



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

Estabilización del suelo con fines de pavimentación del valle san Rafael con ceniza de Cáscara de arroz añadiendo 5%, 10% y 15%, Casma – Ancash - 2018.

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

AUTORES:

ROY ALDAIR, MALDONADO CHANG

DIEGO ALEJANDRO, SARRIN TUEROS

ASESOR:

ING. MANTILLA JACOBO, CARLOS SANTOS

LINEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de infraestructura vial

CHIMBOTE –PERÚ

2018

PAGINA DE JURADO

	UCV UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO	ACTA DE APROBACIÓN DE LA TESIS	Código : F07-PP-PR-02.02 Versión : 09 Fecha : 23-03-2018 Página : 1 de 50
---	--	---------------------------------------	--

El Jurado encargado de evaluar la tesis presentada por don(a) MALDONADO CHANG, ROY ALDAIR y SARRIN TUEROS, DIEGO ALEJANDRO cuyo título es: ESTABILIZACION DEL SUELO CON FINES DE PAVIMENTACION DEL VALLE SAN RAFAEL CON CENIZA DE CASCARA DE ARROZ AÑADIENDO 5%, 10% Y 15%, CASMA - ANCASH - 2018.

Reunido en la fecha, escuchó la sustentación y la resolución de preguntas por el/los estudiante(s), otorgándole(s) el calificativo de: ...16....(número) ...DIECISEIS.....(letras).

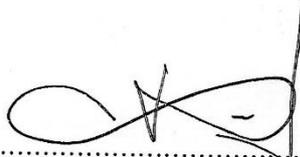
Chimbote, 12 de diciembre de 2018



.....
 Dr. CERNA CHAVEZ RIGOBERTO
 PRESIDENTE



.....
 Ing. MANTILLA JACOBO CARLOS SANTOS
 SECRETARIO



.....
 Mgtr. ROJAS SILVA VICTOR ROLANDO
 VOCAL

laboró	* Dirección de Investigación	Revisó	Representante de la Dirección / Vicerrectorado de Investigación y Calidad	Aprobó	Rectorado
--------	------------------------------	--------	---	--------	-----------

DEDICATORIA

Dedicamos el presente trabajo a nuestros padres y familiares, que nos apoyaron constantemente en la formación de nuestra formación profesional.

A nuestros docentes de la carrera profesional de ingeniería civil, que siempre nos apoyaron e inculcaron buenos valores para ser futuros profesionales.

Los Autores

AGRADECIMIENTO

Queremos agradecer primero a nuestros padres y familiares, que, gracias a su amor, fe y apoyo constante, en toda la etapa de nuestra formación profesional, por siempre inculcarnos buenos valores y por apoyarnos en los momentos difíciles.

A los docentes de la carrera profesional de ingeniería civil de la Universidad Cesar. A nuestro metodólogo, el Dr. Rigoberto Cerna Chávez, a nuestro asesor temático Mgtr. Carlos Santos Mantilla Jacobo, que gracias a sus experiencias y enseñanzas nos orientaron para la realización del presente trabajo.

Los Autores

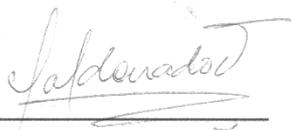
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo Maldonado Chang Roy Aldair con DNI N° 73110570 a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Cesar Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Civil, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica.

Así mismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad Cesar Vallejo.

Nuevo Chimbote, Diciembre del 2018.



Maldonado Chang Roy Aldair

DNI N° 73110570

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo Sarrin Tueros Diego Alejandro con DNI N° 72121122 a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Cesar Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Civil, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica.

Así mismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e información que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad Cesar Vallejo.

Nuevo Chimbote, Diciembre del 2018.



Sarrin Tueros Diego Alejandro

DNI N° 72121122

PRESENTACIÓN

Distinguidos miembros del Jurado:

En cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, presento ante ustedes la Tesis Titulada: " Estabilización del suelo con fines de pavimentación del valle san Rafael con ceniza de Cascara de arroz añadiendo 5%, 10% y 15%, Casma – Ancash - 2018" con el propósito de determinar la influencia de la Ceniza de Cáscara de Arroz en las propiedades del Suelo del Valle San Rafael, Casma.

En primer lugar, se encuentra la Introducción, donde se especifica la Realidad Problemática, Trabajos previos, Teorías relacionadas al tema, Formulación del problema, Justificación del estudio, Hipótesis y por último los Objetivos de la presente Investigación.

Posterior a ello se presenta el Método, donde da a conocer el Diseño de investigación, Variables y operacionalización, Población y muestra, Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad, Métodos de análisis de datos y Aspectos éticos.

Así mismo, se realizó el análisis y desarrollo de los objetivos para presentarlos en resultados. Del mismo modo se elaboró la Discusión, en donde se explica y discuten los resultados obtenidos con las teorías y antecedentes presentados.

Por último, se presenta las Conclusiones y Recomendaciones de la investigación que someto a vuestra consideración y espero cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil.

Los Autores

INDICE

PAGINA DE JURADO	ii
DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD	v
PRESENTACIÓN	vii
RESUMEN	xi
ABSTRACT	xii
I.- INTRODUCCIÓN	13
1.1. Realidad problemática	13
1.2. Trabajos previos	14
1.2.1 Trabajos Previos Internacionales	14
1.2.2 Trabajos Previos Nacionales	14
1.3. Teorías relacionadas al tema	16
1.3.1 Cáscara de arroz.....	16
1.3.2 Técnicas de análisis y caracterización de materiales	17
1.3.3 Suelos	18
1.3.4 Propiedades físicas del suelos	19
1.3.5 Propiedades mecánicas del suelo	21
1.3.6 Estabilización de suelos	21
1.4. Formulación del problema	24
1.5. Justificación del estudio	24
1.6. Hipótesis	24
1.7. Objetivos	24
1.7.1. Objetivo General:	24
1.7.2. Objetivos Específicos:	24
II.- MÉTODO	26
2.1. Diseño de Investigación	26
2.2. Variables, Operacionalización	26
2.2.1. Variables	26
2.2.2. Operacionalización	26
2.3. Población y muestra:	29
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos:	29
2.4.1. Procedimientos:.....	29

2.4.2. Validación:	39
2.5. Métodos de análisis de datos:.....	40
2.6. Aspectos éticos:	40
III.- RESULTADOS	41
GRAFICO N°1: Análisis de emisión del quemado	41
GRAFICO N°2: Analisis térmico diferencial ATD Y Análisis termicogravimético TGA .	42
GRAFICO N°3 Análisis químico de ceniza de cáscara de arroz	43
GRAFICO N°4: Análisis Granulométrico	44
GRÁFICO N° 5: Contenido de Humedad de las Calicatas	45
GRÁFICO N° 6: Límites de Atterberg de las Calicatas.....	46
GRÁFICO N° 7: Proctor Modificado Calicata 1	47
GRÁFICO N° 8: Proctor Modificado Calicata 3.....	49
GRÁFICO N° 9: CBR Calicata 1	51
GRÁFICO N° 10: CBR Calicata 3	53
IV. DISCUSION	55
V.- CONCLUSIONES	59
VI.- RECOMENDACIONES	61
VII.- REFERENCIAS	62
VIII.- ANEXOS	65

INDICE DE GRÁFICOS

GRAFICO N°1: Análisis de emisión del quemado	41
GRAFICO N°2: Analisis térmico diferencial ATD Y Análisis termicogravimético TGA	42
GRAFICO N°3 Análisis químico de ceniza de cáscara de arroz	43
GRAFICO N°4: Análisis Granulométrico.....	44
GRÁFICO N° 5: Contenido de Humedad de las Calicatas	45
GRÁFICO N° 6: Límites de Atterberg de las Calicatas	46
GRÁFICO N° 7: Proctor Modificado Calicata 1	47
GRÁFICO N° 8: Proctor Modificado Calicata 3	49
GRÁFICO N° 9: CBR Calicata 1	51
GRÁFICO N° 10: CBR Calicata 3.....	53

RESUMEN

La presente investigación lleva como título: "Estabilización del Suelo con fines de Pavimentación del Valle San Rafael con ceniza de Cáscara de arroz añadiendo 5%, 10% y 15%, Casma - Ancash - 2018. En donde la Investigación presenta las teorías relacionadas al tema que explican sobre la Ceniza de Cáscara de Arroz y sus propiedades químicas, las técnicas de análisis y caracterización de materiales, El suelo de fundación y la clasificación de suelos. Además, enmarca los ensayos para determinar las propiedades físicas y mecánicas del suelo, como: la granulometría, los límites de atterberg, el Proctor modificado y el CBR. De acuerdo con el método, se manipulará la variable independiente donde el tipo de investigación es no experimental, correlacional. Además, la población y muestra es el Área para trabajar de lo cual cuenta con un área de 16096 m². Así mismo los instrumentos de recolección de datos son protocolos estandarizados, de los cuales son los siguientes: MTC E107-2000 (Análisis granulométrico) ASTM D 422, MTC E110-2000 (Límite líquido de los Suelos) ASTM D 4318, MTC E111-2000 (Límite plástico, índice de plasticidad) ASTM D 4318, MTC E115-2000 (Proctor Modificado) ASTM D 1557, MTC E132-2000 (CBR de los suelos) ASTM D 1883. Por último, la investigación se concluye que la influencia de la ceniza de cáscara de arroz en las propiedades del suelo, logra mejorarlo considerablemente, ya que, de acuerdo con los resultados, se determinó que hay una mejora en la capacidad de soporte del suelo, convirtiéndolo en un suelo apto para ser usado como subrasante según los lineamientos establecidos por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

Palabras Clave: Estabilización de suelos, ceniza de cáscara de arroz, suelo de fundación.

ABSTRACT

The present research has the title: "Soil stabilization for San Rafael Valley paving purposes with rice husk ash adding 5%, 10% and 15%, Casma - Ancash - 2018. Where the Research presents the theories related to the topic that explain about the Rice Shell Ash and its chemical properties, the techniques of analysis and characterization of materials, the soil of foundation and the classification of soils, in addition, it frames the tests to determine the physical and mechanical properties of the soil, as : the granulometry, the limits of the atterberg, the modified Proctor and the CBR According to the method, the independent variable will be manipulated where the type of research is non-experimental, correlational. which has an area of 16096 m², and the data collection instruments are standardized and reliable protocols, of which the following: MTC E107-2000 (Granulometric Analysis) ASTM D 422, MTC E110-2000 (Liquid Soil Limit) ASTM D 4318, MTC E111-2000 (Plastic limit, plasticity index) ASTM D 4318, MTC E115-2000 (Proctor Modified) ASTM D 1557, MTC E132-2000 (CBR of soils) ASTM D 1883. Finally, the research concludes that the influence of rice husk ash on soil properties, significantly improves, since, according to the results, it was determined that there is an improvement in the soil support capacity, converting it into a good soil.

Key Words: Soil stabilization, rice husk ash, foundation soil.

I.- INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

La infraestructura vial es de vital importancia para el desarrollo de un país, ya que aumenta la eficiencia de los sectores productivos, como los son: las industrias, comercio, agricultura, comunicación. Por tal motivo esto genera el desarrollo tanto para los pueblos y regiones del país.

En el Perú la red vial está compuesta por más de 80 mil kilómetros de carreteras, pero la situación actual de esta infraestructura vial tiene deficiencia, de lo cual se invierte anualmente miles de millones de dólares. De este modo, en un país con un adecuado desarrollo en el transporte disminuiría el costo de traslado, mientras en regiones los caminos o tramos deteriorados incrementarían los costos. Por lo tanto es poco probable que los ciudadanos puedan conseguir una mejora económica.

Hoy en día se busca que la infraestructura vial permanezca operacional antes los diversos aspectos. Por ello es necesario realizar la estabilización del suelo, que nos ayudan a mejorar la capacidad portante del suelo y de este modo permitir una mejor inversión a largo plazo.

La infraestructura vial en el departamento de Ancash viene siendo un aspecto deficiente para el desarrollo de esta región, en donde influye negativamente a los sectores principales que esta región se abastece, como es la agricultura y su comercio. Así mismo la infraestructura vial de esta región se encuentra en un mal estado o en algunos pueblos no existe, por tal motivo a la ausencia de una infraestructura vial, los sectores no se desarrollarían eficientemente. El Valle de San Rafael no cuenta con vías de acceso pavimentadas lo cual genera un gran malestar a los agricultores y comerciantes que necesitan trasladar sus cargamentos de manera rápida para su distribución en el distrito.

Otro punto de quiebre en el malestar de las personas, es el material particulado que genera la movilización de diferentes tipos de transporte como los autos, camiones, camionetas que transitan por este valle, afectando la salud de las personas.

Con la mejora de las vías de acceso dentro de este sector de San Rafael, generaría un desarrollo socio-económico importante dentro del distrito, sabiendo que el mayor ingreso económico del lugar es la agricultura.

Para la presente investigación es necesario utilizar la estabilización de suelos con ceniza de cascara de arroz en el suelo del valle san Rafael, añadiendo 5%, 10% y 15%, con la finalidad de determinar la influencia de la ceniza de cascara de arroz en las propiedades del suelo.

1.2. Trabajos previos:

1.2.1 Trabajos Previos Internacionales:

Ramos M. e Illidge D. (2011) En la Tesis titulada “Análisis de modificación de un suelo altamente plástico adicionando cascarilla de arroz y ceniza volante en subrasante de un pavimento”.

Plantea como objetivo: Analizar las propiedades de un suelo altamente plástico, con ceniza volante y cascara de arroz, para su función como subrasante de un pavimento.

En donde emplea la metodología: Realización de actividades técnicas con la finalidad de obtener datos, para el uso de la evaluación del cambio volumétrico en suelos arcillosos, en donde se clasifico el tipo de arcilla según AASHTO mediante diferentes ensayos normados por el Invías 2013.

Y concluye diciendo: Los resultados obtenidos de acuerdo a la metodología empleado, en donde se realizó la mezcla de un óptimo porcentaje de cascarilla de arroz y ceniza volante con un suelo arcilloso clasificado según AASHTO, fueron favorables, ya que influyó positivamente a la resistencia del suelo, reducción en la plasticidad del suelo, aumento a la resistencia contra los esfuerzo cíclicos y reducción en las deformaciones.

1.2.2 Trabajos Previos Nacionales:

- Llamoga L. (2017) En la Tesis titulada “Evaluación del potencial de expansión y capacidad portante de los suelos arcillosos usados en subrasantes al adicionar ceniza de cascara de arroz, Cajamarca 2016”.

Plantea como objetivo: Evaluar el potencial de expansión y la capacidad portante del suelo arcilloso usados en sub-rasantes al adicionar ceniza de cascarilla de arroz en los porcentajes de 4%,7% y10%.

En donde emplea la metodología: Realización de una determinada situación control, en donde se manipulará intencionalmente el porcentaje de ceniza de cascara de arroz.

Y concluye diciendo: Los resultados obtenidos de los valores máximos de CBR se lograron con un contenido del 4 % y 7% de ceniza; el CBR se incrementó de 2.85% a 4.52% para un contenido de ceniza del 4%; de igual forma para un contenido de ceniza del 7%, el CBR se incrementó de 2.85% a 7.8%; sin embargo al igual que en la expansión para un contenido del 10% de ceniza, el CBR disminuyó del 2.85% a 2.00%.

- Castro A. (2017) En la Tesis titulada “Estabilización de suelos arcillosos con ceniza de cascara de arroz para el mejoramiento de subrasante”.

Plantea como objetivo: Determinar si la ceniza de cáscara de arroz puede ser usada como material estabilizante de los suelos arcillosos empleándolos a nivel de subrasante de un pavimento.

Y concluye diciendo: El valor CBR aumenta para las dos combinaciones planteadas, no obstante, las combinaciones de suelo arcilloso, ceniza de cáscara de arroz y cal nos permite obtener valores más altos de capacidad de soporte de resistencia, incrementando el valor de CBR al 100% de la máxima densidad seca del Proctor modificado de 5% hasta 38.5%, es decir, aumenta 6 veces. Esto aumento se logró con un contenido del 20% de ceniza de cáscara de arroz.

1.3. TEORÍAS RELACIONADAS AL TEMA

1.3.1 CÁSCARA DE ARROZ:

1.3.1.1. DENOMINACIÓN DE CÁSCARA DE ARROZ:

Científicamente se le denomina a la planta de arroz como: *Orizac sativa*, en donde esta corresponde a la familia de las gramíneas, además está compuesta por cuatro componentes principales: endospermo, germen, pajilla y cutícula. La parte más rica en nutrientes es el germen, de las cuales sus propiedades son: enzimas, aminoácidos y ácidos grasos, todo esto constituye a la parte germinal con lo cual se da el crecimiento del grano (Ahumada y Rodríguez, 2006, p.582).

La cascara de arroz en el proceso de calcinación reduce su volumen provocando humos contaminantes. Como combustible genera calor por su alto grado calorífico. La ceniza resultante tiene un porcentaje de sílice mayor al 90%. Es por eso que es una gran fuente potencial de sílice. Además entre las principales impurezas que tiene la sílice son: magnesio, calcio, potasio, manganeso y como secundarias se encuentran el aluminio, boro, hierro y fósforo (Ahumada y Rodríguez, 2006, p.582).

1.3.1.2. LA CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ

Durante el proceso de calcinación la cascara de arroz produce una alta cantidad de ceniza, de lo cual se encuentra entre el 13% y 29% del peso inicial, de acuerdo a esto su composición es de sílice entre 87% y 97%, y pequeñas cantidades de sales inorgánicas. Así mismo mediante reflujos en medio ácidos pueden eliminar a las sales inorgánicas, ya que estos son impurezas. Además la cascara de arroz tiene cerca de un 85% de material orgánico de las cuales son: D-xylose, lignina, celulosa y cantidades pequeñas de D-galactose (Arcos, Macíaz y Rodríguez, 2007, p.8).

1.3.1.3. PROPIEDADES FÍSICAS DE LA CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ:

La cascara de arroz recubre naturalmente al grano con el fin de protegerlo del ambiente. Así mismo es una fibra corta y que varía su longitud entre 5 y 11 mm dependiendo de la especie, otro rasgo físico de la cascara de arroz, es que su estructura es ondulada y de rasgo superficial irregular. Por otro lado tiene propiedades abrasivas como: 6 en la escala de Mohs en estado natural. Una característica principal de la cáscara de arroz (CA) es su poder calorífico, ya que éste influirá en la obtención de la sílice (L. Llamoga, 2017, p.27).

1.3.1.4. PROPIEDADES QUÍMICAS DE LA CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ:

Dentro de las propiedades químicas de la CCA encontramos que tiene un alto porcentaje de sílice (Salas, Castillo, Sánchez y Veras, 1986, p.29).

De acuerdo con la composición química de la Ceniza se destaca un apreciable contenido de sílice, de lo cual se considera absolutamente normal (Salas, Castillo, Sánchez y Veras, 1986, p.29).

1.3.2 TÉCNICAS DE ANÁLISIS Y CARACTERIZACIÓN DE MATERIALES:

1.3.2.1 ANÁLISIS TÉRMICO DIFERENCIAL:

El análisis térmico diferencial (DTA), se basa en registrar la temperatura de una muestra y comparación con la de un material térmicamente inerte cuando la muestra es calentada o enfriada a una velocidad constante en una atmósfera controlada. Los cambios de temperatura en la muestra con respecto a la referencia se deben a los procesos exotérmicos o endotérmicos que tienen lugar en ella, como los producidos por fusión, ebullición, sublimación, reacciones químicas de deshidratación, reducción o cambios de fase, darán lugar a efectos endotérmicos, mientras que reacciones de oxidación,

descomposición o procesos de adsorción producirán efectos exotérmicos. Como consecuencia de estos procesos se obtiene un termograma diferencial en el que se registra la diferencia de temperatura entre la muestra y la referencia frente a la temperatura del sistema, que se va modificando. (Faraldas y Goberna, 2011, p. 669).

1.3.2.2 ANÁLISIS QUÍMICO:

El análisis químico de una muestra comprende la determinación cualitativa y cuantitativa de uno, varios o todos los elementos que la constituyen, tanto si se encuentran a nivel mayoritario como minoritario o en trazas. La caracterización cualitativa de los elementos que componen un material o una disolución se puede abordar por varios modos instrumentales, pero su cuantificación queda limitada a aquellas cuya señal específica es proporcional a la concentración atómica y permite elaborar las correspondientes curvas de calibración. (Faraldas y Goberna, 2011, p. 201).

1.3.3 SUELOS:

Los suelos de fundación son capas ubicadas a nivel de terreno natural del suelo, preparada y compactada para resistir las cargas a las que son sometidas.

Se estima como materiales adecuado para el nivel subrasante, suelos con un California Bearing Ratio (CBR) mayor o igual al 6%. Por otro lado, si la subrasante es menor, se ejecutara a la estabilización del suelos, por tal motivo se buscarán alternativas de solución, según la naturaleza del suelo, y de este modo existen las estabilización mecánica, química de suelos, con geo sintéticos, reemplazo de suelo de cimentación, elevación de rasante, y así mismo se escogerá la más factible económica y técnicamente (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2013, p.46).

1.3.4 PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELOS:

1.3.4.1 CLASIFICACIÓN AASHTO:

Es un indicador universal en donde define las propiedades físicas del suelo. Además AASHTO es la clasificación más adaptada para demostrar las propiedades de un suelo como subrasante. Y así mismo la granulometría y plasticidad son sus variables (O. Cordo, 2006, p.61).

a) **SUELOS GRANULARES:** Son los suelos que en sus propiedades físicas contienen 35% o menos, de material fino, este material pasa por el tamiz N° 200 (O. Cordo, 2006, p.61).

i) **GRUPO A1:** Este material está comprendido por las mezclas bien graduadas, constituido por fragmentos de piedras, arena y grava (O. Cordo, 2006, p.61).

SUB GRUPO A1a: Son los materiales que están formados por piedra o grava, con o sin material ligante, este tipo de material son bien graduados (O. Cordo, 2006, p.61).

SUB GRUPO A1b: Son aquellos materiales que generalmente está compuesto por arena gruesa bien graduada, con o sin ligante (O. Cordo, 2006, p.61).

ii) **GRUPO A-2:** Está conformado por una gran variedad del material granular que tiene menos del 35% del material fino (O. Cordo, 2006, p.61).

SUB GRUPO A2-4 y A2-5: Corresponde a estos subgrupos los materiales que contienen material fino igual o menor del 35% y dicha fracción pasa por el tamiz número 40, además tiene similitud característicamente con los suelos A-4 y A-5, en donde también se incluyen las arenas de río que estén conformado con poca presencia grava y arena gruesa (O. Cordo, 2006, p.61).

b) **SUELOS FINOS:** Este tipo de suelo se caracteriza por tener más de 35% de material fino que pasa por el tamiz N° 200. Aquellos suelos forman parte de los grupos A-4, A-5, a-6, y A-7 (O. Cordo, 2006, p.61).

i) **GRUPO A-4:** Corresponden aquellos suelos limosos con poco o sin plasticidad, que tengan 75% o más de material fino. Además a este grupo se incluye las mezclas de limo con grava y arena hasta 64% (O. Cordo, 2006, p.61).

ii) **GRUPO A-5:** Los suelos de este grupo son semejantes a los del anterior, a diferencia que este grupo contiene material diatomáceo. Son elásticos y también contiene un límite líquido elevado (O. Cordo, 2006, p.61).

iii) **GRUPO A-6:** Los suelos que pertenecen a este grupo es de arcilla plástica. En donde deben pasar por el tamiz número 200 menos del 75%. Además el suelo arcillo-arenosas se incluyen, solo si el porcentaje de arena y el porcentaje de grava sea inferior al 64%. De este modo estos materiales, presentan cambios de volumen entre el estado húmedo y seco (O. Cordo, 2006, p.61).

1.3.4.2 PLASTICIDAD:

Es una propiedad del suelo, en donde la estabilidad es representada hasta cierto límite de humedad sin disgregarse, por tal motivo la estabilidad del suelo, está en función de sus elementos finos y no de los elementos gruesos. Así mismo no se puede apreciar esta característica mediante el análisis granulométrico, y por eso se necesita realizar los Límites de Atterberg (MTC, 2013, p.36).

Los límites de Atterberg determinan la sensibilidad del suelo con relación a la humedad, especificando los límites correspondientes a tres estados de consistencia de acuerdo a la humedad puede presentarse un suelo plástico, sólido o líquido. Así mismo estos límites miden la cohesión del suelo y son: el límite líquido, el límite plástico y límite de contracción (MTC, 2013, p.36).

a) Límite-Líquido (LL): El suelo cambia de un estado semi-líquido a un estado plástico, de acuerdo a eso el suelo llega a moldearse.

b) Límite-Plástico (LP): Un determinado suelo se está en un estado plástico y cambia a un estado semi-sólido llegando a romperse.

c) Límite de Contracción: El suelo se encuentra en un estado semi-sólido y cambia a un estado sólido, llegando a contraerse.

Índice de Plasticidad: Su definición se puede tomar como la diferencia del Límite líquido y el límite plástico.

1.3.5 PROPIEDADES MECÁNICAS DEL SUELO:

1.3.5.1 CAPACIDAD DE SOPORTE

Se refiere a la capacidad de resistencia que presenta a las deformaciones bajo la aplicación de cargas.

Presentan factores que intervienen en la capacidad de soporte de los suelos como la resistencia del esfuerzo cortante, éste depende de la densidad y su humedad, para poder conocer esta capacidad de soporte es necesario realizar ensayos (CBR) simulando la aplicación de cargas sobre estos suelos (Kraemer, Pardillo, Rocci, Romana y Blanco, 2004, p.349).

1.3.5.2 RELACION ENTRE HUMEDAD Y DENSIDAD

En suelo Compactado, la relación entre humedad y densidad es muy importante de acuerdo a sus propiedades, principalmente en su resistencia y deformabilidad. De este modo está definido los ensayos Proctor T-99 y T-180, que determinan la humedad óptimo, en otras palabras la densidad máxima que alcanza el suelo y presenta sus mejores propiedades mecánicas (O. Cordo, 2006, p.62).

1.3.6 ESTABILIZACIÓN DE SUELOS:

Está definido como el mejoramiento de sus propiedades físicas de un determinado suelo, mediante métodos mecánicos e incorporación de productos químicos, sintéticos o naturales (MTC, 2013, p.107).

La estabilización del suelo radica en proporcionar mejoras en la resistencia mecánica y dichas propiedades mantenerlas permanentemente. Existen diversas técnicas, de las cuales van desde la incorporación de otro suelo, como también la incorporación de uno o más agentes estabilizante. Así mismo cualquier mecanismo de estabilización de suelo realizado, se procede a la compactación (MTC, 2013, p.107).

1.3.6.1 TIPOS DE ESTABILIZACIÓN DE SUELOS

a) Estabilización Física:

Este método es realizado con fin de mejorar el suelo, realizando cambios físicos en el suelo (De la Cruz y Salcedo, 2016, p.24).

Mezclas de suelos, Es un método de estabilización de uso amplio, pero no logra a los efectos correspondientes, por tal motivo se requiere de por lo menos la compactación como complemento (De la Cruz y Salcedo, 2016, p.24).

Las arcillas, una de sus propiedades es la cohesión y muy poca fricción lo que ocasiona la perdida de estabilidad cuando hay humedad (De la Cruz y Salcedo, 2016, p.24).

La adecuada mezcla de estos dos tipos de suelo, se obtiene el resultado de un material estable, con lo cual se puede aprovechar la fricción interna de uno y la cohesión del otro, con la finalidad de que sus particulares se mantengan unidos (De la Cruz y Salcedo, 2016, p.24).

b) Estabilización Química:

Se define esta estabilización a la utilización de sustancias algunas químicas patentizadas, en donde el uso involucra la sustitución de iones metálicos provocando cambios en la constitución del suelo involucrado (De la Cruz y Salcedo, 2016, p.25).

c) Estabilización Mecánica:

Es aquella estabilización que no se produce reacciones químicas de importancia para poder mejorar considerablemente (Llique, 2014, p.30).

1.3.6.2 CRITERIOS PARA LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS:

Se denomina suelos adecuado para la capa de subrasante, cuando el CBR del suelo es mayor que el 6%. Por lo contrario, si el suelo presenta menos de lo indicado o presencia de zonas húmedas, es motivo de la realización de un estudio especial con el fin de estabilizarlo, mejorarlo o reemplazarlo, siendo el ingeniero civil el único responsable para analizar diversas alternativas de solución o estabilización (MTC, 2013, p.107).

a) Si la capa de subrasante es limosa o arcillosa, y al momento de humedecer el suelo las partículas del material penetren, se realizara la proyección de una capa de un material anticontaminante mínimo de 10cm o un geo textil (MTC, 2013, p.108).

b) La subrasante a nivel de superficie deberá quedar por arriba del nivel de la napa freática con un mínimo de 60 cm, cuando sea una subrasante extraordinaria y muy buena; a 80 cm cuando se encuentre una subrasante buena y regular; 1 m cuando se encuentre una subrasante pobre; y 1.20 m por último cuando se encuentre una subrasante inadecuada, se realizara la colocación de sub drenes y capas de anticontaminantes o se elevara la rasante hasta un nivel adecuado (MTC, 2013, p.108).

c) Factores que se toman en cuenta para la selección del método de estabilización: Uso propuesto del suelo estabilizado, costos comparativos, disponibilidad del equipo adecuado que se cuenta, disponibilidad del tipo de aditivo y tipo de suelo a estabilizar (MTC, 2013, p.109).

1.4. Formulación del problema

¿Cómo influye la variación de porcentajes de ceniza de cascara de arroz al 5%, 10% y 15% en la estabilización del suelo del valle de San Rafael?

1.5. Justificación del estudio

La Presente Tesis se basa principalmente en evaluar la influencia en las propiedades del suelo del valle de san Rafael, con una estabilización química, en donde se incorpora la ceniza de cascara de arroz, con lo cual este está compuesto de dióxido de silicio que es un cementante, en donde mejoraría las propiedades del suelo, por lo tanto una mejor capacidad portante. Por tal motivo, nos parece fundamental la estabilización del suelo para poder lograr que se encuentre en óptimas condiciones, con el fin de realizar una pavimentación, en una zona donde la comunicación vial es inadecuada, por lo tanto influye negativamente en la mejora económica de la población.

1.6. Hipótesis

La ceniza de cáscara de arroz influye significativamente en la estabilización del suelo del valle san Rafael, debido al elevado porcentaje de óxido de silicio (SiO_2), que es un cementante.

1.7. Objetivos

1.7.1. Objetivo General:

Evaluar la influencia en las propiedades del suelo del valle San Rafael al adicionar ceniza de cascara de arroz con los porcentajes de 5%, 10% y 15%.

1.7.2. Objetivos Específicos:

Determinar la Temperatura de Activación de la Cascara de Arroz mediante el Análisis Térmico Diferencial.

Determinar las propiedades químicas de la ceniza de cáscara de arroz.

Determinar las propiedades mecánicas y físicas del suelo a nivel de terreno de fundación en el Valle San Rafael.

Determinar la humedad óptima de compactación y la densidad máxima seca del suelo al adicionar ceniza de cáscara de arroz al 5%, 10% y 15%.

Determinar la capacidad de soporte del suelo al aplicar ceniza de cáscara de arroz al 5%, 10% y 15%.

II.- MÉTODO

2.1. Diseño de Investigación

En el presente estudio se buscó evaluar la correlación de dos variables: porcentaje de ceniza de cascara de arroz y la estabilización del suelo del valle de San Rafael.



M1: Muestra a utilizar de la investigación

Suelos

Xi: Variables Independientes

Ceniza de cascara de arroz (5%, 10% y 15%).

O1: Resultados.

Yi: Variables Dependientes

Estabilización del Suelo.

2.2. Variables, Operacionalización

2.2.1. Variables

De acuerdo a la metodología de investigación, las variables son:

Variable Independiente

Ceniza de cáscara de arroz

Variable dependiente

Estabilización del suelo

2.2.2. Operacionalización

Variable	Definición conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de Medición
<p>Independiente.</p> <p>Ceniza de cáscara de Arroz</p>	<p>Cantidad de ceniza de cáscara de Arroz, con lo cual se aplicará como estabilizante en un suelo, buscando mejorar su CBR y poder ser utilizado para futuros proyectos de pavimentación.</p>	<p>Se procederá con la calcinación de la cáscara de arroz de acuerdo a la temperatura ideal, con la finalidad de obtener un porcentaje de sílice adecuado para la estabilización, luego de esto se iniciará el mezclado con el suelo para su estabilización. En donde se utilizará los porcentajes del estudio: 5%, 10% y 15%.</p>	<p>Análisis Térmico Diferencial</p> <p>Cantidad de Ceniza de Cáscara de Arroz (5%, 10% y 15%) de la muestra a estabilizar</p> <p>Propiedades Químicas</p>	<p>Temperatura de Activación (C°)</p> <p>5%, 10% y 15% de ceniza de cascara de Arroz</p> <p>Porcentaje de las propiedades de la Ceniza.</p>	<p>Razón</p>

<p>Dependiente</p> <p>Estabilización de Suelo</p>	<p>Mejorar las propiedades de un determinado suelo, por medio de un agente estabilizador.</p>	<p>Posteriormente de realizar la estabilización de la muestra del suelo, se iniciará la medición de las propiedades del suelo, como: la densidad máxima seca y el índice de CBR del suelo.</p>	<p>Propiedades del Suelo</p>	<p>Granulometría</p> <p>Contenido de Humedad</p> <p>Límite Líquido</p> <p>Límite Plástico</p> <p>Proctor Modificado</p> <p>Ensayo de CBR</p>	<p>Nominal</p>
--	---	--	------------------------------	--	----------------

2.3. Población y muestra:

Población: El suelo natural existente en el valle San Rafael que está constituido por 4024 metros de longitud con 4 metros de ancho teniendo un área de 16,096m² de suelo sin estabilizar.

Muestra: Con respecto a la obtención de resultados, según la exploración de suelos del Ministerio de Transportes se optó por realizar una muestra en cada kilómetro del área de estudio, entonces se elaboró 5 calicatas.

2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos:

Para la presente investigación se optó por el uso de protocolos, que son instrumentos estandarizados según la norma ASTM, adaptadas por el Ministerio de Transportes a las condiciones propias de nuestra realidad permitiendo así recoger información confiable de los ensayos:

MTC E107-2000 (Análisis granulométrico) ASTM D 422

MTC E108-2000 (Determinación del contenido de humedad de un suelo)
ASTM D2216

MTC E110-2000 (Límite líquido de los suelos) ASTM D4318

MTC E111-2000 (Límite plástico, índice de plasticidad) ASTM D4318

MTC E115-2000 (Proctor modificado) ASTM D1557

MTC E132-2000 (CBR de los suelos) ASTM D1883

2.4.1. Procedimientos:

2.4.1.1. Análisis granulométrico por tamizado - MTC E107-2000

Este ensayo de granulometría se refiere a la medición que se le hace a los componentes de los diferentes tipos de suelos, con fines de análisis.

Es un proceso en el cual se separan las partículas del suelo por sus diferentes tamaños. Se realiza empleando una serie de tamices normalizados y ordenados de manera decreciente.

Una vez realizado este ensayo se podrá determinar su clasificación del suelo mediante sistemas como SUCS ó AASHTO.

La importancia de este ensayo se debe a que la mayoría de criterios que existe, para que se acepte los tipos de suelos usados en bases o sub-bases de carreteras, diques, drenajes, etc., depende del análisis de granulometría.

Equipos necesarios:

Dos balanzas: una balanza con sensibilidad de 0.01g y otra con sensibilidad de 0.1g.

Tamices estandarizados y normados por el MTC E107-2000.

Horno con temperatura constante y mínimo de 110°C.

Envases para manipular y almacenar las muestras.

Cepillo para limpiar los tamices.

Brochas.

Proceso del tamizado:

Se homogeniza la muestra en su estado natural, sin romper y alterar sus partículas, especialmente si la muestra que se tiene predomina el material blando, piedra arenosa o similares.

Se procede a realizar el cuarteo reduciendo la cantidad de muestra hasta una muestra levemente superior a lo mínimo recomendado por el MTC E107-2000, que indica:

Obtenido el tamaño de muestra, se realiza el tamizado por el tamiz 3/8" ASTM (diámetro 10mm.). Con la fracción obtenida se pesa y se lava para poder eliminar el material fino menor a 0.074mm.

Se remoja la muestra en un recipiente para que las partículas finas se suelten filtrando la muestra por la malla N° 200 ASTM (diámetro 0.08mm), hasta visualizar que salga limpia el agua.

Luego de esto, se procede a la colocación del material que quedo en la malla, en una respectiva bandeja, posterior a esto se deja en el horno por 24 horas.

Después se procede a la colocación de la muestra en el juego de tamices ordenado en forma decreciente colocando una tapa en la

parte superior para que no se pierda el material y una bandeja en la parte inferior para los residuos.

Se realiza el proceso y se registra el peso de cada material retenido en las mallas de los tamices.

De acuerdo a los pesos retenidos, se registra en una hoja de cálculo, aplicando $P1 = (\text{Peso recipiente} + \text{muestra}) - \text{Peso del recipiente}$

De acuerdo a esto se hace la clasificación AASHTO o SUCS de los suelos.

2.4.1.2. Contenido de humedad de un suelo - MTC E108-2000:

El contenido de humedad de un suelo se refiere a la relación, expresada en porcentaje, del peso de agua en una masa de suelo, al peso de las partículas sólidas.

Esto determina el peso del agua eliminada, secando el suelo húmedo hasta un peso constante en un horno a 110°C.

La pérdida de peso debido al secado en el horno es considerado como peso del agua.

Equipos necesarios

Horno de secado temperatura constante de 110°C

Balanzas

Recipientes resistentes a la corrosión (Deberán ser herméticos con la finalidad de evitar pérdida de humedad y para prevenir la absorción de humedad de la atmósfera).

Procedimiento

La determinación del contenido de humedad se realizará tan pronto como sea posible después del muestreo.

La cantidad mínima de espécimen de material húmedo seleccionado como representativo de la muestra total.

Cuando se trabaje una muestra de suelo menos de 200g que contenga partículas de grava relativamente grandes no es adecuado incluirlas en la muestra de ensayo.

Colocar la muestra de ensayo húmedo en un contenedor, colocar la tapa en su lugar. Determinar el peso del contenedor y el material húmedo usando una balanza. Registrar el valor.

Colocar el contenedor en el horno. Secar la muestra hasta alcanzar un peso constante.

El secado en el horno deberá ser una temperatura constante de 110°C.

El tiempo del secado dependerá de varios factores como lo son el tipo de material, tamaño del mismo, tipo de horno, etc.

Luego que el material contenga un peso constante, se removerá el contenedor del horno. Se deberá esperar al enfriamiento

El contenedor deberá ser pesado, anotando el valor.

Se calcula el contenido de humedad mediante la siguiente fórmula

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

$$W = \frac{M_{cws} - M_{cs}}{M_{cs} - M_c} \times 100 = \frac{M_w}{M_s} \times 100$$

Donde:

W = Contenido de humedad (%)

M_{cws} = Peso del contenedor más el suelo húmedo

M_{cs} = Peso del contenedor más el suelo secado en horno

M_c = Peso del contenedor

M_w = Peso del agua

M_s = Peso de las partículas sólidas

2.4.1.3. Límite líquido de los suelos - MTC E110-2000:

De acuerdo a este ensayo, se determina el porcentaje del contenido de humedad del suelo secado en el horno, con respecto al estado que se encuentre la muestra, que vendría ser entre el estado plástico y líquido.

Equipos necesarios:

Un recipiente que sirva como almacenamiento de muestra.

Espátula
Copa Casagrande
Acanalador
Calibrador
Balanza
Horno termostáticamente controlado

Proceso del ensayo del límite líquido

Deberá inspeccionarse y calibrar el aparato de Casagrande para evitar que se encuentre en malas condiciones de trabajo.

Colocar la muestra de suelo en un recipiente para proceder al mezclado de 15 a 20ml de agua, amasando y pulsándolo con una espátula de manera repetitiva.

Agregar agua de 1 a 3ml, siguiendo con el proceso de mezclado en cada incremento de agua.

Una vez haya sido mezclado completamente la muestra con el agua y su consistencia requiera de 30 a 35 golpes de la cazuela para que se produzca el cierre.

Dividir la muestra que está en la taza con el acanalador a lo largo del diámetro de tal manera que forme una ranura limpia y de dimensiones adecuadas.

Para que no se genera rasgaduras en los lados se puede hacer hasta 6 pasadas de adelante hacia atrás o viceversa, el acanalador debe penetrar cada vez más profundo.

Golpéese la taza girando la manija, hasta que las mitades de la muestra de suelo se lleguen a poner en contacto en el fondo, se procede a anotar el número de golpes que se requirió para cerrar la ranura.

Retirar una pequeña porción de la muestra del suelo y colocarlo en un recipiente, pésele y anótese.

Colocar la muestra dentro del horno, anótese el peso después de colocarlo en el horno, también el peso de agua y la pérdida de peso debido al secado.

Con la muestra sobrante de la taza de bronce se volverá a hacer el mismo procedimiento del límite líquido por lo menos en dos ensayos más, al que se le agrega más agua para ponerlo en estado de mayor fluidez, para así obtener muestras que por lo menos una de las determinaciones tenga el número requerido de golpes para cerrar la ranura con los siguientes intervalos: 25-35; 20-30; 15-25. Siendo el alcance de las tres determinaciones tendrá que ser de diez golpes.

Calcular el contenido de humedad con la siguiente expresión en porcentaje:
$$\text{Contenido de humedad} = \frac{W \text{ del agua}}{W \text{ del suelo secado en horno}} \times 10$$

Se aproxima el porcentaje en número entero.

Preparar la curva de fluidez que es la relación entre la humedad y el número de golpes de la taza. Teniendo a la ordenada como contenido de humedad y a la abscisa como el número de golpes.

El contenido de humedad es la intersección de la curva con la ordenada de 25 golpes.

2.4.1.4. Límite plástico, índice de plasticidad – MTC E111-2000

El límite plástico se determina se refiere a la formación de barritas de suelo de 1/8" de diámetro, con respecto a la humedad que se pueda realizar, en donde se rueda la muestra en una superficie lisa con la mano, evitando que la barrita se desmoronen.

Así mismo se define que la diferencia del límite líquido con el límite plástico, el resultado es el índice de plasticidad del suelo.

Equipos necesarios:

Recipiente que sirva como almacenamiento de la muestra.

Espátula

Balanza con aproximación a 0.01g.

Tamiz N°40

Horno termostáticamente controlado regulable 110°C

Agua

Vidrios de reloj

Vidrio grueso esmerilado

Procedimiento:

Se realiza, tomando 20g aproximadamente de la muestra que logra pasar por el tamiz N° 40, es la misma muestra con la que se preparó para el límite líquido. De acuerdo a ello, se procede a amasarlo con agua, formando una esfera. Luego se toma de la esfera para la muestra, un aproximado de 1.5g a 2.0g para el ensayo.

Se moldea sólo la mitad de la muestra y que tome forma de elipsoide, se rueda con los dedos sobre el vidrio esmerilado, con una presión firme para formar cilindros.

Si antes de poder formar el cilindro con diámetro de 3.2mm no se desmorona, se realiza el elipsoide nuevamente, cuantas veces sea necesario, hasta lograr el desmoronamiento con dicho diámetro.

La muestra obtenida se coloca en el vidrio de reloj, continuando con el proceso hasta tener unos 6g de suelo y se determina la humedad.

Luego se toma dos procesos realizados y se calcula el promedio de contenido de humedad. De acuerdo a esto, el resultado obtenido del contenido de humedad, si superase al rango indicado en la tabla siguiente, se procede a repetir el ensayo.

Índice de precisión y tipo de ensayo	Desviación Estándar	Rango Aceptable de dos resultados
Precisión de un operador simple Límite Plástico	0,9	2,6
Precisión Multilaboratorio Límite Plástico	3,7	10,6

Fuente: Ministerio de Transportes y comunicaciones, 2016

Se determina el promedio de humedades de las dos muestras. Expresándose en porcentaje, aproximado al entero:

$$\text{Límite plástico} = \frac{W \text{ de agua}}{W \text{ de suelo secado al horno}} \times 100 \quad \text{Índice de plasticidad} = L.L - L.P$$

2.4.1.5. Proctor modificado – MTC E115-2000

Este ensayo de compactación en laboratorio sirve para poder determinar la relación entre el peso unitario seco del suelo con el contenido de agua siendo compactados en molde de aproximadamente 6" de diámetro con un pisón de 10lb cayendo desde una altura de 18", ejerciendo cargas de energía de compactación de 56000lb-pie/pie³. El ensayo de Proctor modificado se realiza solo en suelo que tienen 30% en peso retenidas en el tamiz de 3/4".

Equipos necesarios:

Método "A"

Material (muestra que pase por el tamiz N°4)

Molde (diámetro de 4")

Capas. 5

N° de golpes por capa. 25

Se emplea este método cuando 20% ó menos del peso de la muestra es retenido por el tamiz N°4.

Método "B"

Material (muestra que pase por el tamiz de 3/8")

Molde (diámetro de 4")

Capas. 5

N° de golpes por capa. 25

Se realiza este método, cuando en el tamiz N° 4, la muestra es retenido el 20% de su peso, y en el tamiz 3/8" sea retenido el 20% o menos.

Método “C”

Material (muestra que pase por el tamiz $\frac{3}{4}$ ”)

Molde (diámetro de 6”)

Capas. 5

N° de golpes por capa. 56

Se emplea éste método cuando más del 20% de la muestra sea retenido en el tamiz de $\frac{3}{8}$ ” y menos del 30% en peso es retenido en el tamiz $\frac{3}{4}$ ”.

Procedimiento:

La muestra es colocada en 5 capas dentro de un molde de determinadas dimensiones.

Las capas se someten a una compactación de 25 ó 56 golpes con un pisón de 10lb de una altura de 18”, haciendo que el suelo sea sometido a un esfuerzo total de aproximadamente de 56000 pie-lb/pie³

Se obtiene el peso unitario seco resultante.

De acuerdo a esto, el procedimiento se repite un número de veces necesarios, con el objetivo de establecer una relación entre el contenido de agua de la muestra entre el peso unitario seco.

Estos resultados se conocen como la curva de compactación la cual indica el valor óptimo de contenido de agua y máximo peso unitario seco.

2.4.1.6. CBR de los suelos – MTC E132-2000

El ensayo de CBR de suelos se determina el Valor de la relación de soporte, que es el índice de resistencia que se conoce como CBR del suelo.

Este ensayo puede realizarse de dos formas; en laboratorio en condiciones determinadas de densidad y humedad, y en muestras tomadas in situ.

Equipos necesarios:

Prensa para ensayos de compresión

Molde cilíndrico de metal.

Disco espaciador de metal con forma circular

Aparato medidor de expansión (Una placa de metal perforada por cada molde, de 149.2mm de diámetro y un trípode cuyas patas se apoyen en el borde del molde)

Pesas anulares de metal

Pistón de penetración

Dos diales con recorrido de 1" y divisiones de 0.001"

Tanque para sumergir los moldes en agua

Horno termostáticamente controlado

Balanza

Tamices N°4, $\frac{3}{4}$ " y 2"

Misceláneos

Procedimiento:

Se procede a la preparación de la muestra. Cuando el peso de la muestra sea más del 75% que pase por el tamiz $\frac{3}{4}$ ", se utiliza para el ensayo esa misma muestra, si en el tamiz $\frac{3}{4}$ " el peso sea más de 25% de la muestra retenida, se realiza a separarse el material que queda el tamiz y se cambia por una porción de igual material entre el tamiz $\frac{3}{4}$ " y el tamiz N° 4 obtenida al tamizar otra muestra.

De la muestra preparada se toma 5 kg por cada molde.

Se coloca el collar y el disco espaciador y se pesa el molde con su base.

Se realiza un sistema dinámico de compactación, normalmente en cada muestra se utiliza, 3 o 9 moldes.

De acuerdo al proceso de inmersión, se colocara una placa perforada con vástago, en la superficie de la muestra invertida, y sobre la misma se coloca anillos necesarios para así realizar una carga simulando una presión que equivale a la originada, de acuerdo a las capas de material que irán encima del suelo que se está realizando el ensayo.

Se realiza la primera lectura midiendo el hinchamiento colocando el trípode sobre los bordes del molde, originando que en la placa perforada coincida el vástago del dial.

Después de realizar la inmersión, la muestra del tanque de agua se saca y se vacía el agua que queda en la parte superior, dejando escurrir por cerca de 15 minutos y a continuación se retira la sobrecarga, inmediatamente después se procede al pesado y al ensayo de penetración.

De acuerdo al ensayo de penetración se utiliza una sobrecarga que genere intensidad de carga igual al del pavimento, en un aproximado de ± 2.27 kg.

Posterior se realiza el dibujado de la curva que relacione las presiones y las penetraciones (ordenadas y abscisas respectivamente). Se calcula los valores de relación de soporte multiplicándose por 100.

2.4.2. Validación:

Se emplearon protocolos que son instrumentos que no necesitan evaluación ni juicio de expertos ya que fueron elaborados por un equipo altamente calificado y especializado en el tema quienes también elaboraron normas como ASTM que son empleados no sólo en el ámbito nacional sino también internacional.

