



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

**“Mejoramiento de las propiedades mecánicas en la  
subrasante de suelos arenosos adicionando ceniza de  
cáscara de arroz y cal”**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

**AUTORES:**

Peláez Quispe, Juan David (ORCID: 0000-0002-0017-5236)

Benites Pacheco, Julio César (ORCID: 0000-0002-6976-6384)

**ASESOR:**

Ing. Villegas Martínez, Carlos Alberto (ORCID: 0000-0003-0817-7057)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño Vial

LIMA – PERÚ

2020

## Dedicatoria

PELAEZ QUISPE, JUAN DAVID

El proyecto se lo dedico en primera instancia a mi hijo André, a mi familia que siempre me ha apoyado para culminar mi carrera universitaria, los amigos que han brindado consejos y para poder desenvolverme en la carrera y por último a mi compañero de tesis que con su apoyo ha sido posible desarrollar el proyecto de investigación.

BENITES PACHECO, JULIO CÉSAR

Este proyecto lo dedico a Dios por darme el don de la vida y estar conmigo en todo momento, a mi familia y amigos que me han apoyado a lo largo de mi formación académica con consejos de perseverancia y muestras de apoyo constante, por creer en mí siempre y también a todos mis profesores, los cuales me han brindado todo su conocimiento y experiencia para una buena formación profesional, finalmente a mi compañero de tesis por apoyarnos a terminar este trabajo para una formación profesional.

## Agradecimiento

Agradecemos a la Universidad César Vallejo, por recibirnos y darnos la formación académica a lo largo de estos años, de la misma manera también agradecemos a nuestros asesores, los señores: Germán Casusol Ibérico y Carlos Villegas Martínez, por apoyarnos y guiarnos en nuestra tesis.

Agradecemos a los profesores de nuestra Universidad por las enseñanzas y experiencias brindadas en cada momento de la carrera profesional.

## ÍNDICE DE CONTENIDOS

Carátula.....	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice de contenidos.....	iv
Índice de graficos.....	v
Índice de tablas.....	vi
RESUMEN.....	vii
ABSTRACT .....	viii
I. INTRODUCCIÓN .....	1
Problema .....	3
Justificaciones del proyecto .....	3
Hipótesis.....	5
Objetivos.....	5
II. MARCO TEÓRICO .....	6
Trabajos previos .....	6
III. METODOLOGÍA.....	40
3.1 Tipo y diseño de investigación.....	40
3.2 Variable y operacionalización.....	41
3.3 Población y muestra .....	49
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.....	53
3.5 Validez y confiabilidad del instrumento .....	53
3.6 Métodos de análisis de datos.....	54
3.7 Aspectos Éticos .....	56
3.8 Aspectos Administrativos .....	56
IV. RESULTADOS.....	59
V. DISCUSIÓN .....	74
VI. CONCLUSIONES .....	78
VII. RECOMENDACIONES .....	79
REFERENCIAS .....	80

## ÍNDICE DE GRÁFICO

Gráfico 1: Tendencia de resultados de CBR con cal pre-prueba .....	52
Gráfico 2: Resultados de al 0.1" del 95% del C.B.R. – C-1 .....	64
Gráfico 3: Resultados de al 0.1" del 95% del C.B.R. – C-2 .....	65
Gráfico 4: Resultados de al 0.1" del 95% del C.B.R. – C-3 .....	66
Gráfico 5: Variación de resultado de C.B.R. – 7.5% .....	66
Gráfico 6: Variación de resultado de C.B.R. – 15.0% .....	67
Gráfico 7: Variación de resultado de C.B.R. – 20.0% .....	67
Gráfico 8: Variación de resultado de C.B.R. – 20.0% .....	67
Gráfico 9: variación de óptimo contenido de humedad C-1 .....	68
Gráfico 10: Variación de óptimo contenido de humedad C-2 .....	68
Gráfico 11: Variación de óptimo contenido de humedad C-3 .....	69
Gráfico 12: Variación de cohesión C-1 .....	70
Gráfico 13: Variación de contenido de humedad C-1 .....	70
Gráfico 14: Variación de densidad seca C-1 .....	70
Gráfico 15: Variación de cohesión C-2 .....	71
Gráfico 16: Variación de contenido de humedad C-2 .....	71
Gráfico 17: Variación de densidad seca C-2 .....	72
Gráfico 18: Variación de cohesión C-3 .....	72
Gráfico 19: Variación de contenido de humedad C-3 .....	73
Gráfico 20: Variación de densidad seca C-3 .....	73

## ÍNDICE DE TABLA

Tabla 1: Prueba con suelo arenoso mal gradado .....	8
Tabla 2: Propiedades del suelo Latérico .....	8
Tabla 3: Resultados de ensayos en Arena mal gradada .....	9
Tabla 4: Prueba en suelo Limo arcilloso .....	11
Tabla 5: Resultados de ensayos con cal y ceniza de cáscara de arroz .....	12
Tabla 6: Resultados de pruebas en suelo arenoso bien gradado.....	17
Tabla 7: Características del suelo arenoso bien gradado .....	17
Tabla 8: Resultados de CBR en mezclas de suelo con cal(sedimentos) .....	21
Tabla 9: Resultados de mezcla en suelo arena-limososa con cal y CCA.....	22
Tabla 10: Producción de cáscara de arroz.....	22
Tabla 11: Resultados con 8% cal.....	23
Tabla 12: Cantidad mínima para los ensayos gradación .....	24
Tabla 13: Pesos mínimo para determinación de humedad .....	25
Tabla 14: Pesos mínimos para ensayos de Limites de consistencia.....	27
Tabla 15: Carta de Clasificación AASTHO .....	28
Tabla 16: Carta de Clasificación S.U.C.S. ....	29
Tabla 17: Composición química de la Ceniza .....	32
Tabla 18: Operacionalización de Variable .....	48
Tabla 19: Relación de ensayos realizados .....	51
Tabla 20: Resultados de ensayos pre-pruebas.....	52
Tabla 21: Resultados de clasificación de suelos UNI - CISMID .....	55
Tabla 22: Presupuesto de Investigación.....	57
Tabla 23: Programación de Investigación .....	58
Tabla 24: Ubicación de calicata .....	59
Tabla 25: RESULTADOS DE ENSAYOS.....	60
Tabla 26: Resultados de ensayos de C.B.R. – calicata 01 .....	63
Tabla 27: Resultados de ensayos de C.B.R. – calicata 02 .....	65
Tabla 28: Resultados de ensayos de C.B.R. – calicata 03 .....	66
Tabla 29: Resultados de ensayos de R.C.I. – calicata 01 .....	69
Tabla 30: Resultados de ensayos de R.C.I. – calicata 02 .....	71
Tabla 31: Resultados de ensayos de R.C.I. – calicata 03 .....	72
Tabla 32: Resultados de pruebas en suelo arenoso bien gradado.....	75
Tabla 33: resumen de ensayos en suelo arenoso .....	76
Tabla 34: Prueba en suelo Limo arcilloso .....	77

## RESUMEN

En esta investigación se realizó el análisis de 2 propiedades mecánicas del suelo hallado, siendo estas propiedades: *la cohesión*, determinado mediante el ensayo de Resistencia a la Compresión Inconfinada (R.C.I.), y *la resistencia a la penetración*, determinado mediante el ensayo de California Bearing Ratio (C.B.R.). Los aditivos utilizados para el estudio son: La Ceniza de Cáscara de Arroz (C.C.A.) en porcentajes variables y cal constante de 10%. La C.C.A y la cal, son agentes estabilizantes que al ser mezclados con el suelo y agua forma una propiedad similar al concreto, debido a su alto contenido de sílice dentro de sus propiedades químicas de la C.C.A. La muestra de suelo se tomó en Villa el salvador, donde se realizó 3 calicatas con el objetivo de conocer las características físicas, y analizar si el comportamiento del suelo arenoso de clasificación SP y A-3 (0), la cual, se aprecia la mejora de las propiedades mecánicas analizadas mediante la adición de C.C.A. con cal. Se determinó el porcentaje de sílice de la ceniza de cáscara de arroz, se hicieron pre pruebas al suelo con cal para obtener un óptimo contenido de cal el cuál fue 10%. Los resultados del ensayo de laboratorio arrojaron que, el tipo de suelo es arenoso pobremente gradada, también se propuso trabajar en las muestras con el 7.5%, 15%, 20% y 25% de C.C.A. y cal, la cual se determinó cuál es el óptimo contenido de C.C.A. Se determinó el valor más alto de C.B.R. con la adición del 20% de C.C.A., adquiriendo un C.B.R. de 46% y en el ensayo de la resistencia a la compresión inconfinada mejoró dándole una cohesión del 0.90 kg/cm<sup>2</sup>.

*Palabras Clave: Ceniza de cáscara de arroz, Sílice, CBR, Resistencia a la compresión Inconfinada.*

## **ABSTRACT**

In this research, the analysis of 2 mechanical properties of the soil found was carried out, these properties being: cohesion, determined by the Resistance to Unconfined Compression (R.U.C) test, and resistance to penetration, determined by the California Bearing test Ratio (C.B.R). The additives used for the study are: Rice Husk Ash (R.H.A) in variable percentages and constant lime of 10%. R.H.A and lime are stabilizing agents that, when mixed with soil and water, form a property similar to concrete, due to its high silica content within its chemical properties of R.H.A. The soil sample was taken in Villa el Salvador, where 3 pits were made in order to know the physical characteristics, and analyze if the behavior of the sandy soil of classification SP and A-3 (0), which, the improvement of the mechanical properties analyzed by adding R.H.A with lime. The percentage of silica in the rice husk ash was determined, the soil was pre-tested with lime to obtain an optimal lime content, which was 10%. The results of the laboratory test showed that, the type of soil is poorly graded sandy, it was also proposed to work on the samples with 7.5%, 15%, 20% and 25% of R.H.A. and lime, which was determined which is the optimal content of R.H.A. The highest value of C.B.R. with the addition of 20% of R.H.A, acquiring a C.B.R. of 46% and in the test of the resistance to unconfined compression it improved giving it a cohesion of 0.90 kg / cm<sup>2</sup>.

Keywords: Rice husk ash, Silica, CBR, Unconfined compressive strength.



## I. INTRODUCCIÓN

En el Perú, la geografía es muy variada, con difícil acceso a lugares rurales, en ocasiones por el tipo de suelo en el que se encuentran para construir estas vías de conexión, pues en la mayoría de veces en el que se quiere desarrollar una obra vial para conectar los lugares lejanos de las ciudades, estos cuentan con un suelo in situ que no es adecuado desde el punto de vista de la ingeniería de mecánica de suelos, por lo que se necesita trabajar el suelo para estabilizarlo, esto exige la explotación de canteras para la estabilización de los suelos y desgasta las canteras llevándolas a una explotación no controlada, además aumenta los gastos de tiempo y dinero en combustible para llevar material de cantera a la obra. O en ocasiones se desvían los caminos, trayendo también problemas, ya que generan que estos se vuelvan largos, aumenta el tiempo y el gasto de dinero en su elaboración, además en la actualidad, la tasa de vehículos es alta, por eso demandan que las vías sean rectas y seguros con suelos resistentes para la comodidad y seguridad de la gran cantidad de conductores que cuenta en el Perú. (Mendieta, 2014) en el diario Perú 21, el Perú contó con 4.83 millones de vehículos en el año 2014, esto quiere decir 156.8 vehículos por cada mil de habitantes en el Perú volviéndolo el segundo país con más vehículos por cada mil habitantes en la Comunidad Andina en ese año.

La demanda de carreteras en el Perú genera bastantes gastos y la cantidad de materiales de cantera que se usaran son muchas, (El Peruano, 2019) el presidente Martín Vizcarra busca arduamente conectar el país con carreteras para conseguir que todos los lugares rurales más distantes del Perú se encuentren unidos y se dio a conocer que en el año 2019 se contaba con un 80% de carreteras pavimentadas de los 26,800 kilómetros de la red vial nacional y un 13% de los 27,500 de la red vial departamental, además mencionó que se realizará un proyecto de 15,000 kilómetros de pavimentación en la cual se invertirá 20,000 millones de soles.

El problema de usar materiales para estabilizar los suelos cuesta y contamina o genera daños al lugar, por lo que debemos de optar por materiales económicos, accesibles y ecológicos con la zona. (Diario el correo, 2012) en una publicación dio a conocer el problema que ocurre en el tramo inicial de 34 kilómetros de la carretera Lima-Canta,

donde se observa que hubo desaparición de las canteras por no contar con un control de explotación ha causado que los suelos de la carretera cuenten con “huecos”, suelos inestables y arenosos por la desaparición del buen material con el que contaban antes y por el excesivo pase de vehículos pesados en sus vías, esto ha mostrado que las personas que usan esas vías han presentado demoras en llegar a su destino y problemas para recorrerlos. Todo esto se debe por el desinterés por el medio ambiente y evitar el uso excesivo de canteras para estabilizar suelos. Por eso debemos buscar recursos naturales, económicos y ecológicos.

El Perú es un país agrícola y un buen productor de arroz, (MINAGRI, 2018, p.2) el Perú en el año 2017 alcanzó una producción de 3 millones 39 mil toneladas y los departamentos de la costa norte son unos de los mayores productores arroceros en el Perú y a la vez produce también cáscara de arroz.

Algunos pobladores agrícolas los tienen apilados como un desperdicio, pero la cáscara de arroz al volverla ceniza tiene grandes cantidades de sílice la cual es una propiedad que aporta dureza en los cementos y puede adicionarse como reemplazo al cemento convencional al tratar de estabilizar los suelos para las carreteras de la costa sur de Lima como el distrito de Villa el salvador, donde se cuenta con suelo arenoso y es un problema en esa población. Durante una emisión de la radio RRP se entrevistó al ingeniero Rodrigo Calderón, quien es especialista en Riesgos de Desastres Naturales del Plan Metropolitano de Desarrollo Urbano de Lima y Callao, indicó que las viviendas pueden sufrir daños severos e irreparables debido a la construcción sobre suelos malos, de acuerdo al tipo de suelo, el plan determinado como 2035, bajo su investigación concluye que los distritos con mayor riesgo ante movimientos sísmico son: Callao, Ventanilla, , Chorrillos, y Lurín, Villa El Salvador, ya que en los distritos mencionados el suelo fue formado por depósitos de arenas eólicas.

## **Problema**

Planteamiento del problema general:

¿Cómo mejoran las propiedades mecánicas de la subrasante adicionando cal y ceniza de cáscara de arroz en los suelos de villa el salvador, 2020?

A partir de este problema general podemos llegar a los problemas específicos como:

¿La adición de cal y ceniza de cáscara de arroz mejora el valor de CBR en la subrasante de los suelos de Villa el Salvador, 2020?

¿La adición de cal y ceniza de cáscara de arroz mejora la resistencia a la compresión no confinada en la subrasante de los suelos de Villa el Salvador, 2020?

## **Justificaciones del proyecto**

Respecto al tipo de justificación de estudio se pretende mejorar las propiedades mecánicas de la subrasante del suelo en villa el salvador haciendo uso de la ceniza de cáscara de arroz (CCA) , la cual, será reciclada, fomentando la buena práctica de reducción de residuos sólidos, así mismos, el estudio, ayudará a reducir el uso de material de canteras, este último, es otro aspecto de impacto ambiental, el uso de elementos orgánicos y posteriormente procesados para obtenerlo como ceniza se practica nacional e internacionalmente, la cual se obtuvo información que no servirán de apoyo para el desarrollo de la tesis.

Respecto a la justificación teórica, el reconocimiento de los suelos arenoso está basado principalmente en la baja cohesión, por escasa o baja cantidad de material que pasa el tamiz N ° 200, de acuerdo con la exigencia indicado en la Norma Técnica Peruana por el RNE CE-010 PAVIMENTOS URBANOS, se realizará ensayo de California Bering Ratio (CBR), además se realizará el ensayo de compresión inconfinada para determinar la resistencia a compresión simple siendo una propiedad mecánica a evaluar con la adición de CCA. Estos procedimientos, aunque bastante práctico presenta inconvenientes de la dificultad para determinar las densidades del suelo arenoso o la capilaridad de forma confiable debido a su inestabilidad, durante

la excavación se tomará muestras en bolsas de propileno (bolsa impermeable) debidamente etiquetadas a fin de proyectar de condición de humedad real halla “in situ”.

La justificación metodológica de este estudio busca determinar el comportamiento mecánica de suelo arenoso con la adición de la ceniza de cáscara de arroz (CCA) ello a fin de establecer la influencia del aditivo en el comportamiento mecánico, siendo estas, la resistencia a la penetración y capacidad de resistencia a la compresión simple de suelo estabilizado, se realizará ensayos de California Bering Ratio (CBR) y ensayos de compresión inconfiada de suelos, lo cual, se interrelacionará los indicadores con la variable independiente, los resultados serán analizados para generar tablas de comportamiento estadístico, para que así podamos conocer a mayor detalle el grado de influencia de la ceniza de cáscara de arroz (CCA) en los suelos arenosos, que como aditivo estabilizador aportará a la explicación del comportamiento mecánico del suelo en diferentes porcentajes de adición aplicados en Villa el Salvador, los ensayos se realizarán de acuerdo siguiendo la norma técnicas peruana exigidas en el reglamento nacional de edificaciones la norma NTP la cual la normas técnica esta respaldadas por asociaciones americanas de la ASTM.

La justificación social de la presente investigación tiene como finalidad dar a conocer a los interesados que, cuando se realice la construcción de calzadas o incluso veredas, tengan el conocimiento necesario sobre el terreno de fundación o subrasante (termino referido a la capa de apoyo de suelo natural), y al ejecutarse la construcción los responsables tomen parámetro y criterios bajo el tipo de suelo hallado para una mayor seguridad ante eventos que comprometan a la estructura donde se pretende apoyar, por ello las propiedades mecánicas del suelo deben ser determinadas mediante los ensayos ya mencionados. Los resultados y conclusiones que obtendremos al ejecutar los ensayos con diferentes contenidos de porcentajes ceniza de cáscara de arroz determinarán aproximadamente el comportamiento mecánico del suelo, es decir, cuanto mejora según se añada porcentajes ascendentes de ceniza de cáscara de arroz (CCA), para cuando se obtenga los resultados, ayudará ahorrarse en los costos de ejecución de obra.

## **Hipótesis**

Para la hipótesis general he considerado lo siguiente:

La ceniza de cáscara de arroz mejora el comportamiento mecánico del suelo arenoso en la subrasante de pavimentos en villa el salvador, 2020.

A partir de esta hipótesis general podemos llegar a las siguientes hipótesis específicas:

La adición de la cal y ceniza de cáscara de arroz mejora el valor de CBR en la subrasante de los suelos de Villa el Salvador, 2020.

La adición de cal y ceniza de cáscara de arroz mejora la resistencia a la compresión no confinada en la subrasante de los suelos de Villa el Salvador, 2020.

## **Objetivos**

Para determinar el objetivo general se debe **analizar** el mejoramiento de las propiedades mecánicas de la subrasante adicionando cal y ceniza de cáscara de arroz en los suelos de villa el salvador, 2020.

A partir de este objetivo general podemos **determinar** el óptimo contenido de C.C.A y cal para alcanzar los mayores valores porcentuales de los ensayos de C.B.R. subrasante de los suelos de Villa el Salvador, 2020. Y también, **determinar** la resistencia a la compresión no confinada con la adición de cal y ceniza de cáscara de arroz en la subrasante de los suelos de Villa el Salvador, 2020.

## II. MARCO TEÓRICO

### Trabajos previos

En el ámbito internacional para poder sustentar mi proyecto de investigación se ha tomado los siguientes estudios:

Según (Okafor y Okwonko, 2009) Se realizó un estudio de la adición de la ceniza de cascara de arroz (CCA) en la muestra de un suelo laterítico recolectado en Nigeria, estos suelos eran formados por sedimentos del sótano en la época precámbrica y relativamente son de buena calidad para trabajos de construcción de carreteras. Anteriormente se menciona que la CCA se usó en un suelo de malasia con cemento y cal como estabilizadores mostrando que la CCA puede reemplazarse parcialmente de agentes estabilizadores más caros como la cal y el cemento, ya que tiene una propiedad cementosa inadecuada requerida para juntar la mezcla a una durabilidad necesaria. Con todo lo anterior mencionado realizaron una investigación sobre el efecto de la CCA en algunas propiedades geotécnicas del suelo laterítico las cuales son importantes para evaluar el rendimiento de suelos de subrasante. El estudio se realizó con un suelo de Nigeria y se trabajó allí, molieron y tamizaron la CCA a través de una apertura de 75  $\mu\text{m}$  obteniendo una composición de 67.3% de sílice. Se realizó un Proctor estándar para la prueba de compactación que también sirvió para determinar un contenido de humedad para las muestras de CBR, dentro de esto dieron a conocer las propiedades del suelo laterítico: Limite liquido 35.2%, limite plástico 18.13%, índice de plasticidad 17.07%, optimo contenido de humedad 13.8%, CBR 22.05%, SUCS SW, principal mineral de arcilla es la illita. Los resultados que obtuvieron con la adición de 0% y 12.5% de CCA en relación con la densidad máxima seca (DMS) se redujo de 2040  $\text{kg}/\text{cm}^3$  a 1689.3  $\text{kg}/\text{cm}^3$  respectivamente, esto puede atribuirse a la sustitución parcial de la muestra extraída por la CCA en la mezcla nos arroja una gravedad especifica un poco más baja de 2.25 en comparación con la muestra del suelo de 2.50, también se puede deberse al recubrimiento del suelo por la CCA que resulta en partículas grandes con huecos más grandes lo que nos da una menor densidad. El óptimo contenido de humedad (OCH) aumento con el aumento de la adición de CCA, esto puede deberse a la adición de CCA logró disminuir la

cantidad de limo libre y partes de arcilla, y formando materiales más gruesos con áreas más grandes lo que implica que se necesita más agua para compactar la mezcla de suelo con CCA.

La relación entre el contenido de CCA y el límite líquido bajo de 35.2% a 24.8% con el aumento de adición de CCA de 0% a 7.5% respectivamente, esto puede deberse al reemplazo de finos del suelo por CCA. A medida que se iba adicionando la CCA de 7,5% al 10%, el límite de líquido aumentó de 24,80% al 29,85% respectivamente, por lo que se entiende que a más CCA se requerirá más agua para convertir la mezcla en fluido. La relación entre la CCA y el índice plástico es que con el aumento de 0% a 12.5% con CCA el índice de plasticidad bajo de 17.07% a 10.02%, esto se debe a que la colocación de partículas más finas del suelo por la CCA lo que redujo el contenido de arcilla y su índice de plasticidad.

La relación de CBR y la adición de CCA, se observó que el 22.05% aumento a 80.14% en el CBR con la adición de 0% a 10% de CCA respectivamente, pero al añadirse al 12,5% se redujo su CBR de 80.14% por lo que se concluye que el CBR óptimo se obtiene con la adición del 10% de CCA, esto se puede atribuir a que el CBR aumenta con la formación gradual de compuestos cementosos en el suelo por la reacción entre la CCA y las cantidades de cal presentes en el tipo de suelo extraído, también concluyeron que la disminución del CBR por el aumento de más de 10% de CCA puede ser a que el porcentaje adicional de CCA no logro movilizar la reacción, lo que ocupa espacios dentro de la muestra y esto reduce la unión en la mezcla del suelo con la CCA. En conclusión, general en la arena bien graduada (SW), la CCA aumenta el OCH (óptimo contenido de humedad) pero disminuye la DMS del suelo, el 10% de adición de la CCA en este tipo de suelo es el óptimo y parece que la CCA funciona satisfactoriamente como agente estabilizador barato lo que se recomienda para la estabilización de suelos de subrasante en la construcción de carreteras. Los resultados de este artículo se verán en la tabla 1 y las propiedades del suelo se observaran en la tabla 2.

Tabla 1: Prueba con suelo arenoso mal gradado

ARTÍCULO	ENSAYOS REALIZADOS			
	CONTENIDO DE PULPA	CBR	% CCA	% CAL
Pruebas con suelo arenoso bien graduado (SW) según: (Okafor y Okonkwo, 2009)	suelo + 0% CCA + 0% cal	22.05	0	0
	suelo + 5% CCA	30	5	0
	suelo + 7.5% CCA	50	7.5	0
	suelo + 10% CCA	80.14	10	0
	suelo + 12.5% CCA	75-80	12.5	0

**FUENTE: Okafor y Okonkwo**

Tabla 2: Propiedades del suelo Latérico

Propiedades del suelo laterítico	
Gravedad específica	2.5
Límite líquido	35.20%
Límite plástico	18.13%
Índice de plasticidad	17.07%
Máxima densidad seca	2040
Óptimo contenido de humedad	13.80%
CBR	22.05
AASHTO	A-2-6 (0)
SUCS	SW

**FUENTE: Okafor y Okonkwo**

Según (Carvajal, Rincón y Zarate, 2018) realizaron un estudio sobre la adición de ceniza de cascarilla de arroz y material reciclado de escombro para mejorar material de afirmado de una cantera en Colombia, el propósito de su estudio fue usar materiales alternativos, tomando en cuenta que uno de los desechos más importantes en su país es la cascarilla de arroz para más tarde realizar porcentajes de CCA como aditivo y material reciclado de escombro en porcentajes 5, 10, 15 y 10, 20, 30 respectivamente para luego realizar su ensayo de CBR, el tipo de muestra que



obtuvieron de la cantera es un suelo de arena mal gradada (SW-SP), las propiedades y características de su muestra sin añadir ningún material alternativo fueron: Humedad óptima 9.8%, no presenta limite plástico, su porcentaje de limite liquido con 20 golpes es de 15.78%, con 25 golpes 27.98% y con 30 golpes 18.33%, CBR de 11.45%.

La relación de CBR con la adición de la ceniza de cáscara de arroz en un 5%, 10% y 15% arrojaron datos de 55.16%, 46.19% y 26.98% respectivamente. Los resultados de este artículo se verán en la tabla 3.

Tabla 3: Resultados de ensayos en Arena mal gradada

ARTÍCULO	ENSAYOS REALIZADOS			
	CONTENIDO DE PULPA	CBR	% CCA	% CAL
Pruebas con suelo arenoso mal graduado (SP) Según (Carvajal, Rincón y Zarate, 2018)	suelo + 0% CCA + 0% cal	11.45	0	0
	suelo + 5% CCA	55.16	5	0
	suelo + 10% CCA	46.19	10	0
	suelo + 15% de CCA	26.98	15	0

**FUENTE: Carvajal, Rincón y Zarate**

Para (Oyetola y Abdullahi, 2006) realizaron una investigación de la resistencia a la compresión de algunos bloques de arena comerciales en Nigeria con ceniza de cáscara de arroz para reducir los costos de construcción y producción de bloques de arena, para esto estudiaron la ceniza de cascara de arroz (CCA), para esto analizaron los materiales con los que son fabricados los bloques de arena con cemento portland, luego empezaron a reemplazar el porcentaje de adición de CCA (0%, 10%, 20%, 30%, 40% y 50%), observaron que mientras más añadían CCA, la resistencia disminuía, observando que lo óptimo era el 20% de adición. Los bloques de arena contienen arena natura, agua y aglutinantes como el cemento, el cual es un material caro para su fabricación, esto es una desventaja para la gente que vive en Nigeria pues la mayoría es pobre y se han visto en optar en la búsqueda del reemplazo de este material por otros alternativos fáciles de conseguir como la CCA, así son más accesibles a ellos y les dará ganancias. El nivel de pobreza que hay en África ha cambiado la manera de obtener materiales naturales y que sean eficaces para evitar grietas en las paredes de las viviendas que son construidas con bloques de arena y

CCA, en Nigeria se ha revelado que los materiales de construcción locales disponibles son: ladrillos de bloques estabilizados con cemento y cal, bloques de adobe, ladrillos de bloques de arcilla quemada, paredes in situ colocadas, cenizas de cascarilla de arroz, bloques de barro y paja, cal y piedra. Usan la leña como fuente de calor y la cascara de arroz desperdiciada del molino, la CCA ocupa del 20 al 24% del arroz producido. El uso de la CCA como reemplazo parcial del cemento proporciona un buen uso económico y ecológico, produciendo construcciones más baratas para estas personas.

