de Suficiencia Profesional
	Trabajo Académico	<input type="checkbox"/>	Otros (especifique modalidad)
Palabras Clave: (solo se requieren 3 palabras)	ESTABILIZACIÓN	SUELO ARCILLOSO	PALMA ACEITERA

Tipo de Acceso: (Marque con X según corresponda)	Acceso Abierto	<input checked="" type="checkbox"/>	Condición Cerrada (*)	<input type="checkbox"/>
	Con Periodo de Embargo (*)	<input type="checkbox"/>	Fecha de Fin de Embargo:	<input type="text"/>

¿El Trabajo de Investigación, fue realizado en el marco de una Agencia Patrocinadora? (ya sea por financiamientos de proyectos, esquema financiero, beca, subvención u otras; marcar con una "X" en el recuadro del costado según corresponda):	SI	<input type="checkbox"/>	NO	<input checked="" type="checkbox"/>
Información de la Agencia Patrocinadora:	<input type="text"/>			

El trabajo de investigación en digital y físico tienen los mismos registros del presente documento como son: Denominación del programa Académico, Denominación del Grado Académico o Título profesional, Nombres y Apellidos del autor, Asesor y Jurado calificador tal y como figura en el Documento de Identidad, Título completo del Trabajo de Investigación y Modalidad de Obtención del Grado Académico o Título Profesional según la Ley Universitaria con la que se inició los estudios.

A través de la presente. Autorizo de manera gratuita a la Universidad Nacional Hermilio Valdizán a publicar la versión electrónica de este Trabajo de Investigación en su Biblioteca Virtual, Portal Web, Repositorio Institucional y Base de Datos académica, por plazo indefinido, consintiendo que con dicha autorización cualquier tercero podrá acceder a dichas páginas de manera gratuita pudiendo revisarla, imprimirla o grabarla siempre y cuando se respete la autoría y sea citada correctamente. Se autoriza cambiar el contenido de forma, más no de fondo, para propósitos de estandarización de formatos, como también establecer los metadatos correspondientes.

Firma: 		
Apellidos y Nombres:	LAOS ELERA CLAUDIA GABRIELA	Huella Digital
DNI:	70320292	
Firma:		Huella Digital
Apellidos y Nombres:		
DNI:		Huella Digital
Firma:		
Apellidos y Nombres:		Huella Digital
DNI:		
Fecha: 30 de diciembre del 2022.		



ACTA DE SUSTENTACION VIRTUAL DE TESIS
PARA OPTAR EL TÍTULO DE INGENIERO CIVIL

En la ciudad universitaria de Cayhuayna, a los 20 días del mes de diciembre de 2022, siendo las 16:00 horas, se dará cumplimiento a la Resolución Virtual N°1243-2022-UNHEVAL-FICA-D (Designando a la Comisión de Revisión y sustentación de tesis) y la Resolución Virtual N°1292-2022-UNHEVAL-FICA-D, de fecha 15.DIC.2022 (Fijando fecha y hora de sustentación virtual de tesis), de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura y en concordancia con el Reglamento de Grados y Títulos, en virtud de la Resolución Consejo Universitario N°3412-2022-UNHEVAL (Título III - Aprobación del Trabajos de Investigación, Tesis, Tesis Proyectual..., en Acto Público Presencial o Virtual art. 77) y Resolución Consejo Universitario N° 2939-2022-UNHEVAL (se programe la sustentación de tesis de Pregrado de Manera Presencial), los Miembros del Jurado van a proceder a la evaluación de la sustentación de la Tesis Titulada: “ **EFFECTOS DE LA CENIZA DE BIOMASA DE PALMA ACEITERA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS A NIVEL DE SUBRASANTE, HUANUCO 2022**”, para optar el Título de Ingeniero Civil el Bachiller **CLAUDIA GABRIELA LAOS ELERA** de la carrera profesional de Ingeniería Civil, de la Facultad de Ingeniería Civil y Arquitectura.

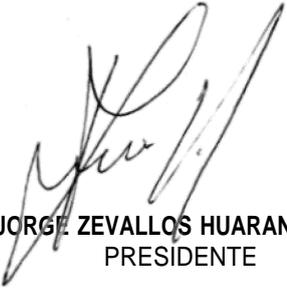
Finalizado el acto de sustentación virtual de tesis, se procedió a deliberar la calificación, obteniendo luego el resultado siguiente: CLAUDIA GABRIELA LAOS ELERA

APELLIDOS Y NOMBRES	DICTAMEN	NOTA	CALIFICATIVO
CLAUDIA GABRIELA LAOS ELERA	Aprobado	15	Bueno

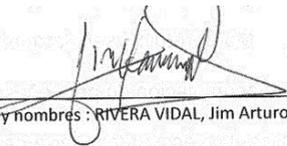
Dándose por finalizado dicho acto a las: 17.00 horas, del mismo día 20/12/2022 con lo que se dio por concluido, y en fe de lo cual firmamos.