2.5. Métodos de análisis de datos:

Los datos se determinarán en el área de estudio y en el laboratorio, en donde al área de estudio se explorara con el objetivo de obtener las muestras, con lo cual se realizara el desarrollo de la investigación. De este modo una vez obtenido las muestras de estudio, estas serán sometidas a los distintos ensayos a realizar como:

- Análisis granulométrico
- Limite liquido de los suelos
- Limite plástico, índice de plasticidad
- Proctor modificado
- CBR de los suelos

2.6. Aspectos éticos:

En la realización de la investigación se tiene presente aspectos éticos, donde se tiene en cuenta la veracidad de los resultados y el respeto a la propiedad intelectual, de este modo se tomó información antecedente de libros y normas, que se citó correctamente, con el fin de respetar los derechos de autor.

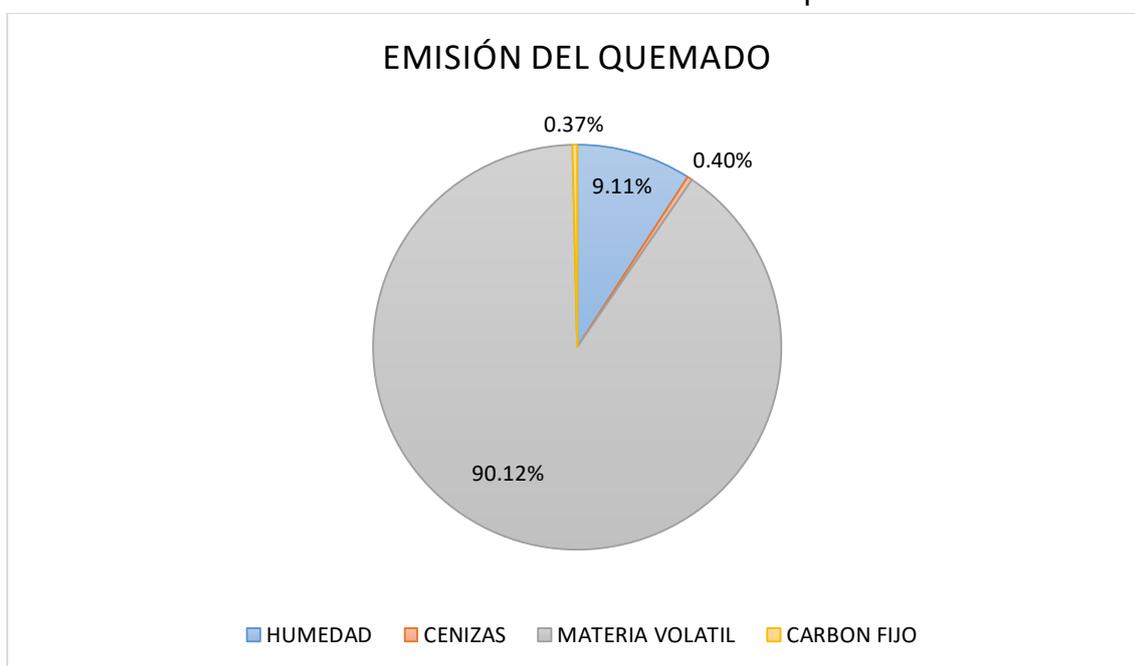
Asimismo el presente tesis tiene con fin beneficiar a la sociedad, ya que el objetivo central de la investigación es realizar la estabilización del suelo con ceniza de cascara de arroz en el valle de san Rafael, con fines de pavimentación.

III.- RESULTADOS

En la presente investigación se logró obtener los resultados de los estudios realizados, con lo cual tuvo su finalidad en cumplir el desarrollo los objetivos específicos definidos en la investigación, así mismo se detalló los resultados de cada objetivo específico.

De acuerdo con los ensayos realizados, se obtuvo los resultados de acuerdo con lo indicado en el primer objetivo específico.

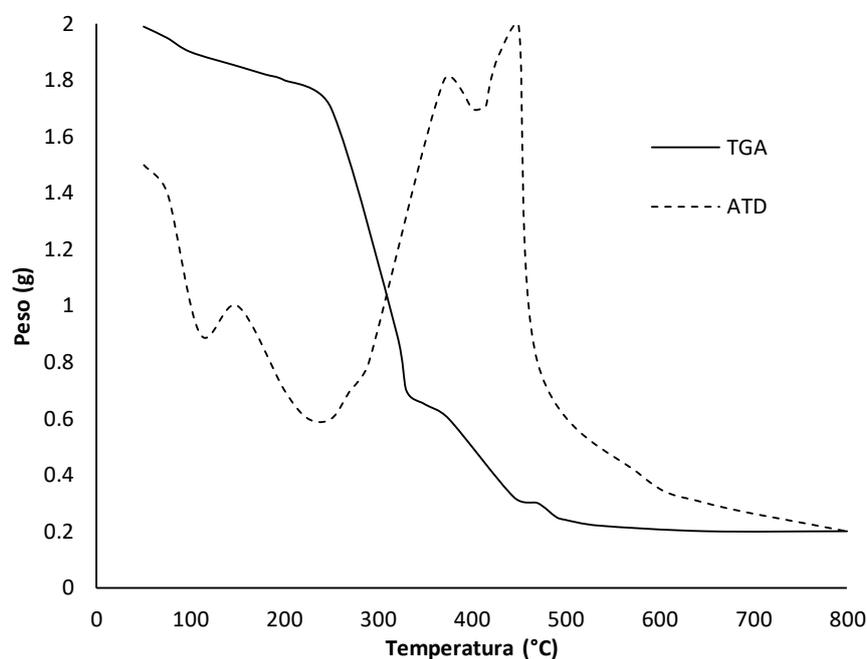
GRAFICO N°1: Análisis de emisión del quemado



INTERPRETACIÓN:

En el presente gráfico de emisión del quemado en porcentajes se puede apreciar que por cada muestra de 2gr existe un 90.12% de materia volátil, 9.11% de humedad, 0.40% de ceniza y 0.37% de carbón fijo del peso total de la muestra.

GRAFICO N°2: Analisis térmico diferencial ATD Y Análisis termicogravimetrico TGA

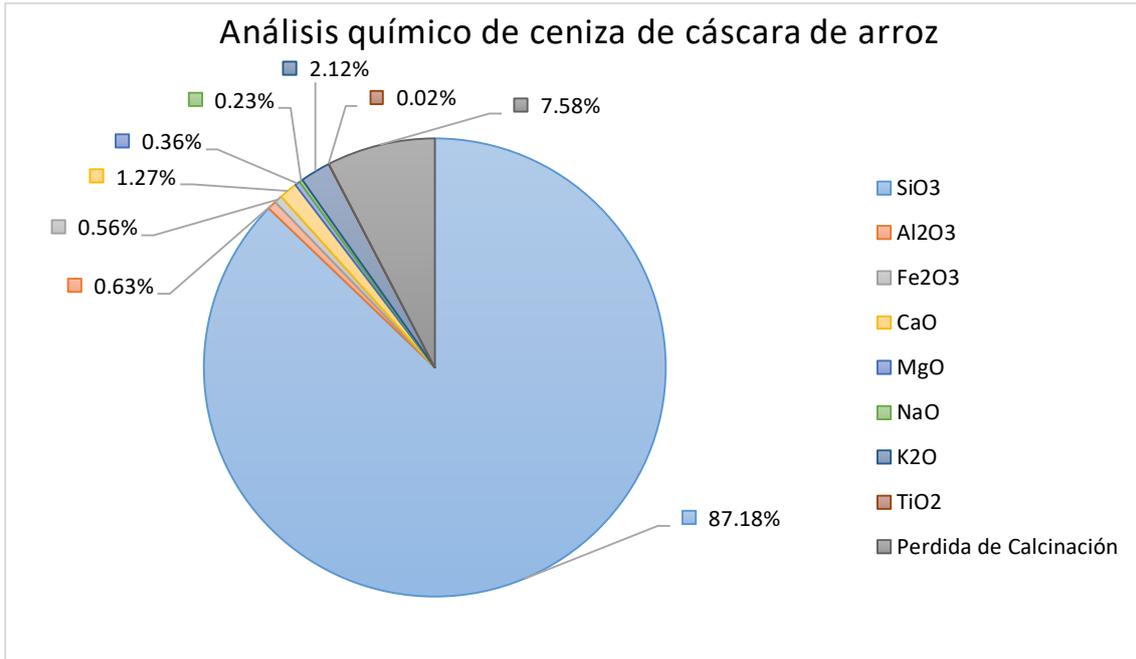


INTERPRETACIÓN:

En la curva del (ATD) análisis térmico diferencial de la cáscara de arroz es evidente que existe un intervalo de temperatura muy importante, en el cual ocurre un proceso relacionado principalmente sobre descomposición orgánica de la cáscara de arroz. Este gran pico exotérmico se produce a los 450 ° C que se refiere a reacciones de oxidación de la parte orgánica de la cáscara y a la conformación del SiO₂ que se logra al finalizar el tratamiento térmico. La temperatura a la que se produce el pico exotérmico coincide, aproximadamente, con el inicio de una zona de peso constante de nuestra muestra como lo indica el gráfico en el análisis de pérdida de peso.

En la figura también se puede apreciar la curva de pérdida de peso TGA al someter la cáscara de arroz, a la acción de la temperatura. En la curva se logra observar que el peso comienza a ser constante a partir de los 450 ° C y asume un valor de aproximadamente 0,4 g, un 20% del peso inicial de la muestra (2 g).

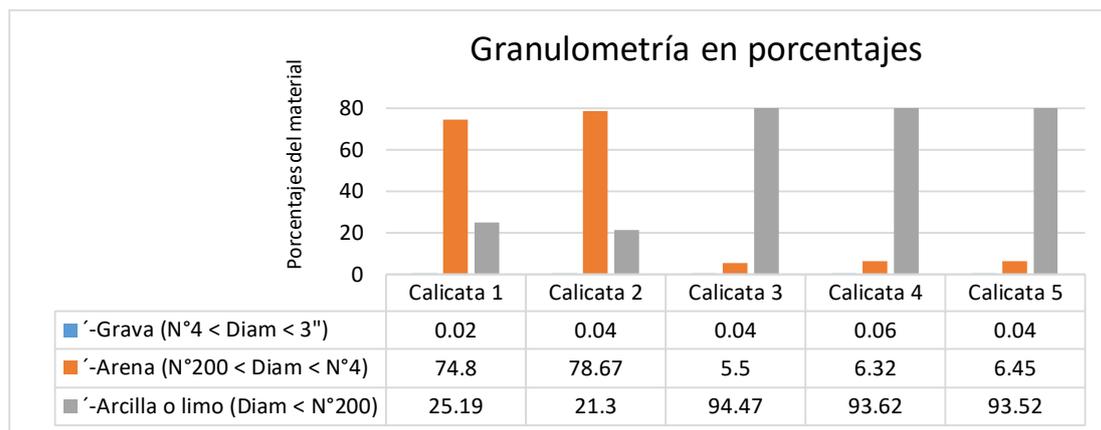
GRAFICO N°3 Análisis químico de ceniza de cáscara de arroz



INTERPRETACIÓN:

En el siguiente gráfico se puede observar el gran contenido de sílice encontrado en la ceniza de cáscara de arroz con un valor de 87.18% de la muestra ensayada, lo cual se considera bueno ya que se trata de un material cementante que posteriormente será utilizado para estabilizar y cumplir los objetivos del estudio, por otro lado también se encontró otros componentes como lo son; 0.63% de óxido de aluminio, 0.56% de óxido de hierro, 1.27% de óxido de calcio, 0.36% de óxido de magnesio, 0.23% de óxido de sodio, 2.12% de óxido de potasio, 0.02% óxido de titanio y 7.58% en pérdida de calcinación.

GRAFICO N°4: Análisis Granulométrico

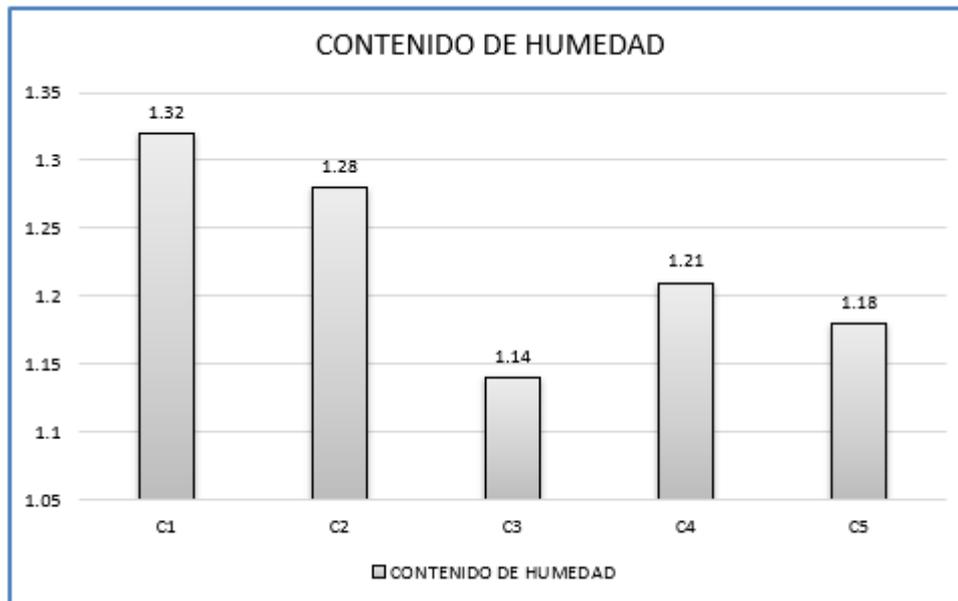


INTERPRETACIÓN:

Según el procesamiento de datos en el gráfico N°1 podemos destacar el gran porcentaje de finos donde en la calicata dos predomina la arena con un valor de 78.67%, 21.30% de arcilla o limo, 0.04% de grava del material total. Seguido por la calicata 1 que se encontró 74.80% de arena, 25.19% de arcilla o limo y 0.02% de grava del material total. Mientras que en la calicata 3 se destaca el 94.47% de arcilla o limo, 5.50% de arena y 0.04% de grava del material total. Seguido por la calicata 4 con 93.62% de arcilla o limo, 6.32% de arena y 0.06% de grava del material total. Por último encontramos a la calicata 5 con 93.52% de arcilla o limo, 6.45% de arena y 0.04% de grava del material total.

De acuerdo a la estratigrafía del suelo de las cinco calicatas realizadas y extracción de la muestra ubicado en la parte media de cada una de ellas, se demostró que las muestras llevadas al laboratorio de la Universidad Cesar Vallejo para ser analizadas y zarandeadas a través del tamizado granulométrico, se obtuvo que la calicata 1 y la calicata 2 es un suelo de Arena Arcillosa SC según clasificación SUCS, mientras que la clasificación AASHTO indica que es un suelo A-2-6 Grava y arena arcillosa o limosa. Por otro lado la calicata 3, 4 y 5 es un suelo de arcilla baja plasticidad CL según la clasificación SUCSC, mientras que la clasificación AASHTO indica que es un suelo arcilloso A6; las calicatas 3, 4 y 5 se consideran suelos pobre o malo como subgrado, con notable fallas de resistencia donde el grado de arcilla que pasa la malla número 200 varía desde 93.52% hasta 94.47% de la muestra total.

GRÁFICO N° 5: Contenido de Humedad de las Calicatas



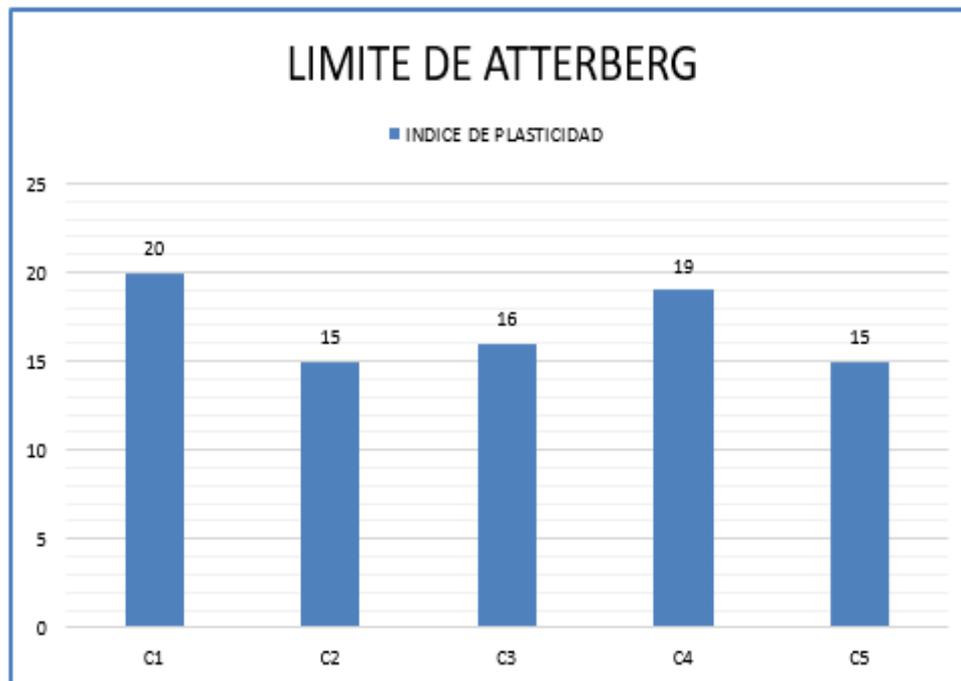
INTERPRETACIÓN:

De acuerdo a los ensayo, se obtuvieron como resultados el contenido de humedad del suelo, donde la calicata 1 (C-1) obtuvo 1.32 de humedad, en la calicata 2 (C-2) se obtuvo 1.28 de humedad, en la calicata 3 (C-3) cuenta con 1.14 de humedad, en la calicata 4 (C-4) la humedad es 1.21 y en la calicata 5 (C-5) se obtuvo una humedad de 1.18.

De acuerdo con los ensayos realizados, se obtuvo el resultado del contenido de humedad, en donde se determinó que el suelo evaluado, contiene un bajo contenido de humedad, esto se debe a que las muestras obtenidas del Área de estudio, no se encontraron muy húmedas. Así mismo al momento de ser evaluado en el peso húmedo y seco, se obtuvieron de humedad, que se encuentra entre 1.32 siendo el más alto y 1.14 el más bajo.

De acuerdo con los ensayos realizados, se obtuvo los resultados de acuerdo con lo indicado en el tercer objetivo específico.

GRÁFICO N° 6: Límites de Atterberg de las Calicatas

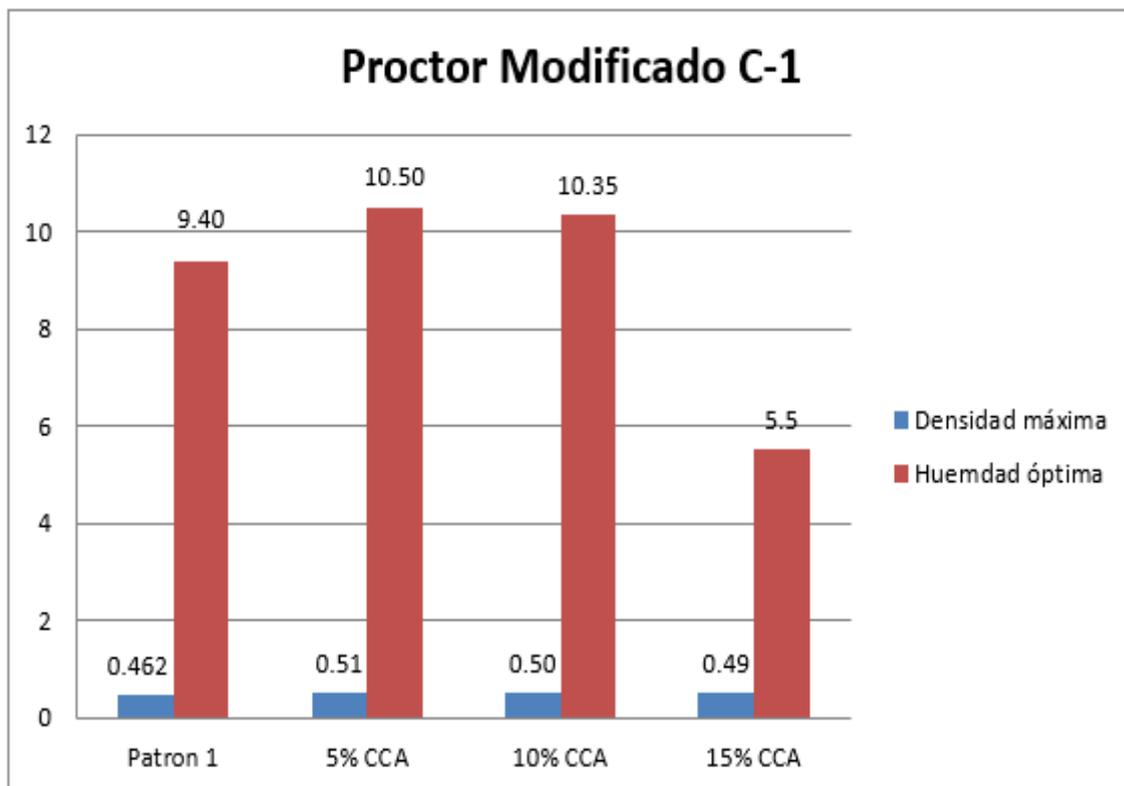


De acuerdo al ensayo de realizado según el MTC E 110 Y E 111, se obtuvieron como resultados los Índices de Plasticidad, donde la calicata 1 (C-1) se obtuvo un IP de 20, en la calicata 2 (C-2) se obtuvo un IP de 15, en la calicata 3 (C-3) cuenta con un IP de 16, en la calicata 4 (C-4) el IP es de 19 y en la calicata 5 (C-5) se obtuvo un Índice de Plasticidad de 15.

Los ensayos realizados de Límite Líquido y Límite Plástico, se determinó el Índice Plástico de las muestras trabajadas, por tal motivo se obtuvo que existe un Índice de plasticidad alto en las muestras, de lo cual varía desde un IP de 20 hasta un IP de 15, de lo cual según la norma de MTC, define que estos suelos al humedecerse, se vuelve altamente plástico y esto conlleva a que el suelo no sea apto para la resistencia de cargas.

De acuerdo con los ensayos realizados, se obtuvo los resultados de acuerdo con lo indicado en el tercer y cuarto objetivo específico.

GRÁFICO Nº 7: Proctor Modificado Calicata 1



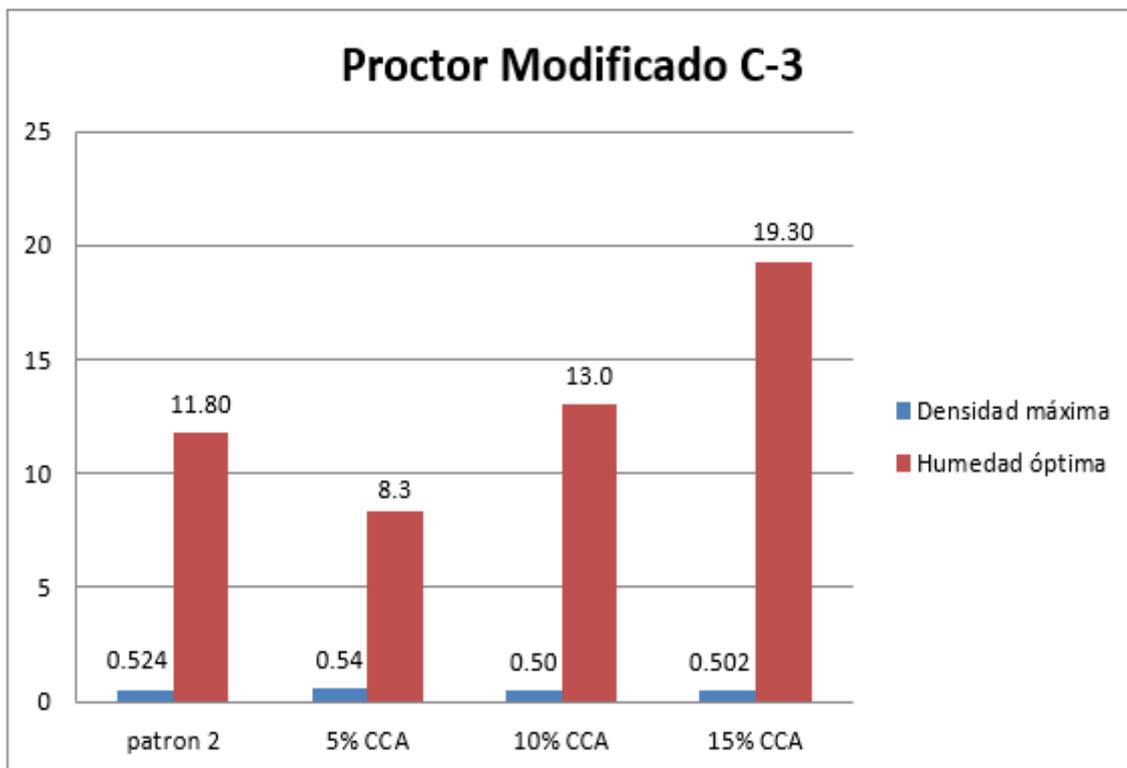
INTERPRETACIÓN:

En el ensayo de Proctor Modificado se tomó como referencia a la muestra patrón la calicata 1 (c-1), en donde los datos de referencia de dicha muestra, se encuentra la máxima densidad seca de 0.462 gr/cm³ y con una humedad óptima de compactación de 9.40%. Así mismo se da a conocer la densidad máxima seca y la humedad óptima de compactación, de las distintas muestras realizadas, de las cuales se añadió la ceniza de cascara de arroz. De acuerdo con esto, la muestra añadida al 5% con ceniza de cascara de arroz, destaca con una máxima densidad seca de 0.51 gr/cm³ y una humedad óptima de compactación de 10.50% de la muestra utilizada en el molde de Proctor modificado. Seguido por la muestra con adición de 10% de ceniza de cascara de arroz, con una máxima densidad seca de 0.50 gr/cm³ y una humedad óptima de compactación de 10.35%. Por último, la muestra añadida con 15% de ceniza de cascara de arroz, con una máxima densidad seca de 0.49 gr/cm³ y una humedad óptima de compactación de 5.5% de la muestra utilizada.

De acuerdo con el ensayo realizado del Proctor Modificado se logró obtener mediante porcentaje la humedad óptima de compactación del suelo de san Rafael y también del suelo con adición de ceniza de cascara de arroz. Además de aquello, se aplicó una curva con los datos obtenidos en el laboratorio, se obtiene la máxima densidad seca del suelo sin adición y con adición.

Por tal motivo los datos determinados, se encuentra la muestra patrón calicata 1 (C-1) con una humedad óptima de compactación de 9.40% y una máxima densidad seca de 0.462 gr/cm³, además varía desde el mejor resultado de la muestra añadido con CCA al 5%, con una humedad óptima de comparación de 10.50% y una densidad máxima seca de 0.51 gr/cm³, hasta una muestra de 15% de CCA, con una humedad óptima de compactación de 5.5% y con una máxima densidad seca de 0.49 gr/cm³. De este modo se analizará las muestras con el fin de determinar cuál llega a obtener mejor resistencia al corte.

GRÁFICO Nº 8: Proctor Modificado Calicata 3



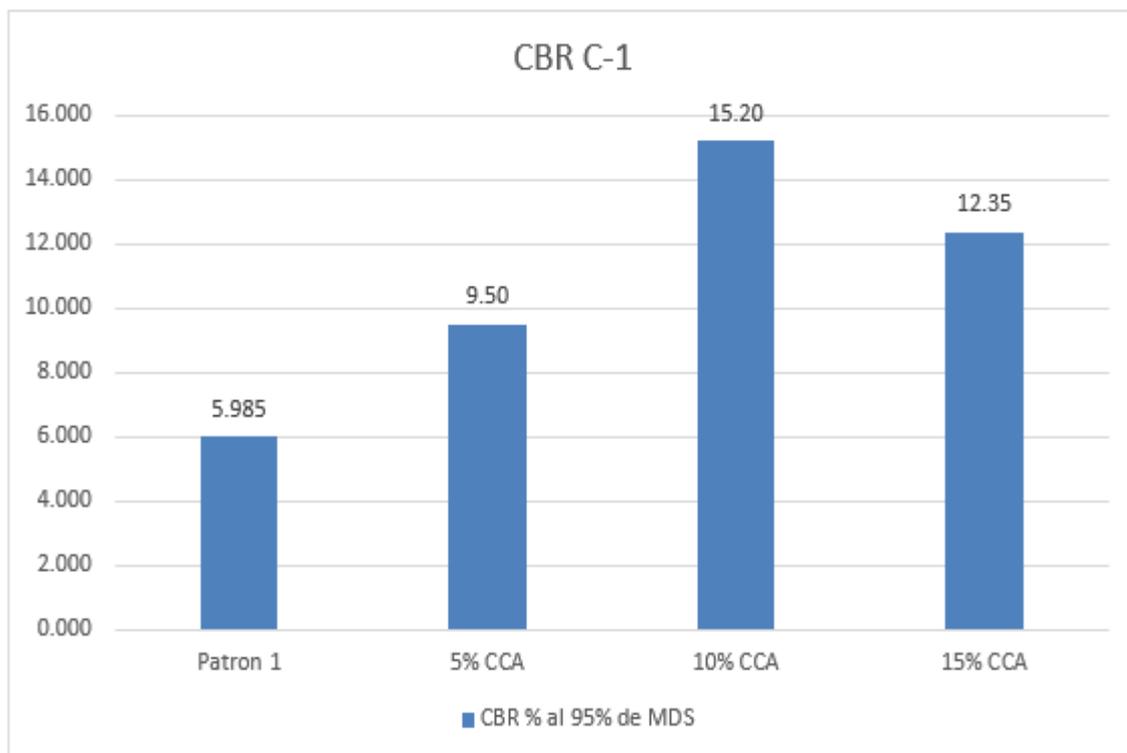
INTERPRETACIÓN:

En el ensayo de Proctor Modificado se tomó como referencia a la muestra patrón la calicata 3 (c-3), en donde los datos de referencia de dicha muestra, se encuentra la máxima densidad seca de 0.524 gr/cm³ y con una humedad óptima de compactación de 11.80%. Así mismo se da a conocer la densidad máxima seca y la humedad óptima de compactación, de las distintas muestras realizadas, de las cuales se añadió la ceniza de cascara de arroz. De acuerdo con esto, la muestra añadida al 15% con ceniza de cascara de arroz, destaca con una máxima densidad seca de 0.502 gr/cm³ y una humedad óptima de compactación de 19.30% de la muestra utilizada en el molde de Proctor modificado. Seguido por la muestra con adición de 10% de ceniza de cascara de arroz, con una máxima densidad seca de 0.50 gr/cm³ y una humedad óptima de compactación de 13.00%. Por último, la muestra añadida con 15% de ceniza de cascara de arroz, con una máxima densidad seca de 0.54 gr/cm³ y una humedad óptima de compactación de 8.30% de la muestra utilizada.

De acuerdo con el ensayo realizado del Proctor Modificado se logró obtener mediante porcentaje la humedad óptima de compactación del suelo de san Rafael y también del suelo con adición de ceniza de cascara de arroz. Además de aquello, se aplicó una curva con los datos obtenidos en el laboratorio, se obtiene la máxima densidad seca del suelo sin adición y con adición. Por tal motivo los datos determinados, se encuentra la muestra patrón calicata 3 (C-3) con una humedad óptima de compactación de 11.80% y una máxima densidad seca de 0.524 gr/cm³, además varía desde el mejor resultado de la muestra añadido con CCA al 15%, con una humedad óptima de comparación de 19.30% y una densidad máxima seca de 0.502 gr/cm³, hasta una muestra de 5% de CCA, con una humedad óptima de compactación de 8.30 gr/cm³ y con una máxima densidad seca de 0.54 gr/cm³. De este modo se analizará las muestras con el fin de determinar cuál llega a obtener mejor resistencia al corte.

De acuerdo con los ensayos realizados, se obtuvo los resultados de acuerdo con lo indicado en el tercer y quinto objetivo específico.

GRÁFICO N° 9: CBR Calicata 1



INTERPRETACIÓN:

De acuerdo con el ensayo realizado de California Bearing Ratio, se trabajó con la calicata 1 (C-1), como muestra patrón y referencia para las demás muestras adicionales.

La muestra patrón de la calicata 1 (C-1) que se trabajó en el molde del Proctor modificado, con una máxima densidad seca de 0.462gr/cm³ y una humedad óptima de compactación de 9.40%, se realizó la saturación, la medición de su resistencia con una penetración correlacional de 0.1" y en función de una lectura de 95% de CBR según el MTC para subrasante; obteniendo un resultado de CBR: 5.985%.

La muestra con adición de ceniza de cascara de arroz al 5%, se trabajó en función con la máxima densidad seca y la humedad óptima de compactación de los datos obtenidos del Proctor modificados, de los cuales son: 0.51 gr/cm³ y 10.50% respectivamente. Posterior a ello, se realizó la saturación, la medición de su resistencia con una penetración correlacional de 0.1" y en

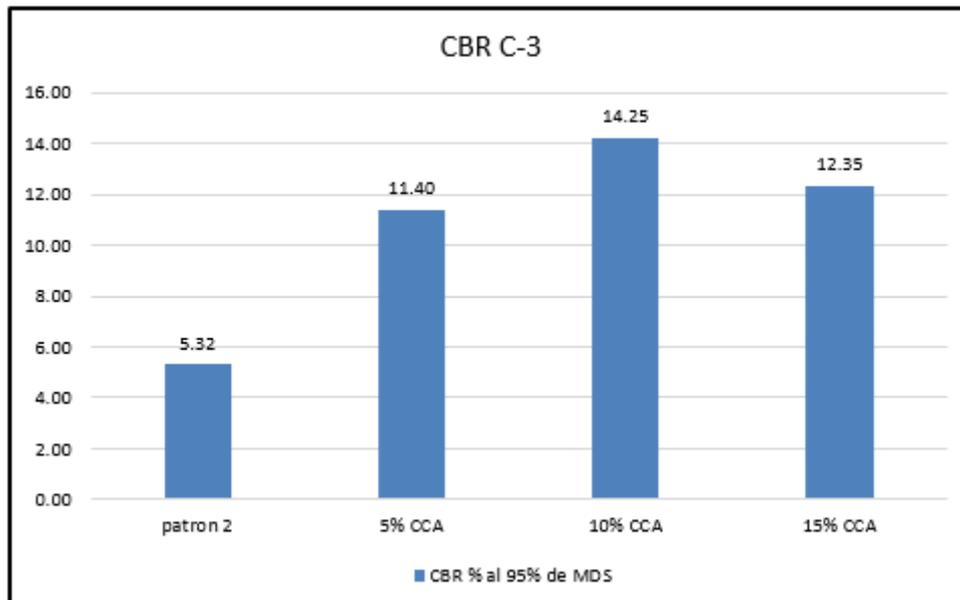
función de una lectura de 95% de máxima densidad seca para subrasante; obteniendo un resultado de CBR: 9.50%.

La muestra con adición de ceniza de cascara de arroz al 10%, se trabajó en función con la máxima densidad seca y la humedad óptima de compactación de los datos obtenidos del Proctor modificados, de los cuales son: 0.50 gr/cm³ y 10.35% respectivamente. Posterior a ello, se realizó la saturación, la medición de su resistencia con una penetración correlacional de 0.1" y en función de una lectura de 95% de máxima densidad seca para subrasante; obteniendo un resultado de CBR: 15.20%.

La muestra con adición de ceniza de cascara de arroz al 15%, se trabajó en función con la máxima densidad seca y la humedad óptima de compactación de los datos obtenidos del Proctor modificados, de los cuales son: 0.49gr/cm³ y 5.50% respectivamente. Posterior a ello, se realizó la saturación, la medición de su resistencia con una penetración correlacional de 0.1" y en función de una lectura de 95% de máxima densidad seca para subrasante; obteniendo un resultado de CBR: 12.35%.

El CBR de los suelos de según al MTC, se define si el suelo es apto o no con el fin de poder utilizarlo con fines de pavimentación, así mismo, los resultados obtenidos de los ensayos realizados, se interpreta que para la muestra patrón de la calicata 1 (C-1) el CBR es de 5.985%, se define como "Subrasante pobre", posterior a ello la muestra con adición con ceniza de cascara de arroz al 5%, tiene un CBR de 9.50%, se define como "Subrasante bueno", además la muestra con adición de ceniza de cascara de arroz al 10%, tiene un CBR de 15.20%, se define como "Subrasante bueno" y por último la muestra con adición de ceniza de cascara de arroz, tiene un CBR de 12.35% y se define como "Subrasante bueno".

GRÁFICO N° 10: CBR Calicata 3



INTERPRETACIÓN:

De acuerdo con el ensayo realizado de California Bearing Ratio, se trabajó con la calicata 3 (C-3), como muestra patrón y referencia para las demás muestras adicionales.

La muestra patrón de la calicata 3 (C-3) que se trabajó en el molde del Proctor modificado, con una máxima densidad seca de 0.524 gr/cm³ y una humedad óptima de compactación de 11.80%, se realizó la saturación, la medición de su resistencia con una penetración correlacional de 0.1" y en función de una lectura de 95% de máxima densidad seca para subrasante; obteniendo un resultado de CBR: 5.32%.

La muestra con adición de ceniza de cascara de arroz al 5%, se trabajó en función con la máxima densidad seca y la humedad óptima de compactación de los datos obtenidos del Proctor modificados, de los cuales son: 0.54gr/cm³ y 8.30% respectivamente. Posterior a ello, se realizó la saturación, la medición de su resistencia con una penetración correlacional de 0.1" y en función de una lectura de 95% de máxima densidad seca para subrasante; obteniendo un resultado de CBR: 11.40%.

La muestra con adición de ceniza de cascara de arroz al 10%, se trabajó en función con la máxima densidad seca y la humedad óptima de compactación de los datos obtenidos del Proctor modificados, de los cuales son: 0.50 gr/cm³ y 13.00% respectivamente. Posterior a ello, se realizó la saturación, la medición de su resistencia con una penetración correlacional de 0.1" y en función de una lectura de 95% de máxima densidad seca para subrasante; obteniendo un resultado de CBR: 14.25%.

La muestra con adición de ceniza de cascara de arroz al 15%, se trabajó en función con la máxima densidad seca y la humedad óptima de compactación de los datos obtenidos del Proctor modificados, de los cuales son: 0.502 gr/cm³ y 19.30% respectivamente. Posterior a ello, se realizó la saturación, la medición de su resistencia con una penetración correlacional de 0.1" y en función de una lectura de 95% de máxima densidad seca para subrasante; obteniendo un resultado de CBR: 12.35%.

El CBR de los suelos de según al MTC, se define si el suelo es apto o no con el fin de poder utilizarlo con fines de pavimentación, así mismo, los resultados obtenidos de los ensayos realizados, se interpreta que para la muestra patrón de la calicata 3 (C-3) el CBR es de 5.32%, se define como "Subrasante Pobre", posterior a ello la muestra con adición con ceniza de cascara de arroz al 5%, tiene un CBR de 11.40%, se define como "Subrasante bueno", además la muestra con adición de ceniza de cascara de arroz al 10%, tiene un CBR de 14.25%, se define como "Subrasante bueno" y por último la muestra con adición de ceniza de cascara de arroz, tiene un CBR de 12.35% y se define como "Subrasante bueno".

Así mismo, el porcentaje óptimo de ceniza de cáscara de arroz para la estabilización de suelo es al 10%. Además, se determinó la cantidad de ceniza de cáscara de arroz en m³; en donde el Área de estudio cuenta con 16,096.00 m², siendo la subrasante de 0.30m, obteniendo un resultado de 4,828.80 m³. De este modo el 10% de esta área, se adicionará de CCA con un monto de 482.88 m³ y en Kilogramos contará con un total de 689,827.88 Kg, ya que por cada m³ de material hay 1428.57 Kg. Así mismo se realizó un Análisis de Precios Unitarios (Ver Anexo N° 5).

IV. DISCUSION:

En la tesis de investigación realizada por Ramos e Illidge en el año 2011, titulado “Análisis de modificación de un suelo altamente plástico adicionando cascarilla de arroz y ceniza volante en subrasante de un pavimento”, nos indica que según su granulometría es un suelo granular A-7-6 según la clasificación AASHTO y que cuenta con un contenido de humedad máximo de 14.28%.

Otra de las características del suelo sobre sus límites de Atterberg a través del límite líquido y el límite plástico obtienen un índice de plasticidad en un intervalo que varía de 72.56% hasta 79.12%. Al momento de realizar la adición de cascarilla de arroz y ceniza volante al suelo arrojó un resultado máximo de proctor modificado de 1.41gr/cm³ con un óptimo contenido de humedad de 27.63% y con respecto al CBR del suelo de la muestra patrón se obtuvo 2.02% mientras que con la adición de 6% de cascarilla de arroz y 30% de ceniza volante aumentó al CBR a 3.76%. Es por ello que se corrobora dicha tesis de investigación como una fuente altamente confiable cuando se pone en comparación con nuestra investigación que tiene similitud en el aspecto metodológico donde se realiza la manipulación de nuestra variable independiente en adicionar 10% de ceniza de cáscara de arroz, llegando así a comparar ambas investigaciones donde en nuestra investigación tenemos un tipo de suelo que es arena Arcillosa SC según clasificación SUCS, mientras que la clasificación AASHTO indica que es un suelo A-2-6 Grava y arena arcillosa o limosa; también indicando su índice de plasticidad varía en intervalos de 15% hasta 20%. Al realizar la adición de la ceniza de cáscara de arroz se obtuvo un resultado máximo de proctor modificado 0.524gr/cm³ con un 11.8% de contenido óptimo de humedad. Con respecto al CBR del suelo de la muestra patrón N°1 se obtuvo un 5.985% mientras que con la adición ideal de 10% de ceniza de cáscara de arroz el CBR del suelo aumentó considerablemente hasta un 15.20%. Ambos resultados de investigación son similares ya que logran estabilizar el suelo; si bien cierto en la investigación de Ramos e Illidge estabiliza en menor cantidad con respecto a nuestra investigación pero logran cumplir con sus objetivos planteados.

En los estudios realizados por Ramos e Illidge acerca de los análisis químicos de fluorescencia de rayos X a la ceniza volante precisa una composición con un alto porcentaje de contenido de óxido de silicio con 65.89%, se considera a este elemento bueno para estabilizar ya que contiene propiedades cementantes, comparando con los análisis químicos realizadas en nuestra investigación que nos indica un 87.18% de contenido de óxido de silicio se puede concluir que los porcentajes de este elemento son altos y similares, corroborando de esta manera que se puede estabilizar con ceniza de cascara de arroz y mejorar las propiedades del suelo de estudio.

En la tesis de investigación realizada por Castro en el año 2017, titulada “Estabilización de suelos arcillosos con ceniza de cáscara de arroz para el mejoramiento de subrasante”, el autor en su investigación determinó para su mejoramiento el uso de un suelo arcilloso CL en clasificación SUCS mientras que A-6 en la clasificación AASHTO.

En su investigación el autor determinó los límites de Atterberg a través del límite líquido y límite plástico, obteniendo de esta manera un índice de plasticidad de 18%.

Después de realizado el ensayo de proctor modificado se determinó el contenido de humedad de 16.90% y una densidad seca de 1.81gr/cm³. En la capacidad de soporte del suelo patrón que el autor analiza determinó un CBR de 5%, mientras que en la adición de ceniza aumenta considerablemente hasta 16.30% convirtiéndolo en un suelo apto para ser usado como subrasante según los lineamientos del Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

Con estos datos se llega a corroborar la tesis realizada por Castro como una fuente confiable para así llegar a hacer una comparación con nuestra investigación por la relación que tienen los resultados ya que las metodologías empleadas son similares porque en ambas investigaciones se realizó la manipulación de la variable independiente al adicionar ceniza de cáscara de arroz para así mejorar las propiedades de los suelos. En nuestra investigación tenemos un tipo de suelo que es arena Arcillosa SC según clasificación SUCS, mientras que la clasificación AASHTO indica

que es un suelo A-2-6 Grava y arena arcillosa o limosa; también indicando su índice de plasticidad que varía en intervalos de 15% hasta 20%. Después de realizada la adición de la ceniza de cáscara de arroz se obtuvo un resultado máximo de proctor modificado 0.524gr/cm³ con un contenido óptimo de humedad de 11.8%. Con respecto al CBR del suelo de la muestra patrón N°1 se obtuvo un 5.985% mientras que con la adición ideal de 10% de ceniza de cáscara de arroz el CBR del suelo aumentó considerablemente hasta un 15.20% llegando así a obtener un suelo que se considera según el manual del Ministerio de Transportes como subrasante buena.

En la tesis de investigación realizada por Llamoga en el año 2017, titulado “Evaluación del potencial de expansión y capacidad portante de los suelos arcillosos usados en subrasantes al adicionar ceniza de cascara de arroz, Cajamarca 2016”, el autor logró obtener un tipo de suelo perteneciente al grupo A-7 según la clasificación AASHTO mientras que en la clasificación SUCS indica un tipo de suelo en la categoría CL que pertenece a las arcillas de baja plasticidad y que tiene un contenido de humedad máximo de 20.29%.

De la muestra ensayada el autor logró obtener los límites de Atterberg a través del límite líquido y el límite de plástico, donde llegó a obtener un índice de plasticidad en un intervalo que varía de 8.14% hasta 21.42%. Después de adicionar la ceniza de cáscara de arroz en el suelo de estudio el autor logró obtener un resultado máximo de proctor modificado de 1.762gr/cm³ con un óptimo contenido de humedad de 19.23%. En el CBR de la muestra patrón se obtuvo un resultado de 2.85%, mientras que en la adición óptima de 7% de ceniza de cáscara de arroz se llegó a obtener una mejora en el CBR con un resultado final de 7.80%.

De esta manera se llega a corroborar esta tesis de investigación de Llamoga como una fuente confiable para así poder ponerlo en comparación con nuestra investigación ya que las metodologías empleadas son similares porque en ambos casos se realizó la manipulación de la variable independiente al adicionar diferentes porcentajes de ceniza de cáscara de

arroz, llegando así a comparar ambas investigaciones donde en nuestra investigación tenemos un tipo de suelo que es arena Arcillosa SC según clasificación SUCS, mientras que la clasificación AASHTO indica que es un suelo A-2-6 Grava y arena arcillosa o limosa; también indicando su índice de plasticidad que varía en intervalos de 15% hasta 20%. Después de realizada la adición de la ceniza de cáscara de arroz se obtuvo un resultado máximo de proctor modificado 0.524gr/cm³ con un contenido óptimo de humedad de 11.8%. Con respecto al CBR del suelo de la muestra patrón N°1 se obtuvo un 5.985% mientras que con la adición ideal de 10% de ceniza de cáscara de arroz el CBR del suelo aumentó considerablemente hasta un 15.20% llegando así a obtener un suelo que se considera según el manual del Ministerio de Transportes como subrasante buena.

De esta manera se ha demostrado que la hipótesis planteada sí cumple corroborando que la ceniza de cáscara de arroz puede ser usado como un tipo de estabilizante ya que tiene propiedades cementantes debido a su alto contenido de sílice.

V.- CONCLUSIONES:

1. Se concluye que la influencia de la ceniza de cáscara de arroz al adicionar los porcentajes de 5%, 10% y 15% al suelo del valle de san Rafael, se logra la estabilización, ya que mejora las propiedades del suelo en estudio.
2. De acuerdo con el Análisis Térmico Diferencial realizado (ATD), Se concluye que existe un intervalo de temperatura en el cual ocurre un proceso relacionado con la descomposición orgánica de la cáscara de arroz. En donde las reacciones de oxidación de la parte orgánica de la cáscara y la conformación del SiO₂ se obtiene al llega al pico exotérmico que ocurre a los 450 °C.
3. De acuerdo con el Análisis Químico realizado se Concluye que las propiedades de la ceniza de cáscara de arroz contienen gran parte de componentes cementante, en donde predomina el SiO₂ con un 87.18%, CaO con 1.27%, Al₂O₃ con 0.63%, en donde estos componentes tienen la función de ser cohesivos.
4. Se concluye que de acuerdo a los ensayos realizados se obtuvo las propiedades físicas y mecánicas del suelo de San Rafael, en donde la muestra evaluada en el ensayo de granulometría, se obtuvo dos tipos de suelo, que se caracteriza el primero de acuerdo a la clasificación SUCS un suelo Arena Arcillosa (SC) y de acuerdo a la clasificación AASHTO un suelo A-2-6 Grava y arena arcillosa o limosa; el segundo tipo de suelo según SUCS se clasifica en un suelo arcilla baja plasticidad (CL) y de acuerdo a la clasificación AASHTO se clasifica en un suelo arcilloso A6. Además de acuerdo con el ensayo de los Límites de Atterberg, se obtuvo como resultado un Índice de Plasticidad de 20 siendo el mayor y el menor de 15, siendo esto unas de las características del suelo arcilloso. Posterior a ello se obtuvo los resultados del ensayo de Proctor Modificado en donde el primer tipo de suelo se determinó una densidad máxima seca de 0.462

gr/cm³ y una humedad óptima de compactación de 9.40%, por otro lado, el segundo tipo de suelo se determinó una densidad máxima seca de 0.524 gr/cm³ y una humedad óptima de compactación de 11.80%. Por último se determinó el CBR del suelo de San Rafael de acuerdo con el ensayo de CBR de suelo en relación con la densidad máxima seca y la humedad óptima de compactación, en donde el primer tipo de suelo presenta un CBR de 5.985% y el segundo tipo de suelo presenta un CBR 5.32%.