Para (Sharma, Swain y Sahoo, 2012) Mencionan que las arcillas tienen un comportamiento indeseable para trabajar en la ingeniería, por su baja capacidad de carga, alta contracción y su hinchamiento y alta susceptibilidad a la humedad, la finalidad de este estudio es mejorar su resistencia mediante la adición de cenizas volantes como la ceniza de carbón, para esto es importante calcular cual sería el porcentaje óptimo de ceniza volante en el cual usaran los porcentajes de 10, 15, 20 y 25% de ceniza y para la cantidad de cal optima se realizará una prueba donde el contenido mínimo de cal de un suelo se alcanza cuando el pH de la mezcla de suelo, cal y agua con 25 g de suelo pasa a través de los tamices de 425  $\mu\text{m}$  (No. 40), un cierto porcentaje de cal y 100 g de agua destilada alcanzan 12.4. En este caso, el suelo con la dosis óptima de cenizas volantes se tomó como material base para la prueba. Realizaron estudios a un suelo arcilloso extraído de las orillas del río Jhumar, India y es clasificado como una CL arcilla limosa con un porcentaje de limo de 74.49%, arena de 13.16%, arcilla de 7.45% y grava de 0.22%, Limite liquido de 34.79%, limite plástico de 20.44%, índice de plasticidad de 13.34% y un óptimo contenido de humedad de 17.81%, densidad máxima seca de 1.77  $\text{g}/\text{cm}^3$  y una gravedad especifica de 2.63. Se obtuvo los resultados de la adición de cenizas volantes del 10% al 20% donde aumento la resistencia a la compresión no confinada del suelo aumentado de 35,28 kPa a 63,38 kPa. También se observó que si se añadía más del 20% de la ceniza la resistencia no confinada disminuía, lo que los hizo considerar que el 20% es la adición optima y el CBR del suelo aumento de 2.06% a 4.03%. El límite liquido disminuye y el límite plástico aumenta si se aumenta el

contenido de ceniza, el contenido óptimo de humedad aumenta en un 15% y la DMS aumenta en 15% aproximadamente con la adición del 20% de ceniza, en la prueba de pH, las dosis de cal variaron de no cal a 2 g de cal mezclada con agua destilada. En el medio, la dosis de cal se incrementa gradualmente hasta que el pH de esta mezcla alcanza 12.4. Las lecturas de pH se toman después de 60 minutos de agitar las mezclas durante 30 segundos a intervalos de 10 minutos, observando que el 8,5% de la cal se agrega al suelo y el 20% de la mezcla de ceniza, el valor de pH objetivo de 12,4 se logra, lo que indica 8.5% es la dosis optima de cal, con respecto a los valores de RNC y CBR aumentan en 105.2 kPa y 5.7% respectivamente. Los resultados de este artículo se verán en la tabla 4.

Tabla 4: Prueba en suelo Limo arcilloso

ARTÍCULO	ENSAYOS REALIZADOS				
	CONTENIDO DE PULPA	CBR	% CCA	% CAL	RCI
Pruebas con suelo CL limoso arcilloso según (Sharma, Swain y Sahoo, 2012)	suelo + 0% CV + 0% cal	2.06	0	0	24.73 kPa
	suelo + 10% CV + 0% cal	3.16	10	0	34.73 kPa
	suelo + 15% CV + 0% cal	3.76	15	0	38.83 kPa
	suelo + 20% CV + 0% cal	4.03	20	0	63.38 kPa
	suelo + 25% CV + 8.5% cal	4.28	25	0	45.11 kPa
	suelo + 20% CV + 8.5% cal	5.7	20	8.5	105.2 kPa

**FUENTE:** Sharma, Swain y Sahoo

Según (Rahgozar, Saberian y Li, 2017) realizan una investigación en un suelo arenoso arcilloso (SC) del área de Sejzi en Irán y su principal mineral en el suelo al 78.25% es el cuarzo, adicionando ceniza de cascarilla de arroz (0, 2, 4, 6 y 8%) y cemento portland ordinario (2, 4, 6, 8%) donde determinaran datos de compresión no confinada (CNC), CBR, contenido óptimo de humedad (COH) y máxima densidad seca (MDS) con los suelos estabilizados con días de curado de 7, 14 y 28 días, se observó que al aumentar la CCA, el COH aumento, en cambio la MDS disminuyo. La muestra del suelo tiene una compresión no confinada de 114 kPa en su punto óptimo de humedad el cual es débil para las cargas de carreteras, se busca que llegue a 345 kPa. Las propiedades del suelo fueron gravedad especifica 2.66, limite liquido 31%, limite plástico 13% y el índice plástico 18%, su contenido óptimo de humedad es 17%

y densidad seca máxima es de 1.92 g/cm<sup>3</sup>. El tipo de cemento portland usado es de (tipo I), los compuestos puzolánicos de sílice, Al<sub>2</sub>O<sub>2</sub> y Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> es de 73.36%, 0.26% y 0.96% respectivamente, sumando en total 74.58%, los 3 compuestos exceden el 70% lo que si recomienda como puzolana natural, luego para se prepara la CCA se separa las impurezas que contiene, se deja secar a la luz solar y luego se quema en un horno a 300 °C, esta etapa es de carbonización de la cascara, luego se quema la cascara de arroz carbonizada en un horno eléctrico a 650°C para eliminar por completo los carbonos. Se prepara las muestras para la adición de CCA y cemento obteniendo como resultados de CBR de muestras con porcentajes de cemento después de 7, 14 y 28 días de curado, muestran que el 8% de cemento con 28 días de curado llego a 50% de CBR lo que aumento en 10 veces del CBR sin adición de cemento, también se observó que el 8% de cemento y el 6% de CCA a los 28 días de curado alcanza un 91% de CBR, para los resultados de la compresión no confinada se determinó que el 6% de CCA y el 8% de cemento alcanza 2900 kPa a los 28 días de curado. Los resultados de este artículo se verán en la tabla 5.

Tabla 5: Resultados de ensayos con cal y ceniza de cáscara de arroz

ARTÍCULO	ENSAYOS REALIZADOS				
	CONTENIDO DE PULPA	CBR	% CCA	% CAL	RCI
Según (Rahgozar, Saberian y Li, 2017) pruebas en suelo SC arenoso arcilloso	suelo	5	0	0	114
	mezcla	19	0	2	1710
	mezcla	26	0	4	1802
	mezcla	37	0	6	1891
	mezcla	50	0	8	2178
	mezcla	59	2	2	1744
	mezcla	64	4	2	1977
	mezcla	59	6	2	2059
	mezcla	57	8	2	2261
	mezcla	65	2	4	1900
	mezcla	71	4	4	2486
	mezcla	69	6	4	2430
	mezcla	65.5	8	4	2551
	mezcla	73	2	6	2200
	mezcla	80	4	6	2842
	mezcla	88	6	6	2885
	mezcla	81	8	6	2900
	mezcla	82	2	8	1802
	mezcla	88	4	8	2039
mezcla	91	6	8	2120	
mezcla	84	8	8	2307	

FUENTE: Rahgozar, Saberian y Li

Según (Alhassan y Alhaji, 2017) en el siguiente trabajo se realizaron estudios relacionados al uso de las cenizas de cáscara de arroz como aditivo para mejorar los suelos de Nigeria, ya que lo que se busca es reemplazar los estabilizadores de suelos convencionales como el cemento y cal, para esto también se tomó en cuenta los grandes residuos agrícolas y que esta práctica sea duradera y eficiente. El tipo de suelo que predominan en la región tropical son suelos lateríticos, suelos de algodón negro los cuales son suelos expansivos que se encuentran en regiones áridas y semiáridas, predominan minerales de arcilla ilita en ellos. Para mejorar las propiedades del suelo lateríticos se tuvo que examinar la influencia de la ceniza de cáscara de arroz bien quemada, ya que en Nigeria la producción anual de arroz es de 2 millones de toneladas y se prevé que a futuro se llegue a 3.12 millones de toneladas, indicaron que la quema de cascara de arroz genera hasta un 25% de su peso en cenizas. Se observó también que el contenido de sílice en estudios anteriores de la CCA llegó hasta 84.55%. Para poder realizar este trabajo se apoyaron de algunos antecedentes científicos

Se menciona los estudios de la CCA en suelos lateríticos presentando que el porcentaje óptimo de CCA es de 17%, para estabilizar el suelo y que es económico para materiales de subbase en construcción de carreteras, también se observó que el CBR, la cohesión, el ángulo de fricción interna y la resistencia al corte del suelo laterítico aumento con el aumento de la CCA. Otras pruebas de estabilización de suelos lateríticos en Nigeria se realizaron con 2 a 8% de cemento, también con la CCA se investigó con porcentajes de 2 a 8%, estos datos arrojaron que en el en el valor óptimo del CBR se trabajó con 8% de cemento y 6% de CCA, pero para la compresión no confinada arrojó un 8% de Cemento y un 4% de CCA. También se hizo una prueba sola con la CCA el cual se empleó de 2 a 12% para la adición en el suelo. Los resultados mostraron una disminución general en la máxima densidad seca y un aumento en el óptimo contenido de humedad, se registró que se mejora ligera en el CBR y la compresión no confinada, para la compresión no confinada el porcentaje óptimo de CCA se encuentra entre 6% a 8% de CCA con un curado de 28 días, en el CBR no mojado con 6% de CCA llega a una mejora ligera.

Según (Akeke, Ewa y Okafor, 2016) En su estudio consideraron las propiedades puzolánicas de la ceniza de la cáscara de arroz de distintas fuentes diferentes de Nigeria (Ogoja, Abakaliki, Adani, Adikpo, Obubra, Makurdi y Vandikya) descubriendo que la composición química elemental varía según su ubicación en el cuál su porcentaje de sílice era 84.55%, 76.3%, 70.12%, 70.11%, 64.67%, 55.55% y 48.4% respectivamente, de aquí 4 muestras con altos contenido de sílice fueron usados como reemplazo parcial del cemento portland ordinario. Hicieron observaciones de la producción anual mundial y se estima en 500 millones de toneladas al año, de esta producción el 20% son cáscaras de arroz.

En trabajos precios vieron que al usar estos materiales puzolánicos con alto contenido de sílice podrían funcionar en pequeñas cantidades de reemplazo de cemento del 5 al 10%, mejorando su trabajabilidad y la impermeabilidad de las mezclas de concreto. También destacan que la composición porcentual de la CCA debe ser llegar o superar el 70% para funcionar como buen material puzolánico, esto se observa en la norma americana para materiales de prueba ASTM C618-78, según un análisis químico se determinó que la CCA y el OCP (concreto portland ordinario) son similares químicamente. Aquí se comparó las propiedades de cada lugar de la CCA en Nigeria con el cemento portland ordinario viendo que sus propiedades químicas eran similares excepto en la cantidad de sílice donde la CCA mostraba un porcentaje superior, en cambio la cantidad de CaO del cemento era superior a la de las CCA y en algunos compuestos eran ligeramente superiores y otros menores.

Se observó que la gravedad específica de la CCA estaba en un rango de 1.67 a 1.94 para las distintas ubicaciones, y la arena usada como agregado fino era de 2.4 y la gruesa era de 2.89, la CCA es más denso que el concreto normal, lo que confirma la ventaja de funcionar como relleno en el cemento, al contar con granos más pequeños que el OCP, por lo tanto, la CCA es menos poroso. Las pruebas de concreto con reemplazo de CCA de 5, 10, 15, 20, 25 y 30% mostraron que la resistencia a la compresión es favorable con los reemplazos de 5 a 20%, lo que indica un ahorro del concreto del 20% y también ahorro del costo de este.

Realizaron un estudio de análisis comparativo de las principales propiedades fisicoquímicas de la cascarilla de arroz, donde se rescata para este trabajo la composición mineral de las cenizas de cáscara de arroz a en Colombia mostrando en una tabla que muestra un 96,51% de contenido de sílice ( $\text{SiO}_2$ ), también se observa en una tabla realizado en California la composición mineral de la ceniza de cáscara de arroz a nivel mundial con un contenido de óxido de silicio comúnmente llamado sílice ( $\text{SiO}_2$ ) del 91% , lo cual muestra que esta ceniza contiene en su mayoría casi el 100% de sílice en su composición. (Valverde, Sarria y Monteagudo, 2007)

Se realizó una prueba con ceniza de cascara de arroz para estabilizar a un suelo de Soacha en Colombia, al cual se le hizo un análisis granulométrico arrojando un suelo de clasificación SUCS como GP (grava pobremente graduada), al suelo se le determinaron estudios siguiendo las normas de ASTM, como su humedad, límites de Atterberg y ensayo de compactación. Para obtener las cenizas de la cáscara de arroz se realizó la quema de las cáscaras de arroz a temperaturas entre  $600^\circ\text{C}$  a  $800^\circ\text{C}$ , se hizo su análisis químico a tres muestras de diferentes colores para verificar si presentaban características similares a las cenizas de cáscara de arroz que son depositadas en cerros, los ensayos químicos se realizaron bajo las normas de la ASTM, en las muestras se obtuvo que las tres arrojaron porcentajes similares en sus componentes, destacando que el sílice representaba un 97% en todas las muestras con bajos márgenes de diferencia entre ellos, más tarde la muestra de ceniza debe ser molida para que cumpla con la finura similar a la del cemento y cumplir con las normas ASTM C 430 y ASTM C 618. (De la Pared, 2013)

Presentaron las características del suelo de arenoso de una cantera en Montevideo-Uruguay, con la mezcla de la CCA (ceniza de cáscara de arroz) y la cal para estudiar sus propiedades físicas y mecánicas de esta mezcla, buscando una solución más económica para pavimentos de un bajo tránsito y que a la vez se reduzca el volumen de residuo de la CCA, para esta investigación se estudiaron las propiedades de la CCA y la cal, a estos se les harán estudios de CBR, RCI y a la tracción diametral y

durabilidad. Primero observaron las propiedades de CCA y su mineralogía por medio del difractograma de rayos-x en la cual se pudo ver picos característicos de cristobalita (un tipo de sílice) y carbón, las propiedades de sílice amorfa de la CCA pueden reaccionar químicamente con los iones de calcio de la cal, dándoles propiedades cementantes que estabilizan el suelo arenoso, la cal contiene 66% de óxido de calcio y en un 5,3% por óxido de magnesio. Se realizaron tres mezclas con el suelo arenoso: suelo + 15% de CCA + 5% de cal, suelo + 20% CCA + 5% de cal y suelo + 20% CCA + 10% de cal. Las probetas del suelo se le hizo un ensayo Proctor normal y a las mezclas se las compactaron, adecuándose para los parámetros necesarios para el ensayo Proctor normal, se hizo la prueba de CBR al suelo arenoso obteniendo como resultado un 9% de valor de CBR y se comparó con la mezcla de suelo + 20% CCA + 10% de cal dando un resultado de 25%, aumentando 2,8 veces en relación a la mezcla del suelo arenoso únicamente, esto es posible que las reacciones del sílice y los iones de calcio de la cal mejoran la capacidad de soporte del suelo, dando como conclusión que con esa mezcla el material puede ser empleado como sub-base. Los resultados de la RCI del suelo sin tratar son de 14 kPa, en cambio el RCI de las 3 mezclas se observa un aumento constante y de igual manera si su tiempo de curación es mayor, se obtuvo el mayor valor de la RCI de la muestra de suelo + 20% CCA + 10% con un tiempo de curación de 56 días fue de 276 kPa, 20 veces más al valor del suelo sin tratar. La resistencia a la tracción por compresión diametral se observó el máximo valor a la mezcla de suelo + 20% CCA + 10% con 56 días de cura, dando 95 Kpa, se llegó a la conclusión que los materiales arenosos, CCA y la cal son utilizables para la construcción de capas para pavimentos de bajo o mediana o tránsito, además que las mezclas de CCA y cal generan productos cementantes debido a las reacciones entre estas. (Behak y Peres, 2008). Los resultados de este artículo se verán en la tabla 6 y las características de su suelo se observará en la tabla 7.



Tabla 6: Resultados de pruebas en suelo arenoso bien gradado

ARTÍCULOS ENCONTRADOS	ENSAYOS REALIZADOS				
	CONTENIDO DE PULPA	CBR	% CCA	% CAL	RCI
Pruebas con suelo arenoso (SW - SM) según: (Behak y Peres, 2008)	suelo + 0% CCA + 0% cal	9	0	0	14 Kpa
	suelo + 15% de CCA + 5% de cal	no hay dato	15	5	140 Kpa
	suelo + 20% CCA + 5% de cal	no hay dato	20	5	190 Kpa
	suelo + 20% CCA + 10% de cal	25	20	10	276 Kpa

**FUENTE: Behak y Peres**

Tabla 7: Características del suelo arenoso bien gradado

PROPIEDADES DEL SUELO	
Distribución Granulométrica	
Grava	1.40%
Arena	92.10%
Limo	0.90%
Arcilla	5.60%
Propiedades físicas	
Índice plástico	0
Gravedad específica	2.65
Clasificación	
SUCS	SW-SM
AASHTO	A-1-b (0)

**FUENTE: Behak y Peres**

En su resultado indicó que, al adicionar ceniza de cáscara de arroz al suelo en reemplazo del cemento, este último necesitó mayor tiempo para el fraguado el uso de ceniza de cascara de arroz se adicionó en múltiplo de 10, es decir 10%, 20% y 30 %, este tiempo solicitado fue significativo para los suelos el efecto incrementa al ir adicionando mayor cantidad de ceniza de cascará de arroz, en cuanto a la resistencia de compresión simple o resistencia no confinada, la resistencia disminuyó al sustituir la ceniza de cascara de arroz por el cemento portland, además , el tiempo de fraguado al termino de día 28 no concluyó, ello indica que para el fraguado del suelo con la adición de la ceniza se recurría a más tiempo para fines de análisis se considerará la resistencia a partir de los 7 días de fraguado, ya que ello representa el 70% a 80% de la resistencia final, el comportamiento del suelo varía de acuerdo a sus propiedades físicas, por ello para el análisis realizaremos ensayos que

identifiquen las propiedades mencionadas para obtener mayor data para el reporte del estudio. (Chun, Hilmi, Md Ghazaly p. 2019)

En el estudio realizado consta en la adición de fibra de coco y sisal ello es para la finalidad de mejorar la propiedad mecánica de compresión simple, el estudio se planteó para suelos arenosos, donde la cohesión entre partículas es poco apreciable, en el desarrollo de la investigación se determinó que el aumento de la fibra de coco aportó en la deformación axial, la probeta de suelo adquirió mayor resistencia de tensión entre partículas, para el estudio se realizó la sustitución total de polímero por la fibra, los resultados fueron mejorando a comparación con el uso parcial de cada aditivo, además, cabe resaltar que el tipo de falla representa la mejora del suelo estabilizado, ello debido a que el suelo se dividió en varios segmentos por macrogrietas falla, ello por el abultamiento, y torsión, el refuerzo del polímero de atribuyó a la envoltura y unión de la membrana de polímero. (J. Liu. 2019)

En el desarrollo de los efectos que genera la ceniza de cáscara de arroz en suelos blandos, donde se busca estabilizar ante efectos de cargas externas además de la caracterización de suelo agua, la investigación arrojó resultados favorables y significativos en cuanto a la resistencia no confinada, el suelo estabilizado fue generado con cal, el impacto que generó este último es mayor para hallar el contenido óptimo de ceniza de cáscara de arroz (CCA) se trabajó con el 2%, 4% 6% los porcentajes de cal fueron 3%, 5%, 7% respectivamente, se determinó que la curva de suelo – agua aumenta debido a los porcentajes manejados, por otra parte de observa que el valor de entrada de aire y el contenido de agua es más pronunciada, se ha hallado que el tamaño de poro sea más uniforme por efecto la estructura del suelo más compacta, ello ayuda a que el suelo sea más resistente ante cargas, otra propiedad mecánica que ha aumentado es la cohesión, en efecto el suelo con los aditivos supera la cohesión de sin aditivos, en principio la cohesión aumenta significativamente, posteriormente esta baja, pero no al grado de la que tiene sin los aditivos. Las características que cambian con la adición de la ceniza de cáscara son la cohesión

mejorada por cementación y rellenos de poros con minerales aglomerados. (X. Jiang, Z. Huang, X. Luo, 2019).

Se ha realizado un estudio de suelo estabilizado con ceniza de cáscara de arroz en un suelo arenoso con limo de acuerdo a la clasificación SUCS, se determinó el óptimo contenido de ceniza de cascara de arroz, siendo este 12%, la resistencia del suelo a la compresión confinada no subió considerablemente, debido a la falta de adherencia, el suelo arenoso con presencia de limos, arrojó valor de máxima densidad  $1.83\text{kg/cm}^2$  y óptimo contenido de humedad de 15.4% y el suelo estabilizado redujo su densidad a  $1.435\text{kg/cm}^2$  y el óptimo contenido de humedad ascendió a 24% la variación de la esfuerzo también se reduce con la adición de la ceniza de cáscara de arroz, el análisis del estudio de dio en la ciudad de Colombia, se realizó el análisis comparativo de suelo natural con el óptimo contenido de ceniza de cáscara de arroz además de la cantidad de golpes por punto de ensayo de CBR es decir a 12 golpes - 25 golpes – 56 golpes el estudio concluye que la ceniza no es apropiado para estabilizar mediante la resistencia inconfiada.( C. Aponte, B. Calderón).

En la investigación se tomaron 38 muestras, estaban compuestas entre arcillas limos de alta y baja plasticidad, la consistencia entre blanda y dura, los suelos fueron tomados para a fin de obtener resultados de límites de líquidos de rangos de 26% a 93%, índice de plasticidad entre 4% y 57%, lo cuales los ensayos a la compresión no confinando variaron entre  $0.10\text{ kg/cm}^2$  y  $6.6\text{ kg/cm}^2$ , en el estudio se obtuvo 2 correlaciones para determinar el valor relativo de resistencia a la penetración, mediante el método de CBR, para suelos fino de forma inalterada el ensayo se efectuó mediante el procedimiento de compresión no confinada, con los resultados arrojados se midieron o determinaron el valor de CBR, este mediante la raíz cuadrada, permitió obtener un coeficiente de determinación ( $r^2$ ) igual a 0.83, para los ensayos de CBR saturado utilizó el logaritmo, con el  $r^2$  obtenido fue de 0.67, los resultados saturados siempre serán inferiores debido a que el suelo queda embebido, el suelo de compresión no confinada se realizó mediante condiciones de humedad natural, según la revista, menciona que la correlación arroja resultados independiente del tipo de

suelo al que se le realice el ensayo de compresión inconfiada, también se buscaron la correlación de otros valores de resultados de ensayos tales como los límites de consistencia, esta última no tuvo mejor resultado como la de la presión inconfiada. (E. Sandoval, w. Rivera, 2019)

Para sustentar mi proyecto de investigación he considerado los siguientes estudios previos nacionales realizados en Perú:

Según (Alvarado y Guerra, 2018) realizaron estudios del suelo arenosos en la provincia de Virú, en el departamento de la libertad, con sedimentos y con la adición de ceniza de cascara de arroz (CCA) y residuos calcáreos de conchas de abanico (RCCA) ya que las valvas son arrojadas a lugares inhóspitos ocasionando contaminación ambiental, el tipo de suelo encontrado es una arena pobremente graduada (SP) según la clasificación SUCS, a esta muestra de suelo se le añadió porcentajes de sedimentos recolectados de una poza de clarificación de aguas (30%, 35%, 40% y 45%) y luego se trabajó con porcentajes de CCA de (0%, 4%, 6% y 8%) y también con RCCA en porcentajes de (0%, 1%, 1.5% y 2%) para estudiar la compactación Próctor estándar, CBR, la resistencia a la compresión no confinada y resistencia a la compresión triaxial.

La muestra recolectada contenía una gravedad específica de 2.66, humedad natural no pasaba el 2%, densidad seca máxima era de 1.76 g/cm<sup>3</sup>, límite plástico no presentaba, límite líquido no presentaba, índice de plasticidad no presentaba y el suelo está conformado con 99.4% de arenas, 0.6% de limo y/o arcilla y 9% de grava. Los datos de los sedimentos arrojaban límite líquido 36%, límite plástico 24.2%, índice de plasticidad 11.9%, gravedad específica 2.74, densidad seca de 1.84 g/cm<sup>3</sup>, arena 4.5% 67% de limo y 28.5% de arcilla, su clasificación según SUCS es limo inorgánico (ML). Observaron que la mejor proporción suelo-sedimento era 65-35% esto lo observaron en el aumento del índice de CBR, de acuerdo a esta proporción de sedimento empezaron a trabajar. En su trabajo se observó un aumento del CBR, donde se visualizó que la adición de 8% de CCA y 2% de RCCA dio un resultado máximo de CBR de 145%, para la compresión no confinada se observó que la adición

del 6% de CCA y 2% de RCCA a los 14 días de curado alcanzo 19.03 kg/cm<sup>3</sup> lo cual mostró el resultado máximo de la compresión no confinada. Estos resultados demuestran que se produjeron reacciones puzolánicas del contenido de sílice en las CCA y los iones de calcio de los RCCA. Los resultados de este artículo se observarán en la tabla 8.

Tabla 8: Resultados de CBR en mezclas de suelo con cal(sedimentos)

suelo arenoso	muestras realizadas	CBR	%CCA	%RCCA
Suelo SP con 35% de sedimentos: Alvarado y Guerra (2018)	mezcla suelo + 35% sedimentos	6.9	0	0
	mezcla suelo + 35% sedimentos	37.36	4	1
	mezcla suelo + 35% sedimentos	49.55	4	1.5
	mezcla suelo + 35% sedimentos	95.59	4	2
	mezcla suelo + 35% sedimentos	70.11	6	1
	mezcla suelo + 35% sedimentos	87.05	6	1.5
	mezcla suelo + 35% sedimentos	133.97	6	2
	mezcla suelo + 35% sedimentos	84	8	1
	mezcla suelo + 35% sedimentos	135.03	8	1.5
	mezcla suelo + 35% sedimentos	144.62	8	2

**FUENTE: Alvarado y Guerra**

Se realizó un estudio con la ceniza de cascara de arroz y cal, el estudio se realizó en la ciudad de Chimbote, los suelos de acuerdo a sus ensayos son de clasificación SUCS son arenosos entre ellos SP y SP-SM, para la clasificación AASTHO los suelos se determinaron como A3(0), el suelo no es de buena gradación para lo cual la ceniza de cáscara de arroz aportará en la uniformidad, la cal como se conoce aportará para aumentar la cohesión entre partículas, según los resultados con la adición de ceniza de cáscara de arroz y la cal la densidad disminuye para el caso de cal 2% y ceniza 5% su resultado de óptimo contenido de humedad es de 1.701kg/cm<sup>2</sup> y 8.3%, al observar el resultado del suelo con cal 6% y ceniza de la cáscara de arroz 5%, el resultado es 1.595kg/cm<sup>2</sup> y el óptimo contenido de humedad es de 11.25%. los resultados no obedece a una razón de variación, pero se entiende que la ceniza mayor sea su porcentaje mayor menor será su densidad y valor de C.B.R. (G. Esquivel, M. GÁMEZ, 2019), Los resultados de este artículo se pueden visualizar en la tabla 9.