OBSERVACIONES:

.....


Mg. JORGE ZEVALLOS HUARANGA
 PRESIDENTE


Mg. EARLE TANGOA BERNARDO
 SECRETARIO


 Firma: _____
 Apellidos y nombres: RIVERA VIDAL, Jim Arturo
 DNI : 22510037

Mg. JIM RIVERA VIDAL
 VOCAL



RESOLUCIÓN VIRTUAL N°1292-2022-UNHEVAL-FICA-D

Cayhuayna, 15 diciembre 2022

VISTO: La solicitud virtual enviada por correo, de fecha 14.DIC.2022, de la Bachiller de Ingeniería Civil **CLAUDIA GABRIELA LAOS ELERA**, pidiendo fecha y hora para sustentación de Tesis elaborado en el **PROFI**;

CONSIDERANDO:

Que, con solicitud virtual enviada por correo, de fecha 14.DIC.2022, de la Bachiller de Ingeniería Civil **CLAUDIA GABRIELA LAOS ELERA**, pidiendo fecha y hora para sustentación de Tesis titulada **EFFECTOS DE LA CENIZA DE BIOMASA DE PALMA ACEITERA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS A NIVEL DE SUBRASANTE, HUÁNUCO 2022**, elaborado en el **PROFI**;

Que, con Resolución Virtual N°1243-2022-UNHEVAL-FICA-D, de fecha 30.NOV.2022, se designo a la comisión de Revisar y Evaluar el Proyecto de Tesis elaborado en el **PROFI** a los docentes **PRESIDENTE:** Mg. Ing. Jorge Zevallos Huaranga, **SECRETARIO:** Mg. Ing. Earle Tangoa Bernardo, **VOCAL:** Mg. Ing. Jim Arturo Rivera Vidal, **ACCESITARIO:** Mg. Carlos Antonio Torres Ponce de la Tesis del Egresado de Ingeniería Civil **CLAUDIA GABRIELA LAOS ELERA**;

Que, con OFICIO No 81-2022 revisionTESIS-claudialaos elera- Jzh del Mg. Ing. Jorge Zevallos Huaranga, **INFORME N° 029 - 2022-ETB-UNHEVAL-FICA-HCO** del Mg. Ing. Earle Tangoa Bernardo, **CARTA N°006- REVISIÓN DE TESIS-CLAUDIA LAOS-JARV** del Mg. Ing. Jim Arturo Rivera Vidal, dan la conformidad a la tesis de la Bachiller de Ingeniería Civil **CLAUDIA GABRIELA LAOS ELERA**;

Que, mediante Resolución Consejo Universitario N° 3412 - 2022 - UNHEVAL, de fecha 24 de octubre del 2022 en el Capitulo IV - Título III - Tesis - Art. 44° Una vez que los miembros de Jurado de Tesis informen al Decano acerca de la suficiencia del trabajo de tesis para su sustentación, el interesado presentará una solicitud dirigida al Decano pidiendo se fije lugar, fecha y hora para el acto de sustentación...;

Estando a las atribuciones conferidas al Decano por Ley Universitaria N° 30220 y por el Estatuto de la UNHEVAL;

SE RESUELVE:

- 1° **SEÑALAR** Fecha y hora para la sustentación Virtual de la tesis titulada: **EFFECTOS DE LA CENIZA DE BIOMASA DE PALMA ACEITERA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS A NIVEL DE SUBRASANTE, HUÁNUCO 2022**, elaborado en el **PROFI** de la Bachiller de Ingeniería Civil **CLAUDIA GABRIELA LAOS ELERA**, para el **martes 20 diciembre 2022 a horas 16.00 pm**, en la plataforma virtual, por los considerandos anotados.

Regístrese, comuníquese y archívese.



Victor Manuel Goicochea Vargas
Victor Manuel Goicochea Vargas
DECANO

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

N°105-2022- DI/FICA

La directora de investigación de la Facultad de ingeniería Civil y Arquitectura de la Universidad Nacional Hermilio Valdizan de Huánuco

HACE CONSTAR que:

La Tesis titulada **"EFECTOS DE LA CENIZA DE BIOMASA DE PALMA ACEITERA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS A NIVEL DE SUBRASANTE, HUÁNUCO 2022"**, del (os) Bachiller (s) en Ingeniería Civil **CLAUDIA GABRIELA LAOS ELERA**, Cuenta con un índice de similitud del 11 % verificable en el Reporte de Originalidad del software antiplagio Turnitin. Luego del análisis se concluye que, cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio, por lo expuesto la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias, además de presentar un índice de similitud menor al 35% establecido en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Nacional Hermilio Valdizán.