5. De acuerdo con el ensayo realizado del Proctor modificado se concluye que al adicionar ceniza de cáscara de arroz al 5%, 10% y 15% al suelo de san Rafael, presenta una notable mejora en las propiedades mecánicas del suelo a través de la compactación, en donde en el primer tipo de suelo adicionado presenta un valor de densidad máxima seca de 0.51 gr/cm³ siendo el valor más alto, y en el segundo tipo de suelo adicionado presenta una densidad máxima seca de 0.54 gr/cm³.
6. De acuerdo con el ensayo realizado de CBR de Suelos, se concluye que la capacidad de resistencia a deformaciones bajo la aplicación de cargas del suelo de san Rafael mejora al realizar la adición de ceniza de cáscara de arroz al 10%, en donde presenta una mejora del CBR en el primer tipo de suelo cuenta con un CBR de 5.985%, aumentando hasta 15.20% y el segundo tipo de suelo con un CBR de 5.32%, aumentando hasta 14.25%, convirtiéndolos en una Subrasante Bueno, logrando estabilizar el Suelo del valle San Rafael.
7. De acuerdo con el estudio realizado, se concluye que el porcentaje de ceniza de cáscara de arroz para estabilizar el suelo de San Rafael a nivel de subrasante es al 10%. Así mismo el Área del estudio cuenta con 4,828.80 m³. En donde la cantidad de CCA a utilizar será de 482.88 m³. Así mismo se realizó el análisis de precios unitarios de la partida de Mejoramiento de Suelo a Nivel de Subrasante Adicionando Estabilizante, y obteniendo un costo de S/ 17.11 por m³.

VI.- RECOMENDACIONES

1. Como se logró demostrar en la presente investigación, la ceniza de cáscara de arroz resultó una gran fuente de estabilizante para suelos arcillosos. Por lo que se recomienda continuar la investigación con otros tipos de suelo.
2. Se recomienda realizar investigaciones con este tipo de estabilizante pero con diferentes condiciones de quemado, como por ejemplo la quema a fuego no controlado.
3. Se recomienda a la municipalidad distrital de Casma utilizar las cenizas de cáscara de arroz como estabilizante ya que esta materia prima abunda en los molinos del valle de santa encontrándose cerca y a bajo costo.
4. En la presente investigación se realizó la adición de ceniza de cáscara de arroz, por lo que se podría investigar otros tipos de suelos combinando ceniza de cáscara de arroz y la vez añadiendo otros estabilizadores como cemento, ceniza volante, cal, escoria, cloruro de sodio, cloruro de calcio, entre otros.
5. Se recomienda utilizar la estabilización de suelo con ceniza de cascara arroz, ya que, de acuerdo con el análisis de precios unitarios, para el mejoramiento con material de reemplazo, se obtuvo un costo de S/. 23.41 por M3, y el mejoramiento con ceniza de cascara de arroz se obtuvo un costo de S/. 17.11 por m3, es por ello por lo que se recomienda la estabilización con ceniza de cascara de arroz ya que se invierte un 26.91% menos que el método por reemplazo de material.

VII.- REFERENCIAS

AHUMADA, Luis y RODRIGUEZ, Jorge. Uso del SiO₂ obteniendo de la cascarilla de arroz en la síntesis de silicatos de calcio. Revista de la Academia Colombiana de Ciencias, (30): 581-584, 2006.

ISBN: 03703908

APARNA, Roy. Soil Stabilization Using Rice Husk Ash And Cement. In Magazine of the Institute Of Tegnology University of Burdwan. 5(1):49-54, 2014.

ISSN: 2278-3652

ARCOS, Claudia, MACÍAZ, Diego y RODRIGUEZ, Jorge. La cascarilla de arroz como fuente de SiO₂. Revista Facultad de Ingenieria Universidad de Antioquia, (41): 7-20, 2007.

ISBN: 01206230

BEHAK Leonardo y PERES Washington. Caracterización de un material compuesto por suelo arenoso, ceniza de cáscara de arroz y cal potencialmente útil para su uso en pavimentación. Revista Ingeniería de Construcción. (1):34-41, abril 2018.

ISSN: 07185073

CASTRO, Axel. Estabilización de suelos arcillosos con ceniza de cáscara de arroz para el mejoramiento de subrasante. Tesis (Grado de Ingeniero Civil). Lima: Universidad Nacional de Ingeniería, Facultad de Ingeniería civil, 2017. 211pp.

CORDO, Oscar. AASHTO Design Procedures For New Pavements. Washington: American Association of state highway, 2006. 246pp.

ISBN: 156051055.2

CRESPO, Carlos. Mecánica de suelos y cimentaciones. 5.a ed. Limusa: México, 2004. 646 pp.

ISBN: 9681864891

DE LA CRUZ, Lizeth y SALCEDO, Kaite. Estabilización de suelos cohesivos por medio de aditivos (Eco Road 2000) para pavimentación en Palian - Huancayo - Junin. Tesis (Grado de Ingeniero Civil). Perú: Universidad Peruana Los Andes, Facultad de Ingeniería, 2016. 146 pp.

Empleo de cenizas de cascara de arroz como adiciones en morteros [en línea]. Madrid: Apartado, 1986 [fecha de consulta: 22 de abril de 2018]. Disponible en: <http://materconstrucc.revistas.csic.es/index.php/materconstrucc/article/download/888/1205>

FARALDOS, Marisol y GOBERNA, Consuelo. Técnicas de Análisis y Caracterización de Materiales. España: DiScript Preimpresión. S. L., 2011. 1023 pp.

ILLIDGE, Dario y RAMOS, Michell. Análisis de la modificación de un suelo altamente plástico con cascarilla de arroz y ceniza volante para subrasante de un pavimento. Tesis (Grado de Ingeniero Civil). Colombia: Universidad de la Salle, Facultad de Ingeniería, 2017. 310 pp.

INGENIERIA DE CARRETERAS por Carlos Kraemer [et al.]. Madrid: COFÁS, S.A., 2003 [fecha de consulta: 22 de abril de 2018]. Disponible en: <https://books.google.com.pe/books?id=HblzJgAACAAJ&dq=kraemer+pardillo+sanchez+romana+blanco+pdf&hl=es-419&sa=X&ved=0ahUKEwjS-qORyczbAhWD1IMKHdYnAHYQ6AEILjAB>

LLAMOGA, Luz. Evaluación del potencial de expansión y capacidad portante de suelos arcillosos usados en subrasantes al adicionar ceniza de cascarilla de arroz, Cajamarca 2016. Tesis (Grado de Ingeniero Civil). Perú: Universidad Privada del Norte, Facultad de Ingeniería, 2016. 139 pp.

LLIQUE, Rosa. Efecto de la cal como estabilizante de una subrasante de suelo arcilloso. Tesis (Grado de Ingeniero Civil). Perú: Universidad Nacional de Cajamarca. Facultad de Ingeniería, 2014. 110 pp.

MINISTERIO DE TRANSPORTE Y COMUNICACIONES. Manual de carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos. Lima: CIP, 2013. 346 pp.

PRADA, Abelardo y CORTÉS Caroll. La descomposición térmica de la cascarilla de arroz: una alternativa de aprovechamiento integral. (1):155-170, 2010.

RICO, Alfonso y DEL CASTILLO, Hermilio. La ingeniería de los suelos en las vías terrestres Carreteras, Ferrocarriles y Aeropistas. Limusa: México, 2005. 460 pp.

ISBN: 9681800540

SANZ, Juan. Mecánica de suelos. Barcelona: Editores técnicos asociados, 1975. 213 pp

ISBN:847146165X

VALLE Áreas, Wilfredo Alonso. Estabilización de suelos arcillosos plásticos con mineralizadores en ambientes sulfatados o yasíferos. Tesis (Master en Caminos, Canales y Puertos). Madrid: Universidad Politécnica de Madrid, Departamento de Ingeniería, 2010. 68 pp.

ZAVALA, Miguel. Mejoramiento de caminos no pavimentados en el departamento de Huánuco mediante la estabilización de suelos comparando el estabilizador orgánico perma-zyme 22x y el probase TX55. Tesis (Grados de Ingeniero Civil). Lima: FIC-UNI, 2006. 426pp.

VIII.- ANEXOS

Anexo N°1
MATRIZ DE CONSISTENCIA

MATRIZ DE CONSISTENCIA

Título:

Estabilización del suelo con fines de pavimentación del valle san Rafael con ceniza de Cascara de arroz añadiendo 5%, 10% y 15%, Casma – Ancash - 2018.

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Diseño de infraestructura vial

DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

En el Perú la red vial está compuesta por más de 80 mil kilómetros de carreteras, pero la situación actual de esta infraestructura vial tiene deficiencia, de lo cual se invierte anualmente miles de millones de dólares. De este modo, en un país con un adecuado desarrollo en el transporte disminuiría el costo de traslado, mientras en regiones los caminos o tramos deteriorados incrementarían los costos. Por lo tanto es poco probable que los ciudadanos puedan conseguir una mejora económica.

La infraestructura vial en el departamento de Ancash viene siendo un aspecto deficiente para el desarrollo de esta región, en donde influye negativamente a los sectores principales que esta región se abastece, como es la agricultura y su comercio.

El Valle de San Rafael no cuenta con vías de acceso pavimentadas lo cual genera un gran malestar a los agricultores y comerciantes que necesitan trasladar sus cargamentos de manera rápida para su distribución en el distrito.

Otro punto de quiebre en el malestar de las personas, es el material particulado que genera la movilización de diferentes tipos de transporte como los autos, camiones, camionetas que transitan por este valle, afectando la salud de las personas que transitan y viven cerca.

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS
<p>¿Cómo influye la variación de porcentajes de ceniza de cascara de arroz en la estabilización del suelo del valle de San Rafael?</p>	<p>General: Evaluar la influencia en las propiedades del suelo del valle San Rafael al adicionar ceniza de cascara de arroz con los porcentajes de 5%, 10% y 15%.</p> <p>Específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Determinar la Temperatura de Activación de la Cascara de Arroz mediante el Análisis Térmico Diferencial. • Determinar las propiedades químicas de la ceniza de cáscara de arroz. • Determinar las propiedades mecánicas y físicas del suelo en el Valle San Rafael. • Determinar la humedad óptima de compactación y la densidad máxima seca del suelo al adicionar ceniza de cáscara de arroz al 5%, 10% y 15%. • Determinar el CBR del suelo al aplicar ceniza de cáscara de arroz al 5%, 10% y 15%. 	<p>La ceniza de cáscara de arroz influye significativamente en la estabilización del suelo, debido al elevado porcentaje de óxido de silicio (SiO₂), que es un cementante.</p>	<p>Análisis Térmico Diferencial</p> <p>Cantidad de Ceniza de Cáscara de Arroz (5%, 10% y 15%) de la muestra a estabilizar</p> <p>Propiedades Químicas</p> <p>Propiedades del Suelo</p>	<p>Temperatura de Activación (C°)</p> <p>5%, 10% y 15% de ceniza de cascara de Arroz</p> <p>Porcentaje de las Propiedades de la Ceniza</p> <p>Granulometría Límite Líquido Límite Plástico Proctor Modificado Ensayo de CBR</p>	<p>Protocolos:</p> <p>MTC E107-2000 (Análisis granulométrico) ASTM D 422</p> <p>MTC E108-2000 (Determinación del contenido de humedad de un suelo) ASTM D2216</p> <p>MTC E110-2000 (Límite líquido de los suelos) ASTM D4318</p> <p>MTC E111-2000 (Límite plástico, índice de plasticidad) ASTM D4318</p> <p>MTC E115-2000 (Proctor modificado) ASTM D1557</p> <p>MTC E132-2000 (CBR de los suelos) ASTM D1883</p>

ANEXO 2

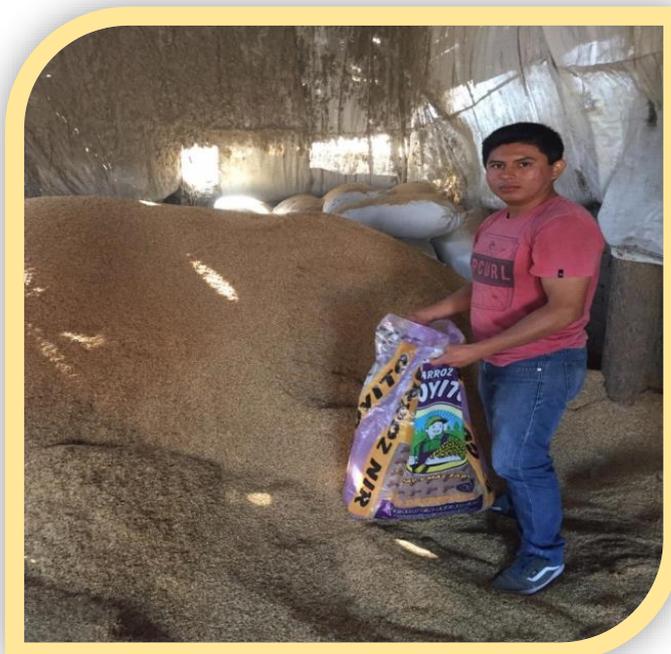
PANEL FOTOGRAFICO

FIGURA N°1 Suelo a nivel de terreno natural de la carretera del valle de San Rafael



FUENTE: Elaboración propia

FIGURA N°2 Obtención de materia prima en la zona del valle de santa donde se acumula posterior a la separación del grano de la cascara en los molinos, para luego ser trasladadas al laboratorio.



FUENTE: Elaboración propia

FIGURA N°3 Se colocación la cascara de arroz en pasillos pequeños de porcelana



FUENTE: Elaboración propia

FIGURA N°4 Calcinación en horno mufla a una temperatura de 450°C durante una hora



FUENTE: Elaboración propia

FIGURA N°5 Obtención de la ceniza de cáscara de arroz



FUENTE: Elaboración propia

CALICATAS

FIGURA N°6 – Calicata uno



FUENTE: Elaboración propia

FIGURA N°7 – Calicata dos



FUENTE: Elaboración propia

FIGURA N°8 – Calicata tres



FUENTE: Elaboración propia

FIGURA N°9 – Calicata cuatro



FUENTE: Elaboración propia

FIGURA N°10 – Calicata cinco



FUENTE: Elaboración propia

GRANULOMETRÍA

FIGURA N°11 Juego de tamices a utilizar



FUENTE: Elaboración propia

FIGURA N°12 Colocación del material en el juego de tamices de cada una de las calicatas



FUENTE: Elaboración propia

FIGURA N°13 Proceso de zarandeo



FUENTE: Elaboración propia

LÍMITES DE ATTERBERG

FIGURA N°14 Muestra para ser utilizada en los límites de atterberg



FUENTE: Elaboración propia

FIGURA N°15 Muestra colocada en la copa casa grande propiedad de la Universidad César Vallejo



FUENTE: Elaboración propia

FIGURA N°16 Ranurado en la copa casa grande



FUENTE: Elaboración propia

FIGURA N°17 Obtención de una pequeña muestra de la copa casa grande



FUENTE: Elaboración propia

PROCTOR MODIFICADO

PATRÓN N°1

FIGURA N°18 Preparación de la muestra con diferentes porcentajes de humedad



FUENTE: Elaboración propia

FIGURA N°19 Llenado de la muestra en el molde del proctor modificado



FUENTE: Elaboración propia

FIGURA N°20 Proceso de compactación



FUENTE: Elaboración propia

FIGURA N°21 Obtención de una pequeña muestra



FUENTE: Elaboración propia

PATRÓN 1 + 5% CCA

FIGURA N° 22 Preparación de la muestra adicionando 5% de ceniza de cáscara de arroz



FUENTE: Elaboración propia

FIGURA N° 23 Llenado de la muestra en el molde de proctor modificado



FUENTE: Elaboración propia

FIGURA N°24 Proceso de compactación



FUENTE: Elaboración propia

FIGURA N°25 Obtención de una pequeña muestra



FUENTE: Elaboración propia

PATRÓN 1 + 10% CCA

FIGURA N°26 Preparación de la muestra adicionando 10% de ceniza de cáscara de arroz



FUENTE: Elaboración propia

FIGURA N° 27 Llenado de la muestra en el molde de proctor modificado



FUENTE: Elaboración propia

FIGURA N°28 Proceso de compactación



FUENTE: Elaboración propia

FIGURA N°29 Obtención de una pequeña muestra



FUENTE: Elaboración propia

PATRÓN 1 + 15% CCA

FIGURA N°30 Preparación de la muestra adicionando 15% de ceniza de cáscara de arroz



FUENTE: Elaboración propia

FIGURA N°31 Proceso de compactación



FUENTE: Elaboración propia

FIGURA N°32 Obtención de una pequeña muestra



FUENTE: Elaboración propia

CBR

PATRÓN N°1

FIGURA N°33 Preparación de 5kg de muestra



FUENTE: Elaboración propia

FIGURA N°34 Compactación con 25 golpes



FUENTE: Elaboración propia

FIGURA N°35 Inmersión del molde en agua por 4 días



FUENTE: Elaboración propia

FIGURA N°36 Lectura de cargas



FUENTE: Elaboración propia

Anexo N°3
NORMAS



PERÚ

Ministerio
de Transportes
y Comunicaciones

Viceministerio
de Transportes

Dirección General
de Caminos y
Ferrocarriles



MANUAL DE ENSAYO DE MATERIALES



Edición Mayo de 2016





ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO

MTC E 107- 2000

Este Modo Operativo está basado en las Normas ASTM D 422 y AASHTO T 88, las mismas que se han adaptado al nivel de implementación y a las condiciones propias de nuestra realidad. Cabe indicar que este Modo Operativo está sujeto a revisión y actualización continua.

Este Modo Operativo no propone los requisitos concernientes a seguridad. Es responsabilidad del Usuario establecer las cláusulas de seguridad y salubridad correspondientes, y determinar además las obligaciones de su uso e interpretación.

1. OBJETIVO

1.1 La determinación cuantitativa de la distribución de tamaños de partículas de suelo.

1.2 Esta norma describe el método para determinar los porcentajes de suelo que pasan por los distintos tamices de la serie empleada en el ensayo, hasta el de 74 mm (N° 200).

2. APARATOS

2.1 *Dos balanzas.* Una con sensibilidad de 0.01 g para pesar material que pase el tamiz de 4,760 mm (N° 4). Otra con sensibilidad 0.1 % del peso de la muestra, para pesar los materiales retenidos en el tamiz de 4,760 mm (N° 4).

2.2 *Tamices de malla cuadrada*

75 mm (3"), 50,8 mm (2"), 38,1 mm (1½"), 25,4 mm (1"), 19,0 mm (¾"), 9,5 mm (3/8"), 4,76 mm (N° 4), 2,00 mm (N° 10), 0,840 mm (N° 20), 0,425 mm (N° 40), 0,250 mm (N° 60), 0,106 mm (N° 140) y 0,075 mm (N° 200).

Se puede usar, como alternativa, una serie de tamices que, al dibujar la gradación, dé una separación uniforme entre los puntos del gráfico; esta serie estará integrada por los siguientes:

75 mm (3"), 37.5 mm (1-½"), 19.0 mm (¾"), 9.5 mm (3/8"), 4.75 mm (N° 4), 2.36 mm (N° 8), 1.10 mm (N° 16), 600 mm (N° 30), 300 mm (N° 50), 150 mm (N° 100), 75 mm (N° 200).

2.3 *Estufa,* capaz de mantener temperaturas uniformes y constantes hasta de 110 ± 5 °C (230 ± 9 °F).

2.4 *Envases,* adecuados para el manejo y secado de las muestras.

2.5 *Cepillo y brocha,* para limpiar las mallas de los tamices.

3. MUESTRA

3.1 Según sean las características de los materiales finos de la muestra, el análisis con tamices se hace, bien con la muestra entera, o bien con parte de ella después de separar los finos por lavado. Si la necesidad del lavado no se puede determinar por examen visual, se seca en el horno una pequeña porción húmeda del material y luego se examina su resistencia en seco rompiéndola entre los dedos. Si se puede romper fácilmente y el material fino se pulveriza bajo la presión de aquellos, entonces el análisis con tamices se puede efectuar sin previo lavado.

3.2 Prepárese una muestra para el ensayo como se describe en la preparación de muestras para análisis granulométrico (MTC E 106), la cual estará constituida por dos fracciones: una retenida sobre el tamiz de 4,760 mm (N° 4) y otra que pasa dicho tamiz. Ambas fracciones se ensayaran por separado.

3.3 El peso del suelo secado al aire y seleccionado para el ensayo, como se indica en el modo operativo MTC E 106, será suficiente para las cantidades requeridas para el análisis mecánico, como sigue:

- Para la porción de muestra retenida en el tamiz de 4,760 mm (N° 4) el peso dependerá del tamaño máximo de las partículas de acuerdo con la Tabla 1.

Tabla 1

Diámetro nominal de las partículas más grandes mm (pulg)	Peso mínimo aproximado de la porción (gr)
9,5 (3/8")	500
19,6 (3/4")	1000
25,7 (1")	2000
37,5 (1 1/2")	3000
50,0 (2")	4000
75,0 (3")	5000

- El tamaño de la porción que pasa tamiz de 4,760 mm (N° 4) será aproximadamente de 115 g, para suelos arenosos y de 65 g para suelos arcillosos y limosos.

3.4 En el modo operativo MTC E 106 se dan indicaciones para la pesada del suelo secado al aire y seleccionado para el ensayo, así como para la separación del suelo sobre el tamiz de 4,760 mm (N° 4) por medio del tamizado en seco, y para el lavado y pesado de las fracciones lavadas y secadas retenidas en dicho tamiz. De estos dos pesos, los porcentajes, retenido y que pasa el tamiz de 4,760 mm (N° 4), pueden calcularse de acuerdo con el numeral 6.1.

- Se puede tener una comprobación de los pesos, así como de la completa pulverización de los terrones, pesando la porción de muestra que pasa el tamiz de 4,760 mm (N° 4) y agregándole este valor al peso de la porción de muestra lavada y secada en el horno, retenida en el tamiz de 4,760 mm (N° 4)

4. ANÁLISIS POR MEDIO DE TAMIZADO DE LA FRACCIÓN RETENIDA EN EL TAMIZ DE 4,760 mm (N° 4).

4.1 Sepárese la porción de muestra retenida en el tamiz de 4,760 mm (N° 4) en una serie de fracciones usando los tamices de:

75 mm (3"), 50 mm (2"), 38,1 mm (1 1/2"), 25,4 mm (1"), 19,0 mm (3/4"), 9,5 mm (3/8"), 4,7 mm (N° 4), o los que sean necesarios dependiendo del tipo de muestra, o de las especificaciones para el material que se ensaya.

4.2 En la operación de tamizado manual se mueve el tamiz o tamices de un lado a otro y recorriendo circunferencias de forma que la muestra se mantenga en movimiento sobre la malla. Debe comprobarse al desmontar los tamices que la operación está terminada; esto se sabe cuando no pasa más del 1 % de la parte retenida al tamizar durante un minuto, operando cada tamiz individualmente. Si quedan partículas apesadas en la malla, deben separarse con un pincel o cepillo y reunir las con lo retenido en el tamiz.

Cuando se utilice una tamizadora mecánica, se pondrá a funcionar por diez minutos aproximadamente; el resultado se puede verificar usando el método manual.

4.3 Se determina el peso de cada fracción en una balanza con una sensibilidad de 0.1 %. La suma de los pesos de todas las fracciones y el peso, inicial de la muestra no debe diferir en más de 1%.

5. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LA FRACCIÓN FINA

5.1 El análisis granulométrico de la fracción que pasa el tamiz de 4,760 mm (N° 4) se hará por tamizado y/o sedimentación según las características de la muestra y según la información requerida.

- Los materiales arenosos que contengan muy poco limo y arcilla, cuyos terrones en estado seco se desintegren con facilidad, se podrán tamizar en seco.
- Los materiales limo-arcillosos, cuyos terrones en estado seco no rompan con facilidad, se procesarán por la vía húmeda.
- Si se requiere la curva granulométrica completa incluyendo la fracción de tamaño menor que el tamiz de 0,074 mm (N° 200), la gradación de ésta se determinará por sedimentación, utilizando el hidrómetro para obtener los datos necesarios. Ver modo operativo MTC E 109.
- Se puede utilizar procedimientos simplificados para la determinación del contenido de partículas menores de un cierto tamaño, según se requiera.
- La fracción de tamaño mayor que el tamiz de 0,074 mm (N° 200) se analizará por tamizado en seco, lavando la muestra previamente sobre el tamiz de 0,074 mm (N° 200)

5.2 Procedimiento para el análisis granulométrico por lavado sobre el tamiz de 0,074 mm (N° 200).

- Se separan mediante cuarteo, 115 g para suelos arenosos y 65 g para suelos arcillosos y limosos, pesándolos con exactitud de 0.01 g.
- Humedad higroscópica. Se pesa una porción de 10 a 15 g de los cuarteos anteriores y se seca en el horno a una temperatura de 110 ± 5 °C (230 ± 9 °F). Se pesan de nuevo y se anotan los pesos.
- Se coloca la muestra en un recipiente apropiado, cubriéndola con agua y se deja en remojo hasta que todos los terrones se ablanden.

- Se lava a continuación la muestra sobre el tamiz de 0,074 mm (N° 200) con abundante agua, evitando frotarla contra el tamiz y teniendo mucho cuidado de que no se pierda ninguna partícula de las retenidas en él.
- Se recoge lo retenido en un recipiente, se seca en el horno a una temperatura de $110 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$ ($230 \pm 9 \text{ }^\circ\text{F}$) y se pesa.
- Se tamiza en seco siguiendo el procedimiento indicado en las secciones 4.2 y 4.3.

6. CÁLCULOS

6.1 Valores de análisis de tamizado para la porción retenida en el tamiz de 4,760 mm (N° 4).

- Se calcula el porcentaje que pasa el tamiz de 4,760 mm (N° 4) dividiendo el peso que pasa dicho tamiz por el del suelo originalmente tomado y se multiplica el resultado por 100. Para obtener el peso de la porción retenida en el mismo tamiz, réstese del peso original, el peso del pasante por el tamiz de 4,760 mm (N° 4).
- Para comprobar el material que pasa por el tamiz de 9,52 mm (3/8"), se agrega al peso total del suelo que pasa por el tamiz de 4,760 mm (N° 4) el peso de la fracción que pasa el tamiz de 9,52 mm (3/8") y que queda retenida en el de 4,760 mm (N° 4). Para los demás tamices continúese el cálculo de la misma manera.
- Para determinar el porcentaje total que pasa por cada tamiz, se divide el peso total que pasa entre el peso total de la muestra y se multiplica el resultado por 100.

6.2 Valores del análisis por tamizado para la porción que pasa el tamiz de 4,760 mm (N° 4).

- Se calcula el porcentaje de material que pasa por el tamiz de 0,074 mm (N° 200) de la siguiente forma:

$$\% \text{ Pasa } 0,074 = \frac{\text{Peso Total} - \text{Peso Retenido en la tamiz de } 0,074 \text{ mm}}{\text{Peso Total}} \times 100$$

- Se calcula el porcentaje retenido sobre cada tamiz en la siguiente forma:

$$\% \text{ Retenido} = \frac{\text{Peso retenido en la tamiz}}{\text{Peso Total}} \times 100$$

- Se calcula el porcentaje más fino. Restando en forma acumulativa de 100% los porcentajes retenidos sobre cada tamiz.

$$\% \text{ Pasa} = 100 - \% \text{ Retenido acumulado}$$

6.3 Porcentaje de humedad higroscópica. La humedad higroscópica como la pérdida de peso de una muestra secada al aire cuando se seca posteriormente al horno, expresada como un porcentaje del peso de la muestra secada al horno. Se determina de la manera siguiente:

$$\% \text{ Humedad Higroscópica} = \frac{W - W_1}{W_1} \times 100$$

Donde:

W = Peso de suelo secado al aire

W₁ = Peso de suelo secado en el horno

7. OBSERVACIONES

7.1 El informe deberá incluir lo siguiente:

- El tamaño máximo de las partículas contenidas en la muestra.
- Los porcentajes retenidos y los que pasan, para cada uno de los tamices utilizados.
- Toda información que se juzgue de interés.

Los resultados se presentarán: (1) en forma tabulada, o (2) en forma gráfica, siendo esta última forma la indicada cada vez que el análisis comprenda un ensayo completo de sedimentación.

Las pequeñas diferencias resultantes en el empate de las curvas obtenidas por tamizado y por sedimentación, respectivamente, se corregirán en forma gráfica.

7.2 Los siguientes errores posibles producirán determinaciones imprecisas en un análisis granulométrico por tamizado.

- Aglomeraciones de partículas que no han sido completamente disgregadas. Si el material contiene partículas finas plásticas, la muestra debe ser disgregada antes del tamizado.
- Tamices sobrecargados. Este es el error más común y más serio asociado con el análisis por tamizado y tenderá a indicar que el material ensayado es más grueso de lo que en realidad es. Para evitar esto, las muestras muy grandes deben ser tamizadas en varias porciones y las porciones retenidas en cada tamiz se juntarán luego para realizar la pesada.
- Los tamices han sido agitados por un período demasiado corto o con movimientos horizontales o rotacionales inadecuados. Los tamices deben agitarse de manera que las partículas sean expuestas a las aberturas del tamiz con varias orientaciones y así tengan mayor oportunidad de pasar a través de él.
- La malla de los tamices está rota o deformada; los tamices deben ser frecuentemente inspeccionados para asegurar que no tienen aberturas más grandes que la especificada.
- Pérdidas de material al sacar el retenido de cada tamiz.
- Errores en las pesadas y en los cálculos.



8. REFERENCIAS NORMATIVAS

ASTM	D 422
AASHTO	T 88



MTC E 108

DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO

1.0 OBJETO

- 1.1 Establecer el método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo.

2.0 FINALIDAD Y ALCANCE

- 2.1 La humedad o contenido de humedad de un suelo es la relación, expresada como porcentaje, del peso de agua en una masa dada de suelo, al peso de las partículas sólidas.
- 2.2 Este Modo Operativo determina el peso de agua eliminada, secando el suelo húmedo hasta un peso constante en un horno controlado a 110 ± 5 °C*. El peso del suelo que permanece del secado en horno es usado como el peso de las partículas sólidas. La pérdida de peso debido al secado es considerado como el peso del agua.

Nota 1. (*) El secado en horno siguiendo en método (a 110 ° C) no da resultados confiables cuando el suelo contiene yeso u otros minerales que contienen gran cantidad de agua de hidratación o cuando el suelos contiene cantidades significativas de material orgánico. Se pueden obtener valores confiables del contenido de humedad para los suelos, secándose en un horno a una temperatura de 60 °C o en un desecador a temperatura ambiente.

3.0 REFERENCIAS NORMATIVAS

- 3.1 ASTM D 2216: Standard Test Method of Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock.

4.0 EQUIPOS y MATERIALES

4.1 EQUIPOS

- 4.1.1 Horno de secado.- Horno de secado termostáticamente controlado, de preferencia uno del tipo tiro forzado, capaz de mantener una temperatura de 110 ± 5 °C.
- 4.1.2 Balanzas.- De capacidad conveniente y con las siguientes aproximaciones:
De 0,01 g para muestras de menos de 200 g
De 0,1 g para muestras de más de 200 g.

4.2 MATERIALES

- 4.2.1 Recipientes.- Recipientes apropiados fabricados de material resistente a la corrosión, y al cambio de peso cuando es sometido a enfriamiento o calentamiento continuo, exposición a materiales de pH variable, y a limpieza.

Nota 2. Los recipientes y sus tapas deben ser herméticos a fin de evitar pérdida de humedad de las muestras antes de la pesada inicial y para prevenir la absorción de humedad de la atmósfera después del secado y antes de la pesada final. Se usa un recipiente para cada determinación.

- 4.2.2 Desecador (opcional).- Un desecador de tamaño apropiado que contenga sílica gel o fosfato de calcio anhidro. Es preferible usar un desecante cuyos cambios de color indiquen la necesidad de su restitución (Ver [Sección 6.3.5](#) del presente ensayo).

Nota 3. El sulfato de calcio anhidro se vende bajo el nombre comercial Drier hite.

- 4.2.3 Utensilios para manipulación de recipientes.- Se requiere el uso de guantes, tenazas, o un sujetador apropiado para mover y manipular los recipientes calientes después de que se hayan secado.
- 4.2.4 Otros utensilios.- Se requieren el empleo de cuchillos, espátulas, cucharas, lona para cuarteo, divisores de muestras, etc.



5.0 MUESTRA

- 5.1 Las muestras serán preservadas y transportadas de acuerdo a la Norma ASTM D 4220-89 (Practices for Preserving and Transporting Soil Sample), Grupos de suelos B, C ó D. Las muestras que se almacenen antes de ser ensayadas se mantendrán en contenedores herméticos no corrosibles a una temperatura entre aproximadamente 3 y 30 °C y en un área que prevenga el contacto directo con la luz solar. Las muestras alteradas se almacenarán en recipientes de tal manera que se prevenga ó minimice la condensación de humedad en el interior del contenedor.
- 5.2 La determinación del contenido de humedad se realizará tan pronto como sea posible después del muestreo, especialmente si se utilizan contenedores corrosibles: (tales como: tubos de acero de pared delgada, latas de pintura, etc.) ó bolsas plásticas.

6.0 PROCEDIMIENTO

6.1 ESPECIMEN DEL ENSAYO

- 6.1.1 Para los contenidos de humedad que se determinan en conjunción con algún otro método ASTM, se empleará la cantidad especificada en dicho método si alguna fuera proporcionada.
- 6.1.2 La cantidad mínima de espécimen de material húmedo seleccionado como representativo de la muestra total, si no se toma la muestra total, será de acuerdo a lo siguiente:

Máximo tamaño de partícula (pasa el 100%)	Tamaño de malla estándar	Masa mínima recomendada de espécimen de ensayo húmedo para contenidos de humedad reportados	
		a ± 0,1%	a ± 1%
2 mm o menos	2,00 mm (Nº 10)	20 g	20 g *
4,75 mm	4,760 mm (Nº 4)	100 g	20 g *
9,5 mm	9,525 mm (3/8")	500 g	50 g
19,0 mm	19,050 mm (3/4")	2,5 kg	250 g
37,5 mm	38,1 mm (1 1/2")	10 kg	1 kg
75,0 mm	76,200 mm (3")	50 kg	5 kg

Nota.- * Se usará no menos de 20 g para que sea representativa.

Si se usa toda la muestra, ésta no tiene que cumplir los requisitos mínimos dados en la tabla anterior. En el reporte se indicará que se usó la muestra completa.

- 6.1.3 El uso de un espécimen de ensayo menor que el mínimo indicado en 6.1.2 requiere discreción aunque pudiera ser adecuado para los propósitos del ensayo. En el reporte de resultados deberá anotarse algún espécimen usado que no haya cumplido con estos requisitos.
- 6.1.4 Cuando se trabaje con una muestra pequeña (menos de 200 g) que contenga partículas de grava relativamente grandes no es apropiado incluirlas en la muestra de ensayo. Sin embargo en el reporte de resultados se mencionará y anotará el material descartado.
- 6.1.5 Para aquellas muestras que consistan íntegramente de roca intacta, el espécimen mínimo tendrá un peso de 500 g. Porciones de muestra representativas pueden partirse en partículas más pequeñas, dependiendo del tamaño de la muestra, del contenedor y la balanza utilizada y para facilitar el secado a peso constante.
- ### 6.2 SELECCION DEL ESPECIMEN DE ENSAYO
- 6.2.1 Cuando el espécimen de ensayo es una porción de una mayor cantidad de material, el espécimen seleccionado será representativo de la condición de humedad de la cantidad total de material. La forma en que se seleccione el espécimen de ensayo depende del propósito y aplicación del ensayo, el tipo de material que se ensaya, la condición de humedad, y el tipo de muestra (de otro ensayo, en bolsa, en bloque, y las demás).

6.2.2 Para muestras alteradas tales como las desbastadas, en bolsa, y otras, el espécimen de ensayo se obtiene por uno de los siguientes métodos (listados en orden de preferencia):

- Si el material puede ser manipulado sin pérdida significativa de humedad, el material debe mezclarse y luego reducirse al tamaño requerido por cuarteo o por división.
- Si el material no puede ser mezclado y/o dividido, deberá formarse una pila de material, mezclándolo tanto como sea posible. Tomar por lo menos cinco porciones de material en ubicaciones aleatorias usando un tubo de muestreo, lampa, cuchara, frotacho ó alguna herramienta similar apropiada para el tamaño de partícula máxima presente en el material. Todas las porciones se combinarán para formar el espécimen de ensayo.
- Si no es posible apilar el material, se tomarán tantas porciones como sea posible en ubicaciones aleatorias que representarán mejor la condición de humedad. Todas las porciones se combinarán para formar el espécimen de ensayo.

6.2.3 En muestras intactas tales como: bloques, tubos, muestreadores divididos y otros, el espécimen de ensayo se obtendrá por uno de los siguientes métodos dependiendo del propósito y potencial uso de la muestra.

- Se desbastará cuidadosamente por lo menos 3 mm de material de la superficie exterior de la muestra para ver si el material está estratificado y para remover el material que esté más seco o más húmedo que la porción principal de la muestra. Luego se desbastará por lo menos 5 mm., o un espesor igual al tamaño máximo de partícula presente, de toda la superficie expuesta o del intervalo que esté siendo ensayado.
- Se cortará la muestra por la mitad. Si el material está estratificado se procederá de acuerdo a lo indicado en 6.2.3.c. Luego se desbastará cuidadosamente por lo menos 5 mm, o un espesor igual del tamaño máximo de partícula presente, de la superficie expuesta de una mitad o el intervalo ensayado. Deberá evitarse el material de los bordes que pueda encontrarse más húmedo o más seco que la porción principal de la muestra.

Nota 4. El cambio de humedad en suelos sin cohesión puede requerir que se muestre la sección completa. Si el material está estratificado (o se encuentra más de un tipo de material), se seleccionará un espécimen promedio, o especímenes individuales, o ambos. Los especímenes deben ser identificados apropiadamente en formatos, en cuanto a su ubicación, o lo que ellos representen.

6.3 PROCEDIMIENTO

6.3.1 Determinar y registrar la masa de un contenedor limpio y seco (y su tapa si es usada).

6.3.2 Seleccionar especímenes de ensayo representativos de acuerdo a la [sección 6.2](#) de este ensayo.

6.3.3 Colocar el espécimen de ensayo húmedo en el contenedor y, si se usa, colocar la tapa asegurada en su posición. Determinar el peso del contenedor y material húmedo usando una balanza (véase 4.1.2 de este ensayo) seleccionada de acuerdo al peso del espécimen. Registrar este valor.

Nota 5. Para prevenir la mezcla de especímenes y la obtención de resultados incorrectos, todos los contenedores, y tapas si se usan, deberían ser enumerados y deberían registrarse los números de los contenedores en los formatos del laboratorio. Los números de las tapas deberán ser consistentes con los de los contenedores para evitar confusiones.

Nota 6. Para acelerar el secado en horno de grandes especímenes de ensayo, ellos deberían ser colocados en contenedores que tengan una gran área superficial (tales como ollas) y el material debería ser fragmentado en agregados más pequeños.

6.3.4 Remover la tapa (si se usó) y colocar el contenedor con material húmedo en el horno. Secar el material hasta alcanzar una masa constante. Mantener el secado en el horno a 110 ± 5 °C a menos que se especifique otra temperatura. El tiempo requerido para mantener peso constante variará dependiendo del tipo de material, tamaño de espécimen, tipo de horno y capacidad, y otros factores. La influencia de estos factores generalmente puede ser establecida por un buen juicio, y experiencia con los materiales que sean ensayados y los aparatos que sean empleados.

Nota 7. En la mayoría de los casos, el secado de un espécimen de ensayo durante toda la noche (de 12 a 16 horas) es suficiente. En los casos en los que hay duda sobre lo adecuado de un método de secado, deberá continuarse con el secado hasta que el cambio de peso después de dos períodos sucesivos (mayores de 1 hora) de secado sea insignificante (menos del 0,1 %). Los especímenes de arena pueden ser secados a peso constante en un período de 4 horas, cuando se use un horno de tiro forzado.

Nota 8. Desde que algunos materiales secos pueden absorber humedad de especímenes húmedos, deberán retirarse los especímenes secos antes de colocar especímenes húmedos en el mismo horno. Sin embargo, esto no sería aplicable si los especímenes secados previamente permanecieran en el horno por un período de tiempo adicional de 16 horas.

- 6.3.5 Luego que el material se haya secado a peso constante, se removerá el contenedor del horno (y se le colocará la tapa si se usó). Se permitirá el enfriamiento del material y del contenedor a temperatura ambiente o hasta que el contenedor pueda ser manipulado cómodamente con las manos y la operación del balance no se afecte por corrientes de convección y/o esté siendo calentado. Determinar el peso del contenedor y el material secado al horno usando la misma balanza usada en [6.3.3](#) de este ensayo. Registrar este valor. Las tapas de los contenedores se usarán si se presume que el espécimen está absorbiendo humedad del aire antes de la determinación de su peso seco.

Nota 9. Colocar las muestras en un desecador es más aceptable en lugar de usar las tapas herméticas ya que reduce considerablemente la absorción de la humedad de la atmósfera durante el enfriamiento especialmente en los contenedores sin tapa.

7.0 CALCULOS E INFORME

7.1. CALCULOS

- 7.1.1 Se calcula el contenido de humedad de la muestra, mediante la siguiente fórmula:

$$W = \frac{\text{Peso de agua}}{\text{Peso de suelo secado al horno}} \times 100$$
$$W = \frac{M_{CS} - M_C}{M_{CS} - M_C} \times 100 = \frac{M_w}{M_s} \times 100$$

Donde:

- W = es el contenido de humedad, (%)
- M_{CS} = es el peso del contenedor más el suelo húmedo, en gramos
- M_C = es el peso del contenedor más el suelo secado en horno, en gramos
- M_c = es el peso del contenedor, en gramos
- M_w = es el peso del agua, en gramos
- M_s = es el peso de las partículas sólidas, en gramos

7.3 INFORME

- 7.3.1 El informe deberá incluir lo siguiente:

- a) La identificación de la muestra (material) ensayada, tal como el número de la perforación, número de muestra, número de ensayo, número de contenedor, etc.
- b) El contenido de agua del espécimen con aproximación al 1 % ó al 0,1 %, como sea apropiado dependiendo de la mínima muestra usada. Si se usa este método conjuntamente con algún otro método, el contenido de agua del espécimen deberá reportarse al valor requerido por el método de ensayo para el cual se determinó el contenido de humedad.
- c) Indicar si el espécimen de ensayo tenía un peso menor que el indicado en [6.1.2](#) de este ensayo.
- d) Indicar si el espécimen de ensayo contenía más de un tipo de material (estratificado, etc.).
- e) Indicar el método de secado si es diferente del secado en horno a 110 ± 5 °C.
- f) Indicar si se excluyó algún material del espécimen de ensayo.

8.0 PRECISION Y DISPERSION

- 8.1 Repetibilidad: El coeficiente de variación de un operador simple se encontró en 2,7 %. Por consiguiente, los resultados de dos ensayos conducidos apropiadamente por el mismo operador con el mismo equipo, no deberían ser considerados con sospecha si difieren en menos del 7,8 % de su media.
- 8.2 Reproducibilidad: El coeficiente de variación multilaboratorio se encontró en 5,0 %. Por consiguiente, los resultados de dos ensayos conducidos por diferentes operadores usando equipos diferentes no deberán ser considerados con sospecha a menos que difieran en más del 14,0 % de su media.



DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO DE LOS SUELOS

MTC E 110 – 2000

Este Modo Operativo está basado en las Normas ASTM D 4318 y AASHTO T 89, las mismas que se han adaptado al nivel de implementación y a las condiciones propias de nuestra realidad. Cabe indicar que este Modo Operativo está sujeto a revisión y actualización continua.

Este Modo Operativo no propone los requisitos concernientes a seguridad. Es responsabilidad del Usuario establecer las cláusulas de seguridad y salubridad correspondientes, y determinar además las obligaciones de su uso e interpretación.

1. OBJETIVO

1.1 El límite líquido de un suelo es el contenido de humedad expresado en porcentaje del suelo secado en el horno, cuando éste se halla en el límite entre el estado plástico y el estado líquido.

1.2 El valor calculado deberá aproximarse al centésimo.

2. APARATOS

2.1 *Recipiente para Almacenaje.* Una vasija de porcelana de 115 mm (4 1/2") de diámetro aproximadamente.

2.2 *Espátula.* De hoja flexible de unos 75 a 100 mm (3" – 4") de longitud y 20 mm (3/4") de ancho aproximadamente.

2.3 *Aparato del límite líquido (o de Casagrande).*

De operación manual. Es un aparato consistente en una taza de bronce con sus aditamentos, construido de acuerdo con las dimensiones señaladas en la Figura 1.

De operación mecánica. Es un aparato equipado con motor para producir la altura y el número de golpes. Figura 1. El aparato debe dar los mismos valores para el límite líquido que los obtenidos con el aparato de operación manual.

2.4 *Acanalador.* Conforme con las dimensiones críticas indicadas en las figuras 1 y 2.

2.5 *Calibrador.* Ya sea incorporado al ranurador o separado, de acuerdo con la dimensión crítica "d" mostrada en la Figura 1, y puede ser, si fuere separada, una barra de metal de 10.00 ± 0.2 mm ($0.394" \pm 0.008"$) de espesor y de 50 mm (2") de largo, aproximadamente.

2.6 *Recipientes o Pesa Filtros.* De material resistente a la corrosión, y cuya masa no cambie con repetidos calentamientos y enfriamientos. Deben tener tapas que cierren bien, sin costuras, para evitar las pérdidas de humedad de las muestras antes de la pesada inicial y para evitar la absorción de humedad de la atmósfera tras el secado y antes de la pesada final.

2.7 *Balanza.* Una balanza con sensibilidad de 0.01 gr.

2.8 Estufa. Termostáticamente controlado y que pueda conservar temperaturas de $110 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$ ($230 \pm 9 \text{ }^\circ\text{F}$) para secar la muestra.

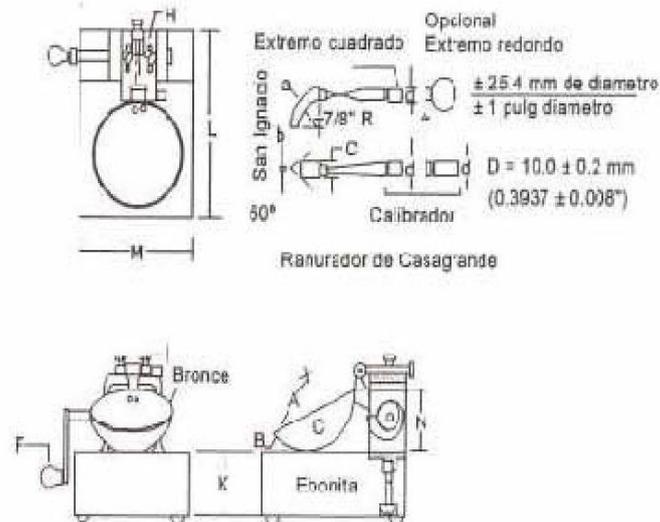


Figura 1. Aparato manual para límite líquido

Tablas de Medidas

Aparato de Límite Líquido							Ranurador			
Dimensiones	Conjunto de la cazuela			Base			Extremo curvado			
	A	B	C	N	K	L	M	a	b	c
Descripción	Radio de la copa	Espesor de la copa	Profundidad de la copa	Copa desde la guía del elevador hasta la base	Espesor	Largo	Ancho	Espesor	Borde cortante	Ancho
Métrico, mm	54	2.0	27	47	50	150	125	10.0	2.0	13.5
Tolerancia, mm	2	0.1	1	1.5	5	5	5	0.1	0.1	0.1
Inglés, pulg	2.13	.079	1.063	1.850	1.97	5.90	4.92	.394	.079	.531
Tolerancia, pulg	.08	.004	.04	.06	.2	.2	.2	.004	.004	.004

Nota:

La platina "H" debe incluir un tornillo de seguridad (I).

Cuando se usan acanaladores podrá admitirse + 0.1 mm de tolerancia para "b".

Las patas para la base deberán ser de material resistente.