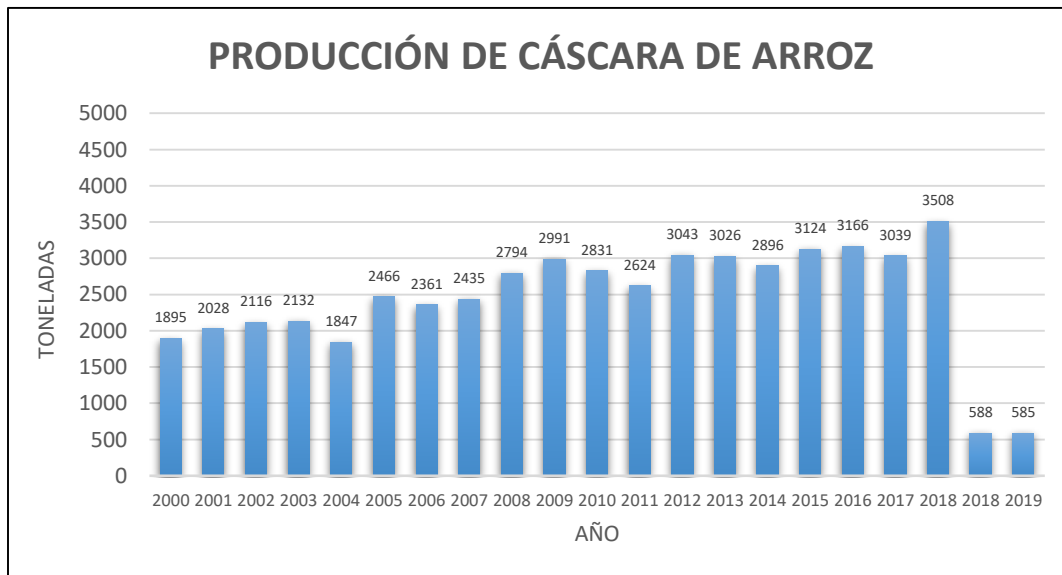
Tabla 9: Resultados de mezcla en suelo arena-limoso con cal y CCA

Tipo de Suelo	Muestra de suelo	%CCA	%CAL	%OCH	Densidad
Suelo SP-SM: (Esquivel y GÁMEZ, 2019)	suelo + 5% CCA + 2% CAL	5	2	8.3	1.701
	suelo + 5% CCA + 6% CAL	5	6	11.25	1.595

**FUENTE:** Esquivel y GÁMEZ

El Perú, en el último análisis estadístico se ubica en el puesto 20 en la producción de arroz, en cuanto a la cáscara de arroz ha habido una decaída significativa, debido a una crisis de precio ello debido al impacto del fenómeno del niño, se presentará la producción de cáscara de arroz. Véase la tabla 10 para el gráfico de producción de cáscara de arroz por año.

Tabla 10: Producción de cáscara de arroz



**Fuente:** Boletín commodities de arroz 2019

Para el estudio de la subrasante en la ciudad de Abancay, donde el suelo es de carácter fino, se realizó la estabilización con cal, se apreció que a mayor uso de la cal menor será el óptimo contenido de humedad, para los ensayos de límites de consistencia la variación es muy ligera, en los resultados se observa que la adición de cal genera aumento de la densidad el suelo analizado inicia con 2.15 kg/cm<sup>2</sup> al 0% de cal, al 8% de cal el suelo aumenta hasta 2.40 kg/cm<sup>2</sup>, los óptimos contenidos de humedad no presenta variación significativa, lo que nos da a entender que el valor de CBR también aumenta, el aumento es abrupto, el suelo por ser suelo fino, el valor de CBR es de 5% con la adición de 8% el suelo llega a 140%, el comportamiento del suelo se debe a que la cal funciona como cementante dándole mayor resistencia, para conocimientos de la cal necesaria se ha realizado en el ensayo de EADES & GRIM (ASTM D-6276), el suelo con Ph óptimo para estabilizar los suelos es de 12.4(J. López, G. Ortiz, 2018). Los resultados de este artículo se pueden visualizar en la tabla 11.

Tabla 11: Resultados con 8% cal

Artículo Nacional	Muestra de suelo	CBR	%CAL	Densidad
Suelos finos: (J. López, G. Ortiz, 2018)	suelo + 0% CAL	5	0	2.15
	suelo + 8% CAL	140	8	2.4

**Fuente: J. López, G. Ortiz**

Para la identificación y determinación de las propiedades de la muestra obtenida de Villa el Salvador se realizó un análisis granulométrico para determinar la distribución en porcentajes relacionado al peso de partículas de cada tamaño. Para esto se usa la norma técnica peruana aplicada para la determinación es NTP: 339.128 Para Sánchez (2008) “Determinación del porcentaje en peso de granos o partículas de cada tamaño.” (p.10). En la tabla 12 se puede observar el formato del análisis granulométrico.

Tabla 12: Cantidad mínima para los ensayos gradación

TAMAÑO MÁXIMO		CANTIDAD MÍNIMA RETENIDA EN EL TAMIZ ( N°10) 2,00 mm
NOMINALES	REDONDEADOS	
9,5 mm (3/8")	10 mm	500 g
19,0 mm (3/4")	20 mm	1000 g
25,4 mm (1")	25 mm	2000 g
38,0 mm (1. 1/2")	40 mm	3000 g
50,8 mm (2")	50 mm	4000 g
76,2 mm (3")	80 mm	5000 g

**Fuente: Manual de ensayos de materiales**

Determinaremos el porcentaje de humedad in situ en la cual está relacionado con clima y el tipo de suelo que recolectamos, los tipos de suelos con mayores finos retienen poca agua y suelos con escasos porcentajes de finos retienen demasiada agua en los vacíos entre sus partículas ya que no tiene partículas finas que ocupan ese espacio, el procedimiento se realizará en relación al peso seco debido a que el peso seco es el único peso que se mantiene constante, de esta manera el contenido de humedad podrá ser calculado sin necesidad de establecer parámetros de suelos humedecidos ya que esta podría traer márgenes de error y ocasionar malos resultados. La norma técnica peruana aplicada para la determinación es 339.127.

El contenido de humedad es el porcentaje de agua que contiene el suelo incluyendo en agua atrapado en los vacíos entre las partículas de suelos, el porcentaje de humedad estará basado en relación al peso seco debido a que el peso seco es el único peso que se mantiene constante, de esta manera el contenido de humedad podrá ser calculado sin necesidad de establecer parámetros de suelos humedecidos ya que esta podría traer márgenes de error y ocasionar malos resultados. La norma técnica peruana aplicada para la determinación es 339.127.

Según Crespo (2004) nos menciona que “el contenido de humedad se determina pesando una muestra representativa del suelo en su estado húmedo, secando luego dicha muestra a peso constante en un horno a una temperatura de 100° a 110°C y pensándolo después. La diferencia entre el peso de la muestra antes y después de secado al horno representa el peso del agua que contenía la muestra. Este peso del agua expresado como porcentaje del peso seco de la muestra proporciona el



contenido de humedad.” En la tabla 13 se puede observar el formato para la determinación de humedad.

Tabla 13: Pesos mínimo para determinación de humedad

MÁXIMO TAMAÑO DE PARTÍCULA (PASA EL 100%)	TAMAÑO DE MALLA ESTÁNDAR	MASA MÍNIMA RECOMENDADA DE ESPÉCIMEN DE ENSAYO HÚMEDO PARA CONTENIDOS DE HUMEDADES REPORTADOS	
		A +/- 0.1%	A +/- 1%
2 mm o menos	2,00 mm (N° 10)	20	20 g *
4,75 mm	4,76 mm (N° 4)	100	20 g *
9,5 mm	9,525 mm (3/8")	500	50 g
19,0 mm	19,05 mm (3/4")	2,5	250 g
37,5 mm	38,10 mm (1 1/2")	10	1 kg
75,0 mm	76,20 mm (3")	50	5 kg

NOTA.- \* SE USARÁ NO MENOS DE 20 g PARA QUE SEA REPRESENTATIVO

**Fuente: Manual de ensayos de materiales**

Para los ensayos de los límites de consistencia, se debe realizar lo normado por la norma técnica peruana 339.129, para los límites líquidos y plásticos.

Se procedió a realizar el ensayo de límite líquido normado por la norma NTP 339.129 (norma técnica peruana) y también por la norma ASTM D-4318, el suelo preparado se tamizó por la malla N° 40 el cual el suelo pasante por esta malla se humedeció dejando reposar 24 horas, posteriormente el suelo se vertió en la copa Casagrande siguiendo el procedimiento de la norma indicada. Se realizó un surco con el acanalador, posteriormente se procedió a girar la ménsula que genera una caída de 1 cm de la copa Casagrande a razón de 2 golpes por segundo, se tomará muestras en los rangos de golpes de 15-20, 20-25, 25-30 y 30-35. Se deberá determinar los contenidos de humedad para los rangos mencionados a fines de generar una gráfica en la tabla semilogarítmica ya que en los ejes de ordenadas los números de golpes son logarítmicos y en el eje de las abscisas los contenidos de humedad son aritméticas.

Se determinará el contenido de humedad para cada rango de golpes en una estufa que mantenga una temperatura de 105 °C, las muestras serán sometidas a la temperatura mencionada durante 24 horas hasta mantener un peso constante para garantizar que el suelo haya sido totalmente deshidratado (suelo en estado seco). El límite líquido será la proyección del número de golpes 25 hacia el gráfico generado

la cual nos proyectará el contenido de humedad correspondiente para unir el surco 12,7 milímetros (1/2 pulgada aproximadamente), tal como nos indica el procedimiento normado. La norma Técnica Peruana NTP (1999) menciona que el límite líquido “es el contenido de humedad expresado en porcentaje, para el cual el suelo se halla en el límite entre los estados líquido y plástico.” (p. 3).

Posteriormente para la muestra de suelo se realiza el ensayo de límite plástico para observar cuando la muestra pasa de estado semisólido a uno plástico para

La norma Técnica Peruana NTP (1999) menciona que el “límite plástico, es el contenido de humedad expresado en porcentaje para el cual el suelo se halla en el límite entre los estados plástico y semisólido”. (p. 3).

Se considera límite plástico al suelo con un determinado contenido de humedad, que al ser rolado en forma de cilindros de diámetros 3.2mm, estas presentan fisuras, estas fisuras indican que están próximo a dejar de tener un comportamiento plástico a pasar tener un comportamiento en estado sólido. La norma técnica peruana aplicada para la determinación es 339.129

La norma Técnica Peruana NTP (1999) menciona que el índice de plasticidad, es el rango de contenido de humedad sobre el cual un suelo se comporta plásticamente. Numéricamente es la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico.”. (p. 3).

El índice de plasticidad nos ayudará a entender el comportamiento del suelo en estado plástico ya que 2 suelos pueden tener el mismo límite plásticos mas no el mismo índice de plasticidad, el índice de plasticidad dependerá de resta de los límites líquido y límite plástico, mientras mayor sea el índice de plasticidad, mayor será deformación tendrá el suelo. La norma técnica peruana aplicada para la determinación es 339.129. En la tabla 14 se puede ver los pesos mínimos para el correspondiente ensayo de límites de consistencia.

Tabla 14: Pesos mínimos para ensayos de Límites de consistencia

ENSAYO	CANTIDAD EN GRAMOS
LÍMITE LÍQUIDO	100
LÍMITE PLÁSTICO	15
LÍMITE DE CONTRACCIÓN	30
ENSAYO DE VERIFICACIÓN	65

**Fuente: Manual de ensayos de materiales**

Para la muestra es necesario clasificarla para poder realizar una correcta descripción con el tipo de suelo que tenemos y así poder explicar lo que ocurre en ese tipo de suelos. Si el suelo retiene mayor del 50% en el tamiz N°200 se considera suelo granular, caso contrario el suelo se codera suelo fino, si el suelo retiene más del 50% en el tamiz N°4 después de determinar que el suelo es granular .se considera suelo gravoso caso contrario suelo arenoso, los símbolos de la clasificación SUCS son: para las gravas G, para las arenas S para los limos M, para las arcillas C, de acuerdo a la tabla de clasificación se determina el símbolo de para su clasificación de suelos, dentro de la clasificación de suelos también se debe recurrir a la clasificación por el sistema ASOCIACIÓN AMERICANA DE AGENCIAS OFICIALES DE CARRETERAS Y TRANSPORTES (AASTHO), donde las mallas a usar para la clasificación son: N°10, N°40, N°200, el criterio para la clasificación es el siguiente: para considerar a un suelo como granular el porcentaje retenido en la malla N°200 debe ser superior a 35% de caso contrario será limo-arcilloso, el uso de las mallas N°40 y N°10 hará referencia a los grupos de clasificación se presenta las tablas de clasificación tanto por el sistema de clasificación SUCS Y ASSTHO.

La clasificación de suelos está basado a los porcentajes retenidos en las mallas o pasante una determinada malla, el SISTENA UNIFICADO DE CLASIFICACION DE SUELOS (SUCS) divide a los suelos mediante el porcentaje retenido en las mallas N°4 y N°200, donde el criterio de clasificación se observa en las siguientes tablas: véase en la tabla 15 la carta de clasificación AASTHO y en la tabla 16 la carta de clasificación S.U.C.S.

Tabla 15: Carta de Clasificación AASTHO

CLASIFICACIÓN GENERAL	MATERIAL GRANULARES (35% O MENOS DEL TOTAL PASA EL TAMIZ N°200)							MATERIAL LIMO-ARCILLOSOS (MÁS DEL 35% DEL TOTAL PASA EL TAMIZ N°200)			
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
CLASIFICACIÓN DE GRUPO	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5*
											A-7-6
PORCENTAJE DE MATERIAL QUE PASA EL TAMIZ											
N° 10	50 max										
N° 40	30 max	50 max	51 min								
N° 200	15 max	25 max	10max	35 max	35 max	35 max	35max	36 min	36 min	36 min	36 min
FRACCION QUE PASA EL TAMIZ N° 40 Límite Líquido ÍNDICE DE PLASTICIDAD				40 max 10 max	41 min 10 max	40 max 11 min	41 min 11 min	40 max 10 max	41 min 10 max	40 max 11 min	41 min 11 min
Indice de Grupo(b)	0		0	0		4 max		8 max	12 max	16 max	20 max

(b) índice de grupo =  $IG = 0.2a + 0.005ac + 0.01bd$

**Fuente: Josephe E. Bowles manual de laboratorio de suelos**

Tabla 16: Carta de Clasificación S.U.C.S.

DIVISIONES MAYORES		SÍMBOLO DE GRUPO	NOMBRE TÍPICO	CRITERIOS DE CLASIFICACIÓN PARA SUELOS GRANULARES			
SUELOS DE GRANOS GRUESO (MÁS DE 50% DEL MATERIAL ES MAYOR QUE EL TAMIZ N° 200)	GRAVA (MÁS DE LA MITAD DE LA FRACCIÓN GRUESO ES MAYOR QUE EL TAMIZ N° 4)	GRAVAS LIMPIAS (POCO O NINGÚN FINO)	GW	GRAVA BIEN GRADADA, MEZCLA GRAVOSA, POCO O NINGÚN FINO	$Cu = D_{60}/D_{30} > 4$ $Cc = 1 < D_{30}/D_{10} * D_{60} < 3$		
			GP	GRAVAPOBREMENTE GRADADA, MEZCLA GRAVA - ARENA, POCO O NINGÚN FINO	NO CUMPLE TODOS LOS REQUISITOS DE GRADACIÓN PARA GW		
		GRAVAS CON FINOS (CANTIDAD APRECIABLE DE FINOS)	GM	d	GRAVAS LIMOSAS, MEZCLA GRAVA ARENA - LIMO	LÍMITES DE ATTERBERG POR DEBAJO DE LA LÍNEA A ó $Ip < 4$	A LOS MATERIALES SOBRE LA LÍNEA A CON $4 < Ip < 7$ SE CONSIDERA DE FRONTERA Y SE LES ASIGNA DOBLE SÍMBOLO
				u			
	GC	GRAVA ARCILLOSA, MEZCLA GRAVA - ARENA - ARCILLOSAS	LÍMITES DE ATTERBERG POR ENCIMA DE LA LÍNEA A ó $Ip > 7$				
	ARENAS (MÁS DE LA MITAD DE LA FRACCIÓN GRUESO ES MENOR QUE EL TAMIZ N° 4)	ARENAS LIMPIAS (POCO O NINGÚN FINO)	SW	ARENA BIEN GRADADA, MEZCLA GRAVOSA, POCO O NINGÚN FINO	$Cu = D_{60}/D_{30} > 6$ $Cc = 1 < D_{30}/D_{10} * D_{60} < 3$		
			SP	ARENAPOBREMENTE GRADADA, MEZCLA GRAVA - ARENA, POCO O NINGÚN FINO	NO CUMPLE TODOS LOS REQUISITOS DE GRADACIÓN PARA SW		
		ARENAS CON FINOS (CANTIDAD APRECIABLE DE FINOS)	SM	d	ARENA LIMOSAS, MEZCLA GRAVA ARENA - LIMO	LÍMITES DE ATTERBERG POR DEBAJO DE LA LÍNEA A ó $Ip < 4$	
				u			
		SC	ARENA ARCILLOSA, MEZCLA GRAVA - ARENA - ARCILLOSAS	LÍMITES DE ATTERBERG POR ENCIMA DE LA LÍNEA A ó $Ip > 7$			
SUELOS DE GRANOS FINOS (MÁS DE 50% DEL MATERIAL ES PASA QUE EL TAMIZ N° 200)		LIMOS Y ARCILLAS (LÍMITE LÍQUIDO $LL < 50$ )	ML	LIMOS INORGÁNICOS Y ARENAS MUY FINAS, POLVO DE ROCA, ARENAS FINAS LIMOSAS O ARCILLOSAS, O LIMOS ARCILLOSOS CON POCA PLASTICIDAD	CURVA DE GRANULOMETRÍA 2.-DEPENDIENDO DEL PORCENTAJE DE FINO (FRACCIÓN MENOR QUE EL TAMIZ N°200 LOS SUELOS GRUESOS SE CLASIFICAN COMO SIGUE: MENOS DEL 5% -GW, GP, SW, SP, MÁS DEL DEL 12% GM, GC, SM, SC DE 5% A 12% - CASOS DE FRONTERA QUE REQUIEREN DOBLE SÍMBOLO		
	CL		ARCILLA INORGÁNICA DEL PLASTICIDAD BAJA A MEDIA ARENOSA, ARCILLA LIMOSA, ARCILLAS MAGRAS				
	OL		LIMOS ORGÁNICOS, ARCILLAS LIMOSAS ORGÁNICAS DE BAJA PLÁSTICIDAD				
	LIMOS Y ARCILLAS (LÍMITE LÍQUIDO $LL > 50$ )	MH	LIMO INORGÁNICO, SUELOS LIMOSOS O ARENOSOS FINOS MICÁCEOS O DIATOMÁCEOS SUELOS ELÁSTICOS				
		CH	ARCILLAS INORGÁNICAS, DE ALTA PLÁSTICIDAD, ARCILLAS GRASAS				
		OH	ARCILLAS INORGÁNICAS DE PLÁSTICIDAD MEDIA A NULA, LIMOS ORGÁNICOS				
		PT	TURBA Y OTROS SUELOS ALTAMENTE ORGÁNICOS				

Fuente: Josephe E. Bowles manual de laboratorio de suelos

Para esta investigación se ha aplicado el ensayo Próctor a la muestra de suelo en la cual para hacer este ensayo es necesario recoger los datos de granulometría para poder elegir entre cuál de los 3 métodos se usará, el ensayo se ejecuta con al menos 4 muestras con distintos porcentajes de humedad, todos se compacta con una variación de 2% de agua con respecto al suelo seco, además de ella se deberá

compactar con la misma energía de compactación, el gráfico debe generar una curva donde las densidades deben ascender y posteriormente decaer a fin de determinar el punto máximo de densidad y óptimo contenido de humedad.

Según Montoya (2010) “El Ensayo Próctor es una prueba de laboratorio que sirve para determinar la relación entre el contenido de humedad y el peso unitario seco de un suelo compactado.” (p.33).

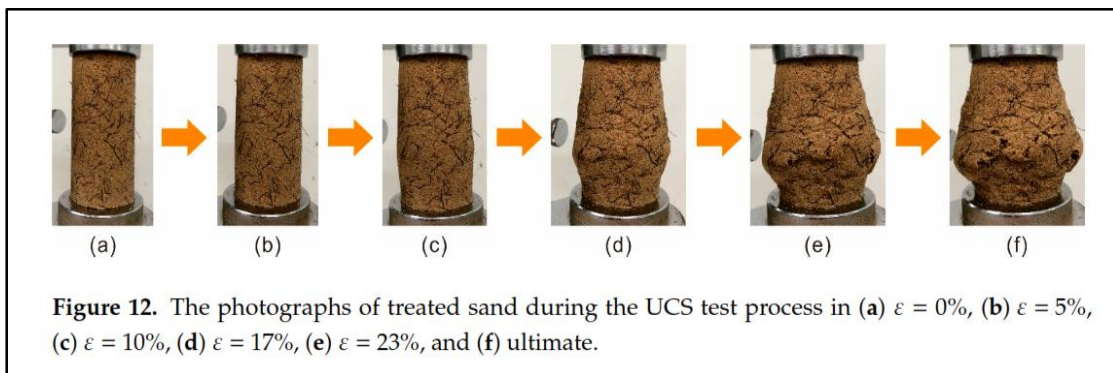
Para la realización del ensayo se debe conocer el método a trabajar la cual dependerá de la granulometría o para ser más exacto de los porcentajes retenidos en las mallas siguientes 3/4”, 3/8” y N°4.

Luego de haber realizado el ensayo de Próctor, se realiza el ensayo de California Bearing Ratio (C.B.R), el ensayo constará de 3 muestras previamente tamizada siendo para el caso del análisis por la malla N°4 debido a la clasificación del suelo, el suelo hallado se trata de un suelo con material menor de 20% retenido en la malla mencionada, el suelo en estado seco se tomará el valor de 6.0kg se le añadirá el agua necesaria para lograr obtener el óptimo contenido de humedad, y mediante la energía de compactación someter el suelo a condiciones de máxima densidad seca para la muestra 1, este procedimiento de humedecimiento y compactación se aplicará para las muestras 2 y 3, la diferencia para los suelos se aplica en la energía de compactación la cual está en función del número de golpes, los golpes para cada suelo compactado es de 56; 25 y 12, para fines de corroboración y corrección de ser necesario se deberá controlar el contenido humedad mediante el método normado para determinación de contenido de humedad, posteriormente de la compactación el suelo deberá reposar en agua, condicionando su resistencia frente la inmersión, se controlará la expansión de suelos al termino del cuarto día, el suelo deberá mantenerse sumergido durante 4 días, culminado su ciclo el suelo se someterá a penetración tomando los datos de carga los cuales generarán graficas que nos permitan determinar el porcentaje de penetración a 0.1” y 0.2” así mismo los porcentajes al 100% y 95% con respecto a la máxima densidad seca (MDS), el proceso mencionado se seguirá para los porcentajes planteado con ceniza de

cáscara de arroz y cal, el proceso de realización explicado está basado en la norma técnica peruana 339:146, ASTM 1883.

El objetivo de este ensayo es determinar la resistencia última del suelo siendo está en condiciones alteradas o inalteradas aplicando carga axial pudiendo ser de cualquier método, de resistencia controlada o deformación controlada, el suelo debe tener cohesión para ejecutar el ensayo, debido a que el ensayo es inconfineda, es decir, el suelo no debe ser cargado en un molde, para la ejecución del ensayo el suelo el suelo debe tener de tamaño máximo 1/10 del diámetro del molde , el ensayo debe efectuarse con el óptimo contenido de humedad y máxima densidad seca a fin de obtener la máxima resistencia última con ello se determinará la cohesión del suelo, la cal aportará con la cohesión, el ensayo se rige a la norma 339:167 de la norma técnica peruana, y ASTM D2166. Véase la ilustración 1 del ensayo de compresión no confinada.

Ilustración 1: Ensayo de compresión no confinada



**Fuente:** Unconfined Compressive Properties of Composite Sand Stabilized with Organic Polymers and Natural Fibers

La cascara de arroz también contiene gérmenes (organismos microscópicos que pueden generar enfermedades), endospermo (tejido del embrión de las plantas fanerógamas que sirve de alimentos) y cutícula (capa cerosa que la protege de la desecación de las plantas) debido a las características de la cáscara de arroz, es debido ser cenízaro a fin de eliminar toda materia orgánica, los componentes de la ceniza de cáscara de arroz se observarán en la tabla 17.

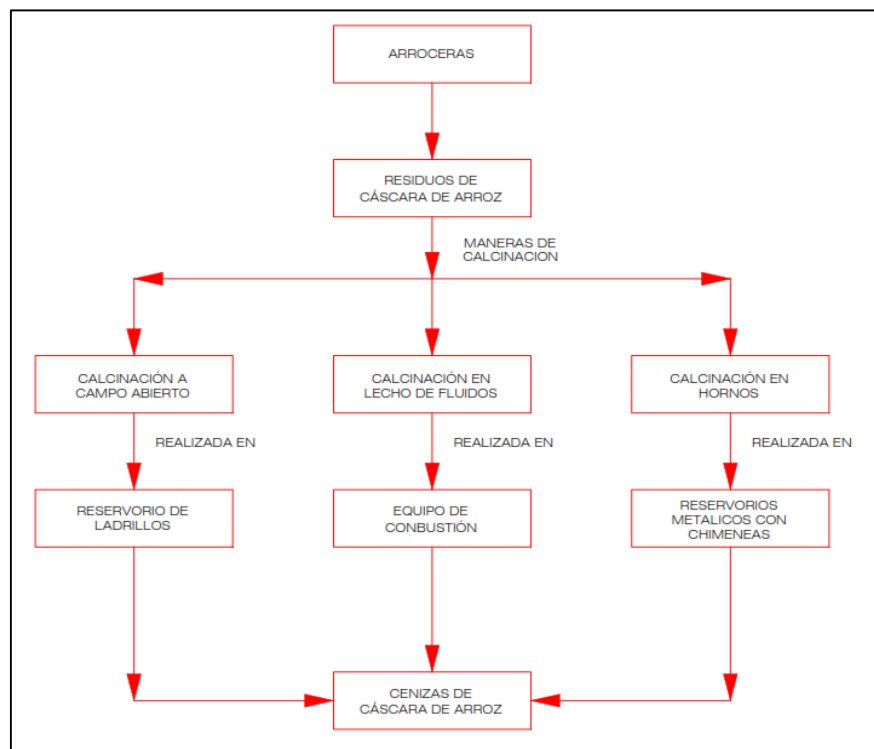
Tabla 17: Composición química de la Ceniza

COMPONENTE QUÍMICO	%
SiO <sub>2</sub>	83.20
Al <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	0.95
Fe <sub>2</sub> O <sub>2</sub>	1.05
CaO	1.02
MgO	1.03
K <sub>2</sub> O	1.29
Na <sub>2</sub> O	0.15
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0.40
SO <sub>3</sub>	0.13
TiO <sub>2</sub>	0.08
CL	0.07
PÉRDIDA	10.60
<b>TOTAL</b>	<b>99.97</b>

**Fuente: Allauca, Amen y Lung**

La ceniza de cáscara de arroz se obtiene de tres (03) formas de calcinación, sírvase a ver la ilustración 2.