Huánuco, 28 de diciembre del 2022



.....
Dra. Ana María Matos Ramírez
Directora de Investigación FICA

NOMBRE DEL TRABAJO

TESIS FINAL-CLAUDIA LAOS ELERA.pdf

RECUENTO DE PALABRAS

21579 Words

RECUENTO DE PÁGINAS

115 Pages

FECHA DE ENTREGA

Dec 26, 2022 3:22 PM GMT-5

RECUENTO DE CARACTERES

119014 Characters

TAMAÑO DEL ARCHIVO

4.3MB

FECHA DEL INFORME

Dec 26, 2022 3:24 PM GMT-5**● 11% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos

- 10% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 8% Base de datos de trabajos entregados
- 1% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 16 palabras)

● 11% de similitud general

Principales fuentes encontradas en las siguientes bases de datos:

- 10% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 8% Base de datos de trabajos entregados
- 1% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

FUENTES PRINCIPALES

Las fuentes con el mayor número de coincidencias dentro de la entrega. Las fuentes superpuestas no se mostrarán.

1	repositorio.ucv.edu.pe Internet	2%
2	repositorio.unheval.edu.pe Internet	1%
3	hdl.handle.net Internet	<1%
4	slideshare.net Internet	<1%
5	dspace.unitru.edu.pe Internet	<1%
6	repositorio.unprg.edu.pe Internet	<1%
7	repositorio.uancv.edu.pe Internet	<1%
8	Universidad Privada Antenor Orrego on 2018-08-31 Submitted works	<1%

9	Universidad Señor de Sipan on 2016-12-17	<1%
	Submitted works	
10	grafiati.com	<1%
	Internet	
11	repositorio.upla.edu.pe	<1%
	Internet	
12	repositorio.ug.edu.ec	<1%
	Internet	
13	Componente CRESCO Proyecto Título Cooperativo RCM-UCC on 2021-...	<1%
	Submitted works	
14	Universidad Pontificia Bolivariana on 2019-11-20	<1%
	Submitted works	
15	Universidad Abierta para Adultos on 2022-10-14	<1%
	Submitted works	
16	dspace.uce.edu.ec	<1%
	Internet	
17	paleodiversitas.org	<1%
	Internet	
18	Universidad Ricardo Palma on 2018-11-13	<1%
	Submitted works	
19	repositorio.une.edu.pe	<1%
	Internet	
20	proteccioncivil.es	<1%
	Internet	

21	Pontificia Universidad Catolica del Peru on 2016-11-18 Submitted works	<1%
22	repositorio.unasam.edu.pe Internet	<1%
23	Universidad Continental on 2019-09-17 Submitted works	<1%
24	Universidad de Guayaquil on 2022-10-23 Submitted works	<1%
25	repositorio.ucp.edu.pe Internet	<1%
26	repositorio.uss.edu.pe Internet	<1%
27	docplayer.es Internet	<1%
28	ciencia.lasalle.edu.co Internet	<1%
29	repositorio.upn.edu.pe Internet	<1%
30	Universidad Andina del Cusco on 2019-11-20 Submitted works	<1%
31	Universidad Autonoma de Chile on 2021-11-26 Submitted works	<1%
32	repositorio.unu.edu.pe Internet	<1%

33	Pontificia Universidad Catolica del Peru on 2022-02-28	<1%
	Submitted works	
34	Pontificia Universidad Catolica del Peru on 2022-09-04	<1%
	Submitted works	
35	junpalmaperu.org	<1%
	Internet	
36	repositorio.untrm.edu.pe	<1%
	Internet	
37	revistas.lamolina.edu.pe	<1%
	Internet	
38	Universidad de Huanuco on 2020-10-31	<1%
	Submitted works	
39	cybertesis.uni.edu.pe	<1%
	Internet	
40	Universidad Cesar Vallejo on 2019-08-02	<1%
	Submitted works	
41	Universidad Privada Antenor Orrego on 2019-04-15	<1%
	Submitted works	
42	bdigital.unal.edu.co	<1%
	Internet	
43	repositorio.lamolina.edu.pe	<1%
	Internet	
44	repositorio.uns.edu.pe	<1%
	Internet	