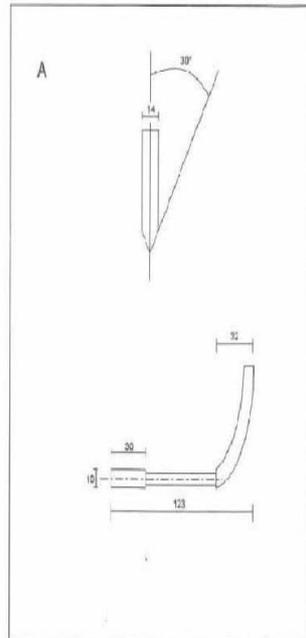


Figura 2. A) Acanaldo de la A.S.T.M.

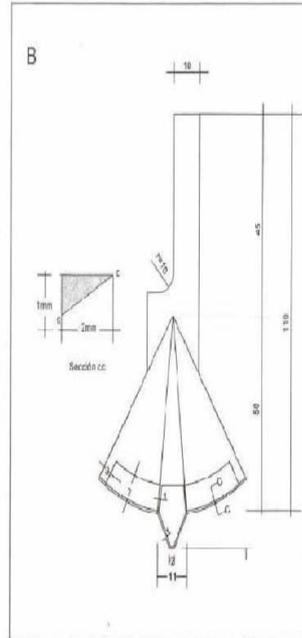


Figura 2. B) Acanizador de hojari.

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO POR EL MÉTODO MULTIPUNTO

3. MUESTRA

Tómese una muestra que pese 150 - 200 g de una porción de material completamente mezclado que pase el tamiz de 0.425 mm (N° 40).

4. AJUSTE DEL APARATO

4.1 Deberá inspeccionarse el aparato de límite líquido para verificar que se halle en buenas condiciones del trabajo. El pin que conecta la taza no debe estar tan gastado que tenga juego lateral, ni el tornillo que la conecta, hallarse tan gastado por el largo uso. Inspecciónese, además, el acanalador para verificar que las dimensiones límites son las indicadas en las figuras 1 y 2.

- Se considera desgaste excesivo, cuando el diámetro del punto de contacto sobre la base de la taza excede de 13 mm (0.5") o cuando cualquier punto sobre el borde de la misma se ha desgastado aproximadamente en la mitad del espesor original. Aun cuando se aprecie una ligera ranura en el centro de la taza, ésta no es objetable. Pero si la ranura se pronuncia antes de que aparezcan otros signos de desgaste, debe considerarse que está excesivamente gastada y deberá reemplazarse.
- Una base que esté excesivamente desgastada puede pulirse; pero hasta cuando la tolerancia mostrada en la Figura 1 no exceda de 2.5 mm (0.1") y la distancia entre la excéntrica de la taza y la base se mantenga dentro de la tolerancia especificada en la Figura 1.

4.2 Por medio del calibrador del mango del ranurador y la platina de ajuste H (Figura 1), ajústese la altura a la cual se levanta la taza, de tal manera que el punto que hace contacto con la base al caer esté exactamente a 1 cm (0.394") sobre ésta. Asegúrese la platina de ajuste H, apretando los tornillos con el calibrador, aún colocado, compruébese el ajuste girando la manija rápidamente varias veces. Si el ajuste es correcto, un sonido de roce se oirá cuando la excéntrica golpea contra la taza, si se levanta del calibrador o no se oye ruido, hágase un nuevo ajuste.

5. PROCEDIMIENTO

5.1 Colóquese la muestra de suelo en la vasija de porcelana y mézclese completamente con 15 a 20 ml de agua destilada, agitándola, amasándola y tajándola con una espátula en forma alternada y repetida. Realizar más adiciones de agua en incrementos de 1 a 3 ml. Mézclese completamente cada incremento de agua con el suelo como se ha descrito previamente, antes de cualquier nueva adición.

- Algunos suelos son lentos para absorber agua, por lo cual es posible que se adicione los incrementos de agua tan rápidamente que se obtenga un límite líquido falso. Esto puede evitarse mezclando más y durante un mayor tiempo, (1 hora aproximadamente).

5.2 Cuando haya sido mezclada suficiente agua completamente con el suelo y la consistencia producida requiera de 30 a 35 golpes de la cazuela de bronce para que se ocasione el cierre,

colóquese una porción de la mezcla en la cazuela sobre el sitio en que ésta reposa en la base, y comprímase hacia abajo, extiéndase el suelo hasta obtener la posición mostrada en la Figura 3 (con tan pocas pasadas de la espátula como sea posible), teniendo cuidado de evitar la inclusión de burbujas de aire dentro de la masa. Nivélase el suelo con la espátula y al mismo tiempo emparéjeselo hasta conseguir una profundidad de 1 cm en el punto de espesor máximo. Regrésese el exceso de suelo a la Vasija de porcelana.

5.2.1 Divídase el suelo en la taza de bronce por pasadas firmes del acanalador a lo largo del diámetro y a través de la línea central de la masa del suelo de modo que se forme una ranura limpia y de dimensiones apropiadas. Para evitar rasgaduras en los lados de la ranura o escurrimientos de la pasta del suelo a la cazuela de bronce, se permite hacer hasta 6 pasadas de adelante hacia atrás o de atrás hacia adelante, contando cada recorrido como una pasada; con cada pasada el acanalador debe penetrar un poco más profundo hasta que la última pasada de atrás hacia adelante limpie el fondo de la cazuela. Hágase una ranura con el menor número de pasadas posible.

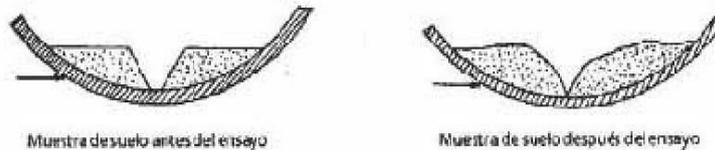


Figura 3. Diagrama ilustrativo del ensayo de límite líquido.

5.3 Elévase y golpéese la taza de bronce girando la manija F, a una velocidad de 1,9 a 2,1 golpes por segundo, hasta que las dos mitades de la pasta de suelo se pongan en contacto en el fondo de la ranura, a lo largo de una distancia de cerca de 13 mm (0.5"). Anótese el número de golpes requeridos para cerrar la ranura.

En lugar de fluir sobre la superficie de la taza algunos suelos tienden a deslizarse. Cuando esto ocurra, deberá agregarse más agua a la muestra y mezclarse de nuevo, se hará la ranura con el acanalador y se repetirá el Punto 5.3; si el suelo sigue deslizándose sobre la taza de bronce a un número de golpes inferior a 25, no es aplicable este ensayo y deberá indicarse que el límite líquido no se puede determinar.

5.4 Sáquese una tajada de suelo aproximadamente del ancho de la espátula, tomándola de uno y otro lado y en ángulo recto con la ranura e incluyendo la porción de ésta en la cual se hizo contacto, y colóquese en un recipiente adecuado.

Pésese y anótese. Colóquese el suelo dentro del pesafiltro en el horno a 110 ± 5 °C (230 ± 9 °F) hasta obtener peso constante y vuélvase a pesar tan pronto como se haya enfriado pero antes de que pueda haber absorbido humedad higroscópica. Anótese este peso, así como la pérdida de peso debida al secamiento y el peso del agua.

5.5 Transfírase el suelo sobrante en la taza de bronce a la cápsula de porcelana. Lávese y séquese la taza de bronce y el ranurador y ármese de nuevo el aparato del límite líquido para repetir el ensayo.

5.6 Repítase la operación anterior por lo menos en dos ensayos adicionales, con el suelo restante en la vasija de porcelana, al que se le ha agregado agua suficiente para ponerlo en un estado de mayor fluidez. El objeto de este procedimiento es obtener muestras de tal consistencia que al menos una de las determinaciones del número de golpes requeridos para cerrar la ranura del suelo se halle en cada uno de los siguientes intervalos: 25-35; 20-30; 15-25. De esta manera, el alcance de las 3 determinaciones debe ser de 10 golpes.

6. CALCULOS

6.1 Calcúlese el contenido de humedad del suelo, expresándolo como porcentaje del peso del suelo secado en el horno, como sigue:

$$\text{Contenido de humedad} = \frac{\text{Peso del agua}}{\text{Peso del suelo secado en el horno}} \times 100$$

- Calcúlese el porcentaje de humedad, con aproximación a un entero.

6.2 Preparación de la curva de fluidez. Trácese una, "curva de fluidez" que represente la relación entre el contenido de humedad y el correspondiente número de golpes de la taza de bronce, en un gráfico de papel semilogarítmico. Con el contenido de humedad como ordenada sobre la escala aritmética, y el número de golpes como Abscisa sobre la escala logarítmica. la curva de flujo es una línea recta promedia, que pasa tan cerca como sea posible a través de los tres o más puntos dibujados.

6.3 Límite líquido. Tómese el contenido de humedad correspondiente a la intersección de la curva de flujo con la ordenada de 25 golpes como límite líquido del suelo y aproxímese este valor a un número entero.

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO POR EL MÉTODO DE UN PUNTO

7. APARATOS

Los mismos que se han descrito en el presente modo operativo.

8. PREPARACIÓN DEL ESPÉCIMEN DE ENSAYO

Preparar el espécimen en la misma forma como se describió en las secciones antes descritas, excepto que en el mezclado el contenido de humedad se ajuste a una consistencia que requiere de 20 a 30 golpes de la copa de límite líquido para cerrar la ranura.

9. PROCEDIMIENTO

9.1 El ensayo se efectúa en la misma forma que para el método antes descrito (multipunto) con la diferencia que el contenido de humedad de la muestra se debe tomar cuando el número de golpes requerido para cerrar la ranura esté comprendido entre 20 y 30. Si se requiere menos de 20 o más de 30 golpes, se ajustará el contenido de humedad del suelo y se repetirá el procedimiento.

9.2 Inmediatamente después de remover un espécimen para contenido de humedad como se describe en 5.3 y 5.4, formar nuevamente el suelo en la copa, añadiendo una pequeña cantidad de suelo para reponer la pérdida debida a la ranuración y las orientaciones de muestreo para contenido de humedad. Repetir de 5.2.1 a 5.4 y si el segundo cierre de la ranura requiere el mismo número de golpes o no más de dos golpes de diferencia, tomar otro espécimen para contenido de humedad. De otro modo, mezclar de nuevo todo el espécimen y repetir.

Nota A.1. – El excesivo secado o inadecuado mezclado puede causar variación en el número de golpes.

10. CÁLCULOS

10.1 Determinar el límite líquido para cada espécimen de acuerdo al número de golpes y contenido de humedad, usando una de las siguientes ecuaciones:

$$LL = w^n \left(\frac{2N}{25} \right)^{0.121}$$

o:

$$LL = k w^n$$

donde:

N = Número de golpes que causan el cierre de la ranura para el contenido de humedad.

W^n = Contenido de humedad del suelo, para N golpes.

K = factor dado en la Tabla A 1.

El límite líquido es el promedio de los valores de dos pruebas de límite líquido. Si la diferencia entre las dos pruebas es mayor de uno el ensayo debe repetido.

Tabla A - 1

N (Numero de golpes)	K (Factor para límite líquido)
20	0,974
21	0,979
22	0,985
23	0,990
24	0,995
25	1,000
26	1,005
27	1,009
28	1,014
29	1,018
30	1,022

Tabla 1.- Tabla de estimados de precisión.

Índice de precisión y tipo de ensayo	Desviación Estándar	Rango Aceptable de dos resultados
Precisión de un operador simple Límite Líquido	0,8	2,4
Precisión Multilaboratorio Límite Líquido	3.5	9.9

11. PRECISIÓN Y EXACTITUD

11.1 **PRECISIÓN:** El criterio para juzgar la aceptabilidad de los resultados de los ensayos de Límite Líquido obtenidos por este método de ensayo se da en la Tabla N° 1.

11.2 **EXACTITUD:** No existe un valor de referencia para este método de ensayo; la exactitud no puede ser determinada.

12. REFERENCIA NORMATIVAS.

AASHTO	T 89
ASTM	D 4318



DETERMINACIÓN DEL LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD

MTC E 111 – 2000

Este Modo Operativo está basado en las Normas ASTM D 4318 y AASHTO T 90, las mismas que se han adaptado al nivel de implementación y a las condiciones propias de nuestra realidad. Cabe indicar que este Modo Operativo está sujeto a revisión y actualización continua.

Este Modo Operativo no propone los requisitos concernientes a seguridad. Es responsabilidad del Usuario establecer las cláusulas de seguridad y salubridad correspondientes, y determinar además las obligaciones de su uso e interpretación.

1. OBJETIVO

1.1 Es la determinación en el laboratorio del límite plástico de un suelo y el cálculo del índice de plasticidad (I.P.) si se conoce el límite líquido (L.L.) del mismo suelo.

1.2 Se denomina límite plástico (L.P.) a la humedad más baja con la que pueden formarse barritas de suelo de unos 3,2 mm (1/8") de diámetro, rodando dicho suelo entre la palma de la mano y una superficie lisa (vidrio esmerilado), sin que dichas barritas se desmoronen.

2. APARATOS

2.1 *Espátula, de hoja flexible*, de unos 75 a 100 mm (3" – 4") de longitud por 20 mm (3/4") de ancho.

2.2 *Recipiente para Almacenaje*, de porcelana o similar, de 115 mm (4 1/2") de diámetro.

2.3 *Balanza*, con aproximación a 0.01 g.

2.4 *Horno o Estufa*, termostáticamente controlado regulable a 110 ± 5 °C (230 ± 9 °F).

2.5 Tamiz, de 426 μ m (N° 40).

2.6 Agua destilada.

2.7 Vidrios de reloj, o recipientes adecuados para determinación de humedades.

2.8 Superficie de rodadura. Comúnmente se utiliza un vidrio grueso esmerilado.

3. PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

3.1 Si se quiere determinar sólo el L.P., se toman aproximadamente 20 g de la muestra que pase por el tamiz de 426 μ m (N° 40), preparado para el ensayo de límite líquido. Se amasa con agua destilada hasta que pueda formarse con facilidad una esfera con la masa de suelo. Se toma una porción de 1,5 gr a 2,0 gr de dicha esfera como muestra para el ensayo.

- El secado previo del material en horno o estufa, o al aire, puede cambiar (en general, disminuir), el límite plástico de un suelo con material orgánico, pero este cambio puede ser poco importante.

3.2 Si se requieren el límite líquido y el límite plástico, se toma una muestra de unos 15 g de la porción de suelo humedecida y amasada, preparada de acuerdo con la Norma MTC E 110 (determinación del límite líquido de los suelos). La muestra debe tomarse en una etapa del proceso de amasado en que se pueda formar fácilmente con ella una esfera, sin que se pegue demasiado a los dedos al aplastarla. Si el ensayo se ejecuta después de realizar el del límite líquido y en dicho intervalo la muestra se ha secado, se añade más agua.

4. PROCEDIMIENTO

4.1 Se moldea la mitad de la muestra en forma de elipsoide y, a continuación, se rueda con los dedos de la mano sobre una superficie lisa, con la presión estrictamente necesaria para formar cilindros.

4.2 Si antes de llegar el cilindro a un diámetro de unos 3.2 mm (1/8") no se ha desmoronado, se vuelve a hacer una elipsoide y a repetir el proceso, cuantas veces sea necesario, hasta que se desmora aproximadamente con dicho diámetro.

- El desmoronamiento puede manifestarse de modo distinto, en los diversos tipos de suelo:

En suelos muy plásticos, el cilindro queda dividido en trozos de unos 6 mm de longitud, mientras que en suelos plásticos los trozos son más pequeños.

4.3 La porción así obtenida se coloca en vidrios de reloj o pesa-filtros tarados, se continúa el proceso hasta reunir unos 6 g de suelo y se determina la humedad de acuerdo con la norma MTC E 108.

4.4 Se repite, con la otra mitad de la masa, el proceso indicado en 4.1, 4.2 y 4.3.

5. CÁLCULOS

Calcular el promedio de dos contenidos de humedad. Repetir el ensayo si la diferencia entre los dos contenidos de humedad es mayor que el rango aceptable para los dos resultados listados en la tabla 1 para la precisión de un operador.

Tabla 1.- Tabla de estimados de precisión.

Índice de precisión y tipo de ensayo	Desviación Estándar	Rango Aceptable de dos resultados
Precisión de un operador simple		
Límite Plástico	0,9	2,6
Precisión Multilaboratorio		
Límite Plástico	3.7	10.6

El límite plástico es el promedio de las humedades de ambas determinaciones. Se expresa como porcentaje de humedad, con aproximación a un entero y se calcula así:

$$\text{Límite Plástico} = \frac{\text{Peso de agua}}{\text{Peso de suelo seco al horno}} \times 100$$



6. CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PLASTICIDAD

Se puede definir el índice de plasticidad de un suelo como la diferencia entre su límite líquido y su límite plástico.

$$I.P. = L.L. - L.P.$$

donde:

L.L. = Límite Líquido
P.L. = Límite Plástico

L.L. y L.P., son números enteros

- Cuando el límite líquido o el límite plástico no puedan determinarse, el índice de plasticidad se informará con la abreviatura NP (no plástico).
- Así mismo, cuando el límite plástico resulte igual o mayor que el límite líquido, el índice de plasticidad se informará como NP (no plástico).

7. PRECISIÓN Y EXACTITUD

7.1 **PRECISIÓN:** El criterio para juzgar la aceptabilidad de los resultados de los ensayos de Límite Plástico obtenidos por este método de ensayo se da en la Tabla N° 1.

7.2 **EXACTITUD:** No existe un valor de referencia para este método de ensayo; la exactitud no puede ser determinada.

8. REFERENCIAS NORMATIVAS

AASHTO	T 90
ASTM	D 4318



**COMPACTACION DE SUELOS EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGIA MODIFICADA
(56 000 pie-lb/pie³ [2 700 kN-m/m³])**

MTC E 115 - 2000

Este Modo Operativo está basado en la Norma ASTM D 1557, la misma que se ha adaptado al nivel de implementación y a las condiciones propias de nuestra realidad. Cabe indicar que este Modo Operativo está sujeto a revisión y actualización continua.

Este Modo Operativo no propone los requisitos concernientes a seguridad. Es responsabilidad del Usuario establecer las cláusulas de seguridad y salubridad correspondientes, y determinar además las obligaciones de su uso e interpretación.

1. OBJETIVO

1.1. Este ensayo abarca los procedimientos de compactación usados en Laboratorio, para determinar la relación entre el Contenido de Agua y Peso Unitario Seco de los suelos (curva de compactación) compactados en un molde de 4 ó 6 pulgadas (101,6 ó 152,4 mm) de diámetro con un pisón de 10 lbf (44,5 N) que cae de una altura de 18 pulgadas (457 mm), produciendo una Energía de Compactación de 56 000 lb-pie/pie³ (2 700 kN-m/m³).

Nota 1: Los suelos y mezclas de suelos-agregados son considerados como suelos finos o de grano grueso o compuestos o mezclas de suelos naturales procesados o agregados tales como grava, limo o piedra partida.

Nota 2: El equipo y procedimiento son los mismos que los propuestos por el Cuerpo de Ingenieros de Estados Unidos en 1945. La prueba de Esfuerzo Modificado es a veces referida como Prueba de Compactación de Proctor Modificado.

1.2. Este ensayo se aplica sólo para suelos que tienen 30% ó menos en peso de sus partículas retenidas en el tamiz de 3/4" pulg (19,0 mm).

Nota 3: Para relaciones entre Peso Unitario y Contenido de Humedad de suelos con 30% ó menos en peso de material retenido en la malla 3/4" (19,0 mm) a Pesos Unitarios y contenido de humedad de la fracción pasante la malla de 3/4" (19,0 mm), ver ensayo ASTM D 4718 ("Método de ensayo para corrección del Peso Unitario y Contenido de Agua en suelos que contienen partículas sobredimensionadas").

1.3. Se proporciona 3 métodos alternativos. El método usado debe ser indicado en las especificaciones del material a ser ensayado. Si el método no está especificado, la elección se basará en la gradación del material.



1.3.1. METODO "A"

1.3.1.1. Molde.- 4 pulg. de diámetro (101,6mm)

1.3.1.2. Material.- Se emplea el que pasa por el tamiz N° 4 (4,75 mm).

1.3.1.3. Capas.- 5

1.3.1.4. Golpes por capa.- 25

1.3.1.5. Uso.- Cuando el 20% ó menos del peso del material es retenido en el tamiz N° 4 (4,75 mm).

1.3.1.6. Otros Usos.- Si el método no es especificado; los materiales que cumplen éstos requerimientos de gradación pueden ser ensayados usando Método B ó C.

1.3.2. METODO "B"

1.3.2.1. Molde.- 4 pulg. (101,6 mm) de diámetro.

1.3.2.2. Materiales.- Se emplea el que pasa por el tamiz de 3/8 pulg (9,5 mm).

1.3.2.3. Capas.- 5

1.3.2.4. Golpes por capa.- 25

1.3.2.5. Usos.- Cuando más del 20% del peso del material es retenido en el tamiz N° 4 (4,75mm) y 20% ó menos de peso del material es retenido en el tamiz 3/8 pulg (9,5 mm).

1.3.2.6. Otros Usos: Si el método no es especificado, y los materiales entran en los requerimientos de gradación pueden ser ensayados usando Método C.

1.3.3. METODO "C"

1.3.3.1. Molde.- 6 pulg. (152,4mm) de diámetro.

1.3.3.2. Materiales.- Se emplea el que pasa por el tamiz ¾ pulg (19,0 mm).

1.3.3.3. Capas.- 5

1.3.3.4. Golpes por Capa.- 56

1.3.3.5. Uso.- Cuando más del 20% en peso del material se retiene en el tamiz 3/8 pulg (9,53 mm) y menos de 30% en peso es retenido en el tamiz 3/4 pulg (19,0 mm).

1.3.4. El molde de 6 pulgadas (152,4 mm) de diámetro no será usado con los métodos A ó B.

Nota 4: Los resultados tienden a variar ligeramente cuando el material es ensayado con el mismo esfuerzo de compactación en moldes de diferentes tamaños.

1.4. Si el espécimen de prueba contiene más de 5% en peso de fracción extradimensionada (fracción gruesa) y el material no será incluido en la prueba se deben hacer correcciones al Peso Unitario y Contenido de Agua del espécimen de ensayo ó la densidad de campo usando el método de ensayo ASTM D-4718.

1.5. Este método de prueba generalmente producirá un Peso Unitario Seco Máximo bien definido para suelos que no drenan libremente. Si el método es usado para suelos que drenan libremente el máximo Peso Unitario Seco no estará bien definida y puede ser menor que la obtenida usando el Método de Prueba ASTM D-4253 (Maximum Index Density and Unit Weight of Soil Using a Vibratory Table).

1.6. Los valores de las unidades en pulgadas-libras son reconocidos como estándar. Los valores dados en unidades del S.I. son proporcionados sólo como información.

1.6.1. En la profesión de Ingeniería es práctica común, usar indistintamente unidades que representan Masa y Fuerza, a menos que se realicen cálculos dinámicos ($F = m \times a$). Esto implícitamente combina dos sistemas de diferentes Unidades, que son el Sistema Absoluto y el Sistema Gravimétrico. Científicamente, no se desea combinar el uso de dos sistemas diferentes en uno estándar. Este método de prueba se ha hecho usando unidades libra-pulgada (Sistema Gravimétrico) donde la libra (lbf) representa a la Unidad de Fuerza. El uso de libra-masa (lbm) es por conveniencia de unidades y no intentar establecer que su uso es científicamente correcto. Las conversiones son dadas en el Sistema Internacional (SI) de acuerdo al ensayo ASTM E-380 ("Practica para el uso de Unidades del Sistema Internacional SI"). El uso de balanzas que registran libra-masa (lbm) ó registran la densidad en lbm/pie^3 no se debe considerar como si no concordase con esta norma.

1.7. Esta norma no hace referencia a todos los riesgos relacionadas con este uso, si los hubiera. Es responsabilidad del usuario establecer la seguridad apropiada y prácticas o pruebas confiables y así determinar la aplicabilidad de limitaciones regulatorias antes de su uso.



2. TERMINOLOGIA

2.1. Definiciones.- Ver Terminología ASTM D-653 para definiciones generales.

2.2. Descripción de Términos Específicos a esta Norma:

2.2.1. Esfuerzo Modificado.- Es el término aplicado para el esfuerzo de compactación de 56 000 lbf/ft³ (2 700 kN/m³) aplicado por el equipo y procedimientos de este ensayo.

2.2.2. Máximo Peso Unitario Seco Modificado, $\gamma_{m\acute{a}x}$ (lbf/ft³ ó kN/m³), el máximo valor definido por la curva de compactación del ensayo usando el esfuerzo modificado.

2.2.3. Óptimo Contenido de Humedad Modificado, w_o (%).- Es el contenido de agua al cual el suelo puede ser compactado al máximo Peso Unitario Seco usando el esfuerzo de Compactación Modificada.

2.2.4. Fracción de tamaño mayor (Fracción Gruesa), P_c (%).- Es la porción de la muestra total que no se utiliza en la ejecución del ensayo de compactación; esta puede ser la parte de la muestra total retenida en la malla N° 4 (3,74 mm), 3/8 pulg (9,5 mm) ó ¾ pulg (19,0 mm).

2.2.5. Fracción Ensayada ó de Prueba (Fracción Fina), P_f (%).- La parte de la muestra total usada en la ejecución de la prueba de compactación; esta puede ser la fracción pasante la malla N°4 (4,75 mm) en el Método A, menor a la malla 3/8 pulg (9,5 mm) en el Método B, ó menor que la malla ¾ pulg (19,0 mm) en el Método C.

3. RESUMEN DEL ENSAYO

3.1. Un suelo con un contenido de Humedad determinado es colocado en 5 capas dentro de un molde de ciertas dimensiones, cada una de las capas es compactada en 25 ó 56 golpes con un pisón de 10 lbf (44.5 N) desde una altura de caída de 18 pulgadas (457 mm), sometiendo al suelo a un esfuerzo de compactación total de aproximadamente de 56 000 pie-lbf/ft³ (2 700 kN-m/m³). Se determina el Peso Unitario Seco resultante. El procedimiento se repite con un número suficiente de contenidos de agua para establecer una relación entre el Peso Unitario Seco y el Contenido de Agua del Suelo. Estos datos, cuando son ploteados, representan una relación curvilínea conocida como curva de Compactación. Los valores de Óptimo Contenido de Agua y Máximo Peso Unitario Seco Modificado son determinados de la Curva de Compactación.

4. IMPORTANCIA Y USO

4.1. El suelo utilizado como relleno en Ingeniería (terraplenes, rellenos de cimentación, bases para caminos) se compacta a un estado denso para obtener propiedades satisfactorias de Ingeniería tales como: resistencia al esfuerzo de corte, compresibilidad ó permeabilidad. También los suelos de cimentaciones son a menudo compactados para mejorar sus propiedades de Ingeniería. Los ensayos de Compactación en Laboratorio proporcionan las bases para determinar el porcentaje de compactación y contenido de agua que se necesitan para obtener las propiedades de Ingeniería requeridas, y para el control de la construcción para asegurar la obtención de la compactación requerida y los contenidos de agua.

4.2. Durante el diseño de los rellenos de Ingeniería, se utilizan los ensayos de corte consolidación permeabilidad u otros ensayos que requieren la preparación de especímenes de ensayo compactado a algún contenido de agua para algún Peso Unitario. Es práctica común, primero determinar el óptimo contenido de humedad (w_o) y el Peso Unitario Seco ($\gamma_{m\acute{a}x}$) mediante un ensayo de compactación. Los especímenes de compactación a un contenido de agua seleccionado (w), sea del lado húmedo o seco del óptimo (w_o) ó al óptimo (w_o) y a un Peso Unitario seco seleccionado relativo a un porcentaje del Peso Unitario Seco máximo ($\gamma_{m\acute{a}x}$). La selección del contenido de agua (w), sea del lado húmedo o seco del óptimo (w_o) ó al óptimo (w_o), y el Peso Unitario Seco ($\gamma_{m\acute{a}x}$) se debe basar en experiencias pasadas, o se deberá investigar una serie de valores para determinar el porcentaje necesario de compactación.

5. APARATOS

5.1. **Ensamblaje del Molde.**- Los moldes deben de ser cilíndricos hechos de materiales rígidos y con capacidad que se indican en 5.1.1 ó 5.1.2 y Figuras 1 y 2. Las paredes del molde deberán ser sólidas, partidas o ahusadas. El tipo "partido" deberá tener dos medias secciones circulares, o una sección de tubo dividido a lo largo de un elemento que se pueda cerrar en forma segura formando un cilindro que reúna los requisitos de esta sección. El tipo "ahusado" debe tener un diámetro interno tipo tapa que sea uniforme y no mida más de 0,200 pulg/pie (16,7 mm/m) de la altura del molde. Cada molde tiene un plato base y un collar de extensión ensamblado, ambos de metal rígido y contruidos de modo que puedan adherir de forma segura y fácil de desmoldar. El ensamblaje collar de extensión debe tener una altura que sobrepase la parte más alta del molde por lo menos 2,0 pulg (50,8 mm) con una sección superior que sobrepasa para formar un tubo con una sección cilíndrica recta de por lo menos 0,75 pulg. (19,0 mm), por debajo de ésta.

El collar de extensión debe de alinearse con el interior del molde, la parte inferior del plato base y del área central ahuecada que acepta el molde cilíndrico debe ser plana.

5.1.1. **Molde de 4 pulgadas.**- Un molde que tenga en promedio $4,000 \pm 0,016$ pulg ($101,6 \pm 0,4$ mm) de diámetro interior, una altura de $4,584 \pm 0,018$ pulg ($116,4 \pm 0,5$ mm) y un volumen de 0,0333

$\pm 0,0005 \text{ pie}^3$ ($944 \pm 14 \text{ cm}^3$). Un molde con las características mínimas requeridas es mostrado en la Fig. 1.

5.1.2. Molde de 6 pulgadas.- Un molde que tenga en promedio $6,000 \pm 0,026 \text{ pulg}$ ($152,4 \pm 0,7 \text{ mm}$) de diámetro interior, una altura de: $4,584 \pm 0,018 \text{ pulg}$ ($116,4 \pm 0,5 \text{ mm}$) y un volumen de $0,075 \pm 0,0009 \text{ pie}^3$ ($2\,124 \pm 25 \text{ cm}^3$). Un molde con las características mínimas requeridas es mostrando en Fig.2.

5.2. Pisón ó Martillo.- Un pisón operado manualmente como el descrito en 5.2.1. ó mecánicamente como el descrito en 5.2.2. El pisón debe caer libremente a una distancia de $18 \pm 0,05 \text{ pulg}$ ($457,2 \pm 1,6 \text{ mm}$) de la superficie de espécimen. La masa del pisón será $10 \pm 0,02 \text{ lb-m}$ ($4,54 \pm 0,01 \text{ kg}$), salvo que la masa pisón mecánico se ajuste al descrito en el Método de Ensayo ASTM D2168 (ver Nota 5). La cara golpeante del pisón deberá ser plana y circular, excepto el nombrado en 5.2.2.3. con un diámetro de $2,000 \pm 0,005 \text{ pulg}$ ($50,80 \pm 0,13 \text{ mm}$), (Figs. 1 y 2). El pisón deberá ser reemplazado si la cara golpeante se desgasta ó se deforma al punto que el diámetro sobrepase los $2,000 \pm 0,01 \text{ pulg}$ ($50,800 \pm 0,25 \text{ mm}$).

Nota 5: Es práctica común y aceptable en el Sistema de libras-pulgadas asumir que la masa del pisón es igual a su masa determinada utilizado sea una balanza en kilogramos ó libras, y una libra-fuerza es igual a 1 libra-masa ó $0,4536 \text{ kg}$ ó 1 N es igual a $0,2248 \text{ libras-masa}$ ó $0,1020 \text{ kg}$.

5.2.1. Pisón Manual.- El pisón deberá estar equipado con una guía que tenga suficiente espacio libre para que la caída del pisón y la cabeza no sea restringida. La guía deberá tener al menos 4 orificios de ventilación en cada extremo (8 orificios en total) localizados con centros de $\frac{3}{4} \pm 1/16 \text{ pulg}$ ($19,0 \pm 1,6 \text{ mm}$) y espaciados a 90° . Los diámetros mínimo de cada orificio de ventilación deben ser $3/8 \text{ pulg}$ ($9,5 \text{ mm}$). Orificios adicionales ó ranuras pueden ser incorporados en el tubo guía.

5.2.2. Pisón Mecánico Circular.- El pisón puede ser operado mecánicamente de tal manera que proporcione una cobertura completa y uniforme de la superficie del espécimen. Debe haber $0,10 \pm 0,03 \text{ pulg}$ ($2,5 \pm 0,8 \text{ mm}$) de espacio libre entre el pisón y la superficie interna del molde en su diámetro más pequeño. El pisón mecánico debe cumplir los requisitos de calibración requeridos por el Método de Ensayo ASTM D-2168. El pisón mecánico debe estar equipado con medios mecánicos capaz de soportar el pisón cuando no está en operación.

5.2.2.3. Pisón Mecánico - Cara Seccionada.- Cuando es usado un molde de $6,0 \text{ pulg}$. ($152,4 \text{ mm}$), un pisón de cara seccionada puede usarse en lugar del pisón de cara circular. La cara que contacta el espécimen tendrá la forma de un sector circular de radio igual a $2,90 \pm 0,02 \text{ pulg}$. ($73,7 \pm 0,5 \text{ mm}$). El pisón se operará de tal manera los orificios del sector se ubiquen en el centro del espécimen.

5.3. Extractor de Muestras (opcional).- Puede ser una gata, estructura ú otro mecanismo adaptado con el propósito de extraer los especímenes compactados del molde.



5.4. **Balanza.-** Una balanza de tipo GP5 que reúna los requisitos de la Especificación ASTM D – 4753 8" Especificación, Evaluación, Selección y Elección de Balanzas y Escalas para uso en muestras de suelos y rocas", para una aproximación de 1 gramo.

5.5. **Horno de Secado.-** Con control termostático preferiblemente del tipo de ventilación forzada, capaz de mantener una temperatura uniforme de 230 ± 9 °F (110 ± 5 °C) a través de la cámara de secado.

5.6. **Regla.-** Una regla metálica, rígida de una longitud conveniente pero no menor que 10 pulgadas (254 mm). La longitud total de la regla recta debe ajustarse directamente a una tolerancia de $\pm 0,005$ pulg ($\pm 0,1$ mm). El borde de arrastre debe ser biselado si es más grueso que 1/8 pulg (3 mm).

5.7. **Tamices ó Mallas.-** De $\frac{3}{4}$ pulg (19,0 mm), 3/8 pulg (9,5 mm) y N° 4 (4,75mm), conforme a los requisitos de la especificaciones ASTM E11 ("Especificación para mallas metálicas con fines de ensayo").

5.8. **Herramientas de Mezcla.-** Diversas herramientas tales como cucharas, mezclador, paleta, espátula, botella de spray, etc. ó un aparato mecánico apropiado para la mezcla completo de muestra de suelo con incrementos de agua.

6. MUESTRA DE ENSAYO

6.1. La muestra requerida para el Método A y B es aproximadamente 35 lbm (16 kg) y para el Método C es aproximadamente 65 lbm (29 kg) de suelo seco. Debido a esto, la muestra de campo debe tener una peso húmedo de al menos 50 lbm (23 kg) y 100 lbm (45 kg) respectivamente.

6.2. Determinar el porcentaje de material retenido en la malla N° 4 (4,75mm), 3/8 pulg (9,5mm) ó 3/4 pulg (19,0mm) para escoger el Método A, B ó C. Realizar esta determinación separando una porción representativa de la muestra total y establecer los porcentajes que pasan las mallas de interés mediante el Método de Análisis por tamizado de Agregado Grueso y Fino (MTC E – 204). Sólo es necesario para calcular los porcentajes para un tamiz ó tamices de las cuales la información es deseada.



7. PREPARACION DE APARATOS

7.1. Seleccionar el molde de compactación apropiado de acuerdo con el Método (A, B ó C) a ser usado. Determinar y anotar su masa con aproximación al gramo. Ensamblar el molde, base y collar de extensión. Chequear el alineamiento de la pared interior del molde y collar de extensión del molde. Ajustar si es necesario.

7.2. Chequear que el ensamblado del pisón este en buenas condiciones de trabajo y que sus partes no estén flojas ó gastado. Realizar cualquier ajuste ó reparación necesario. Si los ajustes ó reparaciones son hechos, el martillo deberá volver a ser calibrado.

8. CALIBRACIÓN

8.1. Las calibraciones se harán antes de iniciar el ensayo, después de reparaciones ú otros casos que puedan afectar los resultados del ensayo, en intervalos no mayores que 1000 muestras ensayadas o anualmente, cualquiera que ocurra primero; para los siguientes aparatos.

8.1.2. **Balanza.**- Evaluar de acuerdo con especificaciones ASTM D4753.

8.1.3. **Moldes.**- Determinar el volumen como se describe en Anexo A1.

8.1.4. **Pisón Manual.**- Verifique la distancia de caída libre, masa del pisón y la cara del pisón de acuerdo con 6.2. Verificar los requisitos de la guía de acuerdo con 6.2.1.

8.1.5. **Pisón Mecánico.**- Calibre y ajuste el pisón mecánico de acuerdo al Método de Ensayo D-2168. Además, el espacio libre entre el pisón y la superficie interior del molde debe verificarse de acuerdo a 6.2.2.

9. PROCEDIMIENTO

9.1. SUELOS:

9.1.1. No vuelva a usar el suelo que ha sido compactado previamente en Laboratorio.

9.1.2. Utilice el método de preparación húmedo y cuando se ensaye con suelos que contienen hallosita hidratada o donde la experiencia con determinados suelos indica que los resultados pueden ser alterados por el secado al aire, (ver 9.2).

9.1.3. Preparar los especímenes del suelo para el ensayo de acuerdo al párrafo 9.2 (de preferencia) o con 9.3.

9.2. Método de Preparación Húmeda (Preferido).- Sin secado previo de la muestra, pásela a través del tamiz N° 4 (4,75 mm), 3/8 pulg (9,5 mm) ó 3/4 pulg (19,0 mm), dependiendo del Método a ser usado (A, B ó C). Determine el contenido de agua del suelo procesado.

9.2.1. Prepare mínimo cuatro (preferiblemente cinco) especímenes con contenidos de agua de modo que éstos tengan un contenido de agua lo más cercano al óptimo estimado. Un espécimen que tiene un contenido de humedad cercano al óptimo deberá ser preparado primero, por adiciones de agua y mezcla (ver Nota 6). Seleccionar los contenidos de agua para el resto de los especímenes de tal forma que resulten por lo menos dos especímenes húmedos y dos secos de acuerdo al contenido óptimo de agua, que varíen alrededor del 2%. Como mínimo es necesario dos contenidos de agua en el lado seco y húmedo del óptimo para definir exactamente la curva de compactación (ver 9.5). Algunos suelos con muy alto óptimo contenido de agua ó una curva de compactación relativamente plana requieren grandes incrementos de contenido de agua para obtener un Peso Unitario Seco Máximo bien definido. Los incrementos de contenido de agua no deberán excederán de 4%.

Nota 6: Con la práctica es posible juzgar visualmente un punto cercano al óptimo contenido de agua. Generalmente, el suelo en un óptimo contenido de agua puede ser comprimido y quedar así cuando la presión manual cesa, pero se quebrará en dos secciones cuando es doblada. En contenidos de agua del lado seco del óptimo, los suelos tiende a desintegrarse; del lado húmedo del óptimo, se mantienen unidos en una masa cohesiva pegajosa. El óptimo contenido de humedad frecuentemente es ligeramente menor que el límite plástico.

9.2.2. Usar aproximadamente 5 lbm (2,3 kg) del suelo tamizado en cada espécimen que se compacta empleando el Métodos A ó B; ó 13 lbm (5,9 kg) cuando se emplee el Método C. Para obtener los contenidos de agua del espécimen que se indica en 9.2.1, añada o remueva las cantidades requeridas de agua de la siguiente manera: Añada poco a poco el agua al suelo durante la mezcla; para sacar el agua, deje que el suelo se seque en el aire a una temperatura de ambiente o en un aparato de secado de modo que la temperatura de la muestra no exceda de 140 °F (60 °C). Mezclar el suelo continuamente durante el proceso de secado para mantener la distribución del agua en todas partes y luego colóquelo aparte en un contenedor con tapa y ubíquelo de acuerdo con la Tabla N°1 antes de la compactación. Para seleccionar un tiempo de espera, el suelo debe ser clasificado ó seleccionado mediante el método de ensayo ASTM D-2488 ("Método de ensayo para la descripción o identificación de suelos") o mediante datos de otras muestras del mismo material de origen. Para ensayos de determinación, la clasificación deberá ser por Método ASTM D-2487 ("Método de ensayo para clasificación de Suelos").

9.3. Método de Preparación Seca.- Si la muestra está demasiado húmeda, reducir el contenido de agua por secado al aire hasta que el material sea friable. El secado puede ser al aire o por el uso de un aparato de secado tal que la temperatura de la muestra no exceda de 140 °F (60 °C). Disgregar por completo los grumos de tal forma de evitar moler las partículas individuales. Pasar el material por el tamiz apropiado: N°4 (4,75 mm), 3/8 pulg (9,5 mm) ó 3/4 pulg (19,0 mm). Durante la

preparación del material granular que pasa la malla $\frac{3}{4}$ pulg para la compactación en el molde de 6 pulgadas, disgregar o separar los agregados lo suficientemente para que pasen el tamiz $\frac{3}{8}$ pulg de manera de facilitar la distribución de agua a través del suelo en el mezclado posterior.

9.3.1. Preparar mínimo cuatro (preferiblemente cinco) especímenes de acuerdo con 9.2.1.

9.3.2. Usar aproximadamente 5 lbm (2,3 kg) del suelo tamizado para cada espécimen a ser compactado cuando se emplee el Método A, B ó 13 libras (5,9 kg) cuando se emplee el Método C. Añadir las cantidades requeridas de agua para que los contenidos de agua de los especímenes tengan los valores descritos en 9.3.1. Seguir la preparación del espécimen por el procedimiento especificado en 9.2.2. para los suelos secos ó adición del agua en el suelo y el curado de cada espécimen de prueba.

9.4. Compactación.- Después del curado si se requiere, cada espécimen se compactará de la siguiente manera:

9.4.1. Determinar y anotar la masa del molde ó molde y el plato de base.

9.4.2. Ensamble y asegure el molde y el collar al plato base. El molde se apoyará sobre un cimiento uniforme y rígido, como la proporcionada por un cilindro o cubo de concreto con una masa no menor de 200 lbm (91kg). Asegurar el plato base a un cimiento rígido. El método de enlace ó unión al cimiento rígido debe permitir un desmolde fácil del molde ensamblado, el collar y el plato base después que se concluya la compactación.

9.4.3. Compactar el espécimen en cinco capas. Después de la compactación, cada capa deberá tener aproximadamente el mismo espesor. Antes de la compactación, colocar el suelo suelto dentro del molde y extenderlo en una capa de espesor uniforme. Suavemente apisonar el suelo antes de la compactación hasta que este no esté en estado suelto o esponjoso, usando el pisón manual de compactación o un cilindro de 2 pulg (5 mm) de diámetro. Posteriormente a la compactación de cada uno de las cuatro primeras capas, cualquier suelo adyacente a las paredes del molde que no han sido compactado o extendido cerca de la superficie compactada será recortada. El suelo recortado puede ser incluido con el suelo adicional para la próxima capa. Un cuchillo ú otro aparato disponible puede ser usado. La cantidad total de suelo usado será tal que la quinta capa compactada se extenderá ligeramente dentro del collar, pero no excederá $\frac{1}{4}$ pulg (6 mm) de la parte superior del molde. Si la quinta capa se extiende en más de $\frac{1}{4}$ pulg (6 mm) de la parte superior del molde, el espécimen será descartado. El espécimen será descartado cuando el último golpe del pisón para la quinta capa resulta por debajo de la parte superior del molde de compactación.

9.4.4. Compactar cada capa con 25 golpes para el molde de 4 pulgadas (101,6 mm) ó 56 golpes para el molde de 6 pulgadas (152,4 mm).



Nota 7: Cuando los especímenes de compactación se humedecen más que el contenido de agua óptimo, pueden producirse superficies compactadas irregulares y se requerirá del juicio del operador para la altura promedio del espécimen.

9.4.5. Al operar el pisón manual del pisón, se debe tener cuidado de evitar la elevación de la guía mientras el pisón sube. Mantener la guía firmemente y dentro de 5° de la vertical. Aplicar los golpes en una relación uniforme de aproximadamente 25 golpes/minuto y de tal manera que proporcione una cobertura completa y uniforme de la superficie del espécimen.

9.4.6. Después de la compactación de la última capa, remover el collar y plato base del molde, excepto como se especifica en 9.4.7. El cuchillo debe usarse para ajustar o arreglar el suelo adyacente al collar, soltando el suelo del collar y removiendo sin permitir el desgarro del suelo bajo la parte superior del molde.

9.4.7. Cuidadosamente enrasar el espécimen compactado, por medio de una regla recta a través de la parte superior e inferior del molde para formar una superficie plana en la parte superior e inferior del molde. Un corte inicial en el espécimen en la parte superior del molde con un cuchillo puede prevenir la caída del suelo por debajo de la parte superior del molde. Rellenar cualquier hoyo de la superficie, con suelo no usado o despejado del espécimen, presionar con los dedos y vuelva a raspar con la regla recta a través de la parte superior e inferior del molde. Repetir las operaciones mencionadas en la parte inferior del espécimen cuando se halla determinado el volumen del molde sin el plato base. Para suelos muy húmedos o muy secos, se perderá suelo o agua si el plato se remueve. Para estas situaciones, dejar el plato base fijo al molde. Cuando se deja unido el plato base, el volumen del molde deberá calibrarse con el plato base unido al molde o a un plato de plástico o de vidrio como se especifica en el anexo A1 (A.1.4.1).

9.4.8. Determine y registre la masa del espécimen y molde con aproximación al gramo. Cuando se deja unido el plato base al molde, determine y anote la masa del espécimen, molde y plato de base con aproximación al gramo.

9.4.9. Remueva el material del molde. Obtener un espécimen para determinar el contenido de agua utilizando todo el espécimen (se refiere este método) o una porción representativa. Cuando se utiliza todo el espécimen, quíbrelo para facilitar el secado. De otra manera se puede obtener una porción cortando axialmente por el centro del espécimen compactado y removiendo 500 gr del material de los lados cortados. Obtener el contenido de humedad de acuerdo al Método MTC E 108.

9.5. Después de la compactación del último espécimen, comparar los Pesos Unitarios Húmedos para asegurar que el patrón deseado de obtención de datos en cada lado del óptimo contenido de humedad sea alcanzado en la curva de compactación para cada Peso Unitario Seco y Plotear el Peso Unitario Húmedo y Contenido de Agua de cada espécimen compactado puede ser una ayuda para realizar esta evaluación. Si el patrón deseado no es obtenido, serán necesarios compactar

especímenes adicionales. Generalmente, un valor de contenido de agua mayor que el contenido de agua definido por el máximo Peso Unitario Húmedo es suficiente para asegurar los datos del lado más húmedo que el óptimo contenido de agua para el máximo Peso Unitario seco.

10. CALCULOS

10.1. Calcule el Peso Unitario Seco y Contenido de Agua para cada espécimen compactado como se explica en 10.3 y 10.4. Plotee los valores y dibuje la curva de compactación como una curva suave a través de los puntos (ver ejemplo, Fig.3). Plotee el Peso Unitario Seco con aproximación 0,1 lbf /pie³ (0,2 kN/m³) y contenido de agua aproximado a 0,1%. En base a la curva de compactación, determine el Óptimo Contenido de Agua y el Peso Unitario Seco Máximo. Si más de 5% en peso del material sobredimensionado (tamaño mayor) fue removido de la muestra, calcular el máximo Peso Especifico y óptimo contenido de Humedad corregido del material total usando la Norma ASTM D4718 (“Método de ensayo para la corrección del Peso Unitario y Contenido de Agua en suelos que contienen partículas sobredimensionadas”). Esta corrección debe realizarse en el espécimen de ensayo de densidad de campo, más que al espécimen de ensayo de laboratorio.

10.2. Plotear la curva de saturación al 100%. Los valores de contenido de agua para la condición de 100% de saturación puede ser calculadas como se explica en 10.5 (ver ejemplo, Fig.3).

Nota 8: La curva de saturación al 100% es una ayuda en el bosquejo de la curva de compactación. Para suelos que contienen más de 10% de finos a contenidos de agua que superan el óptimo, las dos curvas generalmente llegan a ser aproximadamente paralelas con el lado húmedo de la curva de compactación entre 92% a 95% de saturación. Teóricamente, la curva de compactación no puede trazarse a la derecha de la curva de 100% de saturación. Si esto ocurre, hay un error en la gravedad específica, en las mediciones, en los cálculos, en procedimientos de ensayo o en el ploteo.

Nota 9: La curva de 100% de saturación se denomina algunas veces como curva de relación de vacíos cero o la curva de saturación completa.