Ilustración 2: Diagrama de flujo del metodos de calcinación de la cáscara



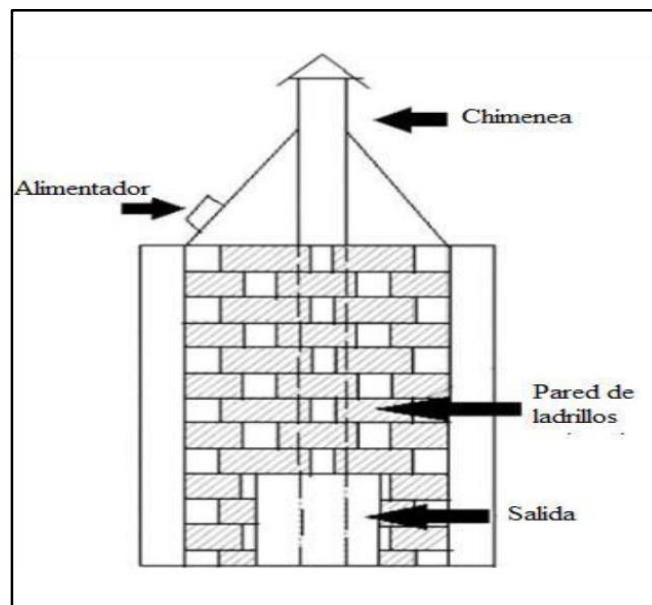
**Fuente: Propia**



**La calcinación a campo abierto.** – la cáscara deberá ser depositado en un reservorio de ladrillos, la ceniza incinerada tiene ser que ser separada cada cierto tiempo, visualizándose una apariencia de color negro, para este método se entiende que la temperatura no será controlada.

**La calcinación en horno** – la cáscara deberá ser depositado en un reservorio de metálico, la ceniza incinerada será confinada teniendo una salida del humo, es decir una chimenea, así como un ingreso, donde permitirá el ingreso de la cáscara de arroz, para este caso la temperatura podrá ser medida, mas no controlada. A continuación, se presenta la estructura tentativa para la incineración de la cáscara de arroz. Observe la ilustración 3.

Ilustración 3: Gráfico de la cacinación el Horno

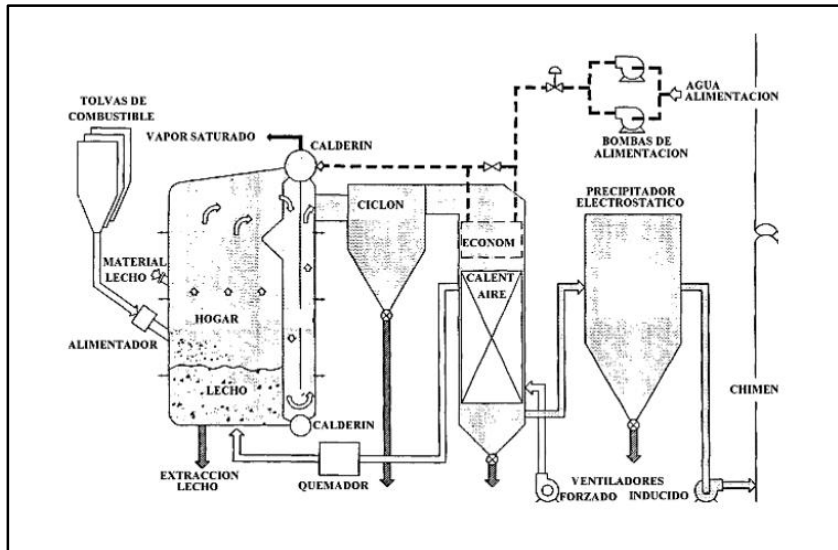


*Fuente: Allauca, Amen y Lung*

**La calcinación en lecho de fluido** – Calcinación en lecho fluido, esta técnica consiste en un equipo preparado con combustión, siendo la estructura de acero inoxidable y lecho fluido (partículas que no son inflamables) donde el aire ingresa través de un plato, este último será perforado que se ubica en la base de la cámara.

El lecho fluido será previamente calentado a 500 °C, posterior a ello se deberá ingresar la cáscara de arroz por medio de un tornillo, una vez obtenida la ceniza de cáscara de arroz se da por concluido el dispositivo eléctrico. Fíjese en la ilustración 4.

Ilustración 4: Gráfico de la calcinación en lecho de fluido



Fuente: Allauca, Amen y Lung

La cal tiene como función de la cal en la estructura es muy importante, ya que este actúa como un aglomerante, es decir como un cementante, la cal cumple la importante función de la cohesión para los materiales fraguados, además de ellos la cal tiene la propiedad de reducir la permeabilidad, la propiedad que determina el comportamiento de la cal fraguada es su composición química, el tamaño y forma que adapta la cal fraguada, para el uso de estabilización puede usarse los tipo de cal, cal viva (óxido de calcio – CaO), cal hidratada (hidróxido de calcio – Ca[OH] ) o una lechada de cal.

La cal con el agua en condiciones óptimas puede superar el valor de 10.5 de pH ello hace que se rompan las partículas de arcilla, se debe determinar la cantidad necesaria de cal la cual es proceso del diseño, esta cantidad es posible determinarla con la prueba, ensayo de suelos ASTM D-6276, donde consiste liberar la alúmina y el Sílice, ello reacciona con el calcio de la cal, para formar hidratos de calcio-silicatos

(CSH) además, hidratos de calcio-aluminatos (CAH). Estos 2 compuestos químicos son productos cementantes como mucha semejanza al cemento portland, la cual aportan a la resistencia de las capas de suelo estabilizadas con cal.

Para el desarrollo de las pre pruebas de la investigación enfocaremos los procesos en 3 etapas.

#### **Etapas 01 toma de muestras de campo**

Se tomó de referencia el cruce de la Av. El sol / Av. Pastor Sevilla donde se realizó la calicata para la toma de muestra, la calicata contó con las dimensiones de 1.2m\*0.70m, largo y ancho respectivamente, la profundidad de la calicata fue de 1.70m, profundidad superior al mínimo requerido para excavaciones a fines de análisis de suelos para pavimentación, requerimiento mínimo para pavimentos expresados en el REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES (RNE) siendo de 1.50m además, siguiendo la norma NTP 339.252, donde indica obtener las muestras representativas y significativas para poder realizar los ensayos requeridos, la muestra extraída para el caso, suelo alterado, refiriéndose a la estructura del suelo es decidir su densidad y humedad, el suelo por ser arena de muy baja contenido de fino, lo cual porta en la cohesión de suelos no es posible mantener su condición de densidad natural, el suelo extraído se trasladó a laboratorio con bolsa de polipropileno, bolsas gruesas e impermeables capaz de resistir temperaturas hasta 160°C, el uso de estas bolsas es para fines de conservar su contenido de humedad, dato importante para conocer el contenido de humedad referente al estado climático en la que se realizó el sondaje, es preciso mencionar que para los ensayos de mecánica de suelos, tanto para California Bearing Ratio como compresión inconfiada, siendo estas últimas las dimensiones a analizar al añadir la cal y la ceniza de cáscara de arroz. Se puede observar en las ilustraciones 5 y 6, la recolección del suelo para la muestra.

Ilustración 5: toma de muestra



Fuente: Propia

Ilustración 6: foto interna de la calicata



Fuente: Propia

## **Eta**pa 2 caracterización físicas del suelo

Obtenido las muestras de suelos correctamente etiquetadas se procedió a realizar el cuarteo de muestra mediante el método normado NTP 339.089 tomar suelo representativo para su granulometría (NTP 339.128), tamizado por la malla N°200 (NTP 400.018), mediante el método de lavador, límites de consistencia (NTP 339.129), los ensayos mencionados serán datos para clasificar al suelo mediante tablas presentados en esta tesis, las cuales están basados en las exigencias por el SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS (SUCS) y ASOCIACIÓN AMERICANA DE OFICIALES DE CARRETERAS ESTATALES Y TRANSPORTES (AASTHO), así mismo se realizará el ensayo de Próctor Modificado (NTP 339.142) la cual determina el óptimo contenido de Humedad para alcanzar la máxima densidad seca los valores están expresado para el caso de contenido de humedad en porcentaje (%) y la densidad seca en kilogramos por centímetros cuadrados (kg/cm<sup>2</sup>), el ensayo de Próctor será de utilidad para la realización de los ensayos de CBR ya que es de suma importancia densificar el suelo a la máxima densidad, y eso se obtiene realizando la compactación con el óptimo contenido de humedad del suelo. Se pueden observar en las ilustraciones 7 y 8, los trabajos en laboratorio de las muestras.

Ilustración 7: Límite de consistencia



Fuente: Propia

Ilustración 8: Densidad de suelo con cal



Fuente: Propia

### **Etapas 3: Determinación del comportamiento mecánico del suelo mejorado**

El ensayo de Próctor modificado mencionado en la fase 2 está basado a proceso de densificación o compactación del suelo, este será de utilidad para compactar el suelo a la máxima densidad previamente habiendo humedecido el suelo al óptimo contenido de humedad también determinado, para el suelo a tratar se trabajará con los porcentajes de ceniza de cáscara de arroz, los porcentajes son: 7.5%, 15%, 20%, 25%, se realizará el ensayo de Próctor modificado California Bearing Ratio (CBR) y compresión no confinada los ensayos mencionados serán realizados con los porcentajes de ceniza de cáscara de arroz propuesto estratégicamente a además contará con el 10% de cal, elemento constante obtenido en la pre prueba, al realizar el ensayo de CBR el suelo compactado con el óptimo contenido de humedad, cal al 10% y el porcentaje de ceniza solicitado por cada porcentaje, los moldes entrarán en estado de reposo (curado) durante 7 días, procediéndose a cubrir el molde con plástico impermeable, este procedimiento tiene como objetivo mantener la humedad del suelo y así las reacciones de los aditivos serán eficientes, las reacciones de los aditivos son, de la cal como aglomerante de la ceniza como elemento cementante. Para el análisis

de la compresión no confinada, se mantendrá la energía compactación con la que se trabajó en el ensayo de Próctor modificado, a diferencia que el CBR se trabajará con un molde de 4"x8", diámetro y altura respectivamente, el objetivo de trabajar con los valores de dimisión de la probeta hace referencia a la esbeltez que debe tener de manera óptima todo elemento que serán ensayados a carga axial mediante la prensa de compresión, el molde será diseñado como a fin que se pueda dividir para reducir daños al realizar la extracción de la muestra, la compactación del suelo se ejecutará con los mismos porcentajes de cal y ceniza presentados, siendo 10% de cal, 7.5%, 15%, 20%, 25% de ceniza de cascará de arroz, el suelo compactado con el óptimo contenido de humedad, y los porcentajes solicitados serán desmoldados y puestos en reposo para su curado, como se mencionó el objetivo es generar de forma correcta el fraguado de la cal y producir de manera óptima el efecto de cementación, ya realizado los ensayos, habiendo curado de manera conveniente, se realiza la ejecución de penetración para el caso de CBR y compresión para la briquetas de suelos. Se pueden observar en las ilustraciones 9,10, 11 y 12, el desarrollo de ensayos en laboratorio.

Ilustración 9: Ensayo de C.B.R.



Fuente: Propia

Ilustración 10: Ensayo de C.B.R.



Fuente: Propia

Ilustración 12: Moldes embebidos



**Fuente: Propia**

Ilustración 11: Próctor Modificado



**Fuente: Propia**

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1 Tipo y diseño de investigación

Es de tipo **aplicada** según Carrasco (2017) debido a que “esta investigación se distingue por tener propósitos prácticos bien definidos, es decir, se investiga para actuar, transformar, modificar o producir cambios en un determinado sector de la realidad” (p. 43). El análisis constará en la modificación de la composición final de capa de subrasante, a la capa mencionada se añadirá, porcentajes de cal y ceniza necesarias para mejorar las propiedades mecánicas.

Así también es de enfoque **cuantitativo** que según Hernández y Mendoza (2019) nos dicen que “la ruta cuantitativa es apropiada cuando queremos estimar las magnitudes u ocurrencias de los fenómenos y probar hipótesis [...]” (p. 6). En la investigación se tomará medidas de magnitud tal es así como la carga última del suelo expresado en Kg/cm<sup>2</sup>, de igual manera determinaremos el porcentaje de valor relativos de CBR expresado en porcentajes, otras propiedades a medir serán la granulometría, los límites de consistencia, etc., mencionado lo anterior se concluye que la investigación será de

El diseño de la investigación es **experimental** que según Arias (2012) nos dice que “la investigación experimental es un proceso que consiste en someter a un objeto o grupo de individuos, a determinadas condiciones, estímulos o tratamiento (variable independiente), para observar los efectos o reacciones que se producen (variable dependiente)” (p. 34).

Por consiguiente, esta investigación está centrada en el método científico que según Borja (2012) define que:

“El método **científico** es el procedimiento que se sigue para contestar las preguntas de investigación que surgen sobre diversos fenómenos que se presentan en la naturaleza y sobre los problemas que afectan a la sociedad. Sus orígenes pueden hallarse desde la existencia del hombre racional, aunque recién con la aparición de



los filósofos griegos (Siglo VI a.c) empieza a esbozarse una reflexión consciente sobre la ciencia” (p. 8).

Por consecuente el estudio que se presenta está basado en el método científico, ya que esta pretende dar respuestas a las interrogantes en base a secuencias de análisis, y observaciones al momento de ejecutar los ensayos de C.B.R (California Bearing Ratio) NTP 339.175:2002 y Compresión inconfiada NTP 339.171:2002

### **3.2 Variable y operacionalización**

La investigación cuenta con dos (2) variables, independiente y dependiente las cuales son:

#### **Variable independiente**

Ceniza de Cascara de arroz (CCA)

#### **Variable dependiente**

Valor relativo de CBR y Compresión no confinada

#### **Operacionalización:**

Se presenta la siguiente tabla, donde se muestra los detalles.

Tabla 18: Operacionalización de Variable

OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES					
VARIABLES DE ESTUDIO	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Variable Independiente	"En ocasiones se utilizan aditivos para estabilizar suelos en el campo, en particular en suelos de grano fino. Los aditivos más comunes son la cal, el cemento y la cal con ceniza muy fina. Los fines principales de la estabilización del suelo son a) modificar el suelo, b) agilizar la construcción y c) mejorar la resistencia y durabilidad del suelo."(B. Das, 2012)	Para los ensayos de determinación de comportamiento mecánico se añadirá los porcentajes de ceniza, este actuará mediante el curado por 4 días, aportante su alto contenido de Sílice, componente presente en el cemento Portland.	Cantidad de ceniza de cáscara de arroz, 7.5%, 15%, 20% y 25%	Adición en porcentaje (%)	Razón
Ceniza de cáscara de arroz					
Variable Dependiente	"La mecánica de suelos es la rama de la ingeniería que estudia las propiedades de los suelos y su comportamiento bajo esfuerzos y deformaciones unitarias en condiciones ideales." (B. Das 1985)	El comportamiento mecánico del suelo serán determinadas mediante los ensayos de CBR y compresión inconfiada con los porcentajes de cal y ceniza de cáscara de arroz con el objetivo de conocer cuanto es el óptimo contenido de la ceniza de cáscara de arroz.	California Bearing Ratio (CBR)	Valor relativo de CBR(%)	
Mejoramiento de las propiedades mecánicas en suelo arenoso			Resistencia a la compresión no confinada	Esfuerzo a la falla (kg/cm <sup>2</sup> )	

Fuente: Propia



Ilustración 14: Leyenda del mapa 25j

LEYENDA						
CRONOESTRATIGRAFIA			LITOSTRATIGRAFIA			
ERATEMA	SISTEMA	SERIE	UNIDADES ESTRATIGRAFICAS	ROCAS INTRUSIVAS		
CENOZOICO	CUATERNARIO	RECIENTE	Depósitos { eólicos aluviales marinos	Qr-e	Tiabaya { Tonality Granodiorita Tonality Diorita Granodiorita Granito Santa Rosa { Tonality Granodiorita Tonality diorita Atocongo Adamelita Jecuan Tonality Granodiorita Diorita Patap { Diorita Xenolítica Gabrodiorita Andesita	
				Qr-al		
				Qr-m		
	TERCIARIO	PLEISTOCENO	Depósitos { eólicos aluviales marinos	Qp-e		Ks-tgd-t
				Qp-al		Ks-ldi-t
				Qp-m		Ks-gd-e-st
MESOZOICO	CRETACEO	SUPERIOR	Fm. Huarochiri	Ts-bu	Ks-tgd-st	
			INFERIOR	Gpo. Rimac	Ti-ri	Ks-ldi-st
				Gpo. Casma { Volc. Quilmaná Fm. Chilca	Kms-t	Ks-a-pt
Gpo. Casma { Fm. Atocongo Fm. Pamplona	Kj-et	Ks-tgd-di-j				
	Grupo Marro solar { Fm. Marcavilca Fm. Herradura	Ki-at	Ks-dx-pt			
Grupo Puente piedra { Fm. Puente Inga		Ki-pa	Ks-di-pt			
			Ki-m	Ks-gbdi-pt		
			Ki-b	Ks-a		
			Ki-pi			

Fuente: INGEMMET – Hoja 25-J

Para la muestra del proyecto de investigación, Salazar (2018) menciona que “Es un conjunto de elementos seleccionados de una población de acuerdo a un plan de acción previamente establecido (muestreo), para obtener conclusiones que pueden ser extensivas hacia toda la población.” (p. 13) en conjunto con la publicación de Arias se establece que “para seleccionar la muestra se utiliza una técnica o procedimiento denominado muestreo”. (p. 83).

Para el muestreo se ha pretendido aplicar la fórmula para determinar la muestra en función a la población infinita para este proyecto de investigación:

$$n = \frac{Z^2 x \sigma^2}{E^2}$$

Donde;

n: tamaño de muestra

Z: valor asociado al nivel de confianza

E: error de la estimación

$\sigma^2$ : varianza de la población

La población como se conoce es indeterminada, lo cual no se podrá aplicar la fórmula para investigaciones de carácter cuantitativa a fin de determinar el tamaño de muestra, esta última constará de la cantidad necesaria de pruebas de determinación de las propiedades mecánicas tales como el ensayo de C.B.R (resistencia a la penetración) y compresión inconfiada (resistencia a la carga última), de acuerdo al análisis realizado se ensayará 15 pruebas de C.B.R con ceniza de cáscara de arroz los porcentajes de 7.5%, 15%, 20%, y 25%, 15 pruebas de compresión inconfiada con la adición ceniza de cáscara de arroz en porcentajes de 7.5%, 15%, 20%, y 25% para las pruebas mencionadas se tendrá en cuenta la aplicación de 10% de cal como constante, a fin de conocer el comportamiento mecánico se tendrá una muestra sin la adición de ceniza ni de cal, siendo este, la muestra patrón, este último servirá como punto de partida para determinar la variación en el comportamiento de suelo con la adición de los aditivos ya mencionados, el porcentaje de cal constante se obtuvo mediante pre-pruebas los resultados se presentan en los anexos, a continuación se presenta un cuadro donde se aprecia las combinaciones y cantidad de pruebas a realizar y el resumen de los resultados con la adición de cal al 6% y 10% donde hemos elegido trabajar con el 10% de cal debido a que este presenta mayor valor relativo de CBR por lo propio, aportará en la cohesión lo que es otra dimensión a analizar dentro del proyecto de investigación. En la tabla 19 se ve la relación de los ensayos realizados, en la tabla 10 los resultados de las prepruebas y en el gráfico 1 la tendencia de resultados de CBR con cal.

Tabla 19: Relación de ensayos realizados

<b>ADITIVO CONSTANTE DE CAL 10%</b>		
<b>PORCENTAJE DE CCA</b>	<b>CBR</b>	<b>ENSAYO DE COMPRESIÓN</b>
0%	3	3
7.5%	3	3
15%	3	3
20%	3	3
25%	3	3

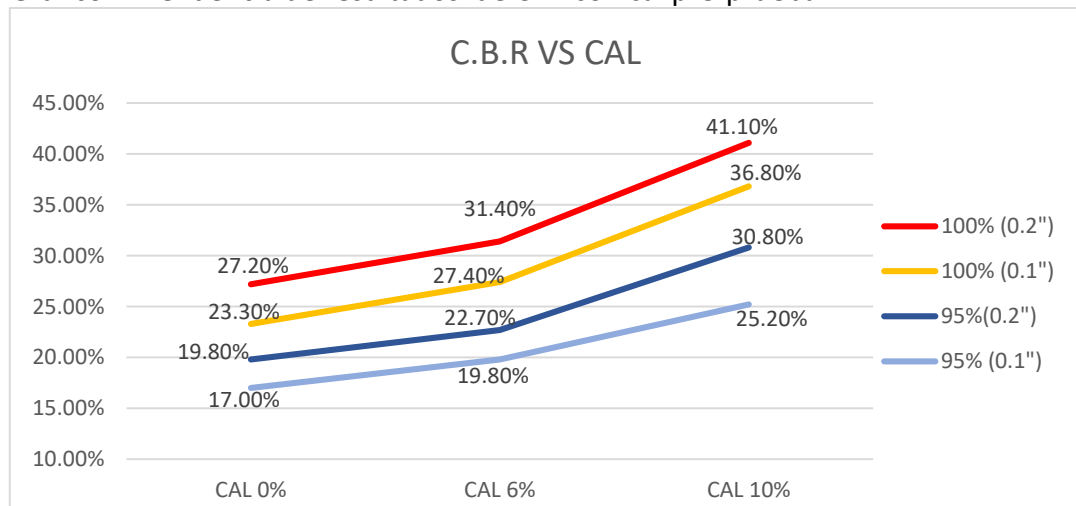
**Fuente: Propia**

Tabla 20: Resultados de ensayos pre-pruebas

CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)				
PENETRACIÓN (pulg)	0.1"		0.2"	
% (MDS)	95% (0.1")	100% (0.1")	95%(0.2")	100% (0.2")
CAL 0%	17.00%	23.30%	19.80%	27.20%
CAL 6%	19.80%	27.40%	22.70%	31.40%
CAL 10%	25.20%	36.80%	30.80%	41.10%

*Fuente: Propia*

Gráfico 1: Tendencia de resultados de CBR con cal pre-prueba



*Fuente: Propia*

En total se realizará 30 pruebas entre ensayos de compresión inconfiada y CBR, para el ensayo patrón se realizará una (01) prueba sin adición de la ceniza de cáscara de arroz (CCA) y cal, para los casos de 7.5%, 15%, 20% y 25% se realizará dos (01) pruebas de cada uno.

### **3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad**

Según Arias (2012) “Las técnicas de recolección de datos son las distintas formas o maneras de obtener la información. Son ejemplos de técnicas; la observación directa, la encuesta en sus dos modalidades: oral o escrita (cuestionario), la entrevista, el análisis documental, análisis de contenido, etc”. (p. 111).

Para fines de obtención de los datos, realizaremos pruebas, tanto de campo como de laboratorio, de acuerdo a lo citado, la técnica aplicable a la investigación es la observación directa, siendo la acción de la percepción intencionada hacia los sucesos en campo, además se deberá observar que valores arrojan las pruebas, posterior a ello los resultados serán procesados en hojas de cálculo del programa Microsoft Excel a fin de conocer e interpretar los resultados.

Para los instrumentos de recolección, Arias (2012) menciona lo siguiente “Los instrumentos son los medios materiales que se emplean para recoger y almacenar la información. Ejemplo: fichas, formatos de cuestionario, guía de entrevista, lista de cotejo, escalas de actitudes u opinión, grabador, cámara fotográfica o de video, etc”. (p. 111).

Para el desarrollo del estudio, se tomarán anotaciones arrojadas por los ensayos en formatos diseñados estratégicamente, de tal manera podamos recolectar los datos de campo como de laboratorio, los formatos estarán basados a las exigencias por las normas aplicables para el estudio, los ensayos a realizar están publicadas en la Norma Técnica Peruana (NTP) y solicitados el reglamento nacional de edificaciones RNE-050 suelos y cimentaciones.

### **3.5 Validez y confiabilidad del instrumento**

Para garantizar la validez y confiabilidad de los instrumentos de medición, se presenta los certificados de calibración, estos certificados serán obtenidos por un laboratorio especializado en calibración de equipos, además, para generar mayor confianza los resultados arrojados por los instrumentos de medición (equipos de laboratorio de

mecánica de suelos) serán revisados por ingenieros especialistas, de tal manera que contribuyan en la confiabilidad de los instrumentos y el operador de los instrumentos.

### **3.6 Métodos de análisis de datos**

Para el desarrollo del proyecto de investigación se van a realizar tres (03) calicatas a cielo abierto siguiendo el método convencional, la cual consta en que, por cada estrato hallado tomar su muestra siendo esta representativa y significativa, las calicatas serán ubicadas convencionalmente, las calicatas tendrán profundidad mínima de 1,50m, exigido por el RNE y el Manual de especificaciones técnicas de la EG-2013 a fin de conocer la estratigrafía "in situ", clasificación sucs entre otras propiedades para verificar lo mencionado en el boletín apéndice B, características Geotécnicas del distrito Villa El Salvador, los ensayos de densidad se calcularán mediante el método de cono de arena explicado en la norma 339.143, la calicata, se realizará en un terreno específico, se realizará los ensayos, granulometría, límites de consistencia, contenido de humedad, peso específico, además de su clasificación SUCS (sistema unificado de clasificación de suelos) para las cuales se tomarán muestras embolsadas de material de polipropileno a fin de evitar la evaporización del agua contenida al momento de extraer la muestra, además, estas serán identificadas con enumeración correspondiente al número de calicata, los ensayos mencionado en líneas atrás, serán de utilidad para los análisis comparativos de estados físicos referente los publicado por la UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERA Y EL CENTRO PERUANO JAPONES DE INVESTIGACIONES SISMICAS Y MITIGACIONES DE DESASTRES.

Uno de los aditivos que no es tomado como dimensión es un influente en la propiedad mecánica del suelo, el aditivo en mención es la cal denominada dentro del análisis como una constante que aportará a cementar el suelo, el porcentaje de cal se determinó mediante la pre-prueba, habiéndose realizado las pruebas con dos (02) porcentajes tentativos para el uso de la cal, siendo esta de 6% y 10%.



Para la confiabilidad de que el suelo que vayamos a hallar al realizar la calicata cumpla con la característica propuesta en el título de la investigación se ha proyectados los resultados de la granulometría, porcentajes retenidos en la malla#4, #200 y pasante la malla#200, además de los ensayos de límites de consistencia, de los anterior obtendremos porcentajes de gravas, arenas y finos, estos resultados son las bases de datos para verificar que las muestras extraídas por el CISMID y la UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA en distintos puntos del distrito de Villa El Salvador presentan semejanza entre sí en cuanto su estructura y poder afirmar que se está trabajando sobre suelos arenoso. Véase en la tabla 21 los resultados de clasificación de suelos de villa el salvador.