10.3. Contenido de Agua, w .- Calcular de acuerdo con Método de Ensayo MTC E 108.

10.4. Peso Unitario Seco.- Calcular la densidad húmeda (Ec 1), la densidad seca (Ec 2) y luego el Peso Unitario Seco (Ec 3) como sigue:

$$p_m = \frac{(M_t - M_{md})}{1000 * V} \quad (1)$$

donde:

ρ_m	=	Densidad Húmeda del espécimen compactado	(Mg/m ³)
M_t	=	Masa del espécimen húmedo y molde	(kg)
M_{md}	=	Masa del molde de compactación	(kg)
V	=	Volumen del molde de compactación	(m ³) (Ver Anexo A1)

$$\rho_d = \frac{\rho_m}{1 + \frac{w}{100}} \quad (2)$$

donde:

ρ_d	=	Densidad seca del espécimen compactado	(Mg/m ³)
w	=	contenido de agua	(%)

$$\begin{aligned} \gamma_d &= 62,43 \rho_d && \text{en} && \text{lb/ft}^3 \\ \gamma_d &= 9,807 \rho_d && \text{en} && \text{kN/m}^3 \end{aligned} \quad (3)$$

donde:

γ_d = peso unitario seco del espécimen compactado.

10.5. En el calculo de los puntos para el ploteo de la curva de 100% de saturación o curva de relación de vacíos cero del peso unitario seco, seleccione los valores correspondientes de contenido de agua a la condición de 100% de saturación como sigue:

$$W_{sat} = \frac{(\gamma_w)(G_s) - \gamma_d}{(\gamma_d)(G_s)} \times 100 \quad (4)$$

donde:

W_{sat}	=	Contenido de agua para una saturación completa (%).
γ_w	=	Peso unitario del agua 62,43 lbf/ pie ³ ó (9,807kN/m ³).
γ_d	=	Peso unitario seco del suelo.
Gs	=	Gravedad específica del suelo.

Nota 10.- La gravedad específica puede ser calculada para los especímenes de prueba en base de datos de ensayos de otras muestras de la misma clasificación de suelo y origen. De otro modo sería necesario el ensayo de Gravedad Específica.

11. INFORME

11.1. Reportar la siguiente información:

11.1.1. Procedimiento usado (A, B o C).

11.1.2. Método usado para la preparación (húmedo ó seco).

11.1.3. El contenido de agua recibida, si se determinó.

11.1.4. El óptimo Contenido de Agua Modificado, con aproximación al 0,5. %.

11.1.5. El Peso Unitario Seco Máximo, con aproximación a 0,5 lbf/pie³.

11.1.6. Descripción del Pisón (Manual ó Mecánico).

11.1.7. Datos del tamizado del suelo para la determinación del procedimiento (A, B ó C) empleado.

11.1.8. Descripción o Clasificación del material usado en la prueba.

11.1.9. Gravedad Específica y Método de Determinación.

11.1.10. Origen del material usado en el ensayo, por ejemplo, proyecto, localización, profundidad y similares.

11.1.11. La Curva de Compactación mostrando los puntos de compactación utilizados para establecerla y la curva de 100% saturación, el punto de Peso Unitario Seco Máximo y Óptimo Contenido de Agua.



11.1.12. El dato de Corrección por Fracción Sobredimensionada si es usado, incluyendo la fracción sobredimensionada (Fracción Gruesa), Pc en %.

12.PRECISIÓN Y CONFIABILIDAD

12.1. **Precisión.-** Los datos son evaluados para determinar la precisión de este ensayo.

12.2. **Confiabilidad.-** No es posible obtener la información sobre la confiabilidad por que no existe otros métodos de determinación de valores de máximo Peso Unitario Seco Modificada y Optimo Contenido de Humedad.

**CBR DE SUELOS (LABORATORIO)****MTC E 132 - 2000**

Este Modo Operativo está basado en las Normas ASTM D 1883 y AASHTO T 193, las mismas que se han adaptado al nivel de implementación y a las condiciones propias de nuestra realidad. Cabe indicar que este Modo Operativo está sujeto a revisión y actualización continua.

Este Modo Operativo no propone los requisitos concernientes a seguridad. Es responsabilidad del Usuario establecer las cláusulas de seguridad y salubridad correspondientes, y determinar además las obligaciones de su uso e interpretación.

1. OBJETIVO

1.1 Describe el procedimiento de ensayo para la determinación de un índice de resistencia de los suelos denominado valor de la relación de soporte, que es muy conocido, como CBR (California Bearing Ratio). El ensayo se realiza normalmente sobre suelo preparado en el laboratorio en condiciones determinadas de humedad y densidad; pero también puede operarse en forma análoga sobre muestras inalteradas tomadas del terreno.

1.2 Este índice se utiliza para evaluar la capacidad de soporte de los suelos de subrasante y de las capas de base, subbase y de afirmado.

1.3 Este modo operativo hace referencia a los ensayos para determinación de las relaciones de Peso Unitario - Humedad, usando un equipo modificado.

2. APARATOS Y MATERIALES

2.1 Prensa similar a las usadas en ensayos de compresión, utilizada para forzar la penetración de un pistón en el espécimen. El pistón se aloja en el cabezal y sus características deben ajustarse a las especificadas en el numeral 2.7.

El desplazamiento entre la base y el cabezal se debe poder regular a una velocidad uniforme de 1,27 mm (0.05") por minuto. La capacidad de la prensa y su sistema para la medida de carga debe ser de 44.5 kN (10000 lbf) o más y la precisión mínima en la medida debe ser de 44 N (10 lbf) o menos.

2.2 Molde, de metal, cilíndrico, de 152,4mm \pm 0.66 mm (6 \pm 0.026") de diámetro interior y de 177,8 \pm 0.46 mm (7 \pm 0.018") de altura, provisto de un collar de metal suplementario de 50.8 mm (2.0") de altura y una placa de base perforada de 9.53 mm (3/8") de espesor. Las perforaciones de la base no excederán de 1,6 mm (28 1/16") las mismas que deberán estar uniformemente espaciadas en la circunferencia interior del molde de diámetro (Figura 1a). La base se deberá poder ajustar a cualquier extremo del molde.

2.3 Disco espaciador, de metal, de forma circular, de 150.8 mm (5 15/16") de diámetro exterior y de $61,37 \pm 0,127$ mm ($2,416 \pm 0,005$ ") de espesor (Figura 1b), para insertarlo como falso fondo en el molde cilíndrico durante la compactación.

2.4 Pisón de compactación como el descrito en el modo operativo de ensayo Proctor Modificado, (equipo modificado).

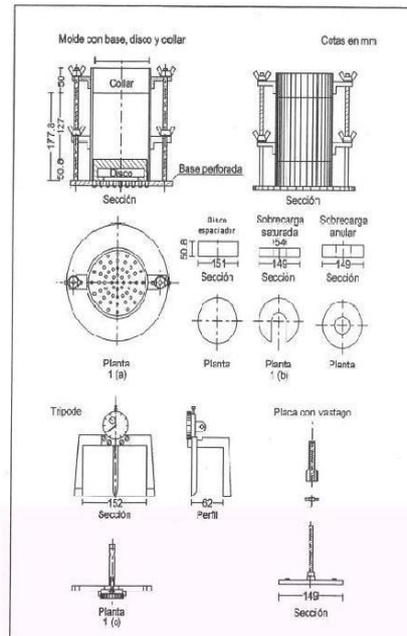


Figura 1.

2.5 Aparato medidor de expansión compuesto por:

- Una placa de metal perforada, por cada molde, de 149.2 mm (5 7/8") de diámetro, cuyas perforaciones no excedan de 1,6 mm (1/16") de diámetro. Estará provista de un vástago en el centro con un sistema de tornillo que permita regular su altura (Figura 1d).
- Un tripode cuyas patas puedan apoyarse en el borde del molde, que lleve montado y bien sujeto en el centro un dial (defomímetro), cuyo vástago coincida con el de la placa, de forma que permita controlar la posición de éste y medir la expansión, con aproximación de 0.025 mm (0.001") (véase Figura 1c).

- 2.6 Pesas. Uno o dos pesas anulares de metal que tengan una masa total de $4,54 \pm 0,02$ kg y pesas ranuradas de metal cada una con masas de $2,27 \pm 0,02$ kg. Las pesas anular y ranurada deberán tener $5 \frac{7}{8}$ " a $5 \frac{15}{16}$ " (149,23 mm a 150,81 mm) en diámetro; además de tener la pesa, anular un agujero central de $2 \frac{1}{8}$ " aproximado (53,98 mm) de diámetro.
- 2.7 Pistón de penetración, metálico de sección transversal circular, de $49,63 \pm 0,13$ mm ($1,954 \pm 0,005$ " de diámetro, área de $19,35 \text{ cm}^2$ (3 pulg^2) y con longitud necesaria para realizar el ensayo de penetración con las sobrecargas precisas de acuerdo con el numeral 3.4, pero nunca menor de 101.6 mm (4").
- 2.8 Dos diales con recorrido mínimo de 25 mm (1") y divisiones lecturas en 0.025 mm (0.001"), uno de ellos provisto de una pieza que permita su acoplamiento en la prensa para medir la penetración del pistón en la muestra.
- 2.9 Tanque, con capacidad suficiente para la inmersión de los moldes en agua.
- 2.10 Estufa, termostáticamente controlada, capaz de mantener una temperatura de 110 ± 5 °C (230 ± 9 °F).
- 2.11 Balanzas, una de 20 kg de capacidad y otra de 1000 g con sensibilidades de 1 g y 0.1 g, respectivamente.
- 2.12 Tamices, de 4.76 mm (No. 4), 19.05 mm ($3/4$ ") y 50,80 mm (2").
- 2.13 Misceláneos, de uso general como cuarteador, mezclador, cápsulas, probetas, espátulas, discos de papel de filtro del diámetro del molde, etc.

3. PROCEDIMIENTO

El procedimiento es tal que los valores de la relación de soporte se obtienen a partir de especímenes de ensayo que posean el mismo peso unitario y contenido de agua que se espera encontrar en el terreno. En general, la condición de humedad crítica (más desfavorable) se tiene cuando el material está saturado. Por esta razón, el método original del Cuerpo de Ingenieros de E.U.A. contempla el ensayo de los especímenes después de estar sumergidos en agua por un período de cuatro (4) días confinados en el molde con una sobrecarga igual al peso del pavimento que actuará sobre el material.

3.1 Preparación de la Muestra.- Se procede como se indica en las normas mencionadas (Relaciones de peso unitario-humedad en los suelos, con equipo estándar o modificado). Cuando más del 75 % en peso de la muestra pase por el tamiz de 19.1 mm ($3/4$ "), se utiliza para el ensayo el material que pasa por dicho tamiz. Cuando la fracción de la muestra retenida en el tamiz de 19.1 mm ($3/4$ ") sea

superior a un 25% en peso, se separa el material retenido en dicho tamiz y se sustituye por una proporción igual de material comprendido entre los tamices de 19.1 mm (3/4") y de 4.75 mm (No. 4), obtenida tamizando otra porción de la muestra.

De la muestra así preparada se toma la cantidad necesaria para el ensayo de apisonado, más unos 5 kg por cada molde CBR.

Se determina la humedad óptima y la densidad máxima por medio del ensayo de compactación elegido. Se compacta un número suficiente de especímenes con variación en su contenido de agua, con el fin de establecer definitivamente la humedad óptima y el peso unitario máximo. Dichos especímenes se preparan con diferentes energías de compactación. Normalmente, se usan la energía del Proctor Estándar, la del Proctor Modificado y una Energía Inferior al Proctor Estándar. De esta forma, se puede estudiar la variación de la relación de soporte con estos dos factores que son los que la afectan principalmente. Los resultados se grafican en un diagrama de contenido de agua contra peso unitario.

Se determina la humedad natural del suelo mediante secado en estufa, según la norma MTC E 108.

Conocida la humedad natural del suelo, se le añade la cantidad de agua que le falte para alcanzar la humedad fijada para el ensayo, generalmente la óptima determinada según el ensayo de compactación elegido y se mezcla íntimamente con la muestra.

3.2 Elaboración de especímenes. Se pesa el molde con su base, se coloca el collar y el disco espaciador y, sobre éste, un disco de papel de filtro grueso del mismo diámetro.

Una vez preparado el molde, se compacta el espécimen en su interior, aplicando un sistema dinámico de compactación (ensayos mencionados, ídem Proctor Estándar o Modificado), pero utilizando en cada molde la proporción de agua y la energía (número de capas y de golpes en cada capa) necesarias para que el suelo quede con la humedad y densidad deseadas (véase Figura 2a). Es frecuente utilizar tres o nueve moldes por cada muestra, según la clase de suelo granular o cohesivo, con grados diferentes de compactación. Para suelos granulares, la prueba se efectúa dando 55, 26 y 12 golpes por capa y con contenido de agua correspondiente a la óptima. Para suelos cohesivos interesa mostrar su comportamiento sobre un intervalo amplio de humedades. Las curvas se desarrollan para 55, 26 y 12 golpes por capa, con diferentes humedades, con el fin de obtener una familia de curvas que muestran la relación entre el peso específico, humedad y relación de capacidad de soporte.

Nota 1. En este procedimiento queda descrito cómo se obtiene el índice CBR para el suelo colocado en un solo molde, con una determinada humedad y densidad. Sin embargo, en cada caso, al ejecutar el ensayo deberá especificarse el número de moldes a ensayar, así como la Humedad y Peso Unitario a que habrán de compactarse.

Si el espécimen se va a sumergir, se toma una porción de material, entre 100 y 500g (según sea fino o tenga grava) antes de la compactación y otra al final, se mezclan y se determina la humedad del Suelo de acuerdo con la Norma MTC E 108. Si la muestra no va a ser sumergida, la porción de material para determinar la humedad se toma del centro de la probeta resultante de compactar el suelo en el molde, después del ensayo de penetración. Para ello el espécimen se saca del molde y se rompe por la mitad.

Terminada la compactación, se quita el collar y se enrasa el espécimen por medio de un enrasador o cuchillo de hoja resistente y bien recta. Cualquier depresión producida al eliminar partículas gruesas durante el enrase, se rellenará con material sobrante sin gruesos, comprimiéndolo con la espátula.

Se desmonta el molde y se vuelve a montar invertido, sin disco espaciador, colocando un papel filtro entre el molde y la base. Se pesa.

3.3 Inmersión. Se coloca sobre la superficie de la muestra invertida la placa perforada con vástago, y, sobre ésta, los anillos necesarios para completar una sobrecarga tal, que produzca una presión equivalente a la originada por todas las capas de materiales que hayan de ir encima del suelo que se ensaya, la aproximación quedará dentro de los 2,27 kg (5,5 lb) correspondientes a una pesa. En ningún caso, la sobrecarga total será menor de 4,54 kg (10 lb) (véase Figura 2b).

Nota 2: A falta de instrucciones concretas al respecto, se puede determinar el espesor de las capas que se han de construir por encima del suelo que se ensaya, bien por estimación o por algún método aproximado. Cada 15 cm (6") de espesor de estructura del pavimento corresponde aproximadamente a 4,54 kg (10 lb) de sobrecarga.

Se toma la primera lectura para medir el hinchamiento colocando el trípode de medida con sus patas sobre los bordes del molde, haciendo coincidir el vástago del dial con el de la placa perforada. Se anota su lectura, el día y la hora. A continuación, se sumerge el molde en el tanque con la sobrecarga colocada dejando libre acceso al agua por la parte inferior y superior de la muestra. Se mantiene la probeta en estas condiciones durante 96 horas (4 días) "con el nivel de agua aproximadamente constante. Es admisible también un periodo de inmersión más corto si se trata de suelos granulares que se saturan de agua rápidamente y si los ensayos muestran que esto no afecta los resultados (véase Figura 2c).

Al final del periodo de inmersión, se vuelve a leer el deformímetro para medir el hinchamiento. Si es posible, se deja el trípode en su posición, sin moverlo durante todo el periodo de inmersión; no obstante, si fuera preciso, después de la primera lectura puede retirarse, marcando la posición de las patas en el borde del molde para poderla repetir en lecturas sucesivas. La expansión se calcula como un porcentaje de la altura del espécimen.

Después del periodo de inmersión se saca el molde del tanque y se vierte el agua retenida en la parte superior del mismo, sosteniendo firmemente la placa y sobrecarga en su posición. Se deja escurrir el molde durante 15 minutos en su posición normal y a continuación se retira la sobrecarga y la placa perforada. Inmediatamente se pesa y se procede al ensayo de penetración según el proceso del numeral siguiente.

Es importante que no transcurra más tiempo que el indispensable desde cuando se retira la sobrecarga hasta cuando vuelve a colocarse para el ensayo de penetración.

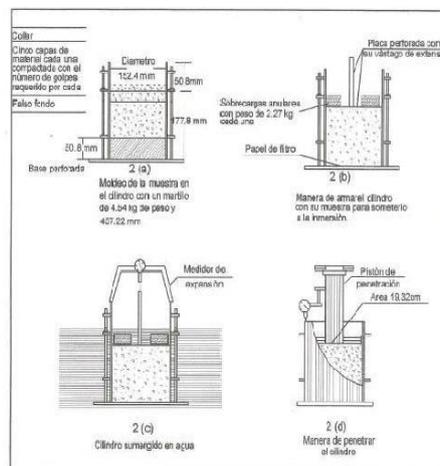


Figura 2. Determinación del valor de la relación de soporte en el laboratorio

3.4 Penetración. Se aplica una sobrecarga que sea suficiente, para producir una intensidad de carga igual al peso del pavimento (con ± 2.27 kg de aproximación) pero no menor de 4.54 kg (10 lb). Para evitar el empuje hacia arriba del suelo dentro del agujero de las pesas de sobrecarga, es conveniente asentar el pistón luego de poner la primera sobrecarga sobre la muestra. Llévase el conjunto a la prensa y colóquese en el orificio central de la sobrecarga anular, el pistón de penetración y añádele el resto de la sobrecarga si hubo inmersión, hasta completar la que se utilizó en ella. Se monta el dial medidor de manera que se pueda medir la penetración del pistón y se aplica una carga de 50N (5 kg) para que el pistón asiente. Seguidamente se sitúan en cero las agujas de los diales medidores, el del anillo dinamométrico, u otro dispositivo para medir la carga, y el de control de la penetración (véase Figura 2d). Para evitar que la lectura de penetración se vea afectada por la lectura del anillo de carga, el control de penetración deberá apoyarse entre el pistón y la muestra o molde.

Se aplica la carga sobre el pistón de penetración mediante el gato o mecanismo correspondiente de la prensa, con una velocidad de penetración uniforme de 1.27 mm (0.05") por minuto. Las prensas

manuales no preparadas para trabajar a esta velocidad de forma automática se controlarán mediante el deformímetro de penetración y un cronómetro. Se anotan las lecturas de la carga para las siguientes penetraciones:

Penetración

Milímetros	Pulgadas
0.63	0.025
1.27	0.050
1.90	0.075
2.54	0.100
3.17	0.125
3.81	0.150
5.08	0.200
7.62	0.300
10.16	0.400
12.70	0.500

* Estas lecturas se hacen si se desea definir la forma de la curva, pero no son indispensables.

Finalmente, se desmonta el molde y se toma de su parte superior, en la zona próxima a donde se hizo la penetración, una muestra para determinar su humedad.

4. CÁLCULOS

4.1 Humedad de compactación. El tanto por ciento de agua que hay que añadir al suelo con su humedad natural para que alcance la humedad prefijada, se calcula como sigue:

$$\% \text{ de agua a añadir} = \frac{H - h}{100 + h} \times 100$$

donde:

H = Humedad prefijada
h = Humedad natural

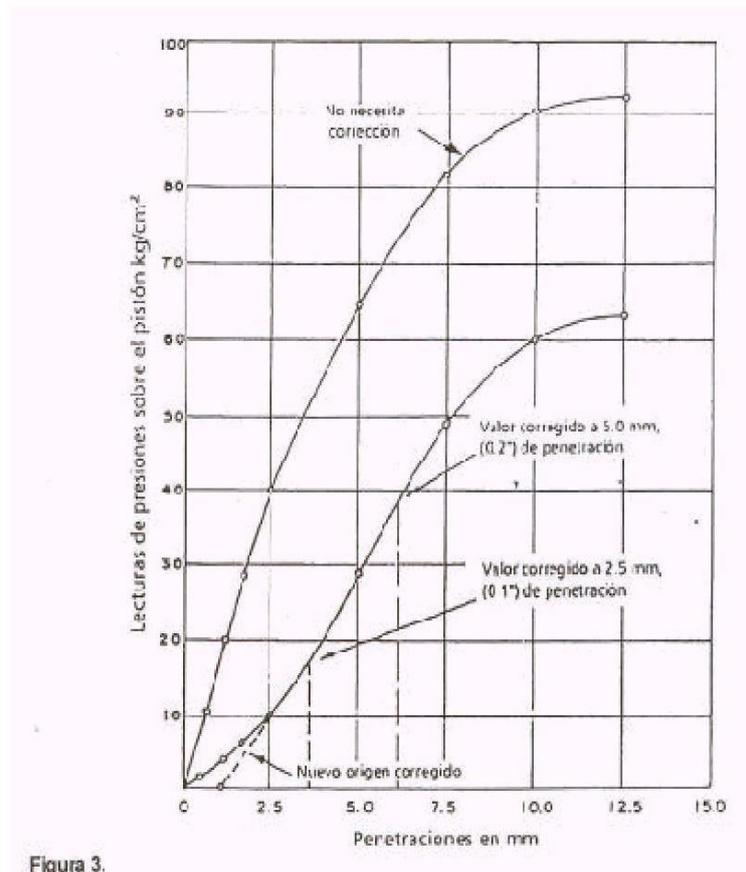
4.2 Densidad o peso unitario. La densidad se calcula a partir del peso del suelo antes de sumergirlo y de su humedad, de la misma forma que en los métodos de ensayo citados. Proctor normal o modificado, para obtener la densidad máxima y la humedad óptima.

4.3 Agua absorbida. El cálculo para el agua absorbida puede efectuarse de dos maneras. Una, a partir de los datos de las humedades antes de la inmersión y después de ésta (numerales 3.2 y 3.4); la diferencia entre ambas se toma normalmente como tanto por ciento de agua absorbida. Otra, utilizando la humedad de la muestra total contenida en el molde. Se calcula a partir del peso seco de la muestra (calculado) y el peso húmedo antes y después de la inmersión.

Ambos resultados coincidirán o no, según que la naturaleza del suelo permita la absorción uniforme del agua (suelos granulares), o no (suelos plásticos). En este segundo caso debe calcularse el agua absorbida por los dos procedimientos.

4.4 Presión de penetración. Se calcula la presión aplicada por el penetrómetro y se dibuja la curva para obtener las presiones reales de penetración a partir de los datos de prueba; el punto cero de la curva se ajusta para corregir las irregularidades de la superficie, que afectan la forma inicial de la curva (véase Figura 3)

4.5 Expansión. La expansión se calcula por la diferencia entre las lecturas del deformímetro antes y después de la inmersión, numeral 3.2. Este valor se refiere en tanto por ciento con respecto a la altura de la muestra en el molde, que es de 127 mm (5").



Es decir:

$$\% \text{ Expansión} = \frac{L_2 - L_1}{127} \times 100$$

Siendo

L_1 = Lectura inicial en mm.

L_2 = Lectura final en mm.

4.6 Valor de la relación de soporte (índice resistente CBR). Se llama valor de la relación de soporte (índice CBR), al tanto por ciento de la presión ejercida por el pistón sobre el suelo, para una penetración determinada, en relación con la presión correspondiente a la misma penetración en una muestra patrón. Las características de la muestra patrón son las siguientes:

Penetración		Presión		
Mm	Pulgadas	MN/m ²	kgf/cm ²	lb/plg ²
2,54	0,1	6,90	70,31	1,000
5,08	0,2	10,35	105,46	1,500

Para calcular el índice CBR se procede como sigue:

- Se dibuja una curva que relacione las presiones (ordenadas) y las penetraciones (abscisas), y se observa si esta curva presenta un punto de inflexión. Si no presenta punto de inflexión se toman los valores correspondientes a 2,54 y 5,08 mm (0,1" y 0,2") de penetración. Si la curva presenta un punto de inflexión, la tangente en ese punto cortará el eje de abscisas en otro punto (o corregido), que se toma como nuevo origen para la determinación de las presiones correspondientes a 2,54 y 5,08 mm.
- De la curva corregida tórnense los valores de esfuerzo-penetración para los valores de 2,54 mm y 5,08 mm y calcúlense los valores de relación de soporte correspondientes, dividiendo los esfuerzos corregidos por los esfuerzos de referencia 6,9 MPa (1000lb/plg²) y 10,3 MPa (1500 lb/plg²) respectivamente, y multiplíquese por 100. La relación de soporte reportada para el suelo es normalmente la de 2,54 mm (0,1") de penetración. Cuando la relación a 5,08 mm (0,2") de penetración resulta ser mayor, se repite el ensayo. Si el ensayo de comprobación da un resultado similar, úsese la relación de soporte para 5,08 mm (0,2") de penetración.

5. PROCEDIMIENTO PARA EL ENSAYO SOBRE MUESTRAS INALTERADAS

En el caso de muestras inalteradas se procede como sigue:

- Se trabajará en una calicata de aproximadamente 0.80 x 0.80 m.
- Se nivela la superficie y se coloca el molde en el centro del área de trabajo. El molde se le debe haber adicionado el anillo cortador.
- Posteriormente se excava suavemente alrededor del molde, presionándolo para que corte una delgada capa de suelo a su alrededor.
- Se clava el molde en el suelo poco a poco, con ayuda de herramientas apropiadas, hasta llenarlo, haciendo uso de la técnica para la toma de muestras inalteradas que se describe en la norma MTC E 112. Debe entenderse que por ningún motivo la muestra debe ser golpeada, tanto en el proceso de recuperación en el campo, como en su transporte y trabajo de laboratorio

- Una vez lleno el molde, se parafinan sus caras planas y, cuidando de no golpearlo, se traslada al laboratorio. Cuando se vaya a efectuar el ensayo se quita la parafina de ambas caras y, con ayuda de la prensa y el disco espaciador o de un extractor de muestras, se deja un espacio vacío en el molde equivalente al del disco espaciador, enrasando el molde por el otro extremo. A continuación se procede como con las muestras preparadas en el laboratorio. La operación para dejar ese espacio vacío no es necesaria ($7,0" \pm 0,16"$) si se utiliza un molde con 127 mm (5") de altura, en vez de los 177,8 mm, y se monta el collar antes de proceder al ensayo de penetración.

6. INFORME

Los datos y resultados de la prueba que deberán suministrarse son los siguientes:

- Método usado para la preparación y compactación de los especímenes.
- Descripción e identificación de la muestra ensayada.
- Humedad al fabricar el espécimen.
- Peso unitario.
- Sobrecarga de saturación y penetración.
- Expansión del espécimen.
- Humedad después de la saturación.
- Humedad óptima y densidad máxima determinados mediante la norma MTC E 115.
- Curva presión-penetración.
- Valor de relación de soporte (C.B.R.).

7. CORRESPONDENCIA CON OTRAS NORMAS

ASTM	D 1883
AASHTO	T 193



PERÚ

Ministerio de Transportes y Comunicaciones

Viceministerio de Transportes

Dirección General de Caminos y Ferrocarriles

Cuadro 4.3
Signos Convencionales para Perfil de Calicatas – Clasificación AASHTO

Simbología	Clasificación	Simbología	Clasificación
	A-1-a		A-5
	A-1-b		A-6
	A-3		A-7-5
	A-2-4		A-7-6
	A-2-5		MATERIA ORGANICA
	A-2-6		ROCA SANA
	A-2-7		ROCA DESINTEGRADA
	A-4		

Fuente: Simbología AASHTO



Cuadro 4.1
Número de Calicatas para Exploración de Suelos

Tipo de Carretera	Profundidad (m)	Número mínimo de Calicatas	Observación
Autopistas: carreteras de IMDA mayor de 6000 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	1.50m respecto al nivel de subrasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> Calzada 2 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido Calzada 3 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido Calzada 4 carriles por sentido: 6 calicatas x km x sentido 	Las calicatas se ubicarán longitudinalmente y en forma alternada
Carreteras Dúasles o Multicarril: carreteras de IMDA entre 6000 y 4001 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	1.50m respecto al nivel de subrasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> Calzada 2 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido Calzada 3 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido Calzada 4 carriles por sentido: 6 calicatas x km x sentido 	
Carreteras de Primera Clase: carreteras con un IMDA entre 4000-2001 veh/día, de una calzada de dos carriles.	1.50m respecto al nivel de subrasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> 4 calicatas x km 	Las calicatas se ubicarán longitudinalmente y en forma alternada
Carreteras de Segunda Clase: carreteras con un IMDA entre 2000-401 veh/día, de una calzada de dos carriles.	1.50m respecto al nivel de subrasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> 3 calicatas x km 	
Carreteras de Tercera Clase: carreteras con un IMDA entre 400-201 veh/día, de una calzada de dos carriles.	1.50m respecto al nivel de subrasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> 2 calicatas x km 	
Carreteras de Bajo Volumen de Tránsito: carreteras con un IMDA ≤ 200 veh/día, de una calzada.	1.50m respecto al nivel de subrasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> 1 calicata x km 	

Fuente: Elaboración Propia, teniendo en cuenta el Tipo de Carretera establecido en la RD 037-2008-MTC/14 y el Manual de Ensayo de Materiales del MTC

El número de calicatas indicado en el cuadro 4.1, se aplica para pavimentos nuevos, reconstrucción y mejoramiento. En caso, de estudios de factibilidad o prefactibilidad se efectuará el número de calicatas indicadas en el referido cuadro espaciadas cada 2.0 km en vez de cada km. En caso de estudios a nivel de perfil se utilizará información secundaria existente en el tramo del proyecto, de no existir información secundaria se efectuará el número de calicatas del cuadro 4.1 espaciadas cada 4.0 km en vez de cada km. En el caso de refuerzo o rehabilitación de pavimentos se tendrá en cuenta los resultados de las mediciones deflectométricas (deflectograma) y la sectorización de comportamiento homogéneo, efectuando por cada sector homogéneo (mínimo 4 calicatas) en correspondencia con los puntos de ensayo, una calicata donde la deflexión es máxima, una segunda calicata donde la deflexión es cercana a la deflexión característica, una tercera calicata donde la deflexión es cercana a la deflexión promedio y una cuarta calicata donde la deflexión ha sido mínima.

Anexo N°4
FORMATOS DE ENSAYOS



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO

LABORATORIO DE SERVICIOS A LA COMUNIDAD E INVESTIGACION



LASACI

INFORME DE ANÁLISIS

SOLICITANTE	: ROY ALDAIR MALDONADO CHANG DIEGO ALEJANDRO SARIN TUBEROS
TESIS	: "Estabilización de Suelo con Fines de pavimentación de Valle San Rafael con Cenizas de Cascara de Arroz añadiendo 5% , 10% , 15% , Casma – Ancash 2018"
MUESTRA	: Cenizas de Cascara de Arroz
FECHA DE INGRESO	: 15 DE AGOSTO DEL 2018
MUESTRA RECIBIDA EN LABORATORIO	

DETERMINACION	UNIDADES	RESULTADOS
SiO ₂	%	87.18
Al ₂ O ₃	%	0.63
Fe ₂ O ₃	%	0.56
CaO	%	1.27
MgO	%	0.36
NaO	%	0.23
K ₂ O	%	2.12
TiO ₂	%	0.02
PERDIDA DE CALCINACION	%	7.58

Método de Ensayo para sulfatos por digestión-espectrofotometro
Método de ensayo por Absorción Atomica de hierro y aluminio

TRUJILLO, 24 DE AGOSTO DEL 2018



AGUAS - SUELOS - ALIMENTOS - MINERALES - ACEITE - CARBON - CAL

FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA

☎ 949959632 / 933623974

UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO

LABORATORIO DE SERVICIOS A LA COMUNIDAD E INVESTIGACION



LASACI

INFORME DE ANÁLISIS

LASACI N°0129E-2018-IQUNT

SOLICITANTE	MALDONADO CHANG ROY ALDAIR SARRIN TUEROS DIEGO ALEJANDRO
TESIS	“Estabilización del suelo con fines de pavimentación del valle san Rafael con ceniza de Cascara de arroz añadiendo 5%, 10% y 15%, Casma – Ancash - 2018.”
MUESTRA	CÁSCARA DE ARROZ
FECHA	15 DE AGOSTO DEL 2018
INSTITUCION	UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO
MUESTRA RECIBIDA EN LABORATORIO	

1. MUESTRA: (2. Kg)

N° DE MUESTRAS	CANTIDAD DE MUESTRA ENSAYADA	PROCEDENCIA
1	2	MOLINO – VALLE DEL SANTA

2. ENSAYOS A APLICAR

- ANALISIS TERMICO DIFERENCIAL ATD
- ANALISIS TERMOGRAVIMETRICO TGA

3. EQUIPO EMPLEADO Y CONDICIONES

- ANALIZADOR TERMICO SIMULTANEO TG_DTA_DSC CAP. MAX 1600°C SETSYS_EVOLUTION, CUMPLE CON NORMAS ASTM ISO 11357, ASTM E967, ASTM E968, ASTM E793, ASTM D3895, ASTM D3417, ASTM D3418, DIN 51004, DIN 51007, DIN 53765.
- TASA DE CALENTAMIENTO: 20 °C/MIN
- GAS DE TRABAJO – FLUJO: NITROGENO, 10 ML/MIN
- RANGO DE TRABAJO 25 – 920°C
- MASA DE MUESTRA ANALIZADA: 35 g

DIRECTOR DE LABORATORIO
ANALISTA RESPONSABLE

ING. MSC. CARLOS VALQUIMENDOZA
ING. MSC. CARLOS VALQUIMENDOZA



AGUAS - SUELOS - ALIMENTOS - MINERALES - ACEITE - CARBON - CAL

FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA

949959632 / 942844957

UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO

LABORATORIO DE SERVICIOS A LA COMUNIDAD E INVESTIGACION

LASACI



5. CONCLUSION

- Para la presente investigación de cáscara de arroz, El porcentaje de cenizas de acuerdo al análisis de emisión de quemado es de 0.4%.
- En la curva del análisis térmico diferencial (ATD) de la cascarilla de arroz es evidente que existe un intervalo de temperatura muy importante, en el cual ocurre un proceso relacionado principalmente con la descomposición orgánica de la cascarilla de arroz. Este pico exotérmico ocurre a los 450 ° C que corresponde a reacciones de oxidación de la parte orgánica de la cascarilla y a la conformación del SiO₂ que se obtiene al finalizar el tratamiento térmico. La temperatura a la que ocurre el pico exotérmico coincide, aproximadamente, con el inicio de la zona de peso constante de la muestra como lo indica el análisis de pérdida de peso.



Trujillo, 24 de agosto del 2018

AGUAS - SUELOS - ALIMENTOS - MINERALES - ACEITE - CARBON - CAL

FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA

☎ 949959632 / 942844957



4. RESULTADOS

LASACI

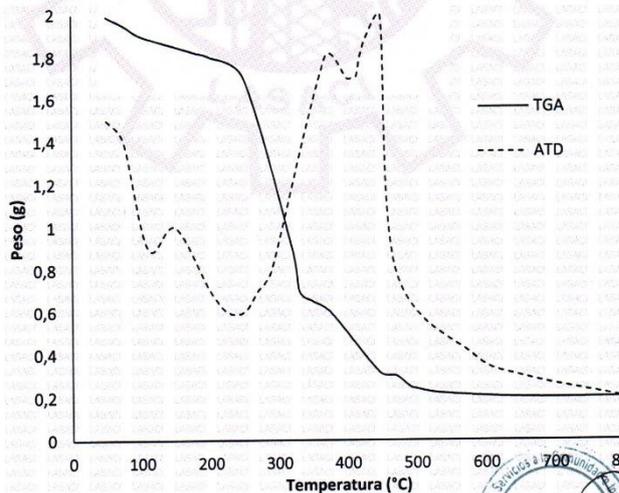
a. EMISION DE GASES

DETERMINACION	UNIDAD	RESULTADO
CARBONO	%	36.60
HIDROGENO	%	5.83
OXIGENO	%	36.65
NITROGENO	%	3.31
AZUFRE	%	0.01

b. EMISION DEL QUEMADO

DETERMINACION	UNIDAD	RESULTADO
HUMEDAD	%	9.10
CENIZAS	%	0.40
MATERIA VOLATIL	%	90.05
CARBON FIJO	%	0.37

c. CURVA TGA Y ATD





UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

“ESTABILIZACIÓN DEL SUELO CON FINES DE PAVIMENTACIÓN
DEL VALLE SAN RAFAEL CON CENIZA DE CASCARA DE ARROZ
AÑADIENDO 5%, 10% Y 15%, CASMA - ANCASH - 2018”



Solicitante: Maldonado Chang Roy Aldair

Sarrin Tueros Diego Alejandro

Apoyo técnico: Lener H. Villanueva Vásquez

NUEVO CHIMBOTE, OCTUBRE DE 2018



Mg. Erika Magaly Mozo Castaneda
Coordinadora de la Escuela de Ingeniería Civil

CAMPUS CHIMBOTE
Av. Central Mz. H Lt. 1
Urb. Buenos Aires - Nuevo Chimbote
Tel.: (043) 483 030 Anx.: 4000



Lener Hamilton Villanueva Vásquez
TÉCNICO DE LABORATORIO



fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe



INDICE

1. ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS.....	3
1.1. Generalidades	3
1.2. Metodología y plan de trabajo.....	4
1.3. Plan de trabajo.....	5
2. UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	6
2.1. Clima y Temperatura:.....	9
3. GEOLOGÍA DEL AREA EN ESTUDIO.....	10
4. GEOLOGÍA REGIONAL	14
5. TRABAJO DE CAMPO	15
6. ENSAYOS DE LABORATORIO	15
7. ENSAYOS ESTARDAR.....	16
8. CLASIFICACION DE SUELO	16
9. CARACTERISTICAS DEL TERRENO DE FUNDACION	16
10. DETERMINACION DEL POTENCIAL DE EXPANSIÓN.....	17
11. TERRENOS COLINDANTES.....	17
14. DESCRIPCION DEL PERFIL ESTRATIGRAFICO.....	22
15. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	22





INFORME TÉCNICO

1. ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS.

1.1. Generalidades

Objetivos

El objetivo principal del presente estudio de investigación consiste en realizar el estudio de geotecnia y mecánica de suelos, en el marco de la mejora del estudio definitivo del Proyecto de Investigación: "estabilización del suelo con fines de pavimentación del valle san rafael con ceniza de cascara de arroz añadiendo 5%, 10% y 15%, casma - ancash - 2018"

El estudio de suelos está orientado a determinar las características físico-mecánicas del área donde se emplazará el proyecto de investigación, con el propósito de estimar su comportamiento, así como sus propiedades de esfuerzo y deformación, proporcionándose las condiciones mínimas, capacidad portante admisible y las recomendaciones necesarias.

Para alcanzar el objetivo principal, se requiere alcanzar los siguientes objetivos específicos:

- ✓ Elaboración de un estudio geológico que sirva de marco para las investigaciones geotécnicas.
- ✓ Realización de los ensayos de laboratorio de mecánica de suelos.
- ✓ Interpretación de los resultados de las investigaciones geotécnicas de campo y los ensayos de laboratorio.
- ✓ Elaboración de los perfiles estratigráficos y establecimiento de las consideraciones geotécnicas.
- ✓ Elaboración de las recomendaciones técnicas y tipo de edificación.

Los objetivos secundarios fueron alcanzados mediante la implementación de una metodología de estudio adecuada y la ejecución de un plan de trabajo, que

CAMPUS CHIMBOTE
Av. Central Mz. H Lt. 1
Urb. Buenos Aires - Nuevo Chimbote
Tel.: (043) 483 030 Anx.: 4000



Mg. Erika Magaly Mozo Castañeda
Coordinadora de la Escuela de Ingeniería Civil



Lener Hamilton Villanueva Vásquez
TÉCNICO DE LABORATORIO



fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe



guardaron correspondencia con los términos de referencia establecidos para el presente estudio.

1.2. Metodología y plan de trabajo

Metodología

El conjunto de actividades de campo, laboratorio y gabinete contemplados en la ejecución de las investigaciones geotécnicas, ha sido implementado en tres fases:

a) Fase preliminar

Esta fase de trabajo estuvo programada para desarrollarse en un lapso de quince días, durante el cual se realizaron las siguientes actividades:

- Recopilación de información básica existente.
- Planeamiento de las distintas actividades de campo y laboratorio de mecánica de suelos, incluyendo el desplazamiento e instalación del personal técnico, equipos de laboratorio y el apoyo logístico correspondiente.

b) Fase de campo y ensayos de laboratorio

- Exploración de campo para el estudio geológico del área de estudio con fines geotécnicos.

Clasificación visual manual de las muestras. - Se tomaron muestras alteradas y disturbadas para su análisis en el laboratorio anotando en una libreta sus propiedades físicas observables para complementar los resultados que se obtengan en el laboratorio.

Los resultados tanto de laboratorio como de campo son plasmados en un perfil estratigráfico que representa la variabilidad de los suelos que conforman el terreno de fundación.

De los materiales encontrados en los diversos estratos (capas), se tomaron muestras selectivas en forma representativa, los cuales se colocaron en bolsas de polietileno (doble), las que fueron descritas e identificadas siguiendo la



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

ASTM D-2488 "Practica Recomendable para la Descripción de Suelos", para posteriormente ser trasladados al laboratorio.

c) Fase de gabinete

Interpretación de los resultados de las investigaciones geotécnicas de campo, ensayos de laboratorio de mecánica de suelos.

- Elaboración de los perfiles geotécnicos representativos del suelo donde se emplazará el proyecto en mención. Asimismo, la presentación de las profundidades de las napas freáticas encontradas (en caso de presentarse) y los parámetros físicos de suelo con fines de cimentación.
- Recomendaciones técnicas y diseño estructural de cimentación y consideraciones constructivas
- Conclusiones y recomendaciones del estudio geotécnico.

1.3. Plan de trabajo

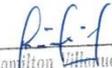
a) Planteamiento del estudio

El planeamiento del estudio geotécnico, ha sido realizado como una parte del sistema interno de control de calidad. Esto incluyó:

- La definición del área del estudio.
- Identificación de las tareas de campo, laboratorio y gabinete a ser emprendidas, y los alcances de las mismas.
- Elaboración de metodologías para cada una de las actividades de campo, laboratorio y trabajos de gabinete.
- Establecimiento de la secuencia de actividades y la interdependencia de las mismas.
- Procedimientos de interpretación y discusión de los resultados de campo y laboratorio.

CAMPUS CHIMBOTE
Av. Central Mz. H Lt. 1
Urb. Buenos Aires - Nuevo Chimbote
Tel.: (043) 483 030 Anx.: 4000


Mg. Erika Magaly Mozo Castañeda
Coordinadora de la Escuela de Ingeniería Civil


Lener Hamilton Villanueva Vásquez
TÉCNICO DE LABORATORIO





UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

- Estimación de los recursos requeridos para el cumplimiento de cada una de las tareas, y determinación de las tareas críticas en cuanto al tiempo y recursos que demanden.

Para el estudio geotécnico, las actividades han sido agrupadas en dos frentes de trabajo:

- Frente de excavación de calicatas.
- Frente de ensayos de laboratorio de mecánica de suelos, granulometría y contenido de humedad.

El planteamiento del estudio ha sido basado en los mejores datos disponibles en la literatura técnica, normas y manuales técnicos, y la experiencia en campo del técnico.

2. UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El presente proyecto de investigación se ejecutará en el Valle San Rafael, perteneciente al Distrito de Casma, Provincia de Casma, Departamento de Ancash. Específicamente el proyecto de investigación es "Estabilización del Suelo con Fines de Pavimentación del Valle San Rafael con ceniza de cascara de arroz añadiendo 5%, 10% y 15%, Casma - Ancash - 2018"

CAMPUS CHIMBOTE
Av. Central Mz. H Lt. 1
Urb. Buenos Aires - Nuevo Chimbote
Tel.: (043) 483 030 Anx.: 4000


Mg. Erika Magaly Mozo Castañeda
Coordinadora de la Escuela de Ingeniería Civil

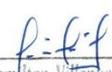

Lener Hamilton Villanueva Vásquez
TÉCNICO DE LABORATORIO





FIGURA N° 01: Mapa provincial del departamento de Ancash. La zona en estudio se encuentra en la Provincia de Casma.



FIGURA N° 02: La zona en estudio se encuentra en el Valle San Rafael.

CAMPUS CHIMBOTE
 Av. Central Mz. H Lt. 1
 Urb. Buenos Aires - Nuevo Chimbote
 Tel.: (043) 483 030 Anx.: 4000



Mg. Erika Magaly Mozo Castañeda
 Coordinadora de la Escuela de Ingeniería Civil



Lener Hamilton Villanueva Vásquez
 TÉCNICO DE LABORATORIO



fb/ucv.peru
 @ucv_peru
 #saliradelante
 ucv.edu.pe



FIGURA N° 03: Mapa del Perú. La zona en estudio se encuentra en la Ciudad de Casma, Provincia de Casma, Departamento de Ancash.

CAMPUS CHIMBOTE
 Av. Central Mz. H Lt. 1
 Urb. Buenos Aires - Nuevo Chimbote
 Tel.: (043) 483 030 Anx.: 4000


Mg. Erika Magaly Mozo Castañeda
 Coordinadora de la Escuela de Ingeniería Civil


Lener Hamilton Vindayza Vásquez
 TÉCNICO DE LABORATORIO



2.1. Clima y Temperatura:

La Ciudad de Casma presenta un clima Calido los meses de verano (Noviembre a Abril) y a una temperatura promedio mínima de 19 °C durante los meses de invierno (Mayo a Octubre). El promedio de temperatura en verano es de 26°C y el promedio en invierno es de 17°C.

Precipitación

Muy raras veces llueve en la región y se sabe de décadas que transcurren sin ella. El régimen de lluvias en la cuenca es relativamente homogéneo, conteniendo en el año dos épocas definidas, una humedad correspondiente a los meses de verano y otra seca ocurriendo básicamente en los meses restantes se pueden considerar como transición entre estas épocas. Se ha observado que el mes de máximas precipitaciones en todas las estaciones analizadas es el mes de marzo y el de mínimas precipitaciones es el mes de Julio.

Humedad atmosférica

Como es normal para las zonas costeras, se considera que la ciudad de Casma está en una zona húmeda. El vapor de agua desempeña un rol importante en la evolución de los fenómenos atmosféricos y en las características fundamentales del clima. Una de las formas de expresar el contenido de vapor de agua del aire es por medio de la humedad relativa en las cuatro estaciones meteorológicas ubicadas en Chimbote. La humedad relativa media mensual histórica es de 73% Se dispone de información de horas de sol en las estaciones del Puerto de Chimbote y Rinconada en las cuales se establece que el promedio de horas de brillo solar varía de 7 a 9 horas en los meses de verano y en los meses de invierno varía de 5 a 7 horas.



3. GEOLOGÍA DEL AREA EN ESTUDIO

3.1. Geomorfología

3.1.1. Principales Agentes Modeladores

Dentro de los principales agentes que han dado origen a las geoformas actuales se tiene el agua y el viento como los que han jugado un papel muy importante. Las intensas lluvias que se producen en la región costanera después de largos periodos de sequía, origina grandes torrentes que descienden por las diversas quebradas, los materiales acarreados por dichos torrentes se han acumulado en las planicies bajas en formas de grandes abanicos.

3.1.2. Unidades Geomorfológicas

Las unidades geomorfológicas mayores son la faja costanera, los valles de la vertiente pacífica y las estribaciones de la cordillera occidental, dentro de las cuales se pueden identificar en la zona las siguientes unidades menores.

Cuadrángulo de Chimbote, los afloramientos de gabros y rocas asociados se encuentran en la Isla Blanca, cerró señal Taricay y Cerro Tambo. Los afloramientos de gabros tienen coloraciones oscuras que se diferencian de las rocas adyacentes por su mayor resistencia a la erosión. En algunos casos tienen morfología resaltante, como el caso del Cerro Tortugas, Cerro Prieto, Cerro Samanco, etc.

Los componentes intrusivos iniciales del Batolito de la costa Varían en un rango desde gabro a diorita, según sus características jeroglíficas se han separado en los mapas geológicos respectivos cuerpos de gabro, diorita, microdiorita a diablia y un complejo de diques, cada uno de ellos tiene una forma y distribución espacial.

3.2. Súper Unidad Santa Rosa

El lado Oeste del Batolito está compuesto por un complejo muy variado de tonalita ácida. Las características petrográficas y de campo de este complejo son muy similares a las del complejo de la región Chancay – Huaura (Cobbing y Pitcher, 1972). Ya que el complejo de la tonalita acida de la región de Casma representa claramente la continuación hacia el norte, del Complejo Tonalita Santa Rosa de Co

CAMPUS CHIMBOTE
Av. Central Mz. H Lt. 1
Urb. Buenos Aires - Nuevo Chimbote
Tel.: (043) 483 030 Anx.: 4000


Mg. Erika Magaly Mozo Castañeda
Coordinadora de la Escuela de Ingeniería Civil


Lener Hamilton Villanueva Vásquez
TÉCNICO DE LABORATORIO



fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe

Pitcher; Child R. (1976) prefiere mantener el nombre y sin embargo cambia la denominación de "Complejo" por la de "Super Unidad"

La súper unidad Santa Rosa es la más amplia de las unidades intrusivas que forman el Batolito cubriendo aproximadamente el 60 % del área total, correspondiente a las rocas intrusivas. Aflora en una extensa franja que va desde Chimbote en el Norte, hasta la quebrada Berna Puquio en el Sur (Culebras) y se prolonga más hacia el Sur a los Cuadrángulos adyacentes.

3.2.1. Depósitos cuaternarios

La evidencia del levantamiento y erosión de la región se sustenta en la presencia de terrazas marinas levantadas, depósitos marinos recientes, terrazas aluviales levantadas, depósitos aluviales recientes, depósitos eólicos estabilizados y acumulaciones eólicas en actividad, etc. Todos estos depósitos fluvio-aluviales depósitos residuales y aun los deslizamientos constituyen la cobertura del material reciente que recubren gran parte del área de estudio y por simplificación de le ha agrupado como depósitos marinos, eólicos y aluviales.

3.2.2. Depósitos marinos

Se encuentran distribuidos a lo largo del litoral, especialmente en las bahías y efirantes; consiste de arenas semiconsolidadas con estratificación sesgada, cuyos componentes son cuarzo de 1 a 3 milímetros, granos oscuros de rocas volcánicas finas en algunos casos con fragmentos de conchas en una matriz de arena gruesa. Los remanentes de depósitos marinos levantados en general se inclinan suavemente hacia el Oeste.

3.2.3. Depósitos eólicos

Se pueden distinguir dos tipos de arenas eólicas; los montículos de arenas eólicas; los montículos de arena estabilizadas y depósitos de arena en movimiento o continua evolución.

Las arenas estabilizadas se observan al Este de la ciudad de Chimbote, al Sur de Samanco, etc.

Los procesos eólicos trabajan rápidamente las arenas y cubren los depósitos de playas, estos últimos representan la fuente principal del material eólico que se transporta hacia el continente. El avance continuo de las arenas ha definido cuerpos alargados, longitudinales conocidos como médanos que avanzan hacia el continente sobre yaciendo a rocas cretáceas.

3.2.4. Depósitos aluviales

Como se observa en los mapas geológicos los depósitos aluviales son más abundantes en el cuadrángulo de Casma, en estrecha relación con la mayor extensión de rocas plutónicas, las cuales son fácilmente erosionables, originando depósitos arenosos gruesos y limoarcillas

En los depósitos aluviales se incluyen las terrazas, los rellenos de quebradas y valles, así como los depósitos recientes que constituyen las pampas o llanuras aluviales, las terrazas están formadas por gravas arenas y limos que en algunos casos sobreyacen directamente al basamento rocosos, en otros casos constituyen una secuencia gruesa de depósitos aluviales mal seleccionados con clastos de litologías diversas.

En general los depósitos aluviales son más gruesos a heterogéneos hacia el Este, en cambio hacia el Oeste son de fragmentometría más fina y características más homogéneas, por lo que son explotados como agregados y material de construcción.

Geología general:

La ciudad de Casma y sus alrededores está enmarcada dentro de las siguientes geomorfologías:

a) Unidad de playas

Se ubica a lo largo de la costa de la bahía de Tortugas y la Gramita, con un ancho promedio de 10 a 30 m. Está constituido de arenas gruesas, arenas finas y conchas marinas, con intercalaciones de arcillas en los laterales.





b) Unidad de pantanos

Limitada por la unidad de playas y ubicada dentro del gran abanico aluvial de Puerto Casma, presentándose con nivel freático casi superficial y en las áreas distantes del cono aluvial a consecuencia de la crecida del río Casma, cuyas aguas se infiltran y fluyen subterráneamente hacia el mar.

En épocas de ocurrencia del Fenómeno "El Niño", el área de pantanos aumenta de extensión superficial, provocando inestabilidades.

c) Unidad de depósitos aluviales del río Casma

Se encuentra a lo largo del cono aluvial, ensanchándose cerca a la desembocadura del río Casma en el Océano Pacífico. Los depósitos aluviales se extienden desde Casma hasta Puerto Casma.

Dentro de esta unidad se encuentra el cauce fluvial del río Casma, que en épocas de crecidas produce la erosión local y general del cauce e inundación de las planicies inundables, comprometiendo la seguridad de las obras de ingeniería emplazadas en el cauce y faja marginal del río.

Dicha unidad está constituida de arenas, limos y gravas en profundidades de 5 m a 10 m. El nivel freático varía desde 0,00 m (pantano) hasta 1.50 m de profundidad (áreas limítrofes del abanico).

d) Unidad de colinas

Es parte de la vertiente andina, constituida de rocas graníticas cubiertas superficialmente con arenas eólicas, formando colinas suaves y onduladas cuyas pendientes varían de 3° a 10°. En esta unidad se aprecian depósitos coluviales y proluviales, de granulometría heterométrica.

e) Unidad de dunas

Son depósitos eólicos ubicados en la margen derecha del río Casma tienen un espesor de 10 m a 20 m aproximadamente.



4. GEOLOGÍA REGIONAL

Geológicamente, a nivel regional se han reconocido las siguientes unidades estratigráficas:

a) Cretáceo

Es una secuencia volcánica andesítica, conformada por lavas y brechas, de composición básicamente de andesita y porfírica que presentan fenocristales de plagioclasas anfíboles y en menor proporción piroxenos. También se observan alteraciones de tipo propilítico, cloritización y silicificación incipiente. En la ciudad de Chimbote el volcánico se encuentra expuesto principalmente en el extremo norte por los cerros Chimbote y Tambo Real, y en el extremo Sur-Este por los cerros Península y División.

b) Intrusivos

Este segundo tipo de afloramiento existente en la zona se encuentra representado por formaciones de granodiorita, cuya coloración oscila entre gris oscuro y gris claro, su grano varía entre medio y grueso; teniendo su mejor exposición en el lado Este de la ciudad, en las colinas de las Pampas de Chimbote.

c) Cuaternario

Son los más predominantes en el área de estudio, formada por extensos depósitos la arena eólica, formando muchas veces colinas de poca elevación. Se nota la presencia de materiales aluvionales y fluviales formando depósitos a lo largo del lecho antiguo del Río Casma, así como en el extremo Norte de la ciudad, conocidos como Cascajal, La Mora, etc.

Tectonismo

Esta región es considerada como un área de concentración sísmica caracterizada por movimientos con hipocentros entre 40 y 70 Km. de profundidad frente al litoral de Chimbote y en la falla de Cerro península en Samanco, con relación a los focos sísmicos indicados se estima que en 70 años se puede alcanzar una





UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

magnitud de 6.9 mb y una aceleración de 0.28g para condiciones medidas de cimentación en material blando.

5. TRABAJO DE CAMPO

Calicata.

Con la finalidad de definir el perfil estratigráfico se realizó la apertura de 05 calicatas a cielo abierto de aproximadamente 1.50 mts. de profundidad, denominándola como C-1, C-2, C-3, C-4 y C-5 la cual se ubica en el área de estudio, la ubicación de dicha calicata se muestra en el croquis adjunto.

Muestreo

Se tomaron muestras alteradas o disturbadas de cada estrato, las cuales fueron guardadas y selladas y enviadas al laboratorio, realizándose ensayos con fines de identificación y clasificación.

Registro de sondaje

Paralelamente al avance de las excavaciones de los sondeos, se realizó el registro de excavación vía clasificación manual visual según ASTM D2488, descubriéndose las principales características de los suelos encontrados tales como; espesor tipo de suelo, color, plasticidad, humedad, compacidad etc.

6. ENSAYOS DE LABORATORIO

Ensayos de laboratorio de mecánica de suelos

Con las muestras alteradas obtenidas de los sondeos realizados, se han ejecutado los siguientes ensayos estándar: 5 ensayo de análisis granulométrico por tamizado, 5 ensayo de contenido de humedad, Las muestras fueron ensayadas en el laboratorio de Universidad Cesar Vallejo, han sido clasificadas utilizando el Sistema Unificado de Clasificación (SUCS) y American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO).

CAMPUS CHIMBOTE
Av. Central Mz. H Lt. 1
Urb. Buenos Aires - Nuevo Chimbote
Tel.: (043) 483 030 Anx.: 4000


Mg. Erika Magaly Mozo Castañeda
Coordinadora de la Escuela de Ingeniería Civil


Lener Hamilton Villaveca Vázquez
TÉCNICO DE LABORATORIO





UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

Los ensayos fueron realizados de acuerdo a las Norma Peruana E.050 de Mecánica de Suelos, American Society for Testing and Materials (ASTM), American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO).

Los resultados de los ensayos de mecánica de suelos estándar se presentan en el Anexo.

7. ENSAYOS ESTARDAR

Con las muestras representativas extraídas se realizaron los siguientes ensayos:

1. Análisis Granulométrico. ASTM D 422
2. Contenidos de Humedad. ASTM D 2216
3. Clasificación de los suelos SUCS, ASTM D 2487
4. Descripción visual de los suelos ASTM D 2487

8. CLASIFICACION DE SUELO

Las muestras ensayadas se han clasificado de acuerdo a American Association of State Highway Oficial (AASHTO) y al Sistema Unificado de Clasificación de Suelo (SUCCS).

9. CARACTERISTICAS DEL TERRENO DE FUNDACION

De acuerdo al análisis efectuado de la estratigrafía del subsuelo y a los ensayos de laboratorio realizado, se concluye que el suelo natural más desfavorable encontrado en el área de estudio, es del tipo A-2-6 y A-6 está conformado por un material que presenta las siguientes características:

Permeabilidad	: Media
Expansión	: Media
Valor como terreno de fundación	: Buena
Característica de Drenaje	: Buena

CAMPUS CHIMBOTE
Av. Central Mz. H Lt. 1
Urb. Buenos Aires - Nuevo Chimbote
Tel.: (043) 483 030 Anx.: 4000



Mg. Erika Mayaly Mozo Castañeda
Coordinadora de la Escuela de Ingeniería Civil



Lener Hamilton Villanueva Vásquez
TÉCNICO DE LABORATORIO



fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe



10. DETERMINACION DEL POTENCIAL DE EXPANSIÓN.

De acuerdo a Seed, Woodward y Lundgren, establecieron la siguiente tabla de potencial de expansión determinada en laboratorio.

INDICE DE PLASTICIDAD	POTENCIAL DE EXPANSION
0 -15	BAJO
15 -35	MEDIO
35 – 55	ALTO
>55	MUY ALTO

Se ha estimado el potencial de expansión para cada uno de los puntos de investigación del área en estudio, según los ensayos realizados se desprende que hay presencia de suelos poco o nada expansibles.

11. TERRENOS COLINDANTES

En el área del proyecto de investigación no se ha podido verificar otros estudios Similares al presente.

De las cimentaciones adyacentes

Se ha verificado que algunas de las edificaciones adyacentes son de material rustico de 01 piso. Por la ubicación de las obras previstas en el proyecto, las edificaciones adyacentes no afectaran a las edificaciones a realizarse.

12. DATOS GENERALES DE LA ZONA.

a) **Geodinámica Externa.** – Respecto a este fenómeno lo que se puede anotar es que la zona en estudio se encuentra dentro de la región Media de Sismicidad en el Perú en la Zona 4 cuyo factor es $Z = 0.45$, el cual se interpreta como la aceleración máxima horizontal en suelo rígido con una probabilidad de 10 % de

CAMPUS CHIMBOTE
Av. Central Mz. H Lt. 1
Urb. Buenos Aires - Nuevo Chimbote
Tel.: (043) 483 030 Anx.: 4000


Mg. Erika Magaly Mozo Castañeda
Coordinadora de la Escuela de Ingeniería Civil


Lener Hamilton Villanueva Vásquez
TÉCNICO DE LABORATORIO



fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe



ser excedida en 50 años. El factor Z se expresa como una fracción de la aceleración de la gravedad.

Como un antecedente relativamente cercano tenemos el terremoto del 31 de Mayo de 1970, el cual fue uno de los más catastróficos de la Historia, su epicentro fue localizado a 9.4° Latitud Sur y 79.3° Longitud Oeste, el cual produjo una aceleración de 0.24g. La magnitud calculada fue de 7.5° en la escala de Ríchter, la cual fue menor al Sismo del 26 de febrero de 1619 que alcanzó 7.8° en la escala de Ríchter.

ZONA	Z
4	0,45
3	0,35
2	0,25
1	0,10

b) **terrenos colindantes.**- Adyacentes al terreno se encuentran viviendas y construcciones de la población

13. EFECTO DE SISMO

La zona de estudio corresponde al distrito de Casma en el departamento de Ancash, la cual se encuentra dentro de la zona 4 del mapa de zonificación sísmica del Perú de acuerdo a la Norma de Diseño Sismorresistente E-030 del Reglamento Nacional de Edificaciones (2016) como se puede observar en la figura 4.

En la figura 5 se muestra el mapa de distribución de máximas intensidades en el Perú. Las fuerzas sísmicas horizontales pueden calcularse de acuerdo a las normas de diseño sismorresistente según la siguiente relación:

$$\frac{ZUCS}{R} V = P$$

CAMPUS CHIMBOTE
Av. Central Mz. H Lt. 1
Urb. Buenos Aires - Nuevo Chimbote
Tel.: (043) 483 030 Anx.: 4000


Mg. Erika Magaly Mozo Castañeda
Coordinadora de la Escuela de Ingeniería Civil


Lener Hamilton Villanueva Vásquez
TÉCNICO DE LABORATORIO



fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

- ✓ Para la zona donde se cimentará, el suelo de cimentación es arena limosa el cual tendrá los siguientes parámetros sísmicos: S es el factor Suelo con un valor de $S=1.1$, para un periodo predominante de $T_p=1.0$ s, y Z es el factor de la zona 4 resultando $Z=0.45g$.

Para el análisis seudo estático se ha empleado una aceleración máxima de $0.42g$, y según la literatura técnica internacional para la selección del coeficiente del análisis seudo estático se ha considerado la mitad de la aceleración máxima de la zona y cuyo valor es 0.21 .

En la figura 6 se muestra los valores de isoaceleraciones para un periodo de retorno de 500 años y para una vida útil de 50 años, con una excedencia de 10%.

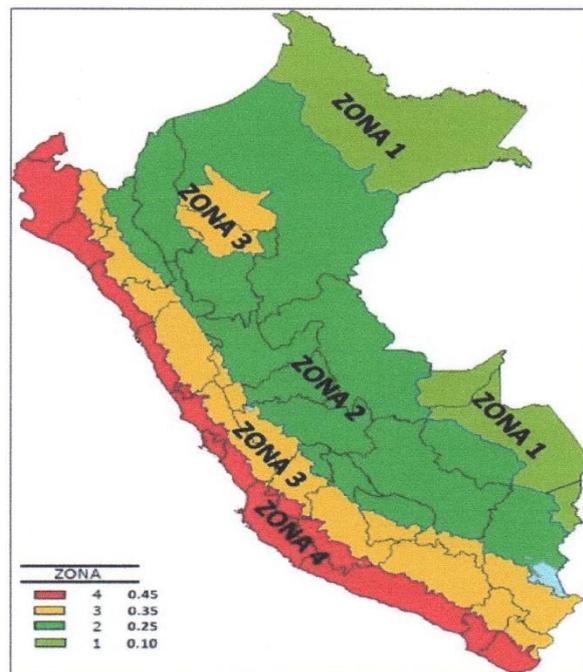


FIGURA N° 04: Mapa de zonificación Sísmica del Perú, según el Reglamento Nacional de Edificaciones (2016)

CAMPUS CHIMBOTE
Av. Central Mz. H Lt. 1
Urb. Buenos Aires - Nuevo Chimbote
Tel.: (043) 483 030 Anx.: 4000


Mg. Erika Magaly Mozo Castañeda
Coordinadora de la Escuela de Ingeniería Civil


Lener Hamilton Vinueza Vásquez
TÉCNICO DE LABORATORIO



fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe

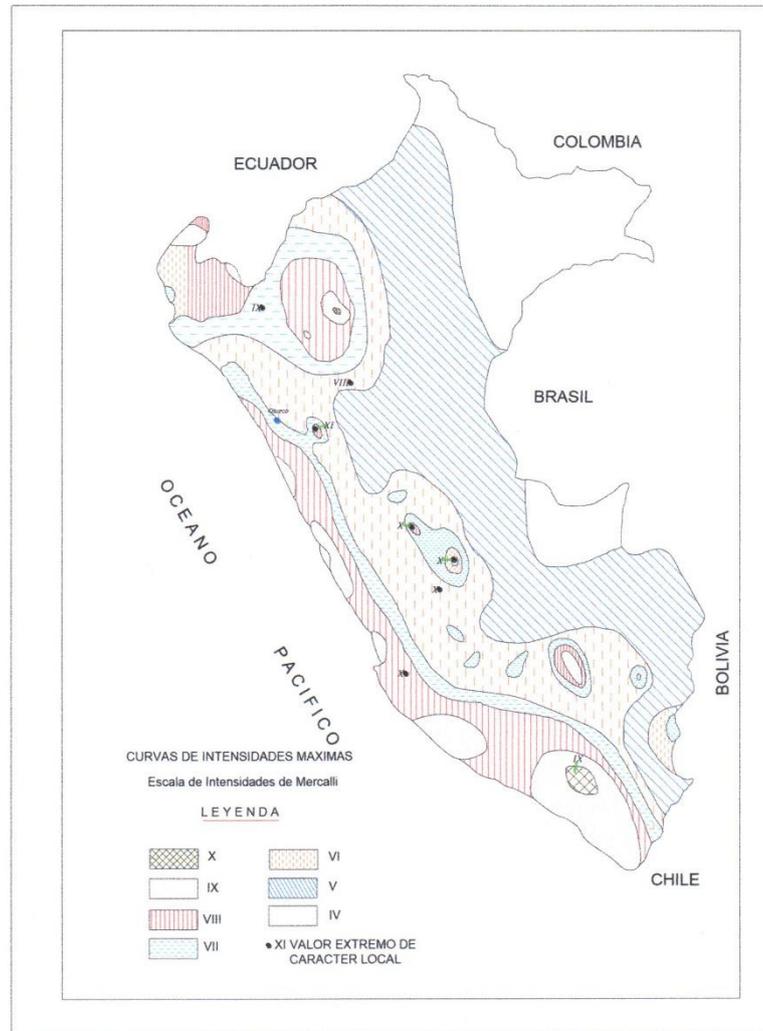


FIGURA N° 5: Mapa de distribución de máximas intensidades sísmicas (Alva et., al, 1984).

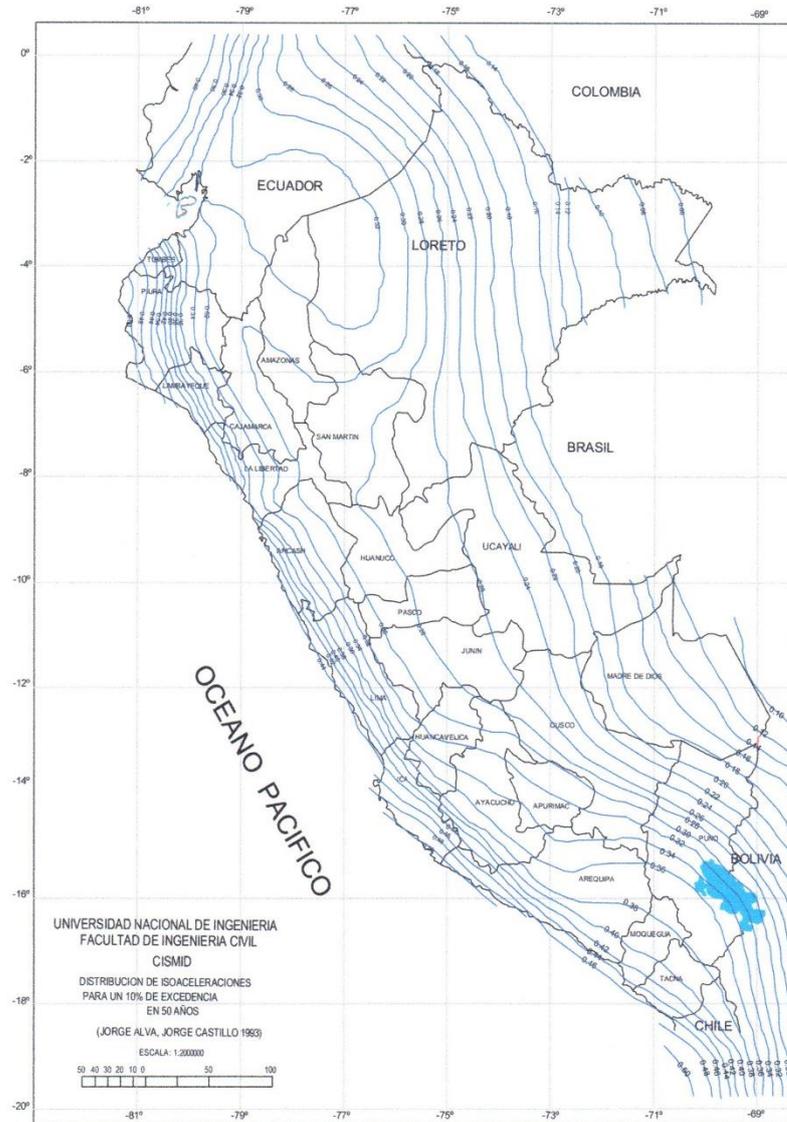


FIGURA N°6: Mapa de Isoaceleraciones para 500 años de Periodo de Retorno

CAMPUS CHIMBOTE
 Av. Central Mz. H Lt. 1
 Urb. Buenos Aires - Nuevo Chimbote
 Tel.: (043) 483 030 Anx.: 4000



Mg. Erika Magaly Mozo Castañeda
 Coordinadora de la Escuela de Ingeniería Civil



Lener Hamilton Vitanueva Vásquez
 TÉCNICO DE LABORATORIO



fb/ucv.peru
 @ucv_peru
 #saliradelante
 ucv.edu.pe



14. DESCRIPCIÓN DEL PERFIL ESTRATIGRAFICO.

En base a los ensayos de campo se deduce la siguiente conformación:

Las calicatas N° 01, 02, Tiene una profundidad de 1.50 m. No presenta nivel freático a la profundidad de 1.50 m; está conformado por una capa de arena arcillosa de color beige oscuro sus granos son redondeados y sub redondeados, con presencia de finos no plásticos, condición in situ: no saturado y en estado compacto.

Las calicatas N° 03, 04 y 05 Tiene una profundidad de 1.50 m. No presenta nivel freático a la profundidad de 1.50 m; está conformado por una capa de arena de baja plasticidad de color beige oscuro sus granos son redondeados y sub redondeados, con presencia de finos no plásticos, condición in situ: no saturado y en estado compacto.

15. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Basándose en los trabajos de campo y ensayos de laboratorio realizados, así como el análisis efectuado, se puede concluir lo siguiente:

- El suelo del área en estudio está conformado por arenas , seguido de un estrato de arena arcillosa a una medida pequeña y posterior con arena de baja plasticidad, el espesor de material arena de color beige oscuro sus granos son redondeados y sub redondeados, con presencia de finos no plásticos, plásticos condición in situ: No saturado y en estado compacto.
- No se cuenta con napa freática.
- El perfil geotécnico descrito precedentemente se considera de media calidad mecánica en general, las arenas mal gradadas de granos redondeado y sub redondeado sin presencia de finos plásticos, situados en la zona de estudio cuando están sumergidas son proclives a experimentar asientos diferentes.





UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

de importancia, son muy susceptibles a los fenómenos telúricos que provocarían su densificación y podría reducirse a cero su resistencia al corte (licuefacción).

CAMPUS CHIMBOTE
Av. Central Mz. H Lt. 1
Urb. Buenos Aires - Nuevo Chimbote
Tel.: (043) 483 030 Anx.: 4000



Mg. Erika Magaly Mozo Castañeda
Coordinadora de la Escuela de Ingeniería Civil



Lener Hamilton Villanueva Vásquez
TÉCNICO DE LABORATORIO



fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe

ANEXOS

CAMPUS CHIMBOTE
Av. Central Mz. H Lt. 1
Urb. Buenos Aires - Nuevo Chimbote
Tel.: (043) 483 030 Anx.: 4000



Mg. Erika Magaly Mozo Castañeda
Coordinadora de la Escuela de Ingeniería Civil



Lener Hamilton Villanueva Vásquez
TÉCNICO DE LABORATORIO



fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe

FOTOGRAFIAS

CAMPUS CHIMBOTE
Av. Central Mz. H Lt. 1
Urb. Buenos Aires - Nuevo Chimbote
Tel.: (043) 483 030 Anx.: 4000



Mg. Erika Magaly Mozo Castañeda
Coordinadora de la Escuela de Ingeniería Civil



Lener Hamilton Córdova Vásquez
TÉCNICO DE LABORATORIO





En la imagen se observa la excavación de calicata para la obtención de muestras para ser analizadas en el laboratorio



En la imagen se aprecia la toma de muestra aproximadamente 30 kg para realizar los ensayos correspondientes.



En la imagen se aprecia el pesado de las taras y el pesado de la tara más la muestra para la obtención del contenido de humedad



En la imagen se aprecia el pesado de la muestra para empezar con la realización del tamizado

CAMPUS CHIMBOTE
Av. Central Mz. H Lt. 1
Urb. Buenos Aires - Nuevo Chimbote
Tel.: (043) 483 030 Anx.: 4000


Mg Erika Magaly Mozo Castañeda
Coordinadora de la Escuela de Ingeniería Civil


Lener Hamilton Villanueva Vásquez
TÉCNICO DE LABORATORIO


fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe



En la imagen se aprecia la realización del tamizado el cual tomara entre unos 10 a 15 minutos

CAMPUS CHIMBOTE
Av. Central Mz. H Lt. 1
Urb. Buenos Aires - Nuevo Chimbote
Tel.: (043) 483 030 Anx.: 4000


Mg Erika Magaly Mozo Castañeda
Coordinadora de la Escuela de Ingeniería Civil


Lener Hamilton Villanueva Vásquez
TÉCNICO DE LABORATORIO


fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe

ENSAYOS DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

CAMPUS CHIMBOTE
Av. Central Mz. H Lt. 1
Urb. Buenos Aires - Nuevo Chimbote
Tel.: (043) 483 030 Anx.: 4000



Mg Erika Magaly Mozo Castañeda
Coordinadora de la Escuela de Ingeniería Civil



Lener Hamilton Villanueva Vásquez
TÉCNICO DE LABORATORIO



fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe

ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

(NORMA TECNICA PERUANA NTP 400.012, ASTM D422)

PROYECTO: "ESTABILIZACION DEL SUELO CON FINES DE PAVIMENTACION DEL VALLE SAN RAFAEL CON CENIZA DE CASCARA DE ARROZ AÑADIENDO 5%, 10% Y 15%, CASMA - ANCASH - 2018"

SOLICITANTE: MALDONADO CHANG ROY ALDAIR - SARRIN TUEROS DIEGO ALEJANDRO

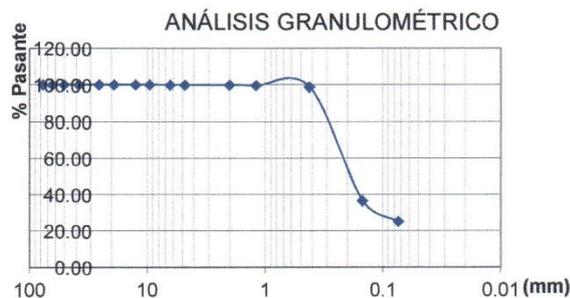
ASUNTO : ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

LUGAR : CASMA

UNIDAD : MUESTRA C - 01

TABLA: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

Desing. del Tamiz US	A Peso Retenido gr.	B % Pasante
4		
3	0.00	0.00
1 1/2	0.00	0.00
1	0.00	0.00
3/4	0.00	0.00
1/2	0.00	0.00
3/8	0.00	0.00
1/4	0.30	0.02
Nº 4	0.10	0.01
Nº 10	3.00	0.15
Nº 16	3.60	0.18
Nº 40	15.50	0.78
Nº 100	1243.40	62.17
Nº 200	230.40	11.52
P Nº 200	503.70	25.19



Grava (%)	0.02
Arena (%)	74.80
Finos (%)	25.18
Límite Líquido	24
Límite Plástico	4
Índice Plástico	20
Clasif. SUCS	SC
Clasif. AASHTO	A-2-6
Contenido de Humedad	1.32

Nota:

SUCS: Arena arcillosa

AASHTO: Grava y arena arcillosa o limosa

Las muestras fueron analizadas por el solicitante en el laboratorio

CAMPUS CHIMBOTE

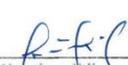
Av. Central Mz. H Lt. 1

Urb. Buenos Aires - Nuevo Chimbote

Tel.: (043) 483 030 Anx.: 4000



Mg. Erika Mapaly Mozo Castañeda
Coordinadora de la Escuela de Ingeniería Civil



Lener Hamilton Villanueva Vásquez
TÉCNICO DE LABORATORIO





ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

(NORMA TECNICA PERUANA NTP 400.012, ASTM D422)

PROYECTO: "ESTABILIZACION DEL SUELO CON FINES DE PAVIMENTACION DEL VALLE SAN RAFAEL CON CENIZA DE CASCA DE ARROZ AÑADIENDO 5%, 10% Y 15%, CASMA - ANCASH - 2018"

SOLICITANTE: MALDONADO CHANG ROY ALDAIR - SARRIN TUEROS DIEGO ALEJANDRO

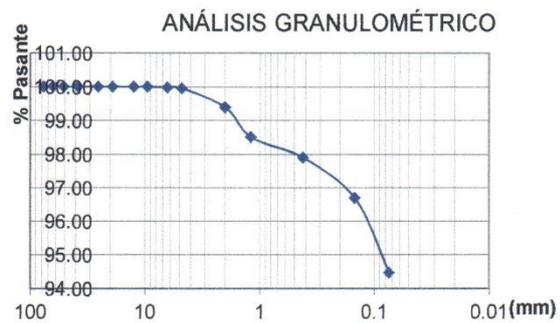
ASUNTO : ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

LUGAR : CASMA

UNIDAD : MUESTRA C - 03

TABLA: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

Desing. del Tamiz US	A Peso Retenido gr.	B % Pasante
4		
3	0.00	0.00
1 1/2	0.00	0.00
1	0.00	0.00
3/4	0.00	0.00
1/2	0.00	0.00
3/8	0.00	0.00
1/4	0.30	0.02
Nº 4	0.50	0.03
Nº 10	11.30	0.57
Nº 16	17.50	0.88
Nº 40	12.30	0.62
Nº 100	24.20	1.21
Nº 200	44.60	2.23
P Nº 200	1889.30	94.47



Grava (%)	0.04
Arena (%)	5.50
Finos (%)	94.46
Límite Líquido	22
Límite Plástico	6
Índice Plástico	16
Clasif. SUCS	CL
Clasif. AASHTO	A-6
Contenido de Humedad	1.14

Nota:

SUCS: Arena baja plasticidad

AASHTO: Suelo arcilloso

Las muestras fueron analizadas por el solicitante en el laboratorio

CAMPUS CHIMBOTE

Av. Central Mz. H Lt. 1

Urb. Buenos Aires - Nuevo Chimbote

Tel.: (043) 483 030 Anx.: 4000



Mg Erika Magaly Mozo Castañeda
Coordinadora de la Escuela de Ingeniería Civil



Lener Hamilton Villanueva Vásquez
TÉCNICO DE LABORATORIO



fb/ucv.peru

@ucv_peru

#saliradelante

ucv.edu.pe



ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

(NORMA TECNICA PERUANA NTP 400.012, ASTM D422)

PROYECTO: "ESTABILIZACION DEL SUELO CON FINES DE PAVIMENTACION DEL VALLE SAN RAFAEL CON CENIZA DE CASCARA DE ARROZ AÑADIENDO 5%, 10% Y 15%, CASMA - ANCASH - 2018"

SOLICITANTE: MALDONADO CHANG ROY ALDAIR - SARRIN TUEROS DIEGO ALEJANDRO

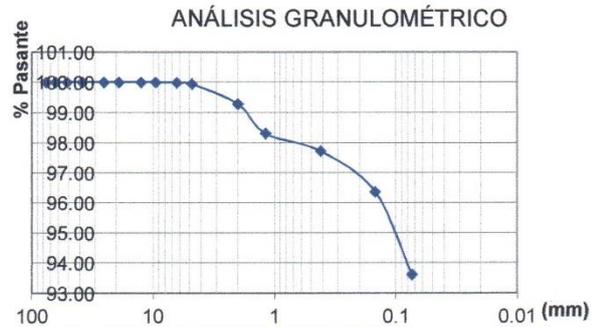
ASUNTO : ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

LUGAR : CASMA

UNIDAD : MUESTRA C - 04

TABLA: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

Desing. del Tamiz US	A Peso Retenido gr.	B % Pasante
4		
3	0.00	0.00
1 1/2	0.00	0.00
1	0.00	0.00
3/4	0.00	0.00
1/2	0.00	0.00
3/8	0.00	0.00
1/4	0.40	0.02
Nº 4	0.80	0.04
Nº 10	13.20	0.66
Nº 16	19.40	0.97
Nº 40	11.60	0.58
Nº 100	27.30	1.37
Nº 200	54.90	2.75
P Nº 200	1872.40	93.62



Grava (%)	0.06
Arena (%)	6.32
Finos (%)	93.62
Límite Líquido	24
Límite Plástico	5
Índice Plástico	19
Clasif. SUCS	CL
Clasif. AASHTO	A-6
Contenido de Humedad	1.21

Nota:

SUCS: Arena baja plasticidad

AASHTO: Suelo arcilloso

Las muestras fueron analizadas por el solicitante en el laboratorio

CAMPUS CHIMBOTE
Av. Central Mz. H Lt. 1
Urb. Buenos Aires - Nuevo Chimbote
Tel.: (043) 483 030 Anx.: 4000

Mg. Erika Magaly Mozo Castañeda
Coordinadora de la Escuela de Ingeniería Civil

Lener Hamilton Villanueva Vásquez
TÉCNICO DE LABORATORIO



ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

(NORMA TECNICA PERUANA NTP 400.012, ASTM D422)

PROYECTO: "ESTABILIZACION DEL SUELO CON FINES DE PAVIMENTACION DEL VALLE SAN RAFAEL CON CENIZA DE CASCARA DE ARROZ AÑADIENDO 5%, 10% Y 15%, CASMA - ANCASH - 2018"

SOLICITANTE: MALDONADO CHANG ROY ALDAIR - SARRIN TUEROS DIEGO ALEJANDRO

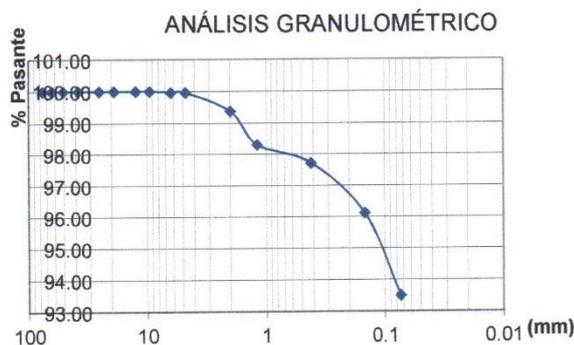
ASUNTO : ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

LUGAR : CASMA

UNIDAD : MUESTRA C - 05

TABLA: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

Desing. del Tamiz US	A Peso Retenido gr.	B % Pasante
4		
3	0.00	0.00
1 1/2	0.00	0.00
1	0.00	0.00
3/4	0.00	0.00
1/2	0.00	0.00
3/8	0.00	0.00
1/4	0.60	0.03
Nº 4	0.20	0.01
Nº 10	11.70	0.59
Nº 16	21.10	1.06
Nº 40	11.60	0.58
Nº 100	32.20	1.61
Nº 200	52.30	2.62
P Nº 200	1870.30	93.52



Grava (%)	0.04
Arena (%)	6.4
Finos (%)	93.52
Limite Líquido	21
Limite Plástico	6
Índice Plasticidad	15
Clasif. SUCS	CL
Clasif. AASHTO	A-6
Contenido de Humedad	1.18

Nota:

SUCS: Arena baja plasticidad

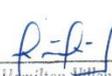
AASHTO: Suelo arcilloso

Las muestras fueron analizadas por el solicitante en el laboratorio

CAMPUS CHIMBOTE
Av. Central Mz. H Lt. 1
Urb. Buenos Aires - Nuevo Chimbote
Tel.: (043) 483 030 Anx.: 4000



Mg Erika Magaly Mozo Castañeda
Directora de la Escuela de Ingeniería Civil



Lener Hamilton Villanueva Vásquez
TÉCNICO DE LABORATORIO





UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

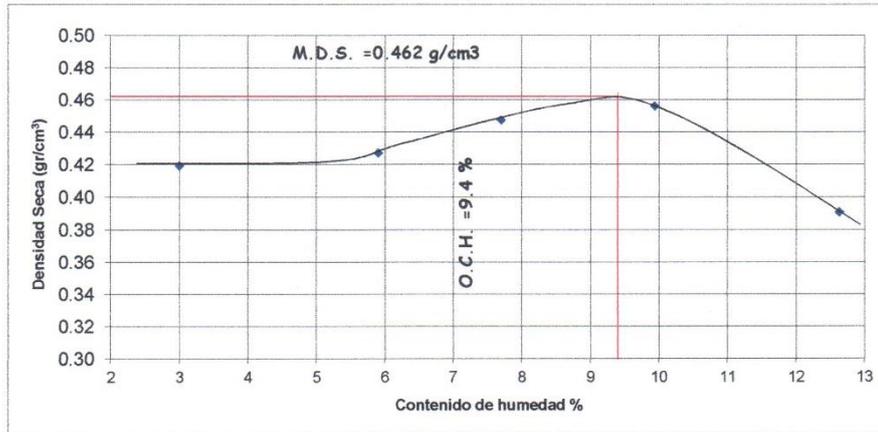
ENSAYO DE COMPACTACIÓN (PROCTOR MODIFICADO) ASTM D 1556

SOLICITANTE MALDONADO CHANG ROY ALDAIR - SARRIN **UBICACIÓN** CASMA
TUEROS DIEGO ALEJANDRO

PROYECTO *ESTABILIZACIÓN DEL SUELO CON FINES DE PAVIMENTACIÓN DEL VALLE SAN RAFAEL
CON CENIZA DE CASCARA DE ARROZ AÑADIENDO 5%, 10% Y 15%, CASMA - ANCASH - 2018* **PROFUNDIDAD MUESTRA (m.)** 1.50

CALICATA C-1 **MUESTRA** M-1

MOLDE N°	1	Volumen de Molde (cc):	3612.83	Tipo de Molde:	4"	Temperatura Secada (°C):	110
CAPAS N°	5	Golpes (N°):	25	Peso de Molde (gr.):	4034.3	Método:	B
MUESTRA	N°	1	2	3	4	5	
PESO SUELO HUMEDO+MOLDE	Grns.	5595.1	5668.4	5775.5	5846.3	5625.3	
PESO DEL MOLDE	Grns.	4034.3	4034.3	4034.3	4034.3	4034.3	
PESO DEL SUELO HUMEDO	Grns.	1560.8	1634.1	1741.2	1812	1591	
DENSIDAD DE SUELO HUMEDO	Grns/c.c.	0.43	0.45	0.48	0.50	0.44	
CONTENIDO DE HUMEDAD							
RECIPIENTE	N°	15	6	18	2	9	
PESO SUELO HUMEDO+CAPSULA	Grns.	59.2	87.3	82.4	71.9	87.0	
PESO SUELO SECO+CAPSULA	Grns.	58.1	83.6	78.0	67.3	79.6	
PESO DE LA CAPSULA	Grns.	21.4	20.9	20.8	21.0	21.0	
PESO DEL AGUA	Grns.	1.1	3.7	4.4	4.6	7.4	
PESO DEL SUELO SECO	Grns.	36.7	62.7	57.2	46.3	58.6	
HUMEDAD	%	3.0	5.9	7.7	9.9	12.6	
DENSIDAD DE SUELO SECO	Grns/c.c.	0.42	0.43	0.4475	0.4562	0.39	



DENSIDAD MAXIMA = 0.462 HUMEDAD OPTIMA = 9.4



CAMPUS CHIMBOTE
Av. Central Mz. H Lt. 1
Urb. Buenos Aires - Nuevo Chimbote
Tel.: (043) 483 030 Anx.: 4000

Mg. Erika Magaly Mozo Castañeda
Coordinadora de la Escuela de Ingeniería Civil

Lener Hamilton Vinueza Vásquez
TÉCNICO DE LABORATORIO

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

CALIFORNIA BEARING RATIO (C. B. R.) ASTM D 1883

SOLICITANTE MALDONADO CHANG ROY ALDAIR -
SARRIN TUEROS DIEGO **UBICACIÓN** CASMA
ALEJANDRO
"ESTABILIZACIÓN DEL SUELO
CON FINES DE PAVIMENTACIÓN
PROYECTO DEL VALLE SAN RAFAEL CON **PROFUNDIDAD**
CENIZA DE CASCARA DE ARROZ **MUESTRA (m.)** 1.50
AÑADIENDO 5%, 10% Y 15%,
CASMA - ANCASH - 2018"

CALICATA C-1 **MUESTRA** M-1

MOLDE N°	1	X	3			
N° DE CAPAS	5	5	5			
N° DE GOLPES POR CAPA	56	25	10			
MUESTRA	SATURADA	SIN SATURAR	SATURADA	SIN SATURAR	SATURADA	SIN SATURAR
VOLUMEN DE MOLDE	3211.81		3211.81		3211.81	
PESO DE MOLDE	7733		7733		7733	
PESO DE MOLDE + SUELO HUMEDO	19117		20105		18384	
PESO DEL SUELO HUMEDO	11384		12372		10651	
DENSIDAD HUMEDA	3.54		3.85		3.32	
RECIPIENTE N°	18		7		2	
PESO DE RECIPIENTE	17.0		22.0		13.0	
PESO DE RECIPIENTE + SUELO HUM.	64.0		92.0		121.0	
PESO DE RECIPIENTE + SUELO SECO	58.0		81.0		103.0	
PESO DE AGUIA	6.0		11.0		18.0	
PESO DE SUELO SECO	41.0		59.0		90.0	
CONTENIDO DE HUMEDAD	14.6		18.6		20.0	
DENSIDAD SECA	3.09		3.25		2.76	

EXPANSIÓN

FECHA	HORA	TIEMPO	56 GOLPES		25 GOLPES		10 GOLPES				
			DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN	
				Pulg.	%		Pulg.	%		Pulg.	%
SI EXPANSIVO											

PENETRACIÓN

PENETRACIÓN (pulg.)	PATRÓN (Lb/pulg ²)	56 GOLPES			25 GOLPES			10 GOLPES		
		DIAL	CARGA	CARGA UNITARIA	DIAL	CARGA	CARGA UNITARIA	DIAL	CARGA	CARGA UNITARIA
0.025		1.7	71	24	2.1	75	25	1.9	73	24
0.050		7.3	127	42	5.4	108	36	6.5	119	40
0.075		14.8	201	67	11.6	170	57	12.8	181	60
0.100	1000	20.9	262	87	17.5	228	76	20.1	254	85
0.150		29.7	349	116	24.2	294	98	23.8	291	97
0.200	1500	34.6	398	133	29.9	351	117	31.3	365	122
0.250		41.8	469	156	38.3	434	145	40.2	453	151
0.300		53.6	586	195	48.1	531	177	47.2	522	174
0.400		61.2	661	220	54.7	597	199	52.7	577	18
0.500		74	788	263	0	55	18	0	55	18

CAMPUS CHIMBOTE

Av. Central Mz. H Lt. 1

Urb. Buenos Aires - Nuevo Chimbote

Tel.: (043) 483 030 Anx.: 4000



Mg. Erika Magaly Mozo Castañeda
Coordinadora de la Escuela de Ingeniería Civil



Lener Hamilton Villanueva Vásquez
TÉCNICO DE LABORATORIO



fb

@ucv_peru

#saliradelante

ucv.edu.pe



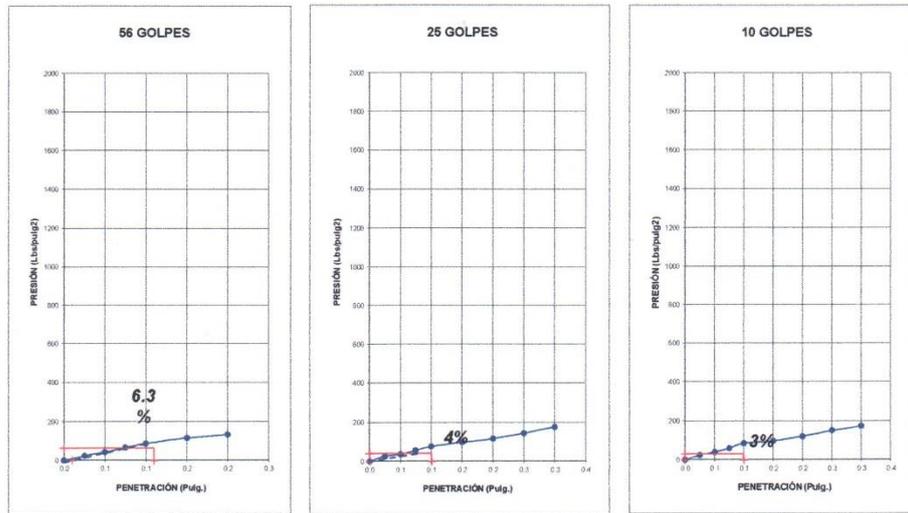
UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

CALIFORNIA BEARING RATIO (C. B. R.) ASTM D 1883

SOLICITANTE MALDONADO CHANG ROY ALDAIR - SARRIN TUEROS DIEGO ALEJANDRO **UBICACIÓN** CASMA

PROYECTO "ESTABILIZACIÓN DEL SUELO CON FINES DE PAVIMENTACIÓN DEL VALLE SAN RAFAEL CON CENIZA DE CASCARA DE ARROZ AÑADIENDO 5%, 10% Y 15%," **PROFUNDIDAD MUESTRA (m.)** 1.50

CALICATA C-1 **MUESTRA** M-1



PENETRACIÓN (PULG.)	C.B.R. A 95% DE MÁXIMA DENSIDAD SECA	C.B.R. A 100% DE MÁXIMA DENSIDAD SECA
0,1"	5.985%	6.3%

CAMPUS CHIMBOTE
Av. Central Mz. H Lt. 1
Urb. Buenos Aires - Nuevo Chimbote
Tel.: (043) 483 030 Anx.: 4000

Mg. Erika Magaly Mozo Castañeda
Coordinadora de la Escuela de Ingeniería Civil

Lener Hamilton Villanueva Vásquez
TÉCNICO DE LABORATORIO





UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

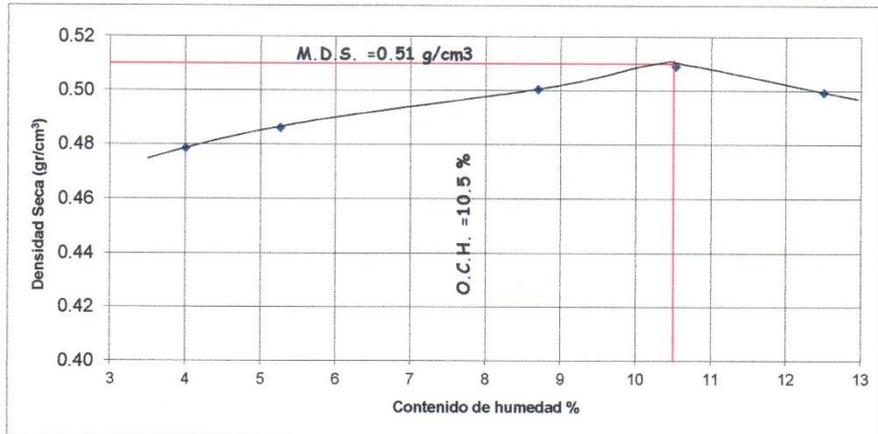
ENSAYO DE COMPACTACIÓN (PROCTOR MODIFICADO) ASTM D 1556

SOLICITANTE MALDONADO CHANG ROY ALDAIR - SARRIN
TUEROS DIEGO ALEJANDRO **UBICACIÓN** CASMA

PROYECTO *ESTABILIZACIÓN DEL SUELO CON FINES
DE PAVIMENTACIÓN DEL VALLE SAN RAFAEL
CON CENIZA DE CASCARA DE ARROZ **PROFUNDIDAD MUESTRA (m.)** 1.50
AÑADIENDO 5%, 10% Y 15%, CASMA -
ANCASH - 2018*