Tabla 21: Resultados de clasificación de suelos UNI - CISMID

TABLA B-4: RESUMEN DE ENSAYOS DE LABOATORIO - DISTRITO DE VILLA EL SALVADOR										
Ensayo	Muestra	Prof. (m)	w(%)	LL	LP	IP	Gr (%)	Ar (%)	Fi (%)	SUCS
C-01	M-01	0.60 - 2.00	2.1	NP	NP	NP	0	90.8	9.2	SP-SM
C-02	M-01	0.30 - 2.00	2.4	NP	NP	NP	0	96.7	3.3	SP
C-03	M-01	0.50 - 1.50	1.2	NP	NP	NP	0	96.1	3.9	SP
C-04	M-01	0.80 - 1.50	1.7	NP	NP	NP	0	96.8	6.2	SP-SM
C-05	M-01	0.00 - 1.50	0.5	NP	NP	NP	0	97.7	2.3	SP
C-06	M-01	0.20 - 1.70	1.4	NP	NP	NP	0	97	3	SP
C-06	M-02	1.70 - 2.00	3.8	NP	NP	NP	0	95.9	4.1	SP
C-07	M-01	0.40 - 1.80	1.4	NP	NP	NP	0	94.9	5.1	SP-SM
C-08	M-01	1.00 - 2.00	3.1	NP	NP	NP	0	97.2	2.8	SP
C-09	M-01	0.20 - 1.80	1.8	NP	NP	NP	0	93.4	6.6	SP-SM
C-10	M-01	1.50 - 4.50	3.4	NP	NP	NP	0	97.4	2.6	SP
S-01	M-01	0.50 - 1.00	0.5	NP	NP	NP	0	90.9	9.1	SP-SM
S-01	M-02	1.00 - 1.45	1	NP	NP	NP	0	91.8	8.2	SP-SM
S-01	M-03	2.00 - 2.45	14.4	NP	NP	NP	0	92.7	7.3	SP-SM
S-01	M-04	3.00 - 3.45	12.4	NP	NP	NP	0	90.4	9.6	SP-SM
S-01	M-05	4.00 - 4.45	18.9	NP	NP	NP	0.3	95.6	4.1	SP
S-02	M-01	0.30 - 1.00	1.3	NP	NP	NP	0.4	89.6	10	SP-SM
S-02	M-02	1.00 - 1.45	1.1	NP	NP	NP	0	86.9	13.1	SM
S-02	M-03	2.00 - 2.45	9.2	NP	NP	NP	0	90.8	9.2	SP-SM
S-02	M-04	3.00 - 3.45	12.4	NP	NP	NP	0	90.9	9.1	SP-SM
S-02	M-05	4.00 - 4.45	11.6	NP	NP	NP	1.8	87.8	10.4	SP-SM
S-02	M-06	5.00 - 5.30	16.9	NP	NP	NP	0.1	96.3	3.6	SP
S-02	M-07	5.30 - 5.45	11.2	NP	NP	NP	0	79.9	20.1	SM
S-03	M-03	1.00 - 1.45	4.7	NP	NP	NP	5.1	84.9	10	SP-SM
S-03	M-04	1.45 - 2.00	5.7	NP	NP	NP	20.9	67	12.1	SM
S-03	M-05	2.00 - 2.45	4.3	NP	NP	NP	1.3	91.9	6.8	SP-SM
S-03	M-06	2.45 - 3.00	3.2	NP	NP	NP	0	90	10	SP-SM
S-03	M-07	3.00 - 3.45	3.6	NP	NP	NP	0	96.3	3.7	SP
S-03	M-08	3.45 - 4.00	5.6	NP	NP	NP	0	87.6	12.4	SM
S-03	M-09	4.00 - 4.45	3	NP	NP	NP	0	94	6	SP-SM
S-04	M-10	5.00 - 5.27	20.8	NP	NP	NP	0	92.6	7.4	SP-SM

Fuente: Universidad Nacional de Ingeniería – CISMID

De la tabla, según la clasificación Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) se observa que entre de las calicatas y prueba de SPT predomina las arenas, símbolo correspondiente “S”, en villa el salvador encontramos las arenas mal gradadas “SP”, las arenas limosas mal gradadas “SP-SM”, y las arenas limosas “SM”, en todos los casos, los suelos no presentan límites de consistencia, simbolizado como “NP”.

### 3.7 Aspectos Éticos

El estudio ha sido realizado bajo los siguientes principios éticos.

Se ha seguido la norma ISO 690 Y 690-2 propuesta por la universidad Cesar Vallejo, las cuales de las mencionadas se tomaron el método de la cita y referencias textuales de libros, tesis, artículos.

La información obtenida, tales como de libros relacionados a geotecnia, tesis, artículos, así como información metodológica para el desarrollo del proyecto de investigación fueron obtenidas de páginas confiables como Google académico, Scielo, Alicia, Renati, entre otros.

Para el estudio se tomará como referencia las normas necesarias siendo estas de las Normas Técnicas Peruanas, además de las exigencias del reglamento nacional de edificaciones.

A fin de dar a conocer el porcentaje de coincidencia el proyecto de investigación será inspeccionado por el programa Turnitin que serán otorgada por la Universidad Cesar Vallejo.

### 3.8 Aspectos Administrativos

#### Recurso y presupuesto

La inversión dirigida para el proyecto de investigación titulada **“Análisis del mejoramiento de las propiedades mecánicas de subrasante en suelos arenosos adicionando la ceniza de cáscara de arroz y cal en Villa El Salvador, 2020.”** se encuentra detallado en la tabla 22.

Tabla 22: Presupuesto de Investigación

ITEM	Descripción	Norma de ensayo		Und.	cantidad	P.U (S/.)	P.P (s/.)
		ASTM	NPT				
<b>1</b>	<b>Ensayos de laboratorio (Estándar)</b>						
1.1	Excavación de 1.50m	-.-	-.-	und.	3	50.0	150.0
1.2	Muestreo de Suelo	D-4220	339.151	und.	3	50.0	150.0
<b>2</b>	<b>Ensayos de laboratorio (Especial)</b>						
2.1	Contenido de humedad	D-2216	339.127	und.	3	10.0	30.0
2.2	Análisis granulométrico	D-422	339.128	und.	3	50.0	150.0
2.3	Límites de consistencia	D-4318	339.129	und.	3	40.0	120.0
2.4	Clasificación de Suelos	D-2487	339.134	und.	3	25.0	75.0
2.5	Próctor Modificado	D-1557	339.141	und.	15	70.0	1050.0
2.6	CBR (California Bearing Ratio)	D-1883	339.145	und.	15	120.0	1800.0
2.7	Compresión inconfina	D-2166	339.167	und.	15	60.0	900.0
2.8	Caracterización Física de la ceniza tamiz #200	c-117	400.018	und.	1	30.0	30.0
<b>3</b>	<b>Movilización</b>						
3.1	Transporte de equipos	-.-	-.-	und.	1	50.0	50.0
3.2	Transporte de muestra	-.-	-.-	und.	1	100.0	100.0

**Fuente: Propia**

<b>Costo Sub Total</b>	<b>S/.4,605.00</b>
<b>I.G.V (18%)</b>	<b>S/.828.90</b>
<b>Costo Total</b>	<b>S/.5,433.90</b>

### 3.9 Financiamiento

El proyecto de investigación, será solventado con los recursos propios de los autores del proyecto de investigación, por lo tanto, no existirá ningún tercero que aporte al desarrollo del estudio, el aporte constará del 50% del monto total por cada participante.

## Cronograma de ejecución

En la tabla 23 se puede observar la programación de investigación

Tabla 23: Programación de Investigación

ID	actividades	sem1	sem2	sem3	sem4	sem5	sem6	sem7	sem8	sem9	sem10	sem11	sem12	sem13	sem14	sem15	sem16	sem17	sem18	sem19	sem20	sem21	sem22	sem23	sem24	sem25	sem26	sem27	sem28	sem29	sem30	sem31	sem32		
1	PROYECTO DE INVESTIGACIÓN	█																																	
2	PROCESO DE DESARROLLO 01																																		
3	REALIDAD PROBLEMÁTICA	█	█																																
4	RECOLECCIÓN DE TRABAJOS PREVIOS		█																																
5	FORMULACIÓN DEL TÍTULO			█																															
6	DESARROLLO DE LA INTRODUCCIÓN Y LOS ANTECEDENTES			█																															
7	DESARROLLO DEL ITEM TEORIA RELACIONADA AL TEMA			█																															
8	PLANTEAMIENTO DE PROBLEMAS				█																														
9	PLANTEAMIENTO DE HIPÓTESIS				█																														
10	PLANTEAMIENTO DE OBJETIVOS				█																														
11	IDENTIFICACIÓN DEL DISEÑO DE INVESTIGACIÓN					█																													
12	VARIABLES, OPERACIONALIZACIÓN						█																												
13	SUSTENTACIÓN 01							█																											
14	PROCESO DE DESARROLLO 02								█																										
15	DESARROLLO E IDENTIFICACIÓN DE LA POBLACIÓN Y MUESTRA									█																									
16	PROCESO DE LA CODIFICACIÓN DE LAS OBSERVACIONES										█																								
17	MÉTODO DE ANÁLISIS DE DATOS Y ASPECTOS ADMINISTRATIVOS											█																							
18	TECNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA OBTENCIÓN DE DATOS												█																						
19	ASPECTOS ADMINISTRATIVOS													█																					
20	VALIDACIÓN DEL ASESOR A CARGO														█																				
21	SUSTENTACIÓN 02															█																			
22	ADQUISICIÓN DE MATERIALES															█	█	█																	
23	ENSAYOS DE LABORATORIO																█	█	█	█	█														
24	PROCESAMIENTO DE DATOS																	█	█	█	█	█													
25	ELABORACIÓN DE GRÁFICAS RESULTANTES																		█	█	█	█	█												
26	ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS																			█	█	█	█	█											
27	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES																					█	█												
28	CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS																						█	█											
29	ELABORACIÓN DE MODELAMIENTO																							█	█	█									
30	DESCRIPCIÓN DE RESULTADOS																							█	█										
31	DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS																								█	█									
32	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES																									█	█								
33	REDACCIÓN DE TESIS																										█	█	█	█	█	█	█	█	█
34	SUSTENTACION I																																		
35	REDACCIÓN DE INFORME, ANEXOS																																		
36	SUSTENTACIÓN DE TESIS																																		█

Fuente: Propia

#### IV. RESULTADOS

Las muestras para la obtención de nuestros resultados están ubicadas en la Av. El sol en Villa el salvador, de las cuales se tomó 3 calicatas en distintos puntos de Av. El sol, el tramo tomado es de aproximadamente 2.3 km los cuales son los siguientes que están mostrados en la tabla 24.

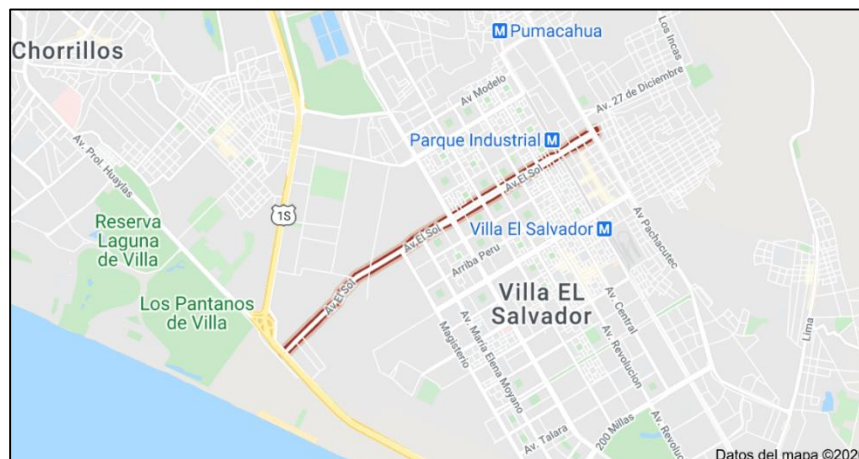
Tabla 24: Ubicación de calicata

Calicatas	Ubicación
C-1	Av. El sol - Av. Mariano Pastor Sevilla
C-2	Av. El sol - Av. Los Álamos
C-3	Av. El sol - Av. Pachacútec

**Fuente: Propia**

La profundidad de las calicatas fue de 1.70m de profundidad aproximadamente, lo cual es superior al mínimo requerido para excavaciones a fines de análisis de suelos para pavimentación, requerimiento mínimo para pavimentos expresados en el REGLAMENTO NACIONAL DE EDIFICACIONES (RNE) siendo de 1.50m, además, siguiendo la norma NTP 339.252, donde indica obtener las muestras representativas y significativas para poder realizar los ensayos requeridos. El tramo se puede visualizar la ilustración 15.

Ilustración 15: Tramo de análisis



**Fuente: Google Maps**

Una vez obtenida las muestras, comenzamos llevándolas al laboratorio, donde empezamos con el ensayo de Proctor modificado y CBR para cada calicata sin adición de CCA y cal, en estado natural, de los cuales obtuvimos los siguientes resultados en la tabla 25.

Tabla 25: RESULTADOS DE ENSAYOS

CALICATAS	CBR AL 95% - 0.1"
C-1 - 0% CCA - 0% CAL	23.30%
C-2 - 0% CCA - 0% CAL	23.70%
C-3 - 0% CCA - 0% CAL	21.10%

*Fuente: Propia*

### **Ceniza de cáscara de arroz**

La cáscara de arroz proviene de la provincia de Santa en el departamento de Ancash - Perú, la cual usaban generalmente como cama para animales de granja, comida para ganado vacuno y fertilizante para la siembra.

Conseguimos la cáscara de arroz para iniciar con nuestras pruebas, la cual contaba con 160 kg de cáscara de arroz, luego realizamos la quema de este producto para la obtención de la ceniza de cáscara de arroz (CCA).

De acuerdo a la norma ASTM C618, las puzolanas son materiales silíceos, los cuales no poseen capacidad cementante por sí mismos, pero al ser molidos y con presencia de agua pueden reaccionar con el hidróxido de calcio para formar una capacidad cementante.

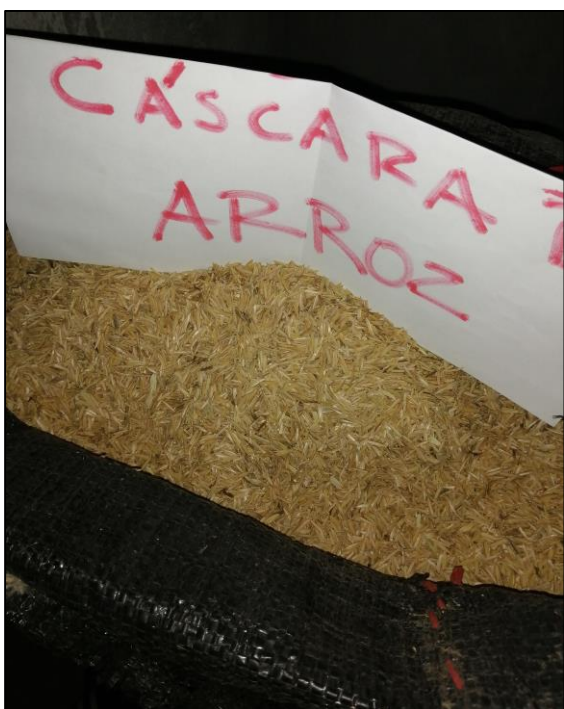
Ilustración 16: Cáscara de arroz



*Fuente: propia*

La temperatura para obtener la ceniza debe estar entre 500°C a 700°C, en nuestro caso se realizó una quema en un pequeño horno cilindro casero, se le añadió la cáscara y se le prendió con ron de quemar y adicional se le agrego carbón prendido para calentar en la base, se dejó prendiendo por más de 4 horas hasta obtener buenos resultados, la mayoría de la cáscara se había incinerado y mucho antes se retiró los carbones para evitar la contaminación con la cáscara de arroz. Se puede observar el procedimiento de la ceniza de cáscara de arroz en las ilustraciones 17, 18 y 19.

Ilustración 18: Cáscara de arroz



*Fuente: propia*

Ilustración 17: Incinerarización de cáscara de arroz



*Fuente: propia*

Luego de obtener la cáscara encenizado, comenzamos a molerla y pasarla por un tamiz de malla N° 200 para obtener una similitud física con la del cemento portland.

Ilustración 19: Tamizado de Ceniza de Cáscara de arroz



**Fuente: propia**

Una vez obtenida la ceniza, comenzamos a realizar los ensayos con las muestras de las calicatas obtenidas y con un 10% de cal constante para todos nuestros ensayos.

La ceniza de cáscara de arroz fue enviada al laboratorio químico de la Agraria para determinar su composición química, pues lo que nos interesa es conocer la cantidad de sílice en porcentaje, se nos informó que el laboratorio “fundación para el desarrollo agrario” con RUC: 20101259014, ubicada en la universidad Agraria de la molina, usará la norma TAPPI T 15 os-58 “determinación de cenizas”, en la cual se registró para poder determinar la cantidad de sílice en porcentaje.

Nos indica que, para la determinación de sílice, se le agrega 10 ml de ácido clorhídrico 4N, mojando todas las partículas pegadas en las paredes del envase, haciéndola hervir por 2 minutos y secándola mediante baño maría, una vez seco se le añade 10 ml de agua destilada, volviendo a desecar en estufa y agregando 10 ml de ácido clorhídrico 1N, dejando la cápsula secar a 10 minutos en baño maría, filtrando al vacío a través de papel de filtro compacto sin cenizas lavando con ácido clorhídrico al 1 por ciento. Se desecó el filtro en estufa y luego se calcinó a 450°C – 500°C; pesando el residuo insoluble.

$$\% \text{Silice} = \frac{\text{Peso de residuo}}{\text{Peso seco de la muestra}} \times 100$$

El porcentaje de sílice obtenido en laboratorio ha sido de 86.4%.



La primera calicata realizada en Av. El sol con Av. Mariano Pastor Sevilla, se desarrolló con 1,70 m de profundidad, tomando en consideración con más de lo mínimo requerido según el RNE y la norma NTP 339.252, la cual pide como un mínimo de 1.50 m de profundidad para la extracción de muestra. La primera calicata se ve en la ilustración 20, en la tabla 26 los resultados y en el gráfico 2 los porcentajes de CBR al 0,1”.

Ilustración 20: Ubicación de Calicata C-01



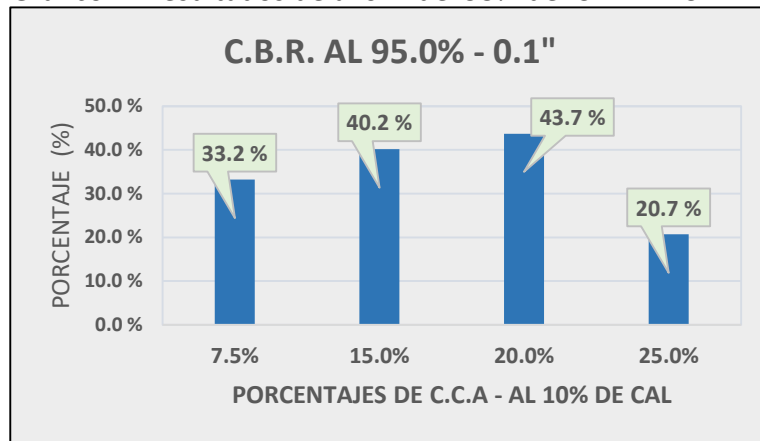
**Fuente: propia**

Tabla 26: Resultados de ensayos de C.B.R. – calicata 01

C.C.A. (%)	PENETRACIÓN AL 0.1"		PENETRACIÓN AL 0.2"		M.D.S. (g/cm <sup>3</sup> )	O.C.H. (%)
	C.B.R. AL 100.0% DE LA M.D.S.	C.B.R. AL 95.0% DE LA M.D.S.	C.B.R. AL 100% DE LA M.D.S.	C.B.R. AL 95.0% DE LA M.D.S.		
7.5%	42.5 %	33.2 %	48.3 %	40.7 %	1.790	16.9 %
15.0%	50.0 %	40.2 %	57.3 %	48.6 %	1.760	17.1 %
20.0%	56.1 %	43.7 %	63.1 %	53.6 %	1.743	18.0 %
25.0%	26.1 %	20.7 %	30.7 %	25.2 %	1.706	18.9 %

**Fuente: propia**

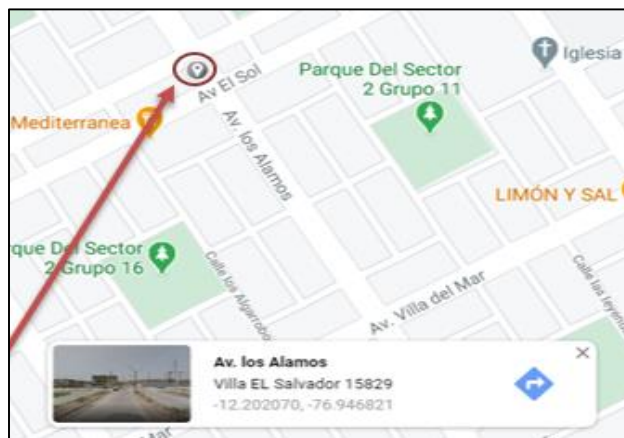
Gráfico 2: Resultados de al 0.1" del 95% del C.B.R. – C-1



**Fuente: propia**

La segunda calicata realizada en Av. El sol con Av. Los Álamos, se desarrolló de la misma manera que en la primera calicata para extraer la muestra. La segunda calicata se ve en la ilustración 21, en la tabla 27 los resultados y en el gráfico 3 los porcentajes de CBR al 0,1”.

Ilustración 21: Ubicación de Calicata C-02



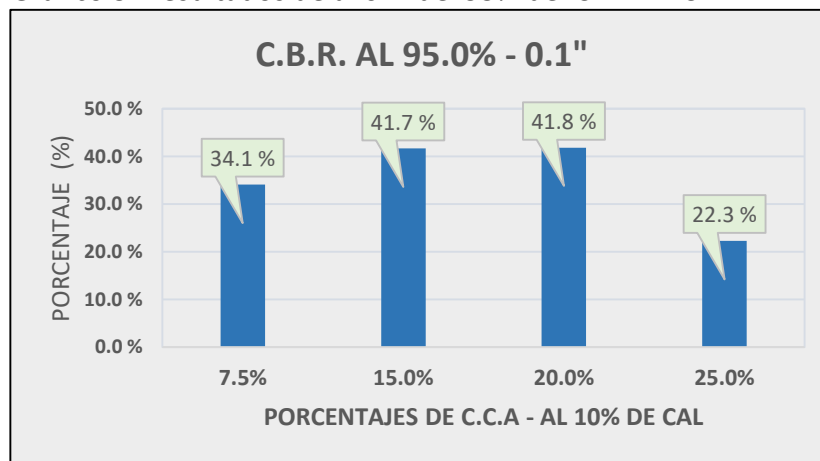
**Fuente: propia**

Tabla 27: Resultados de ensayos de C.B.R. – calicata 02

C.C.A. (%)	PENETRACIÓN AL 0.1"		PENETRACIÓN AL 0.2"		M.D.S. (g/cm³)	O.C.H. (%)
	C.B.R. AL 100.0% DE LA M.D.S.	C.B.R. AL 95.0% DE LA M.D.S.	C.B.R. AL 100% DE LA M.D.S.	C.B.R. AL 95.0% DE LA M.D.S.		
7.5%	44.0 %	34.1 %	50.9 %	40.9 %	1.761	16.8 %
15.0%	51.7 %	41.7 %	59.2 %	50.6 %	1.768	17.2 %
20.0%	55.1 %	41.8 %	60.3 %	51.1 %	1.747	18.0 %
25.0%	29.3 %	22.3 %	34.1 %	27.0 %	1.709	19.0 %

Fuente: propia

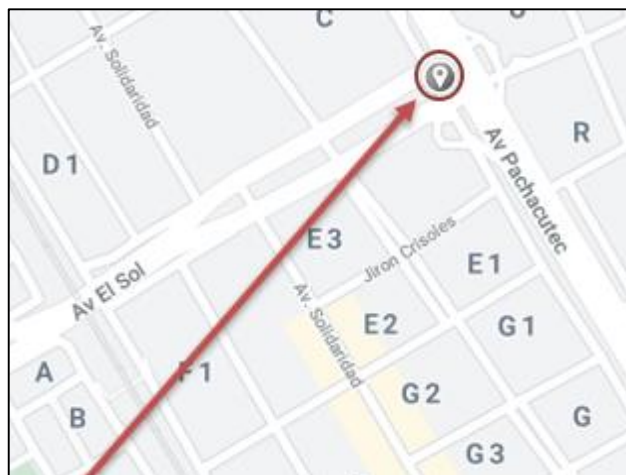
Gráfico 3: Resultados de al 0.1" del 95% del C.B.R. – C-2



Fuente: propia

Extracción de la tercera y última calicata, realizada en Av. El sol con Av. Pachacútec, con una excavación de 1.70 m de profundidad. La tercera calicata se ve en la ilustración 22, en la tabla 28 los resultados y en el gráfico 4 los porcentajes de CBR al 0,1".

Ilustración 22: Ubicación de calicata C-3



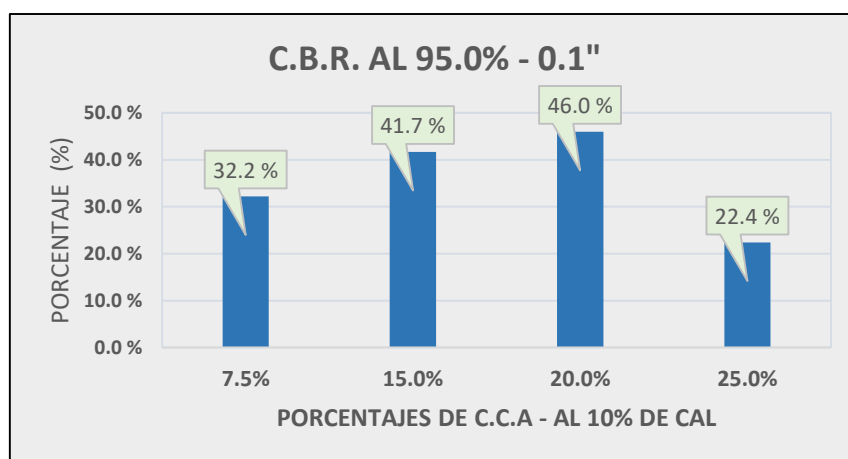
Fuente: propia

Tabla 28: Resultados de ensayos de C.B.R. – calicata 03

C.C.A. (%)	PENETRACIÓN AL 0.1"		PENETRACIÓN AL 0.2"		M.D.S. (g/cm <sup>3</sup> )	O.C.H. (%)
	C.B.R. AL 100.0% DE LA M.D.S.	C.B.R. AL 95.0% DE LA M.D.S.	C.B.R. AL 100% DE LA M.D.S.	C.B.R. AL 95.0% DE LA M.D.S.		
7.5%	42.6 %	32.2 %	49.1 %	39.3 %	1.761	17.0 %
15.0%	52.9 %	41.7 %	60.4 %	51.0 %	1.760	17.3 %
20.0%	56.4 %	46.0 %	63.9 %	55.5 %	1.745	18.0 %
25.0%	30.5 %	22.4 %	34.8 %	27.1 %	1.704	19.3 %

Fuente: propia

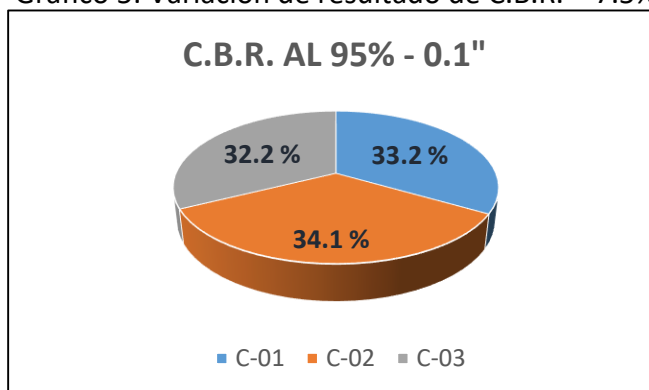
Gráfico 4: Resultados de al 0.1" del 95% del C.B.R. – C-3



Fuente: propia

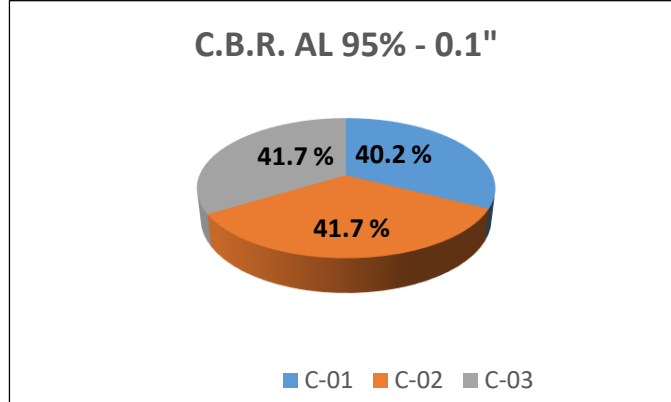
Al obtener los datos del laboratorio, podemos mostrar los siguientes resultados obtenidos en los gráficos 5,6,7 y 8

Gráfico 5: Variación de resultado de C.B.R. – 7.5%



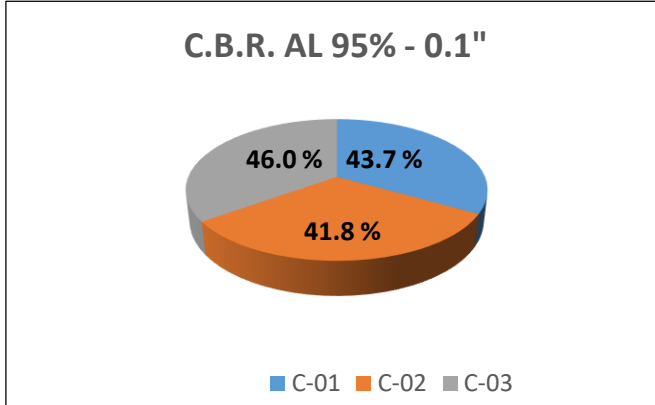
Fuente: propia

Gráfico 6: Variación de resultado de C.B.R. – 15.0%



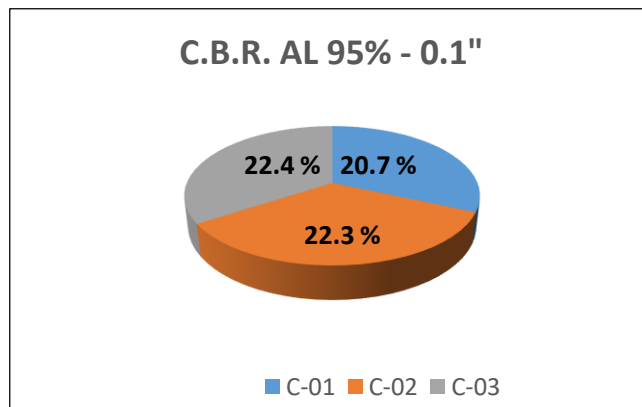
*Fuente: propia*

Gráfico 7: Variación de resultado de C.B.R. – 20.0%



*Fuente: propia*

Gráfico 8: Variación de resultado de C.B.R. – 20.0%

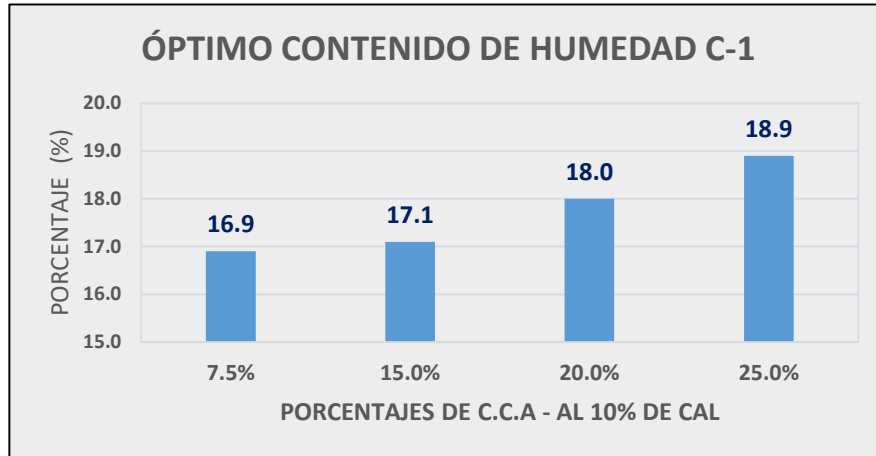


*Fuente: propia*

## Óptimo contenido de Humedad de las muestras

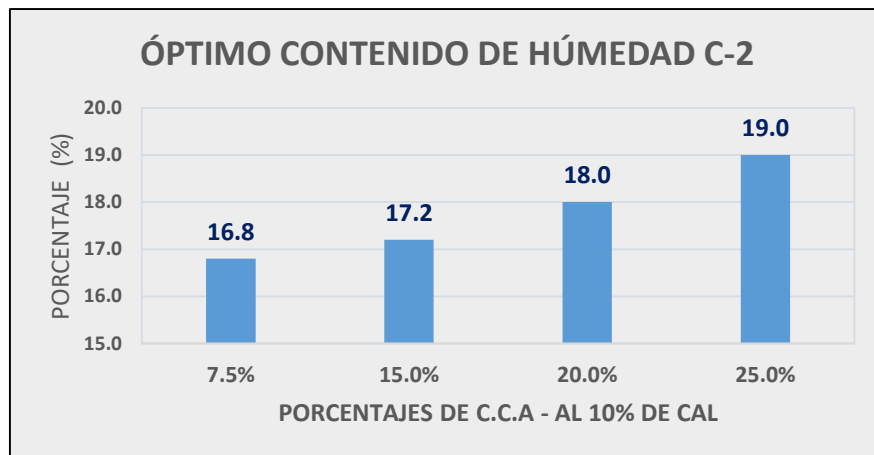
En cada muestra mientras más cantidad de ceniza de cáscara de arroz se le agregaba, se observaba que aumentaba el resultado del óptimo contenido de humedad en las muestras, se observan en los gráficos 9, 10 y 11.

Gráfico 9: variación de óptimo contenido de humedad C-1



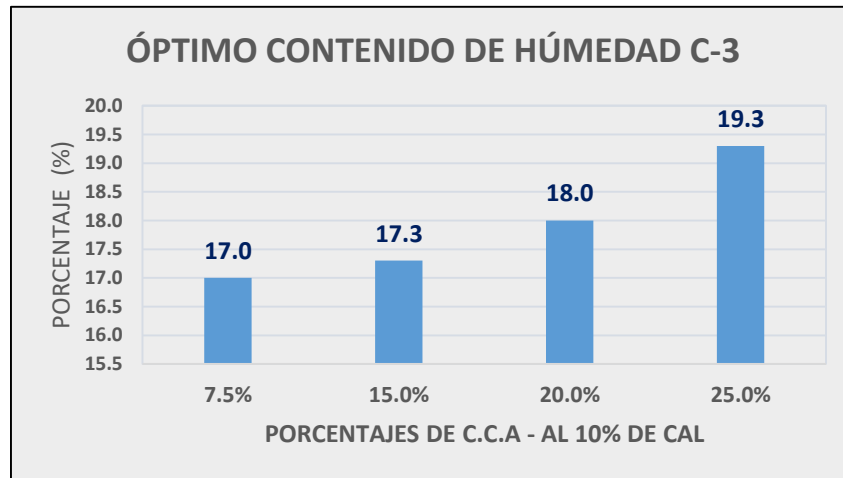
*Fuente: propia*

Gráfico 10: Variación de óptimo contenido de humedad C-2



*Fuente: propia*

Gráfico 11: Variación de óptimo contenido de humedad C-3



*Fuente: propia*

### Resistencia a la Compresión Inconfinada

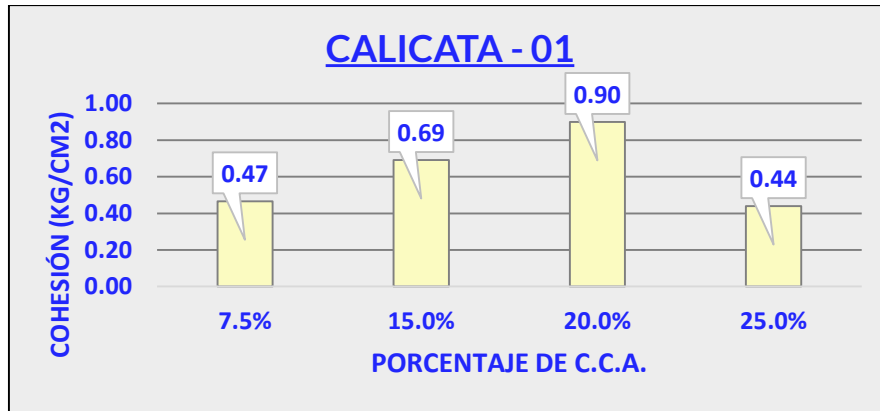
Se ha realizado el comportamiento mecánico de la cohesión del suelo con la adición de cal y ceniza de cáscara de arroz, la cual fue moldeada a partir del óptimo contenido de humedad determinada en el ensayo de Próctor modificado, aplicando la misma energía de compactación a fin de alcanzar la máxima densidad seca.

Tabla 29 : Resultados de ensayos de R.C.I. – calicata 01

C.C.A. (%)	CARGA AXIAL Kg/cm <sup>2</sup>	COHESIÓN Kg/cm <sup>2</sup>	DENSIDAD (g/cm <sup>3</sup> )	HUMEDAD (%)
7.5%	75.6	0.47	1.792	16.7 %
15.0%	112.2	0.69	1.758	17.0 %
20.0%	145.8	0.90	1.740	17.8 %
25.0%	71.2	0.44	1.701	19.1 %

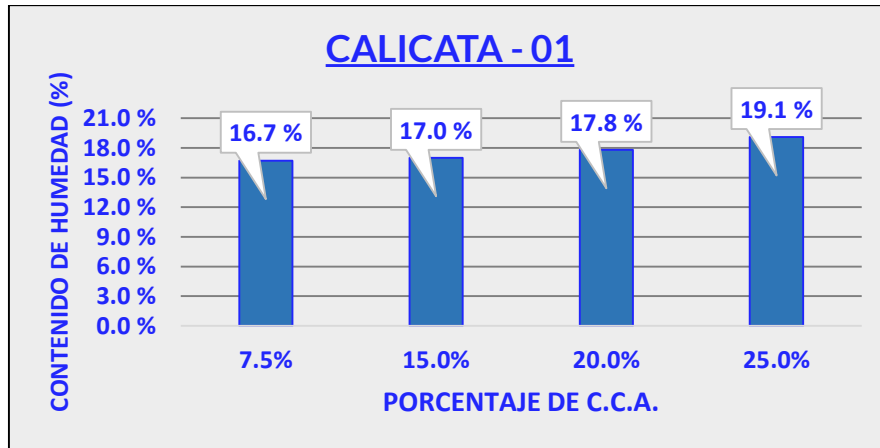
*Fuente: propia*

Gráfico 12: Variación de cohesión C-1



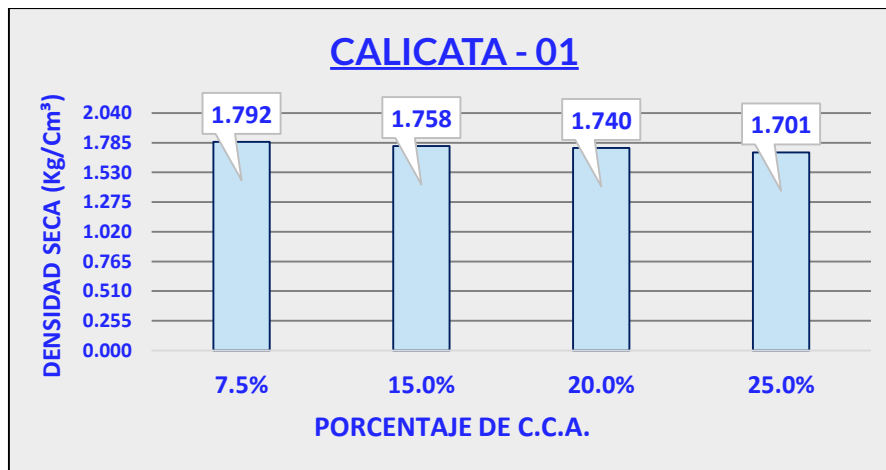
Fuente: propia

Gráfico 13: Variación de contenido de humedad C-1



Fuente: propia

Gráfico 14: Variación de densidad seca C-1



Fuente: propia

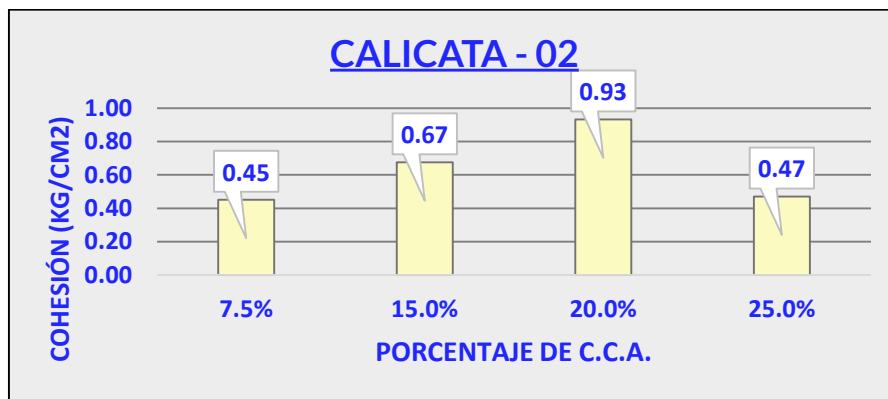


Tabla 30: Resultados de ensayos de R.C.I. – calicata 02

C.C.A. (%)	CARGA AXIAL Kg/cm <sup>2</sup>	COHESIÓN Kg/cm <sup>2</sup>	DENSIDAD (g/cm <sup>3</sup> )	HUMEDAD (%)
7.5%	73.1	0.45	1.790	16.7 %
15.0%	109.4	0.67	1.765	17.0 %
20.0%	151.1	0.93	1.749	18.1 %
25.0%	76.2	0.47	1.706	19.3 %

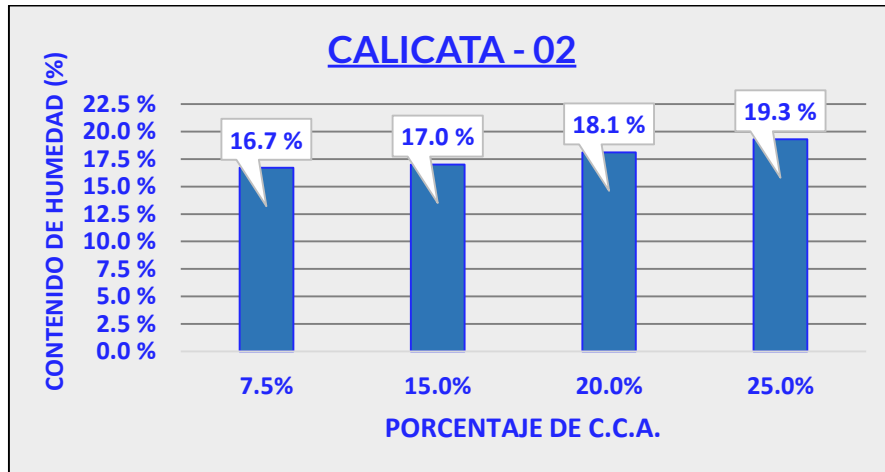
Fuente: propia

Gráfico 15: Variación de cohesión C-2



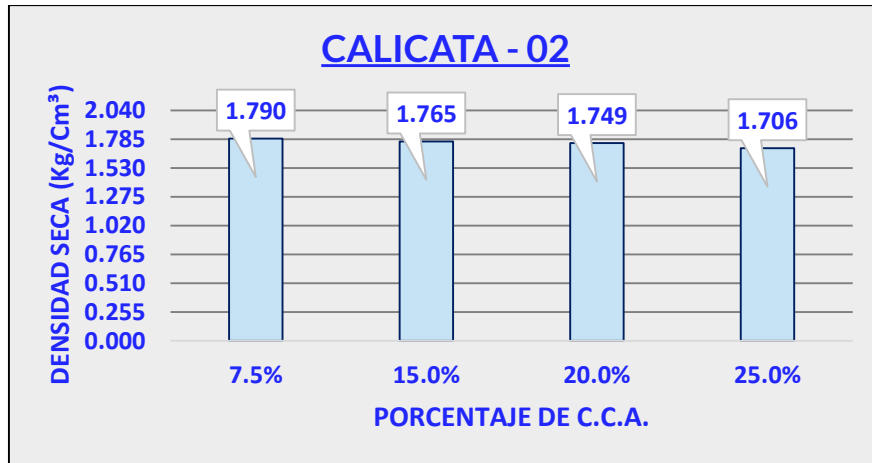
Fuente: propia

Gráfico 16: Variación de contenido de humedad C-2



Fuente: propia

Gráfico 17: Variación de densidad seca C-2



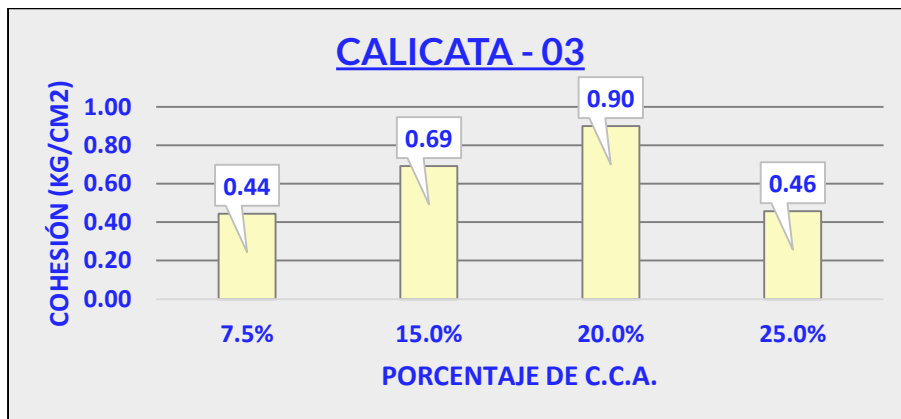
Fuente: propia

Tabla 31: Resultados de ensayos de R.C.I. – calicata 03

C.C.A. (%)	CARGA AXIAL Kg/cm <sup>2</sup>	COHESIÓN Kg/cm <sup>2</sup>	DENSIDAD (g/cm <sup>3</sup> )	HUMEDAD (%)
7.5%	72.0	0.44	1.793	16.7 %
15.0%	112.2	0.69	1.758	17.5 %
20.0%	145.8	0.90	1.744	18.3 %
25.0%	74.2	0.46	1.702	19.5 %

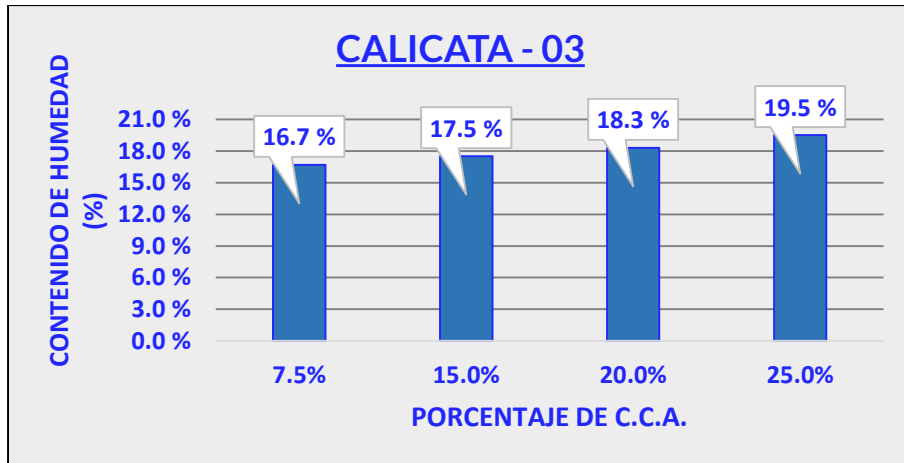
Fuente: propia

Gráfico 18: Variación de cohesión C-3



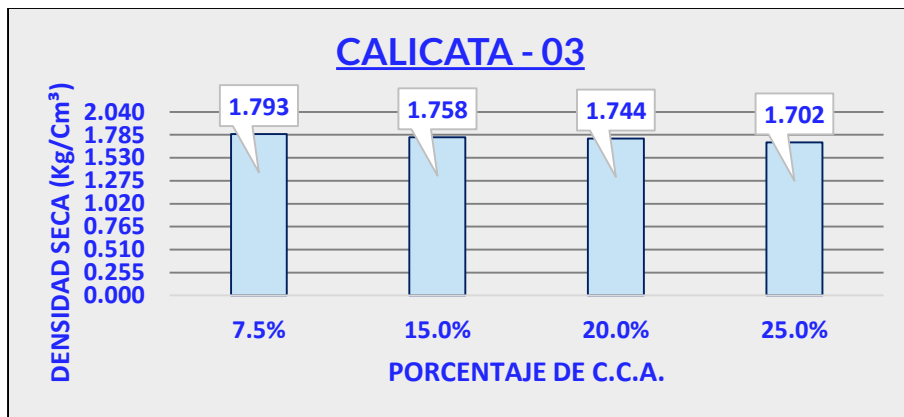
Fuente: propia

Gráfico 19: Variación de contenido de humedad C-3



Fuente: propia

Gráfico 20: Variación de densidad seca C-3



Fuente: propia

## V. DISCUSIÓN

### Objetivo general

**Analizar** el mejoramiento de las propiedades mecánicas de la subrasante adicionando cal y ceniza de cáscara de arroz en los suelos de villa el salvador, 2020.

Akeke, Ewa y Okafor estudió distintas procedencias de cáscara de arroz, la cual, al ser calcinado se determinó el contenido de Sílice, la cual su variación se fue notable, desde el más bajo, 48.4% y el más alto 84.55%, para nuestro estudio trabajó con cáscara de arroz de la provincia de Santa en el departamento de Ancash, está se calcinó y se realizó su ensayo de contenido de Sílice, en comparación a los valores obtenidos por Akeke, Ewa y Okafor la ceniza de cáscara de arroz con la que se realizó los experimentos para la presente investigación se determinó el 86.4%, el resultado obtenido bajo la prueba de contenido de Sílice realizada por la Universidad Nacional Agraria de la Molina, la metodología aplicada para la obtención de la ceniza de cáscara de arroz es de forma artesanal, se ubicó la cáscara es un recipiente capaz de soportar temperaturas extremas, éstas no fueron determinadas , pues la situación ocasional no nos permitió calcinar la ceniza de cáscara de arroz en hornos industriales, la ceniza de cáscara de arroz se tamizó mediante la malla número 200, la cual se obtuvo partículas similares a la del cemento portland, en base a lo detallado se aplicó los siguientes porcentajes al suelo arenoso 7.5%, 15%, 20, y 25% posteriormente se analizó el comportamiento mecánico del suelo.

Behak y Peres, presentaron las características del suelo de arenoso de una cantera en Montevideo-Uruguay, con la mezcla de la C.C.A (ceniza de cáscara de arroz) y la cal para estudiar sus propiedades físicas y mecánicas de esta mezcla, Se realizaron tres mezclas con el suelo arenoso: suelo + 15% de CCA + 5% de cal, suelo + 20% C.C.A + 5% de cal y suelo + 20% C.C.A + 10% de cal, lo cual el óptimo valor de alcanzado fue la mezcla de 20%C.C.A. se presenta la tabla de resultados de los ensayos efectuados.

Tabla 32: Resultados de pruebas en suelo arenoso bien gradado

ARTÍCULOS ENCONTRADOS	ENSAYOS REALIZADOS				
	CONTENIDO DE PULPA	CBR	% CCA	% CAL	RCI
Pruebas con suelo arenoso (SW - SM) según: (Behak y Peres, 2008)	suelo + 0% CCA + 0% cal	9	0	0	14 Kpa
	suelo + 15% de CCA + 5% de cal	no hay dato	15	5	140 Kpa
	suelo + 20% CCA + 5% de cal	no hay dato	20	5	190 Kpa
	suelo + 20% CCA + 10% de cal	25	20	10	276 Kpa

**FUENTE:** Behak y Peres

Los resultados obtenidos se cumplen para suelos de clasificación SW-SM, el suelo analizado tiene como clasificación SP, según su gradación carece de particular de grava, y el porcentaje de material pasante el tamiz #200 es inferior al 5%, el comportamiento mecánico del suelo con los agentes estabilizadores va a depender del contenido de sílice contenido en la ceniza de cáscara de arroz, el suelo de villa el salvador mezclado con similares porcentajes se alcanzó valores superiores debido al alto contenido de sílice, además de ello el suelo se dejó curando durante siete días la cual fue tiempo suficiente para que la reacción de la C.C.A. y cal aporten resistencia a la penetración y cohesión del suelo.

De acuerdo al objetivo específico la cual es **determinar** el óptimo contenido de C.C.A y cal para alcanzar los mayores valores porcentuales de los ensayos de C.B.R. subrasante de los suelos de Villa el Salvador, 2020 se revisó el artículo de **Rahgozar, Saberian y Li** en la cual se alcanzó valores bastante altos, 91% de C.B.R. el suelo con que se trabajó para esta investigación es de clasificación SUCS como SC, arenoso arcilloso, y su valor de R.C.I es bastante favorable ay que alcanzó 2900 Kpa, para los suelos arenoso como es el suelo que estamos trabajando el aporte de resistencia al CBR alcanzó el 55.5% al 0.1" de penetración. Se presenta el siguiente cuadro de resultados de que se determinó mediante el ensayo de CBR.

Tabla 33: resumen de ensayos en suelo arenoso

ARTÍCULO	ENSAYOS REALIZADOS			
	CONTENIDO DE PULPA	CBR	% CCA	% CAL
Según (Rahgozar, Saberian y Li, 2017) pruebas en suelo SC arenoso arcilloso	suelo	5	0	0
	mezcla	19	0	2
	mezcla	26	0	4
	mezcla	37	0	6
	mezcla	50	0	8
	mezcla	59	2	2
	mezcla	64	4	2
	mezcla	59	6	2
	mezcla	57	8	2
	mezcla	65	2	4
	mezcla	71	4	4
	mezcla	69	6	4
	mezcla	65.5	8	4
	mezcla	73	2	6
	mezcla	80	4	6
	mezcla	88	6	6
	mezcla	81	8	6
	mezcla	82	2	8
mezcla	88	4	8	
mezcla	91	6	8	
mezcla	84	8	8	

Para obtener resultados como se obtuvo para un suelo arcilloso el ensayo debe realizarse sin ser sumergido en agua, según la norma aplicada mencionada que el molde con el suelo compactado con el óptimo contenido de humedad debe ser sumergido en agua por 4 días.