CALICATA C-1 **MUESTRA** M-1 +5%

MOLDE N°	1	Volumen de Molde (cc):	3212.83	Tipo de Molde:	4"	Temperatura Secado (°C):	110
CAPAS N°	5	Golpes (N°):	25	Peso de Molde (gr.):	4035	Método:	A
MUESTRA	N°	1	2	3	4	5	
PESO SUELO HUMEDO+MOLDE	Gr.	5634	5679	5783	5843	5840	
PESO DEL MOLDE	Gr.	4035	4035	4035	4035	4035	
PESO DEL SUELO HUMEDO	Gr.	1599	1644	1748	1808	1805	
DENSIDAD DE SUELO HUMEDO	Gr./c.c.	0.50	0.51	0.54	0.56	0.56	
CONTENIDO DE HUMEDAD							
RECIPIENTE	N°	15	6	18	2	9	
PESO SUELO HUMEDO+CAPSULA	Gr.	48.0	46.0	47.0	63.0	58.0	
PESO SUELO SECO+CAPSULA	Gr.	47.0	44.8	45.0	59.0	54.0	
PESO DE LA CAPSULA	Gr.	22.0	22.0	22.0	21.0	22.0	
PESO DEL AGUA	Gr.	1.0	1.2	2.0	4.0	4.0	
PESO DEL SUELO SECO	Gr.	25.0	22.8	23.0	38.0	32.0	
HUMEDAD	%	4.0	5.3	8.7	10.5	12.5	
DENSIDAD DE SUELO SECO	Gr./c.c.	0.48	0.49	0.5005	0.5091	0.50	



DENSIDAD MAXIMA = 0.51 HUMEDAD OPTIMA = 10.5

CAMPUS CHIMBOTE
Av. Central Mz. H Lt. 1
Urb. Buenos Aires - Nuevo Chimbote
Tel.: (043) 483 030 Anx.: 4000

Mg. Erika Magaly Mozo Castañeda
Coordinadora de la Escuela de Ingeniería Civil

Lener Hamilton Villanueva Vásquez
TÉCNICO DE LABORATORIO





UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

CALIFORNIA BEARING RATIO (C. B. R.) ASTM D 1883

SOLICITANTE MALDONADO CHANG ROY ALDAIR -
SARRIN TUEROS DIEGO **UBICACIÓN** CASMA
ALEJANDRO
*ESTABILIZACIÓN DEL SUELO
CON FINES DE PAVIMENTACIÓN
PROYECTO DEL VALLE SAN RAFAEL CON **PROFUNDIDAD**
CENIZA DE CASCARA DE ARROZ **MUESTRA (m.)** 1.5
AÑADIENDO 5%, 10% Y 15%,
CASMA - ANCASH - 2018"
CALICATA C-1 **MUESTRA** M-1 + 5%

MOLDE N°	1		X		3	
	5		5		5	
N° DE CAPAS	56		25		10	
N° DE GOLPES POR CAPA	56		25		10	
MUESTRA	SATURADA	SIN SATURAR	SATURADA	SIN SATURAR	SATURADA	SIN SATURAR
VOLUMEN DE MOLDE	3211.81		3211.81		3211.81	
PESO DE MOLDE	7715		7652		7881	
PESO DE MOLDE + SUELO HUMEDO	18733		18986		18657	
PESO DEL SUELO HUMEDO	11018		11334		10776	
DENSIDAD HUMEDA	3.43		3.53		3.36	
RECIPIENTE N°	18		7		2	
PESO DE RECIPIENTE	13.0		17.0		12.0	
PESO DE RECIPIENTE + SUELO HUM.	68.0		100.0		78.0	
PESO DE RECIPIENTE + SUELO SECO	60.6		88.1		66.7	
PESO DE AGUA	7.4		11.9		11.3	
PESO DE SUELO SECO	47.6		71.1		54.7	
CONTENIDO DE HUMEDAD	15.5		16.7		20.7	
DENSIDAD SECA	2.97		3.02		2.78	

EXPANCIÓN

FECHA	HORA	TIEMPO	EXPANCIÓN								
			56 GOLPES			25 GOLPES			10 GOLPES		
			DIAL	EXPANCIÓN		DIAL	EXPANCIÓN		DIAL	EXPANCIÓN	
			Pulg.	%		Pulg.	%		Pulg.	%	

SI EXPANSIVO

PENETRACIÓN

PENETRACIÓN (Inch.)	PATRÓN (Lb/pulg ²)	56 GOLPES			25 GOLPES			10 GOLPES		
		DIAL	CARGA	CARGA UNITARIA	DIAL	CARGA	CARGA UNITARIA	DIAL	CARGA	CARGA UNITARIA
0.025		2.4	78	26	2.6	80	27	1.8	72	24
0.050		4.1	95	32	3.4	88	29	2.6	80	27
0.075		6.2	116	39	6.5	119	40	3.1	85	28
0.100	1000	13.3	186	62	9.3	147	49	5.2	106	35
0.150		28.9	341	114	15.8	211	70	9.3	147	49
0.200	1500	45.3	504	168	34.5	397	132	20.8	261	87
0.250		71.4	762	254	57.2	622	207	37.6	427	142
0.300		92.9	975	325	78.4	832	277	41.2	463	154
0.400		122.6	1270	423	82.4	871	290	53.3	583	194
0.500		205.6	2092	697	90.1	948	316	64.3	692	224

CAMPUS CHIMBOTE
Av. Central Mz. H Lt. 1
Urb. Buenos Aires - Nuevo Chimbote
Tel.: (043) 483 030 Anx.: 4000



Mg. Erika Magaly Mozo Castañeda
Coordinadora de la Escuela de Ingeniería Civil



Lener Hamilton Villanueva Vásquez
TÉCNICO DE LABORATORIO



@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

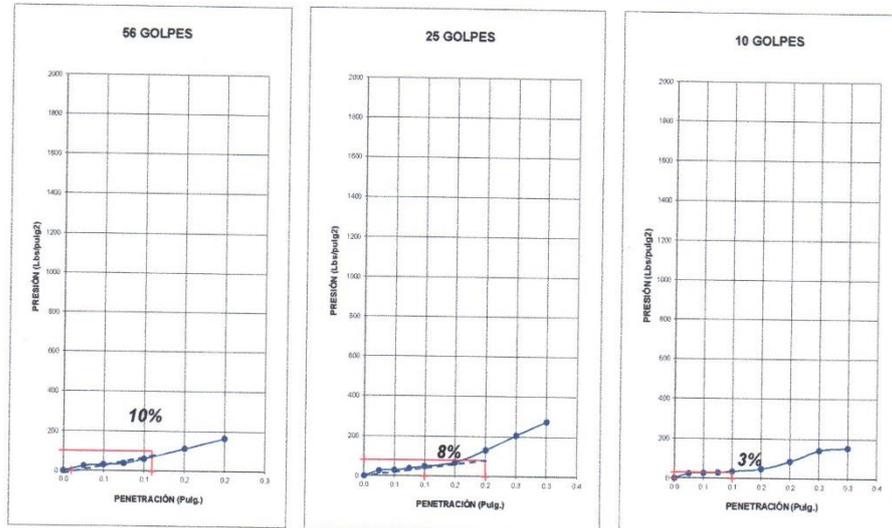
CALIFORNIA BEARING RATIO (C. B. R.) ASTM D 1883

SOLICITANTE MALDONADO CHANG ROY ALDAIR - SARRIN TUEROS DIEGO ALEJANDRO **UBICACIÓN** CASMA

PROYECTO "ESTABILIZACIÓN DEL SUELO CON FINES DE PAVIMENTACIÓN DEL VALLE SAN RAFAEL CON CENIZA DE CASCARA DE ARROZ AÑADIENDO 5%, 10% Y 15%, CASMA - ANCASH - 2018"

CALICATA C-1 **MUESTRA** M-1 +5%

PROFUNDIDAD MUESTRA (m.) 1.50



PENETRACIÓN (PULG.)	C.B.R. A 95% DE MÁXIMA DENSIDAD SECA	C.B.R. A 100% DE MÁXIMA DENSIDAD SECA
0,1"	9.5%	10%

CAMPUS CHIMBOTE
Av. Central Mz. H Lt. 1
Urb. Buenos Aires - Nuevo Chimbote
Tel.: (043) 483 030 Anx.: 4000



Mg Erika Mayaly Mozo Castañeda
Ingeniera de la Escuela de Ingeniería Civil



Ing Hamilton Villaverde Vásquez
Técnico de Laboratorio



fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

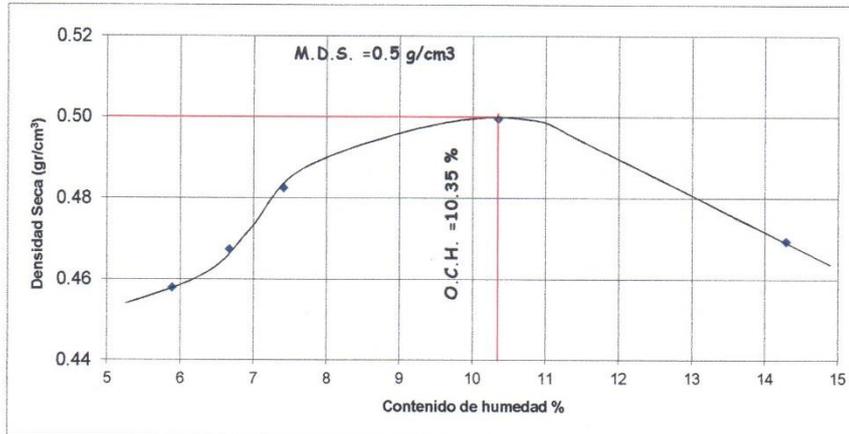
ENSAYO DE COMPACTACIÓN (PROCTOR MODIFICADO) ASTM D 1556

SOLICITANTE MALDONADO CHANG ROY ALDAIR - SARRIN **UBICACIÓN** CASMA
TUEROS DIEGO ALEJANDRO

PROYECTO *ESTABILIZACIÓN DEL SUELO CON FINES DE PAVIMENTACIÓN DEL VALLE SAN RAFAEL CON CENIZA DE CASCARA DE ARROZ AÑADIENDO 5%, 10% Y 15%, CASMA - ANCASH - 2018* **PROFUNDIDAD MUESTRA (m.)** 1.50

CALICATA C-1 **MUESTRA** M-1 +10%

MOLDE N°	1	Volumen de Molde (cc):	3212.83	Tipo de Molde:	4"	Temperatura Secado (°C):	110
CAPAS N°	5	Golpes (N°):	25	Peso de Molde (gr.):	4035	Método:	A
MUESTRA	N°	1	2	3	4	5	
PESO SUELO HUMEDO+MOLDE	Gr.	5593	5637	5700	5806	5759	
PESO DEL MOLDE	Gr.	4035	4035	4035	4035	4035	
PESO DEL SUELO HUMEDO	Gr.	1558	1602	1665	1771	1724	
DENSIDAD DE SUELO HUMEDO	Gr./c.c.	0.48	0.50	0.52	0.55	0.54	
CONTENIDO DE HUMEDAD							
RECIPIENTE	N°	15	6	18	2	9	
PESO SUELO HUMEDO+CAPSULA	Gr.	36.0	42.0	52.0	53.0	53.0	
PESO SUELO SECO+CAPSULA	Gr.	35.0	40.5	50.0	50.0	49.0	
PESO DE LA CAPSULA	Gr.	18.0	18.0	23.0	21.0	21.0	
PESO DEL AGUA	Gr.	1.0	1.5	2.0	3.0	4.0	
PESO DEL SUELO SECO	Gr.	17.0	22.5	27.0	29.0	28.0	
HUMEDAD	%	5.9	6.7	7.4	10.3	14.3	
DENSIDAD DE SUELO SECO	Gr./c.c.	0.46	0.47	0.4825	0.4995	0.47	



DENSIDAD MAXIMA = 0.5 HUMEDAD OPTIMA = 10.35

CAMPUS CHIMBOTE
Av. Central Mz. H Lt. 1
Urb. Buenos Aires - Nuevo Chimbote
Tel.: (043) 483 030 Anx.: 4000

Mg. Erika Magaly Mozo Castañeda
Coordinadora de la Escuela de Ingeniería Civil

Lener Hamilton Villanueva Vásquez
TECNICO DE LABORATORIO





UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

CALIFORNIA BEARING RATIO (C. B. R.) ASTM D 1883

SOLICITANTE MALDONADO CHANG ROY ALDAIR -
SARRIN TUEROS DIEGO **UBICACIÓN** CASMA
ALEJANDRO
*ESTABILIZACIÓN DEL SUELO
CON FINES DE PAVIMENTACIÓN

PROYECTO DEL VALLE SAN RAFAEL CON **PROFUNDIDAD** 1.5
CENIZA DE CASCARA DE ARROZ **MUESTRA (m.)**
AÑADIENDO 5%, 10% Y 15%,
CASMA - ANCASH - 2018*

CALICATA C-1 **MUESTRA** M-1 +10%

	1		X		3	
	56		25		10	
MOLDE N°	5		5		5	
N° DE CAPAS	56		25		10	
N° DE GOLPES POR CAPA	56		25		10	
MUESTRA	SATURADA	SIN SATURAR	SATURADA	SIN SATURAR	SATURADA	SIN SATURAR
VOLUMEN DE MOLDE	3211.81		3211.81		3211.81	
PESO DE MOLDE	7715		7652		7881	
PESO DE MOLDE + SUELO HUMEDO	19117		18740		18542	
PESO DEL SUELO HUMEDO	11402		11088		10661	
DENSIDAD HUMEDA	3.55		3.45		3.32	
RECIPIENTE N°	18		7		2	
PESO DE RECIPIENTE	23.5		28.6		12.0	
PESO DE RECIPIENTE + SUELO HUM.	238.6		223.4		90.0	
PESO DE RECIPIENTE + SUELO SECO	193.8		181.1		74.4	
PESO DE AGUA	44.8		42.3		15.6	
PESO DE SUELO SECO	170.3		152.5		62.4	
CONTENIDO DE HUMEDAD	26.3		27.7		25.0	
DENSIDAD SECA	2.81		2.70		2.66	

EXPANSIÓN

FECHA	HORA	TIEMPO	56 GOLPES			25 GOLPES			10 GOLPES		
			DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN	
				Pulg.	%		Pulg.	%		Pulg.	%

SI EXPANSIVO

PENETRACIÓN

PENETRACIÓN (pulg.)	PATRÓN (Lb./pulg ²)	56 GOLPES			25 GOLPES			10 GOLPES		
		DIAL	CARGA	CARGA UNITARIA	DIAL	CARGA	CARGA UNITARIA	DIAL	CARGA	CARGA UNITARIA
0.025		2.4	78	26	1.8	72	24	2.4	78	26
0.050		15.4	207	69	3.1	85	28	3.4	88	29
0.075		21.3	266	89	4.6	100	33	5.6	110	37
0.100	1000	36.8	419	140	6.5	119	40	12.5	179	60
0.150		45.6	507	169	8.6	140	47	21.4	267	89
0.200	1500	65.7	706	235	11.8	172	57	32.9	381	127
0.250		82.4	871	290	19.1	244	81	45.1	502	167
0.300		97.6	1022	341	36.6	417	139	53.4	584	195
0.400		104.7	1092	364	48.4	534	178	59.4	643	214
0.500		203.6	2073	691	64.2	691	230	60.89	658	

CAMPUS CHIMBOTE
Av. Central Mz. H Lt. 1
Urb. Buenos Aires - Nuevo Chimbote
Tel.: (043) 483 030 Anx.: 4000

Mg. Erika Magaly Mozo Castañeda
Coordinadora de la Escuela de Ingeniería Civil

Lener Hankton Villanueva Vásquez
TÉCNICO DE LABORATORIO





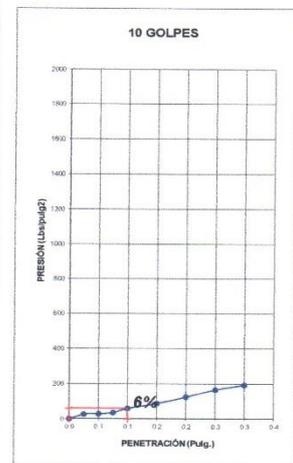
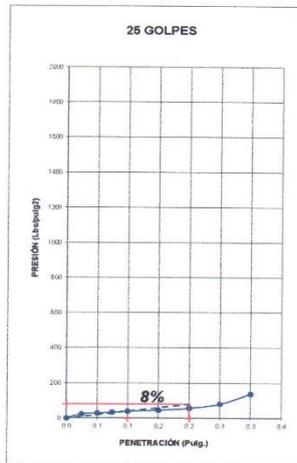
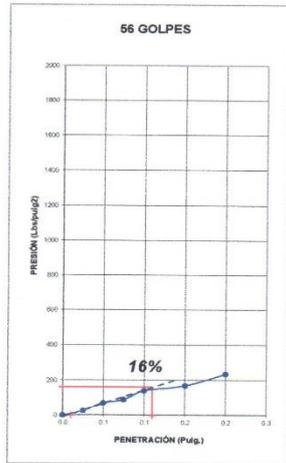
UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

CALIFORNIA BEARING RATIO (C. B. R.) ASTM D 1883

SOLICITANTE MALDONADO CHANG ROY ALDAIR - SARRIN TUEROS DIEGO ALEJANDRO **UBICACIÓN** CASMA

PROYECTO "ESTABILIZACIÓN DEL SUELO CON FINES DE PAVIMENTACIÓN DEL VALLE SAN RAFAEL CON CENIZA DE CASCARA DE ARROZ AÑADIENDO 5%, 10% Y 15%." **PROFUNDIDAD MUESTRA (m.)** #####

CALICATA C-1 **MUESTRA** M-1 +10%



PENETRACIÓN (PULG.)	C.B.R. A 95% DE MAXIMA DENSIDAD SECA	C.B.R. A 100% DE MAXIMA DENSIDAD SECA
0,1"	15.2%	16%

CAMPUS CHIMBOTE
Av. Central Mz. H Lt. 1
Urb. Buenos Aires - Nuevo Chimbote
Tel.: (043) 483 030 Anx.: 4000



Mg. Erika Magaly Mozo Castañeda
Coordinadora de la Escuela de Ingeniería Civil



Mg. Hamilton Villanueva Vásquez
PROMOTOR DE LABORATORIO



@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

ENSAYO DE COMPACTACIÓN (PROCTOR MODIFICADO) ASTM D 1556

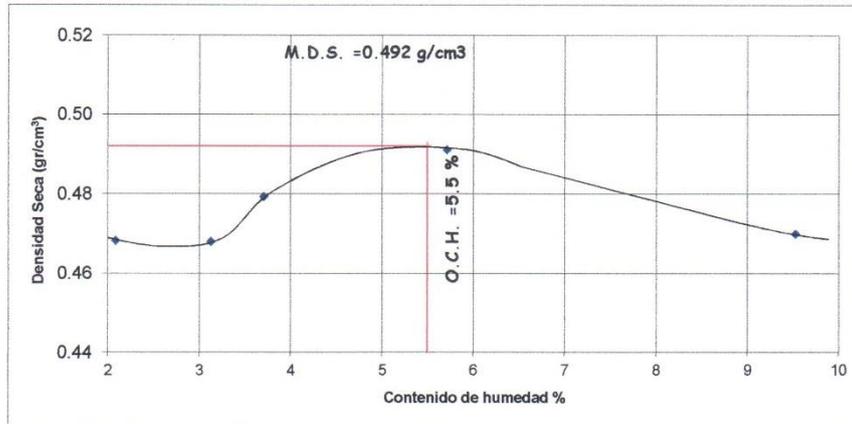
SOLICITANTE MALDONADO CHANG ROY ALDAIR - SARRIN **UBICACIÓN** CASMA
TUEROS DIEGO ALEJANDRO

PROYECTO "ESTABILIZACIÓN DEL SUELO CON FINES DE PAVIMENTACIÓN DEL VALLE SAN RAFAEL CON CENIZA DE CASCARA DE ARROZ AÑADIENDO 5%, 10% Y 15%, CASMA - ANCASH - 2018"

CALICATA C-1 **MUESTRA** M-1 +15%

PROFUNDIDAD MUESTRA (m.) 1.50

MOLDE N°	1	Volumen de Molde (cc):	3212.83	Tipo de Molde:	4"	Temperatura Secado (°C):	110
CAPAS N°	5	Golpes (N°):	25	Peso de Molde (gr.):	4035	Método:	A
MUESTRA	N°	1	2	3	4	5	
PESO SUELO HUMEDO+MOLDE	Grs.	5571	5586	5632	5703	5689	
PESO DEL MOLDE	Grs.	4035	4035	4035	4035	4035	
PESO DEL SUELO HUMEDO	Grs.	1536	1551	1597	1668	1654	
DENSIDAD DE SUELO HUMEDO	Grs/c.c.	0.48	0.48	0.50	0.52	0.51	
CONTENIDO DE HUMEDAD							
RECIPIENTE	N°	15	6	18	2	9	
PESO SUELO HUMEDO+CAPSULA	Grs.	61.0	45.0	45.0	49.0	40.0	
PESO SUELO SECO+CAPSULA	Grs.	60.0	44.0	44.0	47.0	38.0	
PESO DE LA CAPSULA	Grs.	12.0	12.0	12.0	12.0	17.0	
PESO DEL AGUA	Grs.	1.0	1.0	1.0	2.0	2.0	
PESO DEL SUELO SECO	Grs.	48.0	32.0	27.0	35.0	21.0	
HUMEDAD	%	2.1	3.1	3.7	5.7	9.5	
DENSIDAD DE SUELO SECO	Gr/c.c.	0.47	0.47	0.4793	0.4911	0.47	



DENSIDAD MAXIMA = 0.492 HUMEDAD OPTIMA = 5.5

CAMPUS CHIMBOTE
Av. Central Mz. H Lt. 1
Urb. Buenos Aires - Nuevo Chimbote
Tel.: (043) 483 030 Anx.: 4000

Mg. Erika Magaly Mozo Castañeda
Coordinadora de la Escuela de Ingeniería Civil

Leiver Hamilton Vilanova Vásquez
TECNICO DE LABORATORIO





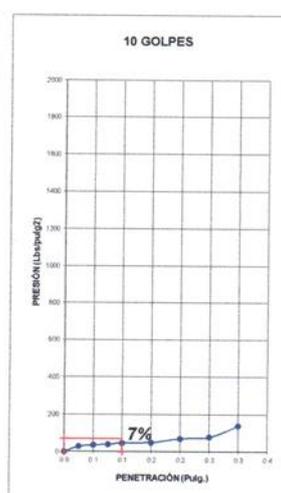
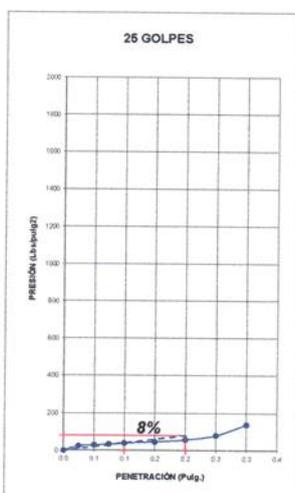
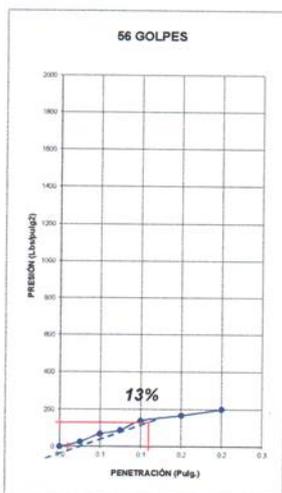
UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

CALIFORNIA BEARING RATIO (C. B. R.)
ASTM D 1883

SOLICITANTE MALDONADO CHANG ROY ALDAIR - SARRIN TUEROS DIEGO ALEJANDRO **UBICACIÓN** CASMA

PROYECTO "ESTABILIZACIÓN DEL SUELO CON FINES DE PAVIMENTACIÓN DEL VALLE SAN RAFAEL CON CENIZA DE CASCARA DE ARROZ AÑADIENDO 5%, 10% Y 15%, CASMA - ANCASH - 2018"

CALICATA C-1 **MUESTRA** M-1 +15% **PROFUNDIDAD MUESTRA (m.)** 1.50



PENETRACIÓN (PULG.)	C.B.R. A 95% DE MAXIMA DENSIDAD SECA	C.B.R. A 100% DE MAXIMA DENSIDAD SECA
0,1"	12.35%	13%

CAMPUS CHIMBOTE
Av. Central Mz. H Lt. 1
Urb. Buenos Aires - Nuevo Chimbote
Tel.: (043) 483 030 Anx.: 4000

Mg Erika Magaly Mozo Castañeda
Coordinadora de la Escuela de Ingeniería Civil

Lener Hamilton Villayeca Vásquez
TÉCNICO DE LABORATORIO





UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

ENSAYO DE COMPACTACIÓN (PROCTOR MODIFICADO) ASTM D 1556

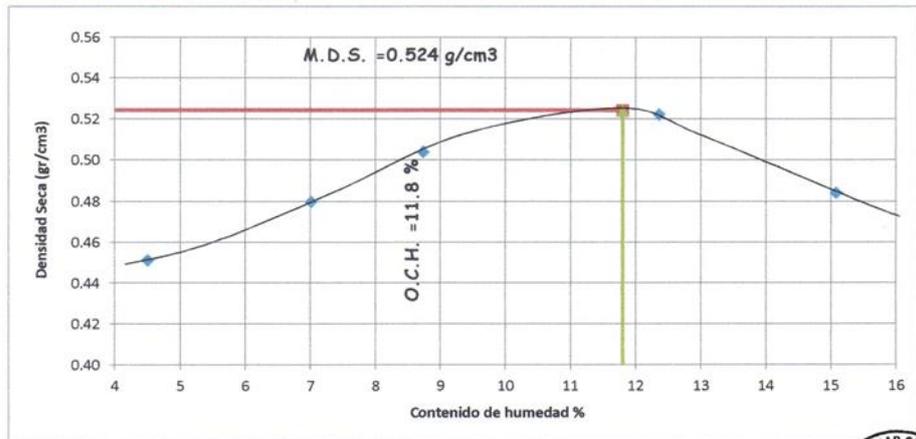
SOLICITANTE MALDONADO CHANG ROY ALDAIR - SARRIN **UBICACIÓN** CASMA
TUEROS DIEGO ALEJANDRO

PROYECTO "ESTABILIZACIÓN DEL SUELO CON FINES DE PAVIMENTACIÓN DEL VALLE SAN RAFAEL CON CENIZA DE CASCARA DE ARROZ AÑADIENDO 5%, 10% Y 15%, CASMA - ANCASH - 2018"

CALICATA C-2 **MUESTRA** M-1

PROFUNDIDAD MUESTRA (m.) 1.50

MOLDE N°	1	Volumen de Molde (cc):	3212.83	Tipo de Molde:	4°	Temperatura Secado (°C):	110
CAPAS N°	5	Golpes (N°):	56	Peso de Molde (gr.):	4034.3	Método:	B
MUESTRA	N°	1	2	3	4	5	
PESO SUELO HUMEDO+MOLDE	Grns.	5549.5	5683.7	5794.4	5919.1	5824.6	
PESO DEL MOLDE	Grns.	4034.3	4034.3	4034.3	4034.3	4034.3	
PESO DEL SUELO HUMEDO	Grns.	1515.2	1649.4	1760.1	1884.8	1790.3	
DENSIDAD DE SUELO HUMEDO	Grns/c.c.	0.47	0.51	0.55	0.59	0.56	
CONTENIDO DE HUMEDAD							
RECIPIENTE	N°	15	6	18	2	9	
PESO SUELO HUMEDO+CAPSULA	Grns.	63.3	44.5	34.8	62.1	65.2	
PESO SUELO SECO+CAPSULA	Grns.	61.5	43.0	33.0	56.6	59.5	
PESO DE LA CAPSULA	Grns.	21.5	21.6	12.4	12.1	21.7	
PESO DEL AGUA	Grns.	1.8	1.5	1.8	5.5	5.7	
PESO DEL SUELO SECO	Grns.	40.0	21.4	20.6	44.5	37.8	
HUMEDAD	%	4.5	7.0	8.7	12.4	15.1	
DENSIDAD DE SUELO SECO	Grns/c.c.	0.45	0.48	0.5038	0.5221	0.48	



DENSIDAD MAXIMA = 0.524 HUMEDAD OPTIMA = 11.8

CAMPUS CHIMBOTE
Av. Central Mz. H Lt. 1
Urb. Buenos Aires - Nuevo Chimbote
Tel.: (043) 483 030 Anx.: 4000

Mg. Erika Magaly Mozo Castañeda
Coordinadora de la Escuela de Ingeniería Civil

Lener Hamilton Villanueva Vásquez
TECNICO DE LABORATORIO



fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

CALIFORNIA BEARING RATIO (C. B. R.) ASTM D 1883

SOLICITANTE MALDONADO CHANG ROY ALDAIR -
SARRIN TUEROS DIEGO **UBICACIÓN** CASMA

ALEJANDRO
"ESTABILIZACIÓN DEL SUELO
CON FINES DE PAVIMENTACIÓN

PROYECTO DEL VALLE SAN RAFAEL CON **PROFUNDIDAD** 1.50
CENIZA DE CASCARA DE ARROZ **MUESTRA (m.)**
AÑADIENDO 5%, 10% Y 15%,
CASMA - ANCASH - 2018*

CALICATA C-2 **MUESTRA** M-1

	1		X		3	
	56		25		10	
MOLDE N°						
N° DE CAPAS	5		5		5	
N° DE GOLPES POR CAPA	56		25		10	
MUESTRA	SATURADA	SIN SATURAR	SATURADA	SIN SATURAR	SATURADA	SIN SATURAR
VOLUMEN DE MOLDE	3465.31		3465.31		3465.31	
PESO DE MOLDE	7733		7733		7733	
PESO DE MOLDE + SUELO HUMEDO	19390		18639		18517	
PESO DEL SUELO HUMEDO	11657		10906		10784	
DENSIDAD HUMEDA	3.36		3.15		3.11	
RECIPIENTE N°	18		7		2	
PESO DE RECIPIENTE	12.0		21.3		20.7	
PESO DE RECIPIENTE + SUELO HUM	80.0		81.0		90.5	
PESO DE RECIPIENTE + SUELO SECO	67.0		68.0		76.0	
PESO DE AGUA	13.0		13.0		14.5	
PESO DE SUELO SECO	55.0		46.7		55.3	
CONTENIDO DE HUMEDAD	23.6		27.8		26.2	
DENSIDAD SECA	2.72		2.46		2.47	

			EXPANSIÓN								
			56 GOLPES		25 GOLPES		10 GOLPES				
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN	
				Pulg.	%		Pulg.	%		Pulg.	%

SI EXPANSIVO

		PENETRACIÓN								
		56 GOLPES			25 GOLPES			10 GOLPES		
PENETRACIÓN (pulg.)	PATRON (Lb/pulg ²)	DIAL	CARGA	CARGA UNITARIA	DIAL	CARGA	CARGA UNITARIA	DIAL	CARGA	CARGA UNITARIA
0.050		2.4	78	26	2.8	82	27	2.9	83	28
0.075		5.6	110	37	4.4	98	33	5.8	112	37
0.100	1000	8.7	141	47	6.9	123	41	7.7	131	44
0.150		10.8	162	54	9.8	152	51	8.9	143	48
0.200	1500	15.4	207	69	12.6	180	60	16.2	215	72
0.250		34.8	400	133	38.5	436	145	28.3	335	112
0.300		54.1	591	197	48.9	539	180	39.4	445	
0.400		60.7	656	219	59.2	641	214	42.7	478	
0.500		71.6	764	255	68.6	735	245	53.5	585	

CAMPUS CHIMBOTE
Av. Central Mz. H Lt. 1
Urb. Buenos Aires - Nuevo Chimbote
Tel.: (043) 483 030 Anx.: 4000



Erika Magaly Mozo Castañeda
Licenciada de la Escuela de Ingeniería Civil



Lener Haquilton Villavega Vásquez
TECNICO DE LABORATORIO



@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe



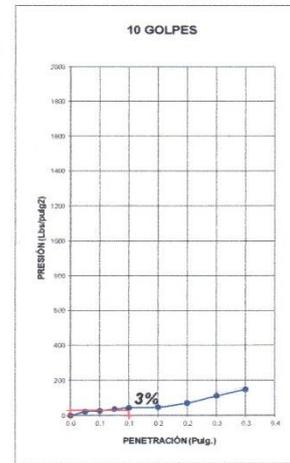
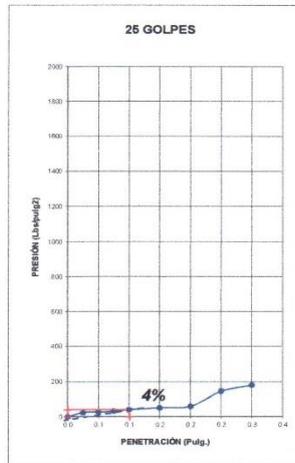
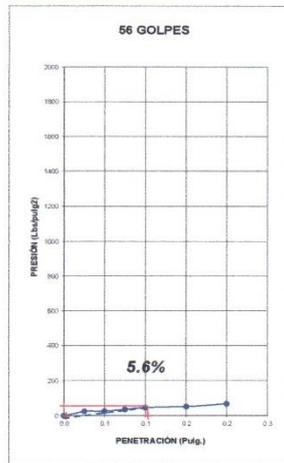
UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

CALIFORNIA BEARING RATIO (C. B. R.)
ASTM D 1883

SOLICITANTE MALDONADO CHANG ROY ALDAIR - SARRIN TUEROS DIEGO ALEJANDRO **UBICACIÓN** CASMA

PROYECTO "ESTABILIZACIÓN DEL SUELO CON FINES DE PAVIMENTACIÓN DEL VALLE SAN RAFAEL CON CENIZA DE CASCARA DE ARROZ AÑADIENDO 5%, 10% Y 15%, CASMA - ANCASH - 2018" **PROFUNDIDAD MUESTRA (m.)** 1.50

CALICATA C-2 **MUESTRA** M-1



PENETRACION (PULG.)	C.B.R. A 95% DE MAXIMA DENSIDAD SECA	C.B.R. A 100% DE MAXIMA DENSIDAD SECA
0,1"	5.32%	5.6%

CAMPUS CHIMBOTE
Av. Central Mz. H Lt. 1
Urb. Buenos Aires - Nuevo Chimbote
Tel.: (043) 483 030 Anx.: 4000

Mg. Erika Magaly Mozo Castañeda
Coordinadora de la Escuela de Ingeniería Civil

Lener Hamilton Villanueva Vásquez
TÉCNICO DE LABORATORIO





UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

ENSAYO DE COMPACTACIÓN (PROCTOR MODIFICADO) ASTM D 1556

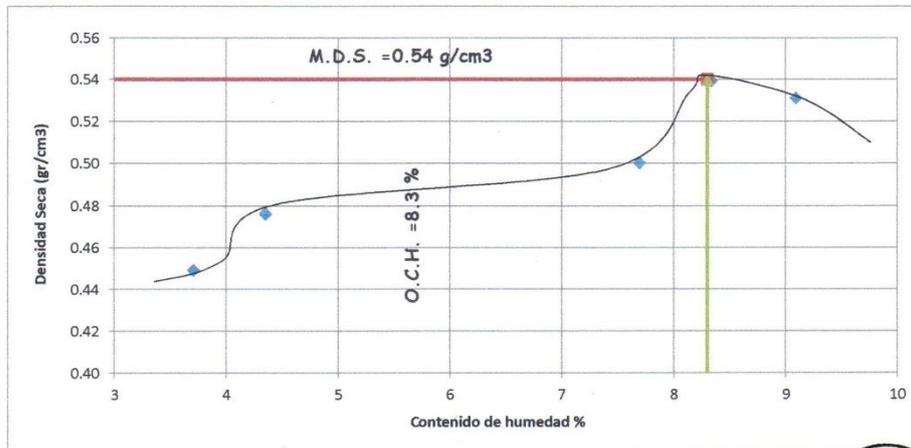
SOLICITANTE MALDONADO CHANG ROY ALDAIR - SARRIN
TUEROS DIEGO ALEJANDRO **UBICACIÓN** CASMA

PROYECTO "ESTABILIZACIÓN DEL SUELO CON FINES
DE PAVIMENTACIÓN DEL VALLE SAN RAFAEL
CON CENIZA DE CASCARA DE ARROZ
AÑADIENDO 5%, 10% Y 15%, CASMA -
ANCASH - 2018"

PROFUNDIDAD MUESTRA (m.) 1.50

CALICATA C-2 **MUESTRA** M-1 +5%

MOLDE N°	1	Volumen de Molde (cc):	3212.83	Tipo de Molde:	4°	Temperatura Secado (°C):	110
CAPAS N°	5	Golpes (N°):	56	Peso de Molde (gr.):	4035.3	Método:	A
MUESTRA	N°	1	2	3	4	5	
PESO SUELO HUMEDO+MOLDE	Grs.	5532	5632	5766	5913	5897	
PESO DEL MOLDE	Grs.	4035.3	4035.3	4035.3	4035.3	4035.3	
PESO DEL SUELO HUMEDO	Grs.	1496.7	1596.7	1730.7	1877.7	1861.7	
DENSIDAD DE SUELO HUMEDO	Grs/c.c.	0.47	0.50	0.54	0.58	0.58	
CONTENIDO DE HUMEDAD							
RECIPIENTE	N°	15	6	18	2	9	
PESO SUELO HUMEDO+CAPSULA	Grs.	49.0	46.0	31.0	25.0	41.0	
PESO SUELO SECO+CAPSULA	Grs.	48.0	45.0	30.0	24.0	39.0	
PESO DE LA CAPSULA	Grs.	21.0	22.0	17.0	12.0	17.0	
PESO DEL AGUA	Grs.	1.0	1.0	1.0	1.0	2.0	
PESO DEL SUELO SECO	Grs.	27.0	23.0	13.0	12.0	22.0	
HUMEDAD	%	3.7	4.3	7.7	8.3	9.1	
DENSIDAD DE SUELO SECO	Grs/c.c.	0.45	0.48	0.5002	0.5395	0.53	



DENSIDAD MAXIMA = 0.54 HUMEDAD OPTIMA = 8.3

CAMPUS CHIMBOTE
Av. Central Mz. H Lt. 1
Urb. Buenos Aires - Nuevo Chimbote
Tel.: (043) 483 030 Anx.: 4000

Mg. Erika Magaly Mozo Castañeda
Coordinadora de la Escuela de Ingeniería Civil

Lener Hamilton Villavequea Vásquez
TÉCNICO DE LABORATORIO





UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

CALIFORNIA BEARING RATIO (C. B. R.) ASTM D 1883

SOLICITANTE MALDONADO CHANG ROY ALDAIR -
SARRIN TUEROS DIEGO **UBICACIÓN** CASMA
ALEJANDRO
"ESTABILIZACIÓN DEL SUELO
CON FINES DE PAVIMENTACIÓN
PROYECTO DEL VALLE SAN RAFAEL CON **PROFUNDIDAD**
CENIZA DE CASCARA DE ARROZ **MUESTRA (m.)** 1.50
AÑADIENDO 5%, 10% Y 15%,
CASMA - ANCASH - 2018"
CALICATA C-2 **MUESTRA** M-1 +5%

	1		X		3	
	56		25		10	
MOLDE N°	5		5		5	
N° DE CAPAS	56		25		10	
N° DE GOLPES POR CAPA	56		25		10	
MUESTRA	SATURADA	SIN SATURAR	SATURADA	SIN SATURAR	SATURADA	SIN SATURAR
VOLUMEN DE MOLDE	3465.31		3465.31		3465.31	
PESO DE MOLDE	7571.5		7958.9		7713.7	
PESO DE MOLDE + SUELO HUMEDO	19552.5		20152.1		19453.8	
PESO DEL SUELO HUMEDO	11981		12193.2		11740.1	
DENSIDAD HUMEDA	3.46		3.52		3.39	
RECIPIENTE N°	18		7		2	
PESO DE RECIPIENTE	33.8		46.3		38.6	
PESO DE RECIPIENTE + SUELO HUM	75.9		84.6		101.3	
PESO DE RECIPIENTE + SUELO SECO	70.7		79.7		91.6	
PESO DE AGUA	5.2		4.9		9.7	
PESO DE SUELO SECO	36.9		33.4		53.0	
CONTENIDO DE HUMEDAD	14.1		14.7		18.3	
DENSIDAD SECA	3.03		3.07		2.86	

EXPANSIÓN

FECHA	HORA	TIEMPO	EXPANSIÓN								
			56 GOLPES		25 GOLPES		10 GOLPES				
			DIAL	EXPANSIÓN Pulg. %	DIAL	EXPANSIÓN Pulg. %	DIAL	EXPANSIÓN Pulg. %			
SI EXPANSIVO											

PENETRACIÓN

PENETRACIÓN (pulg.)	PATRÓN (Lb./pulg ²)	56 GOLPES			25 GOLPES			10 GOLPES		
		DIAL	CARGA	CARGA UNITARIA	DIAL	CARGA	CARGA UNITARIA	DIAL	CARGA	CARGA UNITARIA
0.025		2.3	77	26	1.9	73	24	1.1	66	22
0.050		3.3	87	29	2.6	80	27	2.1	75	25
0.075		5.9	113	38	4.2	96	32	3.6	90	30
0.100	1000	10.6	160	53	9.4	148	49	7.9	133	44
0.150		23.4	287	96	17.7	230	77	13.3	186	62
0.200	1500	32.5	377	126	20.6	259	86	17.8	231	77
0.250		39.6	447	149	24.4	296	99	18.6	239	
0.300		41.4	465	155	31.5	367	122	21.4	267	
0.400		48.6	536	179	33.4	386	129	28.9	341	
0.500		51.2	562	187	39.3	444	148	30.6	358	



CAMPUS CHIMBOTE
Av. Central Mz. H Lt. 1
Urb. Buenos Aires - Nuevo Chimbote
Tel.: (043) 483 030 Anx.: 4000



Mg Erika Magaly Mozo Castañeda
Ingeniera de la Escuela de Ingeniería Civil



Lener Hamilton Villaverde Vásquez
TÉCNICO DE LABORATORIO

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe



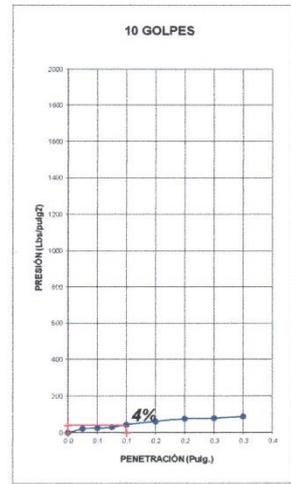
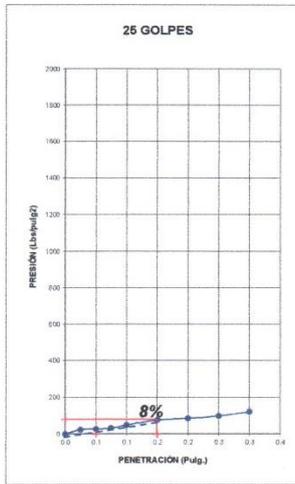
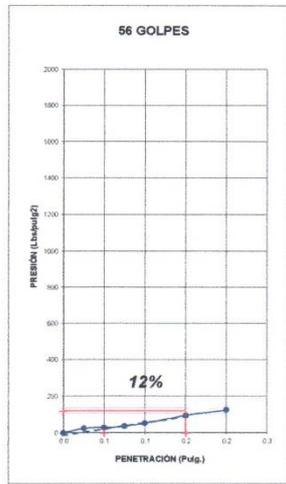
UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

CALIFORNIA BEARING RATIO (C. B. R.)
ASTM D 1883

SOLICITANTE MALDONADO CHANG ROY ALDAIR - SARRIN TUEROS DIEGO ALEJANDRO **UBICACIÓN** CASMA

PROYECTO "ESTABILIZACIÓN DEL SUELO CON FINES DE PAVIMENTACIÓN DEL VALLE SAN RAFAEL CON CENIZA DE CASCARA DE ARROZ AÑADIENDO 5%, 10% Y 15%, CASMA - ANCASH - 2018"

CALICATA C-2 **MUESTRA** M-1 +5% **PROFUNDIDAD MUESTRA (m.)** 1.50



PENETRACIÓN (PULG.)	C.B.R. A 95% DE MAXIMA DENSIDAD SECA	C.B.R. A 100% DE MAXIMA DENSIDAD SECA
0,1"	11.4%	12%

CAMPUS CHIMBOTE
Av. Central Mz. H Lt. 1
Urb. Buenos Aires - Nuevo Chimbote
Tel.: (043) 483 030 Anx.: 4000



Mg. Erika Magaly Mozo Castañeda
Coordinadora de la Escuela de Ingeniería Civil



Lener Hamilton Villanueva Vásquez
TÉCNICO DE LABORATORIO



fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

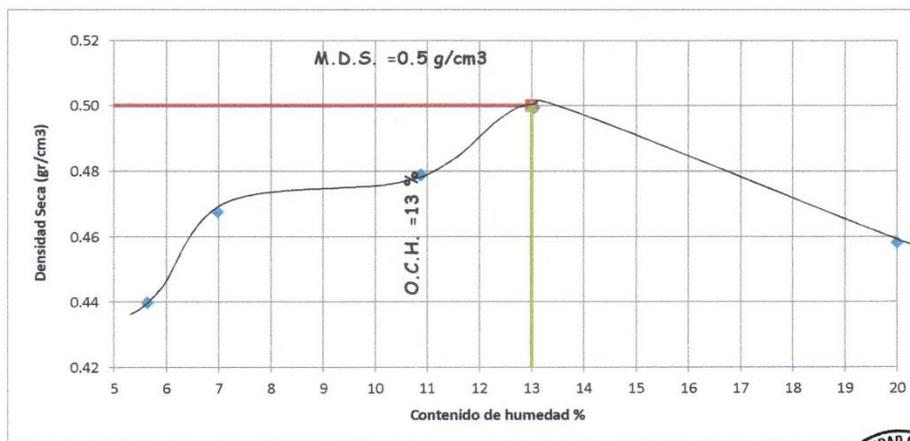
ENSAYO DE COMPACTACIÓN (PROCTOR MODIFICADO) ASTM D 1556

SOLICITANTE MALDONADO CHANG ROY ALDAIR - SARRIN **UBICACIÓN** CASMA
TUEROS DIEGO ALEJANDRO

PROYECTO "ESTABILIZACIÓN DEL SUELO CON FINES DE PAVIMENTACIÓN DEL VALLE SAN RAFAEL CON CENIZA DE CASCARA DE ARROZ AÑADIENDO 5%, 10% Y 15%, CASMA - ANCASH - 2018"
PROFUNDIDAD MUESTRA (m) 1.50

CALICATA C-2 **MUESTRA** M-1 + 10%

MOLDE N°	1	Volumen de Molde (cc):	3212.83	Tipo de Molde:	4"	Temperatura Secado (°C):	110
CAPAS N°	5	Golpes (N°):	56	Peso de Molde (gr.):	4035.3	Método:	A
MUESTRA	N°	1	2	3	4	5	
PESO SUELO HUMEDO+MOLDE	Grs.	5528	5643	5741	5849	5802	
PESO DEL MOLDE	Grs.	4035.3	4035.3	4035.3	4035.3	4035.3	
PESO DEL SUELO HUMEDO	Grs.	1492.7	1607.7	1705.7	1813.7	1766.7	
DENSIDAD DE SUELO HUMEDO	Grs/c.c.	0.46	0.50	0.53	0.56	0.55	
CONTENIDO DE HUMEDAD							
RECIPIENTE	N°	15	6	18	2	9	
PESO SUELO HUMEDO+CAPSULA	Grs.	97.0	68.0	74.0	73.0	30.0	
PESO SUELO SECO+CAPSULA	Grs.	93.0	65.0	69.0	67.0	27.0	
PESO DE LA CAPSULA	Grs.	22.0	22.0	23.0	21.0	12.0	
PESO DEL AGUA	Grs.	4.0	3.0	5.0	6.0	3.0	
PESO DEL SUELO SECO	Grs.	71.0	43.0	46.0	46.0	15.0	
HUMEDAD	%	5.6	7.0	10.9	13.0	20.0	
DENSIDAD DE SUELO SECO	Grs/c.c.	0.44	0.47	0.4789	0.4994	0.46	



DENSIDAD MAXIMA = 0.5 HUMEDAD OPTIMA = 13



CAMPUS CHIMBOTE
Av. Central Mz. H Lt. 1
Urb. Buenos Aires - Nuevo Chimbote
Tel.: (043) 483 030 Anx.: 4000



Ma. Erika Magaly Mozo Castañeda
Coordinadora de la Escuela de Ingeniería Civil



Lener Hamilton Villanueva Vásquez
TÉCNICO DE LABORATORIO

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

CALIFORNIA BEARING RATIO (C. B. R.)
ASTM D 1883

SOLICITANTE MALDONADO CHANG ROY ALDAIR -
SARRIN TUEROS DIEGO **UBICACIÓN** CASMA
ALEJANDRO
"ESTABILIZACIÓN DEL SUELO
CON FINES DE PAVIMENTACIÓN
PROYECTO DEL VALLE SAN RAFAEL CON **PROFUNDIDAD**
CENIZA DE CASCARA DE ARROZ **MUESTRA (m.)** 1.50
AÑADIENDO 5%, 10% Y 15%,
CASMA - ANCASH - 2018"
CALICATA C-2 **MUESTRA** M-1 + 10%