Otro de los objetivos específicos es **determinar** la resistencia a la compresión no confinada con la adición de cal y ceniza de cáscara de arroz en la subrasante de los suelos de Villa el Salvador, 2020. Este valor nos servirá como partida para determinar la cohesión, ya que es uno de los factores de investigación.

Los resultados iniciales, en relación a los determinados con la adición de C.C.A. y cal en nuestro suelo, fue poco favorable, cabe aclarar que el trabajo patrón no se pudo realizar el ensayo pues la cohesión es nula.

Se ha tomado como referencia los resultados obtenidos en el artículo presentado por **Rahgozar, Saberian y Li** para comparar los resultados obtenidos con el suelo con que trabajó, en la tabla de resumen se observa que con valores similares al con la que se realizó las pruebas para la presente investigación.

Tabla 34: Prueba en suelo Limo arcilloso

ARTÍCULO	ENSAYOS REALIZADOS				
	CONTENIDO DE PULPA	CBR	% CCA	% CAL	RCI
Pruebas con suelo CL limoso arcilloso según (Sharma, Swain y Sahoo, 2012)	suelo + 0% CV + 0% cal	2.06	0	0	24.73 kPa
	suelo + 10% CV + 0% cal	3.16	10	0	34.73 kPa
	suelo + 15% CV + 0% cal	3.76	15	0	38.83 kPa
	suelo + 20% CV + 0% cal	4.03	20	0	63.38 kPa
	suelo + 25% CV + 8.5% cal	4.28	25	0	45.11 kPa
	suelo + 20% CV + 8.5% cal	5.7	20	8.5	105.2 kPa

**FUENTE:** *Sharma, Swain y Sahoo*

Con los valores trabajados por el artículo y los obtenidos en la investigación, la diferencia no es muy alta para el caso del artículo se determinó que la resistencia a la compresión es de 105Kpa y la obtenida en el estudio es de 182.4Kpa, la cual es evidencia de que se aplicó la C.C.A efectivamente.

## VI. CONCLUSIONES

Del estudio de mecánica de suelos del área de investigación se determinó suelo de clasificación SP, según las investigaciones de la UNI - CISMID existir varios tipos de suelos entre ellos SP, SM y SP-SM. Se realizó el ensayo de contenido de Sílice al aditivo de investigación, siendo este la ceniza de cáscara de arroz, arrojando el valor porcentual de 86.4%, este resultado es favorable, pues el comportamiento pulzolánico mejora mientras mayor contenido de sílice se concentre en el elemento de adición. Las propiedades mecánicas analizadas arrojaron valores favorables, habiéndose reportado incrementos al añadir porcentajes de C.C.A. con cal previamente seleccionadas de acuerdo a la evaluación de los antecedentes (artículos), el valor más favorable para el mejor comportamiento mecánico es 20% de C.C.A. con cal en 10%.

Se determinó el óptimo contenido de C.C.A. entre los porcentajes estudiados para alcanzar el mayor valor relativo de C.B.R., siendo este el 20% de C.C.A. y 10% de cal, el valor alcanzado con el porcentaje óptimo de 46% para la calicata C-3, valor más alto, y 41.8% para la calicata C-2, valor más bajo, de acuerdo a análisis estadístico mediante la Prueba T-Student la hipótesis alterna se acepta, concluyendo que el mejoramiento de C.B.R. es significativo.

Se determinó el óptimo contenido de C.C.A. entre los porcentajes estudiados para alcanzar la mayor cohesión de suelo mejorado, dando como resultado que el porcentaje con mejor cohesión es el 20% de C.C.A. y 10% de cal, la cohesión con la que se determinó al 20% de C.C.A. y 10% de cal es de 0.93 Kg/cm<sup>2</sup> siendo este valor perteneciente a la calicata C-2, el resultado más bajo, se determinó en la calicata C-3 y C-1 en ambos casos de 0.90 Kg/cm<sup>2</sup> de acuerdo a análisis estadístico es mediante la Prueba T-Student la hipótesis alterna no se acepta, concluyendo que el mejoramiento de R.C.I. no es significativo.



## VII. RECOMENDACIONES

Aplicar la cantidad necesaria de agua para alcanzar el O.C.H, por tanto, obtener el mejor comportamiento mecánico del suelo, se observa el bajo incremento de necesidad de agua, la variación no es distante en la relación al patrón, es decir, en el patrón se obtuvo 16.4% de O.C.H. y para las mejores condiciones de comportamiento mecánico el máximo valor de O.C.H. es 18.3%. La cual no habrá incremento de recursos hídricos significativos.

El suelo se debe compactar hasta alcanzar la máxima densidad seca que alcanzó el suelo mejorado al añadir la C.C.A. y cal, la disminución de densidad a medida se aporte mayor porcentaje de C.C.A., no es de grado significativo, ya que, el valor más alto de densidad seca para el suelo patrón es calicata de 1.766 Kg/cm<sup>2</sup> perteneciente a la calicata C-2, y el valor más bajo para óptimas condiciones de comportamiento mecánica, la cual, se logró al añadir 20% de C.C.A. y 10% de cal, es 1.749 Kg/cm<sup>2</sup>, siendo este último, datos extraído de la calicata C-2.

Para poder lograr los valores determinados en el análisis del mejoramiento de suelos arenoso, se debe trabajar con ceniza de cáscara de arroz con valores igual o mayor al 86.4% de concentración de sílice, ya que es el valor con la que se realizó el estudio.

Para lograr la mejora del comportamiento mecánico, la ceniza de cáscara de arroz debe ser tamizada por el tamiz número #200, la característica física con la que se realizó el estudio está aplicada con C.C.A. inferior al tamiz mencionado.

La cáscara de arroz deberá ser calcinada en el horno donde se garantice la temperatura, la cual pueda ser controlada, ya que la cáscara de arroz con la que se realizó el estudio recibió temperaturas que logre calcinar la cáscara la cual no fue determinada.

Se recomienda el uso de la C.C.A., ya que, al conocer sus propiedades y observar sus resultados, esta puede ser empleada a futuro como un material alternativo ecológico y por similitud al cemento puede ser un buen reemplazo al cemento.

## REFERENCIAS

OKAFOR, Fidelis y OKWONKO, Ugochukwu, 2009. Effects of rice husk ash on some geotechnical properties of lateritic soil. *Nigerian Journal of Technology*.

AKEKE, G., EWA, D. y OKAFOR, F., 2016. Effects of variability in the pozzolanic properties of rice husk ash on the compressive strength of concrete. *Nigerian Journal of Technology*.

BEHAK, Leonardo y PERES, Washington, 2008. Caracterización de un material compuesto por suelo arenoso, ceniza de cáscara de arroz y cal potencialmente útil para su uso en pavimentación.

CARVAJAL, RINCÓN y ZARATE, 2018. Mejoramiento del material de afirmado de la cantera la esmeralda mediante la adición de ceniza de cascarilla de arroz y material reciclado de escombros.

Manual de carreteras (marzo 2014).

BRAJA, M, 2013. Fundamentos de ingeniería geotécnica. 4ª ed. México.

JUAREZ, E y RICO, A, 1978. Mecánica de suelos.

VALVERDE, Agustín, SARRIA, Bienvenido y MONTEAGUDO, José, 2007. Análisis comparativo de las características fisicoquímicas de la cascarilla de arroz

DE LA PARED, Daniel, 2013. Estabilización del suelo mediante adiciones de ceniza de cascarilla de arroz.

ALABI, A., OLUTAIWO, A. y ADEBOJE, A., 2015. Evaluation of Rice Husk Ash Stabilized Lateritic Soil as Sub-base in Road Construction. *British Journal of Applied Science & Technology* vol. 9(4).

RAHGOZAR, SABERIAN y LI, 2017. Estabilización de suelos con materiales de residuos agrícolas ecológicos no convencionales: un estudio experimental.

OYETOLA, E. y ABDULLAHI, M., 2006. The use of rice husk ash in low-cost sandcrete block production

SHARMA, SWAIN y SAHOO, 2012. Stabilization of a clayey soil with fly ash and lime: a micro level investigation.

Universidad Nacional de Ingeniería y Centro Peruano Japonés de Investigaciones Sísmicas y Mitigación de Desastres, 2011. Microzonificación sísmica del distrito de Villa El Salvador.

Manual de Ensayo de Materiales.

Reglamento Nacional de Edificaciones, 2010.

Revista del Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI), 2018.

ALHASSAN y ALHAJI, 2017. Utilization of rice husk ash for improvement of deficient soils in Nigeria: a review

CHUN, HILMI, Md GHAZALY, 2019. Stabilization/solidification of lead-contaminated soil using cement and rice husk ash.

JIANG, X., Huang Z. y Luo, X, 2019. Analysis of strength development and Soil- Water characteristics of rice husk ash-lime stabilized soft soil

SANDOVAL, E. y RIVERA, W., 2019. Correlación del CBR con la resistencia a la compresión inconfiada.

ALVARADO, Cinthya y GUERRA, Alfredo, 2018. Influencia de la adición de ceniza de cáscara de arroz activada alcalinamente sobre la estabilización ecológica de la mezcla suelo-sedimento en la provincia de Virú.

ESQUIVEL, G. y GÁMEZ, M., 2019. Cal y cenizas de cáscara de arroz para estabilizar la superficie de rodadura en la vía santa clemencia-chachapoyas

López, J. y Ortiz, G., 2018. Estabilización de suelos arcillosos con cal para el tratamiento de la subrasante en las calles de la urbanización San Luis de la ciudad de Abancay.

La norma Técnica Peruana NTP (1999).

Manual de estabilización de suelo tratado con cal, 2006.


Observatorio de Commodities: arroz, 2019.

## ANEXOS

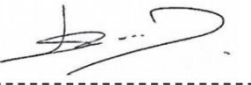
“Mejoramiento de las propiedades mecánicas en la subrasante de suelos arenosos adicionando ceniza de cáscara de arroz y cal”

### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (ASTM D 422-63(2002) / NTP 339.128:1999)

MALLA SERIE AMERICANA	CAL/MUEST.														
	PESO TOTAL														
	P. DE GRAVA														
	ABERT.(mm)	PESO RETENIDO				PESO RETENIDO				PESO RETENIDO					
3"	76.200														
2 1/2"	63.500														
2"	50.800														
1 1/2"	38.100														
1"	25.400														
3/4"	19.050														
1/2"	12.700														
3/8"	9.525														
1/4"	5.350														
Nº 4	4.760														
Nº 8	2.380														
Nº 10	2.000														
Nº 20	0.840														
Nº 40	0.426														
Nº 80	0.177														
Nº 100	0.149														
Nº 200	0.074														
<Nº 200															
Número de tarro															
Peso suelo humedo+tarro															
Peso suelo seco+tarro															
Peso del tarro															
Peso seco suelo lavado+tarro															
LIMITES DE ATTERBERG	L.Liq	L.Liq	L.Liq	L.Pla.	L.Pla.	L.Liq	L.Liq	L.Liq	L.Pla.	L.Pla.	L.Liq	L.Liq	L.Liq	L.Pla.	L.Pla.
Tarro Nº															
Peso suelo humedo+tarro															
Peso suelo seco+tarro															
Peso del agua															
Peso del tarro															
Peso del suelo seco															
Contenido de humedad															
Número de golpes															
OBSERVACIONES:															

  
**PADILLA AYCHO**  
**VICENTE NICOLAS**  
**INGENIERO CIVIL**  
 Reg. CIP Nº 177469

  
**CSA SANTA CRUZ S.R.L.**  
**ARQ. ROY OT. SANTA CRUZ VEL.**  
**GERENTE GENERAL**

  
**YADIRA ENRIQUEZ MINAYA**  
**ESPECIALISTA DE SUELOS Y PAVIMENTOS**  
 Reg. CIP Nº63101


V°B

**“Mejoramiento de las propiedades mecánicas en la subrasante de suelos arenosos adicionando ceniza de cáscara de arroz y cal”**

**ENSAYO DE COMPRESIÓN NO CONFINADA ASTM D-2166 /NTP: 339.167**

<p>CAL/MUESTRA : .....</p> <p>DIAMETRO INICIAL : .....</p> <p>ALTURA INICIAL : .....</p> <p>ÁREA INICIAL : .....</p> <p>VOLUMEN : .....</p> <p>DIAMETRO FINAL : .....</p> <p>ALTURA FINAL : .....</p> <p>ÁREA FINAL : .....</p> <p>PESO DEL RECIPIENTE : .....</p> <p>PESO SUELO H. + TARA : .....</p> <p>PESO SELO S. + TARA : .....</p> <p>PESO DEL AGUA : .....</p> <p>PESO DEL SUELO SECO : .....</p> <p>CONTENIDO DE HUMEDAD : .....</p>	<p>CAL/MUESTRA : .....</p> <p>DIAMETRO INICIAL : .....</p> <p>ALTURA INICIAL : .....</p> <p>ÁREA INICIAL : .....</p> <p>VOLUMEN : .....</p> <p>DIAMETRO FINAL : .....</p> <p>ALTURA FINAL : .....</p> <p>ÁREA FINAL : .....</p> <p>PESO DEL RECIPIENTE : .....</p> <p>PESO SUELO H. + TARA : .....</p> <p>PESO SELO S. + TARA : .....</p> <p>PESO DEL AGUA : .....</p> <p>PESO DEL SUELO SECO : .....</p> <p>CONTENIDO DE HUMEDAD : .....</p>																																																																																																																														
<table style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width:5%;"></th> <th style="width:40%;">DESPLAZAMIENTO (pulgadas)</th> <th style="width:55%;">CARGA (KG)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>0.03</td><td>.....</td></tr> <tr><td>2</td><td>0.06</td><td>.....</td></tr> <tr><td>3</td><td>0.09</td><td>.....</td></tr> <tr><td>4</td><td>0.12</td><td>.....</td></tr> <tr><td>5</td><td>0.15</td><td>.....</td></tr> <tr><td>6</td><td>0.18</td><td>.....</td></tr> <tr><td>7</td><td>0.21</td><td>.....</td></tr> <tr><td>8</td><td>0.24</td><td>.....</td></tr> <tr><td>9</td><td>0.27</td><td>.....</td></tr> <tr><td>10</td><td>0.30</td><td>.....</td></tr> <tr><td>11</td><td>0.33</td><td>.....</td></tr> <tr><td>12</td><td>0.36</td><td>.....</td></tr> <tr><td>13</td><td>0.39</td><td>.....</td></tr> <tr><td>14</td><td>0.42</td><td>.....</td></tr> <tr><td>15</td><td>0.45</td><td>.....</td></tr> <tr><td>16</td><td>0.48</td><td>.....</td></tr> <tr><td>17</td><td>0.51</td><td>.....</td></tr> <tr><td>18</td><td>0.54</td><td>.....</td></tr> <tr><td>19</td><td>0.57</td><td>.....</td></tr> <tr><td>20</td><td>0.60</td><td>.....</td></tr> </tbody> </table>		DESPLAZAMIENTO (pulgadas)	CARGA (KG)	1	0.03	.....	2	0.06	.....	3	0.09	.....	4	0.12	.....	5	0.15	.....	6	0.18	.....	7	0.21	.....	8	0.24	.....	9	0.27	.....	10	0.30	.....	11	0.33	.....	12	0.36	.....	13	0.39	.....	14	0.42	.....	15	0.45	.....	16	0.48	.....	17	0.51	.....	18	0.54	.....	19	0.57	.....	20	0.60	.....	<table style="width:100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th style="width:5%;"></th> <th style="width:40%;">DESPLAZAMIENTO (pulgadas)</th> <th style="width:55%;">CARGA (KG)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr><td>1</td><td>0.03</td><td>.....</td></tr> <tr><td>2</td><td>0.06</td><td>.....</td></tr> <tr><td>3</td><td>0.09</td><td>.....</td></tr> <tr><td>4</td><td>0.12</td><td>.....</td></tr> <tr><td>5</td><td>0.15</td><td>.....</td></tr> <tr><td>6</td><td>0.18</td><td>.....</td></tr> <tr><td>7</td><td>0.21</td><td>.....</td></tr> <tr><td>8</td><td>0.24</td><td>.....</td></tr> <tr><td>9</td><td>0.27</td><td>.....</td></tr> <tr><td>10</td><td>0.30</td><td>.....</td></tr> <tr><td>11</td><td>0.33</td><td>.....</td></tr> <tr><td>12</td><td>0.36</td><td>.....</td></tr> <tr><td>13</td><td>0.39</td><td>.....</td></tr> <tr><td>14</td><td>0.42</td><td>.....</td></tr> <tr><td>15</td><td>0.45</td><td>.....</td></tr> <tr><td>16</td><td>0.48</td><td>.....</td></tr> <tr><td>17</td><td>0.51</td><td>.....</td></tr> <tr><td>18</td><td>0.54</td><td>.....</td></tr> <tr><td>19</td><td>0.57</td><td>.....</td></tr> <tr><td>20</td><td>0.60</td><td>.....</td></tr> </tbody> </table>		DESPLAZAMIENTO (pulgadas)	CARGA (KG)	1	0.03	.....	2	0.06	.....	3	0.09	.....	4	0.12	.....	5	0.15	.....	6	0.18	.....	7	0.21	.....	8	0.24	.....	9	0.27	.....	10	0.30	.....	11	0.33	.....	12	0.36	.....	13	0.39	.....	14	0.42	.....	15	0.45	.....	16	0.48	.....	17	0.51	.....	18	0.54	.....	19	0.57	.....	20	0.60	.....
	DESPLAZAMIENTO (pulgadas)	CARGA (KG)																																																																																																																													
1	0.03	.....																																																																																																																													
2	0.06	.....																																																																																																																													
3	0.09	.....																																																																																																																													
4	0.12	.....																																																																																																																													
5	0.15	.....																																																																																																																													
6	0.18	.....																																																																																																																													
7	0.21	.....																																																																																																																													
8	0.24	.....																																																																																																																													
9	0.27	.....																																																																																																																													
10	0.30	.....																																																																																																																													
11	0.33	.....																																																																																																																													
12	0.36	.....																																																																																																																													
13	0.39	.....																																																																																																																													
14	0.42	.....																																																																																																																													
15	0.45	.....																																																																																																																													
16	0.48	.....																																																																																																																													
17	0.51	.....																																																																																																																													
18	0.54	.....																																																																																																																													
19	0.57	.....																																																																																																																													
20	0.60	.....																																																																																																																													
	DESPLAZAMIENTO (pulgadas)	CARGA (KG)																																																																																																																													
1	0.03	.....																																																																																																																													
2	0.06	.....																																																																																																																													
3	0.09	.....																																																																																																																													
4	0.12	.....																																																																																																																													
5	0.15	.....																																																																																																																													
6	0.18	.....																																																																																																																													
7	0.21	.....																																																																																																																													
8	0.24	.....																																																																																																																													
9	0.27	.....																																																																																																																													
10	0.30	.....																																																																																																																													
11	0.33	.....																																																																																																																													
12	0.36	.....																																																																																																																													
13	0.39	.....																																																																																																																													
14	0.42	.....																																																																																																																													
15	0.45	.....																																																																																																																													
16	0.48	.....																																																																																																																													
17	0.51	.....																																																																																																																													
18	0.54	.....																																																																																																																													
19	0.57	.....																																																																																																																													
20	0.60	.....																																																																																																																													

VELCIDAD DE DEFORMACIÓN (mm/min) 10.2

  
**PADILLA AYCHO**  
**VICENTE NICOLAS**  
**INGENIERO CIVIL**  
 Reg. CIP N° 177469

  
**CSIA SANTA CRUZ S.R.L.**  
**ARC. ROY 01 SANTA CRUZ VEL.**  
**GERENTE GENERAL**




YADIRA ENRIQUEZ MINAYA  
 ESPECIALISTA DE SUELOS Y PAVIMENTOS  
 Reg. CIP N°63101

V°B

**“Mejoramiento de las propiedades mecánicas en la subrasante de suelos arenosos adicionando ceniza de cáscara de arroz y cal”**

PROCTOR MODIFICADO (ASTM D 1557-02)				CBR DE SUELOS COMPACTADOS EN LABORATORIO (ASTM D 1883-05)																					
VOLUMEN DEL MOLDE :		MÉTODO DE COMPACTACIÓN :		VOL. MOLDE :		INDICADO		N° DE CAPAS : 5		CAP. DEL ANILLO :		F. ANILLO :													
N° DE MOLDE				N° DE MOLDE				N° MOLDE		56 golpes		26 golpes		12 golpes											
N° GOLPES				N° DE GOLPES				PEN. (mm)		LEC. DIAL		CARGA (kg)		LEC. DIAL		CARGA (kg)									
P. MOLDE + S. HÚMEDO (g)				VOLUMEN DE MOLDE (cm <sup>3</sup> )																					
PESO MOLDE (g)				P. MOLDE + S. HÚMEDO (g)																					
PESO SUELO HÚMEDO (g)				PESO MOLDE (g)																					
N° TARRO				PESO SUELO HÚMEDO (g)																					
P. TARRO + S. HÚMEDO (g)				N° TARRO																					
P. TARRO + S. SECO (g)				P. TARRO + S. HÚMEDO (g)																					
PESO DE AGUA (g)				P. TARRO + S. SECO (g)																					
PESO DE TARRO (g)				PESO DE AGUA (g)																					
PESO SUELO SECO (g)				PESO DE TARRO (g)																					
HUMEDAD (%)				PESO SUELO SECO (g)																					
HUMEDAD PROMEDIO (%)				CONTENIDO DE HUMEDAD (g)																					
DENSIDAD HÚMEDA (g/cm <sup>3</sup> )				DENSIDAD HÚMEDA (g/cm <sup>3</sup> )																					
DENSIDAD SECA (g/cm <sup>3</sup> )				DENSIDAD SECA (g/cm <sup>3</sup> )																					
<b>ABSORCIÓN</b>				<b>EXPANSIÓN</b>					<b>RESUMEN DE RESULTADOS DE ENSAYOS</b>																
N° MOLDE				FECHA		HORA		LEC. DIAL		LEC. DIAL		LEC. DIAL		MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm <sup>3</sup> )											
PESO SUELO HUM. + PLATO + MOLDE														ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)											
PESO DEL PLATO + MOLDE														SERIE AMERICANA		3/4"		3/8"		N° 4		N° 200		Pasa N° 200	
PESO SUELO HÚMEDO EMBEBIDO														RETENIDO PARCIAL (%)											
PESO SUELO HÚMEDO SIN EMBEBER														observación:											
PESO DEL AGUA ABSORBIDA																									
PESO DEL SUELO SECO																									
ABSORCIÓN DE AGUA																									

  
**PADILLA AYCHO**  
**VICENTE NICOLAS**  
**INGENIERO CIVIL**  
 Reg. CIP N° 177469

  
**ARQ. ROY Y SANTA CRUZ VELLI**  
**GERENTE GENERAL**

  
 -----  
**YADIRA ENRIQUEZ MINAYA**  
**ESPECIALISTA DE SUELOS Y PAVIMENTOS**  
 Reg. CIP N° 63101

V°B

## MATRIZ DE CONSISTENCIA

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES	METODO Y DISEÑO
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPOTESIS GENERAL	VARIABLE INDEPENDIENTE	Cantidad de ceniza de cáscara de arroz, 7.5%, 15%, 20% y 25%	Adición en porcentaje (%)	Método: científico  Diseño: experimental
¿Cómo mejoran las propiedades mecánicas de la subrasante adicionando cal y ceniza de cáscara de arroz en los suelos de villa el salvador, 2020?	Analizar el mejoramiento de las propiedades mecánicas de la subrasante adicionando cal y ceniza de cáscara de arroz en los suelos de villa el salvador, 2020.	La cal y ceniza de cáscara de arroz mejoran las propiedades mecánicas de la subrasante de los suelos de Villa el Salvador, 2020.	Ceniza de cáscara de arroz			
PROBLEMA ESPECÍFICO	OBJETIVO ESPECÍFICO	HIPÓTESIS ESPECÍFICO	VARIABLE DEPENDIENTE	California Bearing Ratio (CBR)	Valor relativo de CBR (%)	
¿La adición de cal y ceniza de cáscara de arroz mejora el valor de CBR en la subrasante de los suelos de Villa el Salvador, 2020?	Determinar los valores porcentuales de los ensayos de CBR con la adición de cal y ceniza de cáscara de arroz en la subrasante de los suelos de Villa el Salvador, 2020.	La adición de la cal y ceniza de cáscara de arroz mejora el valor de CBR en la subrasante de los suelos de Villa el Salvador, 2020.	Mejoramiento de las propiedades mecánicas en suelo arenoso			
¿La adición de cal y ceniza de cáscara de arroz mejora la resistencia a la compresión no confinada en la subrasante de los suelos de Villa el Salvador, 2020?	Determinar la resistencia a la compresión no confinada con la adición de cal y ceniza de cáscara de arroz en la subrasante de los suelos de Villa el Salvador, 2020.	La adición de cal y ceniza de cáscara de arroz mejora la resistencia a la compresión no confinada en la subrasante de los suelos de Villa el Salvador, 2020.		Resistencia a la compresión no confinada	Esfuerzo a la falla (kg/cm <sup>2</sup> )	

“Mejoramiento de las propiedades mecánicas en la subrasante de suelos arenosos adicionando ceniza de cáscara de arroz y cal”

Toma de muestra (Av. Pastor Sevilla/Av. El sol – VILLA EL SALVADOR)

FOTO 01



Fuente: Propia

FOTO 02



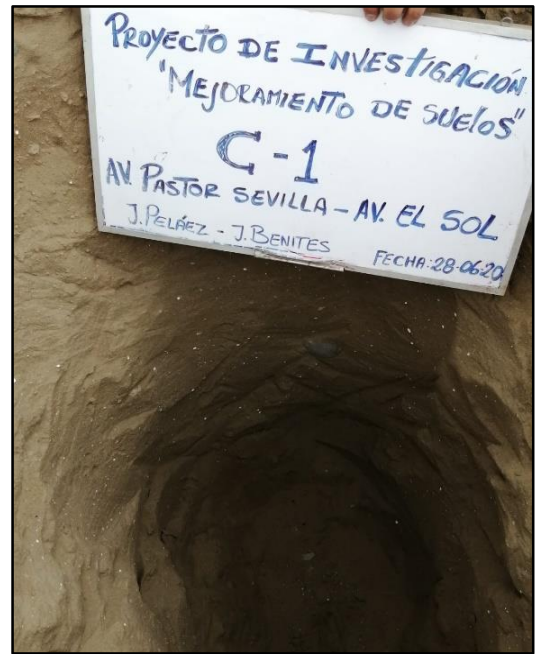
Fuente: Propia

FOTO 03



Fuente: Propia

FOTO 04



Fuente: Propia



Ensayo de Próctor modificado de suelos para tamizar y cal para agregar

FOTO 05



Fuente: Propia

Realización de tamizado y pesado de la muestra retenido en cada malla, análisis granulométrico. Ensayo proctor modificado método "A".

FOTO 06



Fuente: Propia

FOTO 07



Fuente: Propia

Límite líquido, cuchara casagrande suelo tamisado por el tamiz N°40.

FOTO 08



Fuente: Propia

Inmersión de moldes de C.B.R durante 4 días.