	1		X		3	
	56		25		10	
MOLDE N°	1		X		3	
N° DE CAPAS	5		5		5	
N° DE GOLPES POR CAPA	56		25		10	
MUESTRA	SATURADA	SIN SATURAR	SATURADA	SIN SATURAR	SATURADA	SIN SATURAR
VOLUMEN DE MOLDE	3465.31		3465.31		3465.31	
PESO DE MOLDE	7571.5		7958.9		7713.7	
PESO DE MOLDE + SUELO HUMEDO	19552.5		20152.1		19453.8	
PESO DEL SUELO HUMEDO	11981		12193.2		11740.1	
DENSIDAD HUMEDA	3.46		3.52		3.39	
RECIPIENTE N°	18		7		2	
PESO DE RECIPIENTE	33.8		46.3		38.6	
PESO DE RECIPIENTE + SUELO HUM	75.9		84.6		101.3	
PESO DE RECIPIENTE + SUELO SECC	70.7		79.7		91.6	
PESO DE AGUA	5.2		4.9		9.7	
PESO DE SUELO SECO	36.9		33.4		53.0	
CONTENIDO DE HUMEDAD	14.1		14.7		18.3	
DENSIDAD SECA	3.03		3.07		2.86	

EXPANSIÓN

FECHA	HORA	TIEMPO	56 GOLPES				25 GOLPES				10 GOLPES			
			DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN				
				Pulg.	%		Pulg.	%		Pulg.	%			

SI EXPANSIVO

PENETRACIÓN

PENETRACIÓN (pulg.)	PATRON (Lb/pulg ²)	56 GOLPES			25 GOLPES			10 GOLPES		
		DIAL	CARGA	CARGA UNITARIA	DIAL	CARGA	CARGA UNITARIA	DIAL	CARGA	CARGA UNITARIA
0.025		3.1	85	28	2.2	76	25	1.5	69	23
0.050		4.3	97	32	3.6	90	30	2.9	83	28
0.075		6.2	116	39	5.2	106	35	4.1	95	32
0.100	1000	11.7	171	57	10.6	160	53	6.9	123	41
0.150		24.6	298	99	18.9	242	81	14.3	196	65
0.200	1500	35.5	406	135	21.6	269	90	18.6	239	80
0.250		43.8	489	163	25.4	306	102	19.3	246	
0.300		47.4	524	175	32.7	379	126	22.5	278	
0.400		53.6	586	195	34.6	398	133	30.9	361	
0.500		61.9	668	223	40.2	453	151	32.5	377	

CAMPUS CHIMBOTE
Av. Central Mz. H Lt. 1
Urb. Buenos Aires - Nuevo Chimbote
Tel.: (043) 483 030 Anx.: 4000

Mg. Erika Magaly Mozo Castañeda
Coordinadora de la Escuela de Ingeniería Civil

Lener Hamilton Villanueva Vésquez
TECNICO DE LABORATORIO





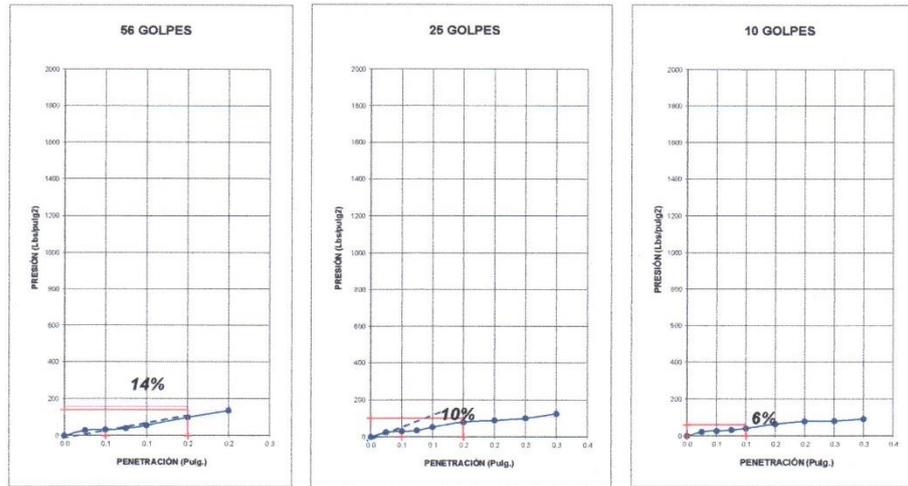
UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

CALIFORNIA BEARING RATIO (C. B. R.)
ASTM D 1883

SOLICITANTE MALDONADO CHANG ROY ALDAIR - SARRIN TUEROS DIEGO ALEJANDRO **UBICACIÓN** CASMA

PROYECTO "ESTABILIZACIÓN DEL SUELO CON FINES DE PAVIMENTACIÓN DEL VALLE SAN RAFAEL CON CENIZA DE CASCARA DE ARROZ AÑADIENDO 5%, 10% Y 15%, CASMA - ANCASH - 2018" **PROFUNDIDAD MUESTRA (m.)** 1.50

CALICATA C-2 **MUESTRA** M-1 + 10%



PENETRACION (PULG.)	C.B.R. A 95% DE MAXIMA DENSIDAD SECA	C.B.R. A 100% DE MAXIMA DENSIDAD SECA
0,1"	14.25%	14%

CAMPUS CHIMBOTE
Av. Central Mz. H Lt. 1
Urb. Buenos Aires - Nuevo Chimbote
Tel.: (043) 483 030 Anx.: 4000



Mg. Erika Magaly Mozo Castañeda
Coordinadora de la Escuela de Ingeniería Civil



Leiner Hamilton Villaverde Vázquez
TÉCNICO DE LABORATORIO



fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

ENSAYO DE COMPACTACIÓN (PROCTOR MODIFICADO) ASTM D 1556

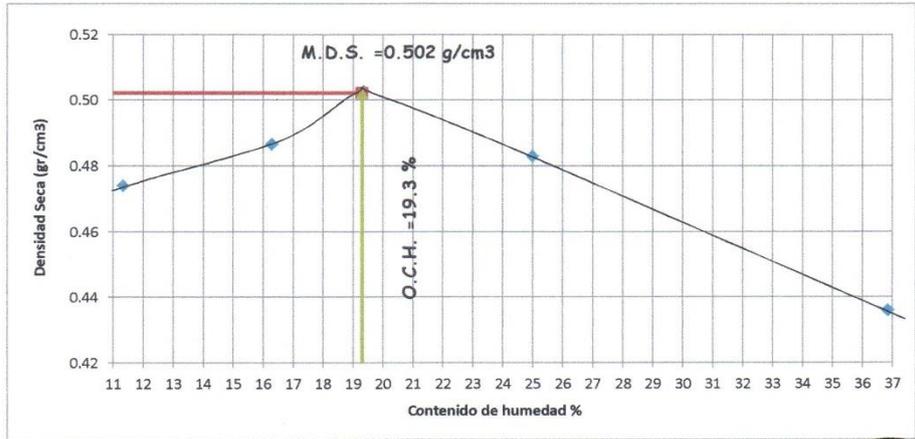
SOLICITANTE MALDONADO CHANG ROY ALDAIR - SARRIN **UBICACIÓN** CASMA
TUEROS DIEGO ALEJANDRO

PROYECTO "ESTABILIZACIÓN DEL SUELO CON FINES DE PAVIMENTACIÓN DEL VALLE SAN RAFAEL CON CENIZA DE CASCARA DE ARROZ AÑADIENDO 5%, 10% Y 15%, CASMA - ANCASH - 2018"

CALICATA C-2 **MUESTRA** M-1 + 15%

PROFUNDIDAD MUESTRA (m.) 1.50

MOLDE N°	1	Volumen de Molde (cc):	3212.83	Tipo de Molde:	4"	Temperatura Secado (°C):	110
CAPAS N°	5	Golpes (N°):	56	Peso de Molde (gr.):	4035.3	Método:	A
MUESTRA	N°	1	2	3	4	5	
PESO SUELO HUMEDO+MOLDE	Grns.	5731	5853	5963	5975	5952	
PESO DEL MOLDE	Grns.	4035.3	4035.3	4035.3	4035.3	4035.3	
PESO DEL SUELO HUMEDO	Grns.	1695.7	1817.7	1927.7	1939.7	1916.7	
DENSIDAD DE SUELO HUMEDO	Grns/c.c.	0.53	0.57	0.60	0.60	0.60	
CONTENIDO DE HUMEDAD							
RECIPIENTE	N°	15	6	18	2	9	
PESO SUELO HUMEDO+CAPSULA	Grns.	81.0	72.0	59.0	52.0	48.0	
PESO SUELO SECO+CAPSULA	Grns.	75.0	65.0	53.0	46.0	41.0	
PESO DE LA CAPSULA	Grns.	22.0	22.0	22.0	22.0	22.0	
PESO DEL AGUA	Grns.	6.0	7.0	6.0	6.0	7.0	
PESO DEL SUELO SECO	Grns.	53.0	43.0	31.0	24.0	19.0	
HUMEDAD	%	11.3	16.3	19.4	25.0	36.8	
DENSIDAD DE SUELO SECO	Grns/c.c.	0.47	0.49	0.5027	0.4830	0.44	



DENSIDAD MAXIMA = 0.502 HUMEDAD OPTIMA = 19.3

CAMPUS CHIMBOTE
Av. Central Mz. H Lt. 1
Urb. Buenos Aires - Nuevo Chimbote
Tel.: (043) 483 030 Anx.: 4000

Mg. Erika Magaly Mozo Castañeda
Docente de la Escuela de Ingeniería Civil

Lener Hamilton Villanueva Vásquez
TÉCNICO DE LABORATORIO





UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

CALIFORNIA BEARING RATIO (C. B. R.) ASTM D 1883

SOLICITANTE MALDONADO CHANG ROY ALDAIR -
SARRIN TUEROS DIEGO **UBICACIÓN** CASMA
ALEJANDRO
"ESTABILIZACIÓN DEL SUELO
CON FINES DE PAVIMENTACIÓN
PROYECTO DEL VALLE SAN RAFAEL CON **PROFUNDIDAD** 1.50
CENIZA DE CASCARA DE ARROZ **MUESTRA (m.)**
AÑADIENDO 5%, 10% Y 15%,
CASMA - ANCASH - 2018"
CALICATA C-2 **MUESTRA** M-1 + 15%

	1	X	3
MOLDE N°	5	5	5
N° DE CAPAS	56	25	10
N° DE GOLPES POR CAPA			
MUESTRA	SATURADA	SIN SATURAR	SATURADA
VOLUMEN DE MOLDE	3465.31	3465.31	3465.31
PESO DE MOLDE	7571.5	7958.9	7713.7
PESO DE MOLDE + SUELO HUMEDO	19552.5	20152.1	19453.8
PESO DEL SUELO HUMEDO	11981	12193.2	11740.1
DENSIDAD HUMEDA	3.46	3.52	3.39
RECIPIENTE N°	18	7	2
PESO DE RECIPIENTE	33.8	46.3	38.6
PESO DE RECIPIENTE + SUELO HUM	75.9	84.6	101.3
PESO DE RECIPIENTE + SUELO SECO	70.7	79.7	91.6
PESO DE AGUA	5.2	4.9	9.7
PESO DE SUELO SECO	36.9	33.4	53.0
CONTENIDO DE HUMEDAD	14.1	14.7	18.3
DENSIDAD SECA	3.03	3.07	2.86

EXPANSIÓN

FECHA	HORA	TIEMPO	56 GOLPES			25 GOLPES			10 GOLPES		
			DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN	
				Pulg.	%		Pulg.	%		Pulg.	%
SI EXPANSIVO											

PENETRACIÓN

PENETRACIÓN (pulg.)	PATRÓN (lb./pulg ²)	56 GOLPES			25 GOLPES			10 GOLPES		
		DIAL	CARGA	CARGA UNITARIA	DIAL	CARGA	CARGA UNITARIA	DIAL	CARGA	CARGA UNITARIA
0.025		2.1	75	25	1.2	67	22	1.3	68	23
0.050		3.3	87	29	2.6	80	27	1.9	73	24
0.075		5.2	106	35	4.2	96	32	3.1	85	28
0.100	1000	11.7	171	57	9.6	150	50	5.9	113	38
0.150		23.6	289	96	17.3	226	75	13.3	186	62
0.200	1500	33.8	390	130	20.7	260	87	17.6	229	76
0.250		40.4	455	152	24.1	293	98	18.3	236	79
0.300		45.9	510	170	30.6	358	119	21.5	268	89
0.400		50.6	556	185	33.7	389	130	28.9	341	111
0.500		58.1	630	210	38.5	436	145	30.4	356	119

CAMPUS CHIMBOTE

Av. Central Mz. H Lt. 1

Urb. Buenos Aires - Nuevo Chimbote

Tel.: (043) 483 030 Anx.: 4000



Erika Magaly Mozo Castañeda
Coordinadora de la Escuela de Ingeniería Civil



Lener Hamilton Vilamova Vásquez
TECNICO DE LABORATORIO



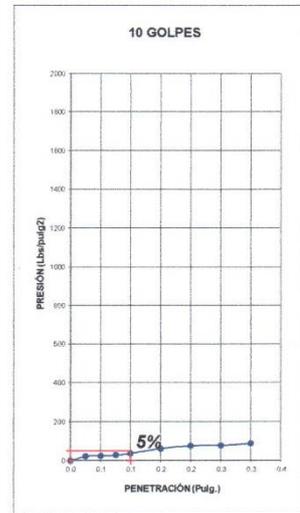
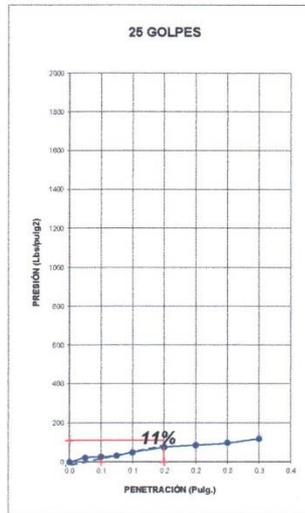
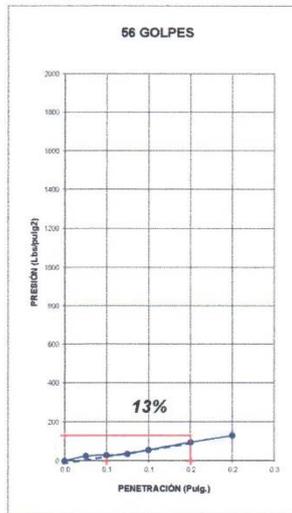
#saliradelante
ucv.edu.pe



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

CALIFORNIA BEARING RATIO (C. B. R.)
ASTM D 1883

SOLICITANTE	MALDONADO CHANG ROY ALDAIR - SARRIN TUEROS DIEGO ALEJANDRO	UBICACIÓN	CASMA
PROYECTO	"ESTABILIZACIÓN DEL SUELO CON FINES DE PAVIMENTACIÓN DEL VALLE SAN RAFAEL CON CENIZA DE CASCARA DE ARROZ AÑADIENDO 5%, 10% Y 15%, CASMA - ANCASH - 2018"	PROFUNDIDAD MUESTRA (m.)	1.50
CALICATA	C-2	MUESTRA	M-1 + 15%



PENETRACION (PULG.)	C.B.R. A 95% DE MAXIMA DENSIDAD SECA	C.B.R. A 100% DE MAXIMA DENSIDAD SECA
0,1"	12.35%	13%

CAMPUS CHIMBOTE
Av. Central Mz. H Lt. 1
Urb. Buenos Aires - Nuevo Chiriquí
Tel.: (043) 483 030 Anx.: 4000



Mg. Erika Magaly Mozo Castañeda
Coordinadora de la Escuela de Ingeniería Civil



Lener Hamilton Villavega Vásquez
TÉCNICO DE LABORATORIO



fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

CALIFORNIA BEARING RATIO (C. B. R.) ASTM D 1883

SOLICITANTE MALDONADO CHANG ROY ALDAIR -
SARRIN TUEROS DIEGO **UBICACIÓN** CASMA
ALEJANDRO

PROYECTO "ESTABILIZACIÓN DEL SUELO
CON FINES DE PAVIMENTACIÓN
DEL VALLE SAN RAFAEL CON **PROFUNDIDAD**
CENIZA DE CASCARA DE ARROZ **MUESTRA (m.)** 1.50
AÑADIENDO 5%, 10% Y 15%,
CASMA - ANCASH - 2018"

CALICATA C-2 **MUESTRA** M-1 + 15%

	1		X		3	
	5		5		5	
MOLDE N°	56		25		10	
N° DE CAPAS	5		5		5	
N° DE GOLPES POR CAPA	56		25		10	
MUESTRA	SATURADA	SIN SATURAR	SATURADA	SIN SATURAR	SATURADA	SIN SATURAR
VOLUMEN DE MOLDE	3465.31		3465.31		3465.31	
PESO DE MOLDE	7571.5		7958.9		7713.7	
PESO DE MOLDE + SUELO HUMEDO	19552.5		20152.1		19453.8	
PESO DEL SUELO HUMEDO	11981		12193.2		11740.1	
DENSIDAD HUMEDA	3.46		3.52		3.39	
RECIPIENTE N°	18		7		2	
PESO DE RECIPIENTE	33.8		46.3		38.6	
PESO DE RECIPIENTE + SUELO HUM	75.9		84.6		101.3	
PESO DE RECIPIENTE + SUELO SECO	70.7		79.7		91.6	
PESO DE AGUA	5.2		4.9		9.7	
PESO DE SUELO SECO	36.9		33.4		53.0	
CONTENIDO DE HUMEDAD	14.1		14.7		18.3	
DENSIDAD SECA	3.03		3.07		2.86	

EXPANCIÓN											
			56 GOLPES			25 GOLPES			10 GOLPES		
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANCIÓN		DIAL	EXPANCIÓN		DIAL	EXPANCIÓN	
				Pulg.	%		Pulg.	%		Pulg.	%
SI EXPANSIVO											

PENETRACIÓN										
		56 GOLPES			25 GOLPES			10 GOLPES		
PENETRACIÓN (pulg.)	PATRON (lb/pulg ²)	DIAL	CARGA	CARGA UNITARIA	DIAL	CARGA	CARGA UNITARIA	DIAL	CARGA	CARGA UNITARIA
0.050		3.3	87	29	2.6	80	27	1.9	73	24
0.075		5.2	106	35	4.2	96	32	3.1	85	28
0.100	1000	11.7	171	57	9.6	150	50	5.9	113	38
0.150		23.6	289	96	17.3	226	75	13.3	186	62
0.200	1500	33.8	390	130	20.7	260	87	17.6	229	76
0.250		40.4	455	152	24.1	293	98	18.3	236	79
0.300		45.9	510	170	30.6	358	119	21.5	268	89
0.400		50.6	556	185	33.7	389	130	28.9	341	111
0.500		58.1	630	210	38.5	436	145	30.4	356	119

CAMPUS CHIMBOTE
Av. Central Mz. H Lt. 1
Urb. Buenos Aires - Nuevo Chimbote
Tel.: (043) 483 030 Anx.: 4000



Epika Magaly Mozo Castañeda
Coordinadora de la Escuela de Ingeniería Civil



Lener Hamilton Villanueva Vásquez
TÉCNICO DE LABORATORIO





UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

ENSAYO DE CALCINACIÓN DE CASCARA DE ARROZ

PROYECTO: "ESTABILIZACION DEL SUELO CON FINES DE PAVIMENTACION DEL VALLE SAN RAFAEL CON CENIZA DE CASCARA DE ARROZ AÑADIENDO 5%, 10% Y 15%, CASMA - ANCASH - 2018"

SOLICITANTE: MALDONADO CHANG ROY ALDAIR - SARRIN TUEROS DIEGO ALEJANDRO

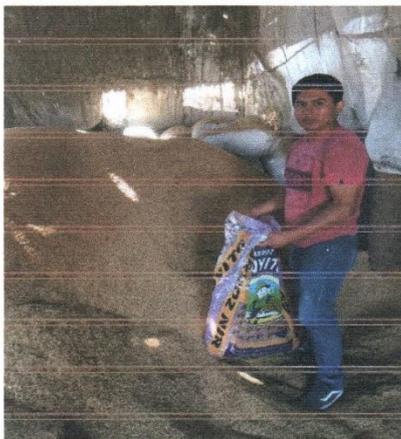
ASUNTO : ENSAYO DE CALCINACION DE CASCARA DE ARROZ

LUGAR : CASMA

UNIDAD : MUESTRA CASCARA DE ARROZ PRECALCINADA

INFORME Y PROCESO DE CALCINACIÓN

Para la obtención de la materia prima para la calcinación primero ubicamos el lugar de donde se recolectaría, los lugares más recomendables son la zona del Valle de Santa donde predomina el cultivo de arroz.



En esta imagen se aprecia la obtención de materia prima en la zona del valle de santa donde se acumula posterior a la separación del grano de la cascara en los molinos , para luego ser trasladadas al laboratorio.

CAMPUS CHIMBOTE
Av. Central Mz. H Lt. 1
Urb. Buenos Aires - Nuevo Chimbote
Tel.: (043) 483 030 Anx.: 4000



Mg. Erika Magaly Mozo Castañeda
Coordinadora de la Escuela de Ingeniería Civil



Lener Hamilton Villaqueva Vásquez
TÉCNICO DE LABORATORIO



fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe



Ya en el laboratorio se coloca la cascara de arroz en pasillos pequeños de porcelana que soportan altas temperaturas, luego se lleva al horno para su pre calcinación a una temperatura de 120°C por un lapso de 3 horas, para posterior a ello realizar la calcinación.



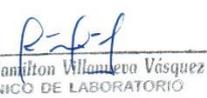
En la imagen observamos la colocación de la cascara de arroz precalcinado al horno en un crisol de porcelana el cual soportara altas temperaturas como 450°C el cual es lo requerido para su calcinación en el horno mufla en el laboratorio de química en la Universidad Cesar Vallejo.



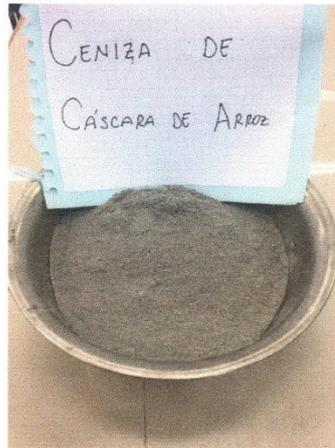
El horno Mufla de 6L que se aprecia en la imagen es de propiedad de la Universidad Cesar Vallejo el cual llega hasta temperaturas de 1200°C para poder realizar ensayos, ya colocados las muestras, se regula la temperatura a ensayar.

CAMPUS CHIMBOTE
Av. Central Mz. H Lt. 1
Urb. Buenos Aires - Nuevo Chimbote
Tel.: (043) 483 030 Anx.: 4000


Mg. Erika Magaly Mozo Castañeda
Coordinadora de la Escuela de Ingeniería Civil


Lener Hamilton Willanueva Vásquez
TÉCNICO DE LABORATORIO


fb/ucvperu
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe



Después de la calcinación se retira del horno mufla con guantes térmicos por su alta temperatura luego se coloca en una fuente para su enfriamiento y luego se tamiza obteniendo la ceniza de cascara de arroz, para luego ser utilizado en los fines requeridos.

Nota:

Las muestras fueron analizadas por el solicitante en el laboratorio

CAMPUS CHIMBOTE
Av. Central Mz. H Lt. 1
Urb. Buenos Aires - Nuevo Chimbote
Tel.: (043) 483 030 Anx.: 4000


Mg. Erika Magaly Mozo Castañeda
Coordinadora de la Escuela de Ingeniería Civil


Lener Hamilton Villanueva Vásquez
TÉCNICO DE LABORATORIO



fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe

Anexo N°5
ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS MEJORAMIENTO DE SUELO

Partida	Mejoramiento de Suelo a Nivel de Subrasante con Material de Reemplazo				
Unidad de Medida	M3				
Rendimiento	450.00	M3/Día			
Costo Unitario Directo	S/. 23.41	(Sin IGV)			
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio s/.	Parcial s/.
Mano de Obra					
OPERADOR	hh	1.0000	0.0178	20.10	0.36
OFICIAL	hh	1.0000	0.0178	16.50	0.29
PEÓN	hh	4.0000	0.0711	14.84	1.06
					1.71
Materiales					
AFIRMADO PARA SUBRASANTE	m3		0.3900	35.00	13.65
					13.65
Equipos y Herramientas					
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	1.71	0.05
CAMIÓN CISTERNA (AGUA) 2 000 GAL	hm	1.0000	0.0178	110.00	1.96
RODILLO LISO VIBR AUTOP 101-135 HP 10-12 T	hm	1.0000	0.0178	160.00	2.84
MOTONIVELADORA DE 125 HP	hm	1.0000	0.0178	180.00	3.20
					8.05

ANÁLISIS DE PRECIOS UNITARIOS MEJORAMIENTO DE SUELO					
Partida	Mejoramiento de Suelo a Nivel de Subrasante Adicionando Estabilizante				
Unidad de Medida	M3				
Rendimiento	450.00	M3/Día			
Costo Unitario Directo	S/. 17.11	(Sin IGV)			
Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio s/.	Parcial s/.
Mano de Obra					
OPERADOR	hh	1.0000	0.0178	20.10	0.36
OFICIAL	hh	1.0000	0.0178	16.50	0.29
PEÓN	hh	5.0000	0.0889	14.84	1.32
					1.97
Materiales					
MATERIAL DE SUBRASANTE DE LA ZONA MAS CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ	m3		0.0300	236.00	7.08
					7.08
Equipos y Herramientas					
HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	1.97	0.06
CAMIÓN CISTERNA (AGUA) 2 000 GAL	hm	1.0000	0.0178	110.00	1.96
RODILLO LISO VIBR AUTOP 101-135 HP 10-12 T	hm	1.0000	0.0178	160.00	2.84
MOTONIVELADORA DE 125 HP	hm	1.0000	0.0178	180.00	3.20
					8.06

Anexo N°6

CÁLCULO DE CANTIDAD DE CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ

CALCULO DE CANTIDAD DE CENIZA DE CASCARA DE ARROZ

Dimensiones de bandeja utilizada en CBR

Largo	0.415
Ancho	0.315
Alto	0.0265

M3 de la bandeja	0.0035
------------------	--------

Calculando la cantidad de Kg en M3

$$\begin{array}{r}
 \text{Kg } 5 \\
 \times \\
 \hline
 \end{array}
 \begin{array}{r}
 \xrightarrow{\hspace{1cm}} 0.0035 \text{ m}^3 \\
 \xrightarrow{\hspace{1cm}} 1.00 \text{ m}^3 \\
 \hline
 \end{array}$$

X = 1428.57 KG

Área de Estudio

Largo	4024
Ancho	4

M2 del Área	16096.00
-------------	----------

Siendo la subrasante de 0.30m

M3 del Área	4828.80
-------------	---------

Calculando cantidad de Afirmado (KG) del Área

$$\begin{array}{r}
 \text{m}^3 1 \\
 \text{m}^3 4828.8 \\
 \hline
 \end{array}
 \begin{array}{r}
 \xrightarrow{\hspace{1cm}} 1428.57 \text{ KG} \\
 \xrightarrow{\hspace{1cm}} X \\
 \hline
 \end{array}$$

X = 6898278.82 KG

De acuerdo a los resultados obtenidos, el porcentaje óptimo para estabilizar es del 10%

Entonces:

$$\begin{aligned}
 X &= 6898278.82 \text{ kg} \times 0.10\% \\
 X &= 689827.88 \text{ Kg}
 \end{aligned}$$

Se utilizará 689827.88 kg para estabilizar el Área de Estudio

Anexo N°7

**CERTIFICADOS DE CALIBRACIÓN DE
EQUIPOS DE LABORATORIO**



Punto de Precisión SAC

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LB - 528 - 2017

Página: 1 de 3

Expediente	: T 241-2017	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 %.
Fecha de Emisión	: 2017-06-26	
1. Solicitante	: UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO S.A.C.	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.
Dirección	: AV. VÍCTOR LARCO NRD. 1770 URB. LAS FLORES - VÍCTOR LARCO HERRERA - TRUJILLO - LA LIBERTAD	
2. Instrumento de Medición	: BALANZA	
Marca	: OHAUS	
Modelo	: EP 22001 BASIC AM	
Número de Serie	: 1124022301	
Alcance de Indicación	: 22 kg	
División de Escala de Verificación (e)	: 0,001 kg	
División de Escala Real (d)	: 0,0001 kg	
Procedencia	: SUIZA	
Identificación	: NO INDICA	
Tipo	: ELECTRÓNICA	
Ubicación	: LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES	
Fecha de Calibración	: 2017-06-23	
3. Método de Calibración	La calibración se realizó mediante el método de comparación según el PC-001 3ra Edición, 2009; Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase III y IIII del SNM-INDECOPI.	
4. Lugar de Calibración	LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES de UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO S.A.C. NUEVO CHIMBOTE - ANCASH	



Jefe Laboratorio
Ing. Luis Coayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

PT-06.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02

Av. Los Angeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106 292-2095

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.



Punto de Precisión SAC

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LB - 528 - 2017

Página: 2 de 3

5. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	21,9 °C	23,0 °C
Humedad Relativa	66 %	64 %

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 - OM	Pesas (exactitud F1 y F2)	LM-C-140-2017 LM-102-2017 / LM-043-2017 LM-044-2017 / LM-045-2017

7. Observaciones

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 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
OPERACIÓN LIBRE	TIENE	CURSOR	NO TIENE
PLATAFORMA	TIENE	DET. DE TRABA	NO TIENE
INCLINACIÓN	TIENE		

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Medición N°	Temp. (°C)					
	Inici			Final		
	21,9			22,4		
	Carga L1= 11,0000 kg			Carga L2= 22,0000 kg		
	(kg)	(Lg)	(Eg)	(kg)	(Lg)	(Eg)
1	11,0000	0,04	0,21	22,0000	0,03	-0,08
2	11,0000	0,08	-0,03	22,0000	0,04	-0,09
3	11,0000	0,03	0,22	22,0000	0,06	-0,33
4	11,0000	0,06	-0,01	22,0000	0,03	-0,08
5	11,0000	0,04	0,21	22,0000	0,05	-0,20
6	11,0000	0,05	0,00	22,0000	0,06	-0,34
7	11,0000	0,03	0,22	22,0000	0,07	-0,32
8	11,0000	0,06	-0,04	22,0000	0,05	-0,10
9	11,0000	0,03	0,12	22,0000	0,05	-0,31
10	11,0000	0,04	0,21	22,0000	0,03	-0,18
Diferencia Máxima			0,26	0,26		
Error máximo permitido			3 g	3 g		



Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Coayza Cepcha
Reg. CIP N° 152531

PT-06.P06 / Diciembre 2016 / Rev 02

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106 292-2095

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.

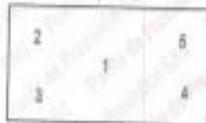


Punto de Precisión SAC

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LB - 528 - 2017

Página: 3 de 3



Vista Frontal

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

Posición de la Carga	Determinación de E _g				Determinación del Error corregido				
	Carga mínima (kg)	R(g)	I(g)	E(g)	Carga (kg)	R(g)	I(g)	E(g)	E _c (g)
1	0,0020	0,0020	0,08	-0,01	7,0000	6,9998	0,03	-0,18	-0,17
2		0,0021	0,03	0,12		6,9999	0,05	-0,10	-0,22
3		0,0020	0,08	-0,04		6,9998	0,04	-0,19	-0,16
4		0,0021	0,04	0,11		6,9997	0,03	-0,28	-0,39
5		0,0020	0,08	-0,03		6,9998	0,05	-0,20	-0,17
Error máximo permitido: ± 3 g									

(*) valor entre 0 y 10 g

ENSAYO DE PESAJE

Carga (kg)	INCREMENTES				DECREMENTES				erro ^(*) (kg)
	R(g)	I(g)	E(g)	E _c (g)	R(g)	I(g)	E(g)	E _c (g)	
0,0020	0,0020	0,08	-0,03						1
0,0050	0,0050	0,09	-0,04	-0,01	0,0051	0,02	0,13	0,16	1
0,0200	0,0200	0,05	-0,01	0,02	0,0201	0,03	0,13	0,15	1
0,1000	0,1000	0,05	0,00	0,03	0,1001	0,04	0,11	0,14	1
0,5000	0,5000	0,08	-0,03	0,00	0,5001	0,08	0,10	0,13	1
1,0000	1,0001	0,06	0,08	0,12	1,0002	0,08	0,20	0,23	2
5,0000	4,9998	0,05	-0,20	-0,17	4,9999	0,04	-0,19	-0,16	2
10,0000	10,0002	0,03	0,22	0,26	10,0003	0,03	0,32	0,36	2
15,0001	15,0000	0,05	-0,10	-0,07	15,0000	0,06	-0,11	-0,08	2
20,0003	20,0000	0,04	-0,28	-0,26	20,0000	0,08	-0,33	-0,30	2
22,0003	22,0001	0,04	-0,19	-0,16	22,0001	0,04	-0,19	-0,16	2

(*) error máximo permitido

Lectura corregida e incertidumbre expandida del resultado de una pesada

$$R_{\text{corregida}} = R - 0,000000577 \times R$$

$$U_R = 2 \sqrt{0,000000177 \text{ kg}^2 + 0,0000275 \times R^2}$$

R: Lectura de la balanza I: Carga incremental E: Error asociado E_c: Error en caso E_c: Error corregido

R: en kg

FIN DEL DOCUMENTO



Jefe de Laboratorio
Ing. Luis Loayza Capcha
Reg. CIP N° 152631

PT-06.P06 / Diciembre 2016 / Rev 02

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Tel: 292-5106 292-2095

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.



Punto de Precisión SAC

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LFP - 194 - 2017

Página : 1 de 2

Expediente : T 241-2017
Fecha de emisión : 2017-06-26

1. Solicitante : UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO S.A.C.

Dirección : AV. VICTOR LARCO NRO. 1770 URB. LAS FLORES -
VICTOR LARCO HERRERA - TRUJILLO - LA LIBERTAD

2. Descripción del Equipo : PRENSA CBR

Modelo de Prensa : CBR-P01

Serie de Prensa : 21513007

Marca de Celda : OAP

Modelo de Celda : DEF-A

Serie de Celda : SSV827

Capacidad de Celda : 5 t

Marca de Indicador : HWEIGH

Modelo de Indicador : 316-X5

Serie de Indicador : 0012605

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.

3. Lugar y fecha de Calibración

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES DE UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO S.A.C. - NUEVO CHIMBOTE - ANCASH
23 - JUNIO - 2017

4. Método de Calibración

La Calibración se realizó de acuerdo a la norma ASTM E4.

5. Trazabilidad

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO O INFORME	TRAZABILIDAD
CELDA DE CARGA	AEP TRANSDUCERS	INF-LE 057	UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
INDICADOR	AEP TRANSDUCERS		

6. Condiciones Ambientales

	INICIAL	FINAL
Temperatura °C	25.1	25.6
Humedad %	63	63

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 Cospcha
Reg. OIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Tel. 292-5106 292-2095

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.



Punto de Precisión SAC

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LFP - 194 - 2017

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	497,40	496,70	0,52	0,66	497,05	0,59	0,14
1000	994,20	996,35	0,58	0,36	995,28	0,47	-0,21
1500	1497,35	1496,90	0,18	0,07	1496,13	0,13	-0,10
2000	2001,45	2001,40	-0,07	-0,07	2001,43	-0,07	0,00
2500	2495,75	2501,55	0,17	-0,06	2498,65	0,06	-0,23
3000	3006,70	3007,60	-0,22	-0,25	3007,15	-0,24	-0,03
3500	3509,70	3511,50	-0,28	-0,33	3510,60	-0,30	-0,05
4000	4005,36	4006,24	-0,13	-0,18	4005,80	-0,14	-0,02

NOTAS SOBRE LA CALIBRACIÓN

1.- Ep y Rp son el Error Porcentual y la Repetibilidad definidos en la citada Norma:

$$Ep = ((A-B) / B) * 100 \quad Rp = Error(2) - Error(1)$$

2.- La norma exige que Ep y Rp no excedan al 1,0 %

3.- Coeficiente Correlación: $R^2 = 1$

Ecuación de ajuste : $y = 0,9961x + 6,9134$

Donde: x : Lectura de la pantalla
y : Fuerza promedio (kgf)

GRÁFICO N° 1

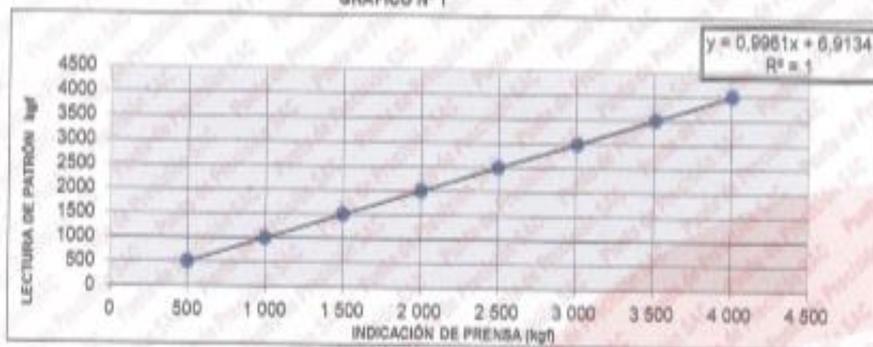
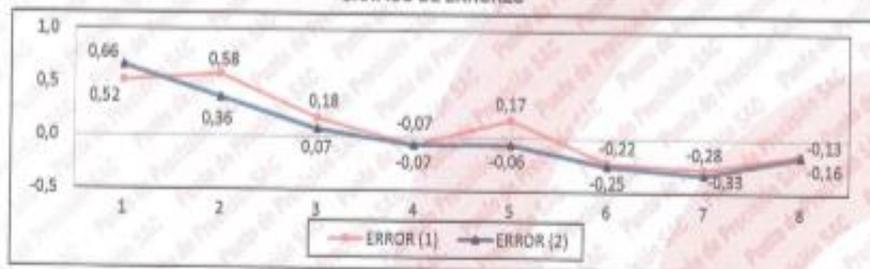


GRÁFICO DE ERRORES



Ing. Luis Loayza-Capcha
Reg. CIP N° 152631

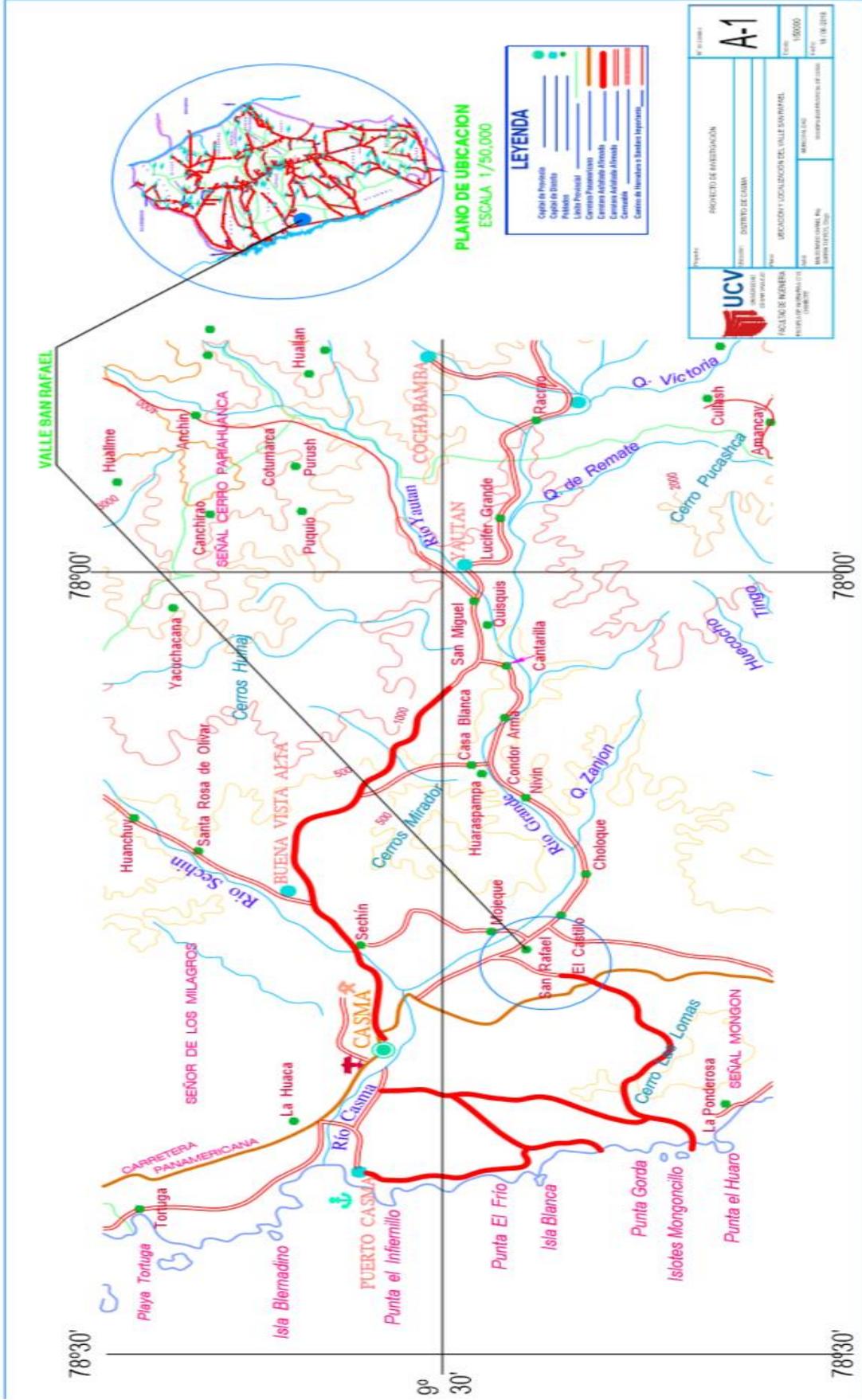
Av. Los Angeles 653 - LIMA 42 Telef. 292-5106 292-2095

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.

Anexo N°8

PLANO DE UBICACIÓN Y LOCALIZACIÓN



PLANO DE UBICACION
ESCALA 1/50,000

LEYENDA

- Capital de Provincia
- Capital de Distrito
- Poblado
- Límite Provincial
- Carretera Panamericana
- Carretera Asfaltada Alternativa
- Carretera No Asfaltada Alternativa
- Camarero
- Centro de Inversión y Saneamiento

		PROYECTO DE INVESTIGACIÓN A-1
FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA DE INGENIERÍA CIVIL	INSTITUCIÓN EDUCATIVA UNIVERSIDAD CAYMAHUASI	ESCALA 1:50,000
TÍTULO UBICACIÓN Y LOCALIZACIÓN DEL VALLE DE SAN RAFAEL	AUTOR MARCO ANTONIO	FECHA 11 DE JUNIO 2014

ANEXO N°9

ACTA DE ORIGINALIDAD DE LA TESIS

Yo, Dr. Rigoberto Cerna Chávez docente de la Facultad de Ingeniería y Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo Chimbote, revisor de la tesis titulada "Estabilización del suelo con fines de pavimentación del valle san Rafael con ceniza de Cáscara de arroz añadiendo 5%, 10% y 15%, Casma – Ancash - 2018", del estudiante Roy Aldair Maldonado Chang, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 13% verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

El suscrito analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

Chimbote, 12 de Diciembre del 2018



Dr. RIGOBERTO CERNA CHÁVEZ

DNI:32942267

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante de la Dirección / Vicerectorado de Investigación y Calidad	Aprobó	Rectorado
---------	----------------------------	--------	--	--------	-----------



**ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD
DE TESIS**

Código : F06-PP-P9-02.02
Versión : 08
Fecha : 12-09-2017
Página : 1 de 1

Yo, Dr. Rigoberto Cerna Chávez docente de la Facultad de Ingeniería y Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo Chimbofe, revisor de la tesis titulada "Estabilización del suelo con fines de pavimentación del valle san Rafael con ceniza de Cáscara de arroz añadiendo 5%, 10% y 15%, Casma - Ancash - 2018", del estudiante Diego Alejandro Sarin Tueros, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 13% verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

El suscrito analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

Chimbofe, 12 de Diciembre del 2018

Dr. RIGOBERTO CERNA CHÁVEZ

DNI:32942267

Borró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante de la Dirección / Vicerrectorado de Investigación y Calidad	Aprobó	Rectorado
-------	----------------------------	--------	---	--------	-----------

ANEXO N°10

FORMULARIO DE AUTORIZACION PARA LA PUBLICACION ELECTRONICA DE LA TESIS



Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación (CRAI)
"César Acuña Peralta"

FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN PARA LA PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DE LAS TESIS

1. DATOS PERSONALES

Apellidos y Nombres: (solo los datos del que autoriza)

Maldonado Chang Roy Aldair
D.N.I. : 73110570
Domicilio : Urb. Las Casuarinas J2 lote 17
Teléfono : Fijo : Móvil : 962954914
E-mail : aldairmaldonado_377@hotmail.com

2. IDENTIFICACIÓN DE LA TESIS

Modalidad:

[X] Tesis de Pregrado
Facultad : Ingeniería
Escuela : Ingeniería civil
Carrera : Ingeniería civil
Título : Ingeniero civil

[] Tesis de Post Grado

[] Maestría [] Doctorado
Grado :
Mención :

3. DATOS DE LA TESIS

Autor (es) Apellidos y Nombres:

Maldonado Chang Roy Aldair
Sarrin Tueres Diego Alejandro

Título de la tesis:

Estabilización del suelo con fines de pavimentación del valle
San Rafael con ceniza de cáscara de arroz añadiendo 5%, 10% y 15%
Casma - Ancash - 2018

Año de publicación : 2018

4. AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE LA TESIS EN VERSIÓN ELECTRÓNICA:

A través del presente documento,

Si autorizo a publicar en texto completo mi tesis.

No autorizo a publicar en texto completo mi tesis.

[X]
[]



Firma : [Signature]

Fecha : 17/12/2018



FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN PARA LA PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DE LAS TESIS

1. DATOS PERSONALES

Apellidos y Nombres: (solo los datos del que autoriza)
SARRIN TUEROS DIEGO ALEJANDRO
D.N.I. : 72121122
Domicilio : calle Manuel Arevalo P. F. Lt 1.
Teléfono : Fijo : Móvil : 966292514
E-mail : diego.sarrin.tueros@hotmail.com

2. IDENTIFICACIÓN DE LA TESIS

Modalidad:
[] Tesis de Pregrado
[] Tesis de Post Grado
[] Maestría [] Doctorado
Facultad : Ingeniería
Escuela : Ingeniería Civil
Carrera : Ingeniería Civil
Titulo : Ingeniero Civil
Grado :
Mención :

3. DATOS DE LA TESIS

Autor (es) Apellidos y Nombres:
Maldonado Chang Roy Aldair
Sarrin Tueros Diego Alejandro
Titulo de la tesis:
Estabilización del suelo con fines de pavimentación del valle
San Rafael con ceniza de cáscara de arroz añadiendo 5% 10% y 15%
Casma - Ancash - 2018 -
Año de publicación : 2018

4. AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE LA TESIS EN VERSIÓN ELECTRÓNICA:

A través del presente documento,
Si autorizo a publicar en texto completo mi tesis. [X]
No autorizo a publicar en texto completo mi tesis. []



Firma : [Signature]

Fecha : 17/12/2018

ANEXO N°11

**FORMULARIO DE AUTORIZACION DE LA
VERSION FINAL DEL TRABAJO DE
INVESTIGACION**



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

CONSTE POR EL PRESENTE EL VISTO BUENO QUE OTORGA EL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN DE
E. P. Ingeniería Civil

A LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN QUE PRESENTA:
MALDONADO CHANG, ROY ALDAIR

INFORME TÍTULADO:

“ ESTABILIZACION DEL SUELO CON FINES DE PAVIMENTACION DEL VALLE SAN RAFAEL CON CENIZA DE CASCARA DE ARROZ AÑADIENDO 5%, 10% Y 15%, CASMA - ANCASH - 2018”

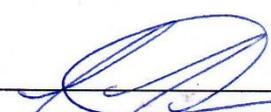
PARA OBTENER EL TÍTULO O GRADO DE:

INGENIERO CIVIL

SUSTENTADO EN FECHA: miércoles, 12 de diciembre de 2018

NOTA O MENCIÓN: DIECISEIS (16)




FIRMA DEL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN
DE E. P. INGENIERÍA CIVIL



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

CONSTE POR EL PRESENTE EL VISTO BUENO QUE OTORGA EL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN DE
E. P. Ingeniería Civil

A LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN QUE PRESENTA:
SARRIN TUEROS, DIEGO ALEJANDRO

INFORME TÍTULADO:

“ ESTABILIZACION DEL SUELO CON FINES DE PAVIMENTACION DEL
VALLE SAN RAFAEL CON CENIZA DE CASCARA DE ARROZ AÑADIENDO
5%, 10% Y 15%, CASMA - ANCASH - 2018”

PARA OBTENER EL TÍTULO O GRADO DE:

INGENIERO CIVIL

SUSTENTADO EN FECHA: miércoles, 12 de diciembre de 2018

NOTA O MENCIÓN: DIECISEIS (16)



FIRMA DEL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN
DE E. P. INGENIERÍA CIVIL