FOTO 09



Ensayo California Bearing Ratio (C.B.R)

FOTO 10



Fuente: Propia

# ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DEL SUELO Y SU CARACTERIZACIÓN



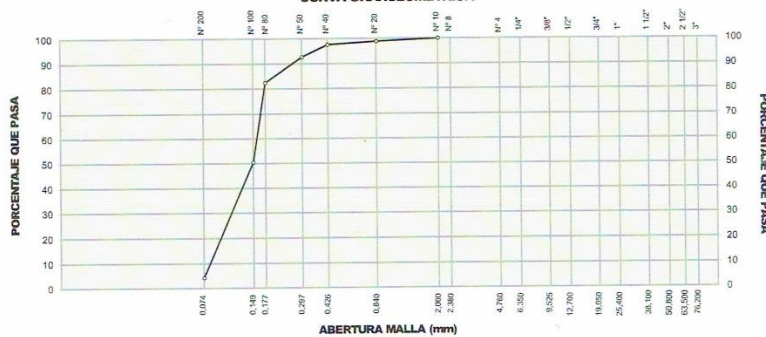
## ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO

NTP 339.128 (99)

SOLICITANTE	: JUAN DAVID PELAEZ QUISPE, JULIO CÉSAR BENITES PACHECO	REGISTRO	: 156/2020.GEOSUR
TÍTULO	: "ANÁLISIS DEL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE SUBRASANTE EN SUELOS ARENOSAS MAL GRADADO ADICIONANDO CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ Y CAL EN VILLA EL SALVADOR, 2020."	TÉCNICO	: G.B.S
UBICACIÓN	: VILLA EL SALVADOR - LIMA	FECHA	: 29-jun.-2020
REFERENCIAS DE LA CANTERA		CAL	: 0%
CALICATA	: C-1 (AV.PASTOR SEVILLA - AV. EL SOL)	C.C.A	: 0%
MUESTRA	: M-01	PROFUNDIDAD	: 0.00 m - 1.70 m

GRANULOMETRÍA					DESCRIPCIÓN DEL SUELO	
NTP 339.128 (99)					Arena mal gradada. Un 95.8% de arena de grano fino; poco material fino pasante la malla N°200 en un 4.2%, no plástico (LL= --, IP= NP); poco húmedo a húmedo.	
MALLAS	ABERT.	PESO	RETENIDOS	PASA	CARACTERIZACIÓN DEL SUELO	
SERIE AMERICANA	(mm)	(g)	PARCIAL (%)	ACUMUL. (%)	Limite líquido, %	NTP 339.129 (99) : NP
3"	76.200				Limite plástico, %	NTP 339.129 (99) : NP
2 1/2"	63.500				Índice plástico, %	NTP 339.129 (99) : NP
2"	50.800				Clasificación SUCS	NTP 339.135 (99) : SP
1 1/2"	38.100				Clasificación AASHTO	NTP 339.134 (99) : A-3 (0)
1"	25.400				Contenido de humedad, %	NTP 339.127 (98) : 2.4
3/4"	19.050				OBSERVACIONES:	
1/2"	12.700				DATOS DE LA MUESTRA DE ENSAYO	
3/8"	9.525				- GRAVA	0.0 %
1/4"	6.350				- PESO TOTAL	419.2 g
N° 4	4.760				- PESO GRAVA, g	0.0 g
N° 8	2.380				- PESO ARENA, g	419.2 g
N° 10	2.000			100.0	- FINOS	4.2 %
N° 20	0.840	4.5	1.2	98.8	- ARENA EMPLEADA, g	365.4 g
N° 40	0.426	4.5	1.2	97.6		
N° 60	0.297	18.4	5.0	92.6		
N° 80	0.177	37.2	10.2	82.4		
N° 100	0.149	117.0	32.0	50.4		
N° 200	0.074	168.9	46.2	95.8		
- N° 200	-	15.2	4.2	100.0		
<b>D<sub>10</sub> : 0.081    D<sub>30</sub> : 0.109    D<sub>60</sub> : 0.157</b>						

### CURVA GRANULOMÉTRICA



Referencia: ASTM D 422-63-02 Standard test method for sieve analysis of fine and coarse aggregates

*Vicente Nicolás*  
**VICENTE NICOLAS**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 177469

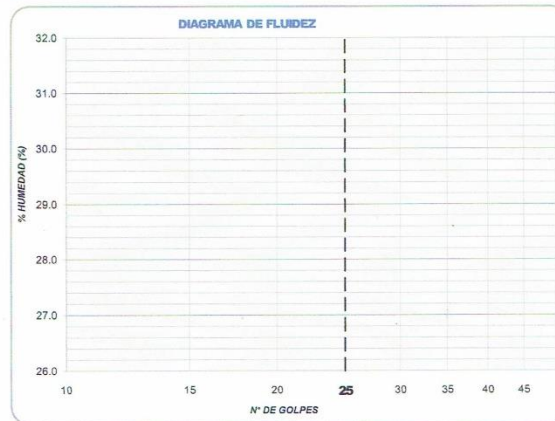
# LÍMITES DE CONSISTENCIA, MATERIAL TAMIZADO POR EL TAMIZ N°40



## DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD EN SUELOS NTP 339.129 (99)


SOLICITANTE	: JUAN DAVID PELAEZ QUISPE, JULIO CÉSAR BENITES PACHECO	REGISTRO	: 156/2020.GEOSUR
TÍTULO	: "ANÁLISIS DEL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE SUBRASANTE EN SUELOS ARENOSAS MAL GRADADO ADICIONANDO CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ Y CAL EN VILLA EL SALVADOR, 2020."	TÉCNICO	: G.B.S
UBICACIÓN	: VILLA EL SAVADOR - LIMA	FECHA	: 29-jun.-2020
REFERENCIAS DE LA CANTERA		CAL	: 0%
CALIGATA	: C-1 (AV.PASTOR SEVILLA - AV. EL SOL)	C.C.A	: 0%
MUESTRA	: M-01 PROFUNDIDAD: 0,00 m - 1,70 m		

DESCRIPCIÓN	LÍMITE LÍQUIDO	LÍMITE PLÁSTICO
ENSAYO No.		
CÁPSULA No.		
PESO CÁPSULA + SUELO HÚMEDO, g		
PESO CÁPSULA + SUELO SECO, g		
PESO AGUA, g	<b>NO PLÁSTICO</b>	
PESO DE LA CÁPSULA, g		
PESO SUELO SECO, g		
CONTENIDO DE HUMEDAD, %		
NÚMERO DE GOLPES		



RESULTADOS DE ENSAYOS	
LÍMITE LÍQUIDO, %	--
LÍMITE PLÁSTICO, %	<b>NP</b>
ÍNDICE DE PLASTICIDAD, %	<b>NP</b>

**OBSERVACIONES:**  
Ensayo efectuado al material pasante la malla N° 40 (0,425 mm).

  
 VICENTE NICOLAS  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 177469

# RESULTADOS DEL ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO – SIN ADICIÓN DE CAL



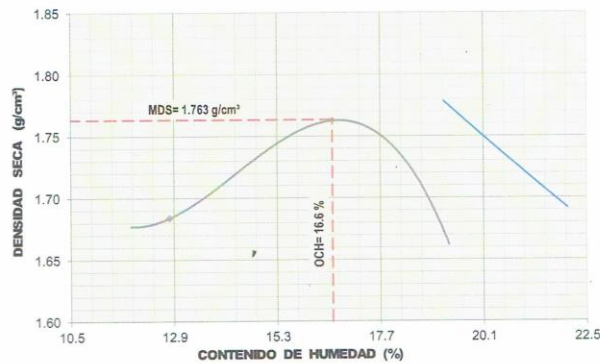
## ASTM D1557 - 07 ENSAYO DE COMPACTACIÓN DE SUELOS EN LABORATORIO USANDO ENERGÍA MODIFICADA (2,700 kg-cm/m<sup>3</sup>)

SOLICITANTE : JUAN DAVID PELAEZ QUISPE, JULIO CÉSAR BENITES PACHECO  
 TÍTULO : "ANÁLISIS DEL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE SUBRASANTE EN SUELOS ARENOSAS MAL GRADADO ADICIONANDO CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ Y CAL EN VILLA EL SALVADOR, 2020."  
 UBICACIÓN : VILLA EL SAVADOR - LIMA

REGISTRO : 156/2020.GEOSUR  
 TÉCNICO : G.B.S  
 FECHA : 29-jun.-2020

REFERENCIAS DE LA CANTERA  
 CALICATA : C-1 (AV.PASTOR SEVILLA - AV. EL SOL) CAL : 0%  
 MUESTRA : M-01 PROFUNDIDAD : 0.00 m - 1.70 m C.C.A : 0%

01 - Peso Suelo Humedo + Molde (g)	5594.0	5685.0	5745.0	5701.0				
02 - Peso del Molde (g)	3800.0	3800.0	3800.0	3800.0				
03 - Peso Suelo Humedo (g)	1794.0	1885.0	1946.0	1901.0				
04 - Volumen del Molde (cm <sup>3</sup> )	944.0	944.0	944.0	944.0				
05 - Densidad Suelo Humedo (g/cm <sup>3</sup> )	1.900	1.997	2.061	2.014				
06 - Tarro N°								
07 - Peso suelo humedo + tarro (g)	359.6	385.6	349.3	374.2	359.3	399.4	405.1	395.6
08 - Peso suelo seco + tarro (g)	340.0	365.0	329.4	352.3	337.2	368.7	371.4	362.7
09 - Peso del agua (g)	19.6	20.6	19.9	21.9	22.1	30.7	33.7	32.9
10 - Peso del tarro (g)	187.4	204.6	196.8	205.4	206.8	188.8	193.2	188.7
11 - Peso suelo seco (g)	152.6	160.4	132.6	146.9	130.4	179.9	178.2	174.0
12 - Contenido de Humedad (%)	12.84	12.84	15.01	14.91	16.95	17.07	18.91	18.91
13 - Promedio de Humedad (%)	12.8	15.0	17.0	18.9				
	1.684	1.737	1.762	1.694				



### RESULTADOS DE ENSAYO

MÉTODO DE COMPACTACIÓN	"A"
MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm <sup>3</sup> )	1.763 g/cm <sup>3</sup>
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	16.6 %

OBSERVACIONES : MATERIAL PROPORCIONADO POR EL SOLICITANTE

*Nicolas Aycho*  
 RADILEA AYCHO  
 VICENTE NICOLAS  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg CIP N° 177469

# RESULTADOS DEL ENSAYO DE CBR – SIN ADICIÓN DE CAL



## ASTM D1883 - 07 ENSAYO DE CBR (RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA) DE SUELOS COMPACTADOS EN LABORATORIO

SOLICITANTE : JUAN DAVID PELAEZ QUISPE, JULIO CÉSAR BENITES PACHECO REGISTRO : 156/2020.GEOSUR  
 TÍTULO : "ANÁLISIS DEL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE SUBRASANTE EN SUELOS ARENOSAS MAL GRADADO ADICIONANDO CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ Y CAL EN VILLA EL SALVADOR, 2020." TÉCNICO : G.B.S  
 UBICACIÓN : VILLA EL SALVADOR - LIMA FECHA : 29-jun-2020

REFERENCIAS DE LA CANTERA  
 CALICATA : C-1 (AV. PASTOR SEVILLA - AV. EL SOL) CAL : 0%  
 MUESTRA : M-01 PROFUNDIDAD : 0.00 m - 1.70 m C.C.A : 0%

MOLDE N°	1		2		3	
CAPAS N°	5		5		5	
N° DE GOLPES POR CAPA	56		25		12	
CONDICIÓN DE LA MUESTRA	SIN EMBEBER	EMBEBIDO	SIN EMBEBER	EMBEBIDO	SIN EMBEBER	EMBEBIDO
PESO MOLDE + SUELO HUMEDO, g	9314.0	9355.0	9182.0	9272.0	8673.0	8722.0
PESO DEL MOLDE, g	4991.0	4991.0	5079.0	5079.0	4879.0	4879.0
PESO DEL SUELO HUMEDO, g	4323.0	4364.0	4103.0	4193.0	3794.0	3843.0
VOLUMEN DEL ESPECIMEN, cm <sup>3</sup>	2104.0	2104.0	2102.0	2102.0	2121.0	2121.0
DENSIDAD HUMEDA, g/cm <sup>3</sup>	2.055	2.074	1.952	1.995	1.789	1.812
DENSIDAD SECA	1.762	1.762	1.674	1.673	1.534	1.534
TARA N°	11	19	16	8	1	34
TARA + SUELO HUMEDO	563.8	606.9	587.3	646.3	558.8	694.0
TARA + SUELO SECO	510.1	531.1	515.6	551.0	506.7	575.2
PESO DEL AGUA	53.7	75.8	51.7	95.3	52.1	118.8
PESO DE LA TARA	187.4	187.9	204.6	206.8	192.4	193.2
PESO DEL SUELO SECO	322.7	343.2	311.0	344.2	314.3	382.0
% DE HUMEDAD	16.84	22.10	16.62	27.70	16.58	31.10
% PROMEDIO DE HUMEDAD	16.6	17.7	16.6	19.2	16.6	18.1

EXPANSION											
FECHA	HORA	TIEMPO DÍAS	DIAL pulg	EXPANSION mm %		DIAL pulg	EXPANSION mm %		DIAL pulg	EXPANSION mm %	
29/06/2020	08:15 a. m.	0	0.000	0.00	S/E	0.000	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00
03/07/2020	08:15 a. m.	4	0.000	0.00	S/E	0.000	0.00	S/E	0.000	0.00	S/E

ABSORCION						
MOLDE N°	1		2		3	
Peso suelo húmedo, + plato + molde, g	11462.0		11348.0		11026.0	
Peso del plato + molde, g	7098.0		7155.0		7185.0	
Peso suelo húmedo embebido, g	4364.0		4193.0		3843.0	
Peso suelo hum. sin embeber, g	4323.0		4103.0		3794.0	
Peso del agua absorbida, g	41.0		90.0		49.0	
Peso del suelo seco, g	3707.5		3518.9		3253.9	
Absorción de agua, %	1.1		2.6		1.5	

PENETRACION											
PENETRACION		PRESION PATRON	MOLDE N° 1			MOLDE N° 1			MOLDE N° 1		
mm	pulg	kg/cm <sup>2</sup>	DIAL	CARGA kg	PRESION kg/cm <sup>2</sup>	DIAL	CARGA kg	PRESION kg/cm <sup>2</sup>	DIAL	CARGA kg	PRESION kg/cm <sup>2</sup>
0.000	0.000		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.635	0.025		30.7	30.7	1.6	29.9	29.9	1.5	11.6	11.6	0.6
1.270	0.050		88.2	88.2	4.6	84.2	84.2	4.4	31.1	31.1	1.6
1.905	0.075		170.9	170.9	8.8	149.5	149.5	7.7	67.3	67.3	3.5
2.540	0.100	70.3	253.8	253.8	13.1	210.0	210.0	10.9	109.6	109.6	5.7
3.810	0.150		401.4	401.4	20.7	309.7	309.7	16.0	190.0	190.0	9.8
5.080	0.200	105.5	516.4	516.4	26.7	392.5	392.5	20.3	261.4	261.4	13.5
6.350	0.250		604.7	604.7	31.2	458.7	458.7	23.7	319.5	319.5	16.5
7.620	0.300		686.5	686.5	35.5	516.8	516.8	26.7	367.3	367.3	19.0
10.160	0.400		827.8	827.8	42.8	616.0	616.0	31.8	445.4	445.4	23.0
12.700	0.500		935.9	935.9	48.4	695.4	695.4	35.9	499.8	499.8	26.8

OBSERVACIONES: ENSAYO DE PENETRACION EFECTUADO CON PRENSA DE CELDA DIGITAL.

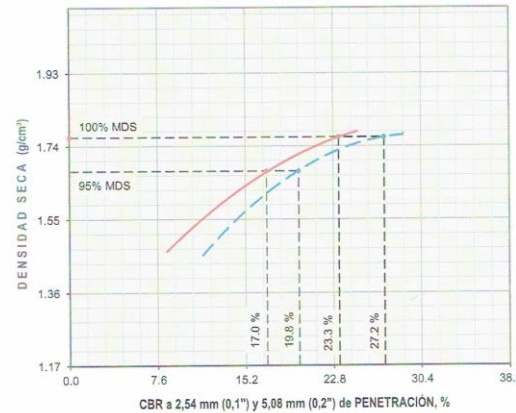
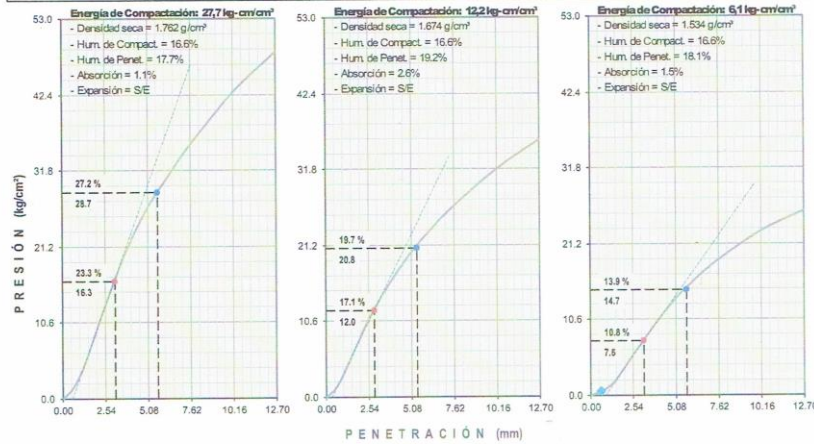
*[Firma]*  
**PADILLA AYCHO**  
 VICENTE NICOLAS  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg CIP N° 177459

# RESULTADOS DEL ENSAYO DE CBR – SIN ADICIÓN DE CAL



## ASTM D1883 - 07 ENSAYO DE CBR (RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA) DE SUELOS COMPACTADOS EN LABORATORIO

SOLICITANTE : JUAN DAVID PELAÉZ QUISPE, JULIO CÉSAR BENITES PACHECO	REGISTRO   156/2020.GEOSUR
TÍTULO : "ANÁLISIS DEL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE SUBRASANTE EN SUELOS ARENOSOS MAL GRADADO ADICIONANDO CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ Y CAL EN VILLA EL SALVADOR, 2020."	TÉCNICO : G.B.S
UBICACIÓN : VILLA EL SALVADOR - LIMA	FECHA : 29-Jun.-2020
REFERENCIAS DE LA CANTERA	CAL : 0%
CALICATA : C-1 (AV.PASTOR SEVILLÀ - AV. EL SOL)	C.C.A : 0%
MUESTRA : M-01	PROFUNDIDAD : 0.00 m - 1.70 m



RESULTADOS DE ENSAYOS	
Proctor Modificado (ASTM D-1557)	
- Método de Compactación	"A"
- Máxima Densidad Seca, kg/cm³	1.763
- Óptimo Cont. de Humedad, %	16.6
CBR (ASTM D-1883)	
- C.B.R. a 2,54 mm (0,1") de Penetración	
C.B.R. al 100 % de la M.D.S., %	23.3
C.B.R. al 95 % de la M.D.S., %	17.0
- C.B.R. a 5,08 mm (0,2") de Penetración	
C.B.R. al 100 % de la M.D.S., %	27.2
C.B.R. al 95 % de la M.D.S., %	19.8
Caracterización del Suelo	
- Clasificación SUCS	SP
- Clasificación AASHTO	A-3 (0)

OBSERVACIONES:  
 - Material proporcionado por el solicitante.

*[Firma]*  
**PADILLA AYCHO**  
**VICENTE NICOLAS**  
**INGENIERO CIVIL**  
 Reg. CIP Nº 177469



# RESULTADO DEL ENSAYO DE PROCTOR – 6% DE ADICIÓN DE CAL



## ASTM D1557 - 07 ENSAYO DE COMPACTACIÓN DE SUELOS EN LABORATORIO USANDO ENERGÍA MODIFICADA (2,700 kg-cm/m<sup>3</sup>)

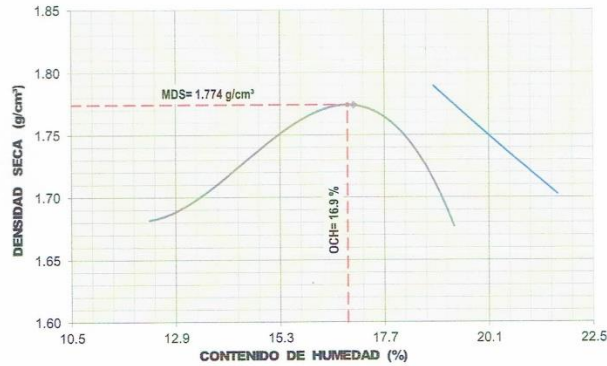
SOLICITANTE : JUAN DAVID PELAEZ QUISPE, JULIO CÉSAR BENITES PACHECO  
 TÍTULO : "ANÁLISIS DEL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE SUBRASANTE EN SUELOS ARENOSAS MAL GRADADO ADICIONANDO CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ Y CAL EN VILLA EL SALVADOR, 2020."  
 UBICACIÓN : VILLA EL SALVADOR - LIMA

REGISTRO : 158/2020.GEOSUR  
 TÉCNICO : G.B.S.  
 FECHA : 7-jul.-2020

### REFERENCIAS DE LA CANTERA

CALICATA : C-1 (AV.PASTOR SEVILLA - AV. EL SOL) CAL : 6%  
 MUESTRA : M-01 PROFUNDIDAD : 0.00 m - 1.70 m C.C.A : 0%

01 - Peso Suelo Humedo + Molde (g)	5596.0	5692.0	5760.0	5718.0				
02 - Peso del Molde (g)	3800.0	3800.0	3800.0	3800.0				
03 - Peso Suelo Humedo (g)	1796.0	1892.0	1960.0	1918.0				
04 - Volumen del Molde (cm <sup>3</sup> )	944.0	944.0	944.0	944.0				
05 - Densidad Suelo Humedo (g/cm <sup>3</sup> )	1.903	2.004	2.076	2.032				
06 - Tarro N°								
07 - Peso suelo humedo + tarro (g)	468.6	452.3	428.9	499.6	475.3	419.2	488.8	476.5
08 - Peso suelo seco + tarro (g)	437.0	422.4	397.4	459.1	435.8	388.0	442.6	430.8
09 - Peso del agua (g)	31.6	29.9	31.5	40.5	39.5	31.2	46.2	45.7
10 - Peso del tarro (g)	190.5	188.7	187.4	188.8	203.7	204.5	197.6	189.4
11 - Peso suelo seco (g)	246.5	233.7	210.0	270.3	232.1	183.5	245.0	241.4
12 - Contenido de Humedad (%)	12.82	12.79	15.00	14.98	17.02	17.00	18.86	18.93
13 - Promedio de Humedad (%)	12.8	15.0	17.0	18.9				
	1.697	1.743	1.774	1.709				



### RESULTADOS DE ENSAYO

MÉTODO DE COMPACTACIÓN	"A"
MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm <sup>3</sup> )	1.774 g/cm <sup>3</sup>
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	16.9 %

OBSERVACIONES : MATERIAL PROPORCIONADO POR EL SOLICITANTE

*[Handwritten Signature]*  
 PADILLA R. R. PACHECO  
 VICENTE NICOLAS  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 177469

# RESULTADOS DEL ENSAYO DE CBR – 6% DE ADICIÓN DE CAL



## ASTM D1883 - 07 ENSAYO DE CBR (RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA) DE SUELOS COMPACTADOS EN LABORATORIO

SOLICITANTE : JUAN DAVID PELAÉZ QUISPE, JULIO CÉSAR BENITES PACHECO  
 TÍTULO : "ANÁLISIS DEL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE SUBSTRANTE EN SUELOS ARENOSAS MAL GRADADO ADICIONANDO CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ Y CAL EN VILLA EL SALVADOR, 2020."  
 UBICACIÓN : VILLA EL SALVADOR - LIMA

REGISTRO : 156/2020.GEOSUR  
 TÉCNICO : G.B.S  
 FECHA : 7-Jul-2020

REFERENCIAS DE LA CANTERA  
 CALICATA : C-1 (AV.PASTOR SEVILLA - AV. EL SOL) CAL : 6%  
 MUESTRA : M-01 PROFUNDIDAD : 0.00 m - 1.70 m C.C.A : 0%

MOLDE N°	7	8	9
CAPAS N°	5	5	5
N° DE GOLPES POR CAPA	56	26	12
CONDICIÓN DE LA MUESTRA	SIN EMBEBER	EMBEBIDO	SIN EMBEBER
PESO MOLDE + SUELO HUMEDO, g	9128.0	9205.0	8556.0
PESO DEL MOLDE, g	4832.0	4832.0	4195.0
PESO DEL SUELO HUMEDO, g	4296.0	4373.0	4361.0
VOLUMEN DEL ESPECIMEN, cm³	2075.0	2075.0	2212.0
DENSIDAD HUMEDA, g/cm³	2.070	2.107	1.972
DENSIDAD SECA	1.774	1.774	1.688
TARA N°	12	21	33
TARA + SUELO HUMEDO	532.7	606.2	558.5
TARA + SUELO SECO	483.4	541.1	505.4
PESO DEL AGUA	49.3	64.1	53.1
PESO DE LA TARA	188.8	200.0	188.7
PESO DEL SUELO SECO	294.6	341.1	316.7
% DE HUMEDAD	16.73	18.80	16.77
% PROMEDIO DE HUMEDAD	16.7	18.8	16.8

FECHA	HORA	TIEMPO DÍAS	DIAL pulg	EXPANSION		DIAL pulg	EXPANSION		DIAL pulg	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
29/06/2020	08:15 a. m.	0	0.000	0.00	S/E	0.000	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00
03/07/2020	08:15 a. m.	4	0.000	0.00	S/E	0.000	0.00	S/E	0.000	0.00	S/E

MOLDE N°	7	8	9
Peso suelo húmedo, + plato + molde, g	11471.0	11675.0	11136.0
Peso del plato + molde, g	7098.0	7155.0	7185.0
Peso suelo húmedo embebido, g	4373.0	4520.0	3951.0
Peso suelo hum. sin embeber, g	4296.0	4361.0	3767.0
Peso del agua absorbida, g	77.0	159.0	184.0
Peso del suelo seco, g	3681.2	3733.7	3219.7
Absorción de agua, %	2.1	4.3	5.7

PENETRACIÓN		PRESION PATRÓN kg/cm²	MOLDE N° 1		MOLDE N° 1		MOLDE N° 1	
mm	pulg		DIAL	CARGA kg	DIAL	CARGA kg	DIAL	CARGA kg
0.000	0.000		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.635	0.025		50.8	50.8	2.6	47.5	47.5	2.5
1.270	0.050		129.0	129.0	6.7	109.8	109.8	5.7
1.905	0.075		217.6	217.6	11.2	178.1	178.1	9.2
2.540	0.100	70.3	308.3	308.3	15.9	245.5	245.5	12.7
3.810	0.150		485.3	485.3	25.1	356.6	356.6	18.4
5.080	0.200	105.5	618.0	618.0	31.9	452.3	452.3	23.4
6.350	0.250		698.7	698.7	36.1	527.1	527.1	27.2
7.620	0.300		754.6	754.6	39.5	583.7	583.7	30.2
10.160	0.400		848.3	848.3	43.8	666.3	666.3	34.4
12.700	0.500		908.3	908.3	46.9	688.6	688.6	35.6

OBSERVACIONES: ENSAYO DE PENETRACIÓN EFECTUADO CON PRENSA DE CELDA DIGITAL.

*Nicolas*  
 PADILLA AYCHO  
 VICENTE NICOLAS  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 177469

# RESULTADOS DEL ENSAYO DE CBR – 6% DE ADICIÓN DE CAL

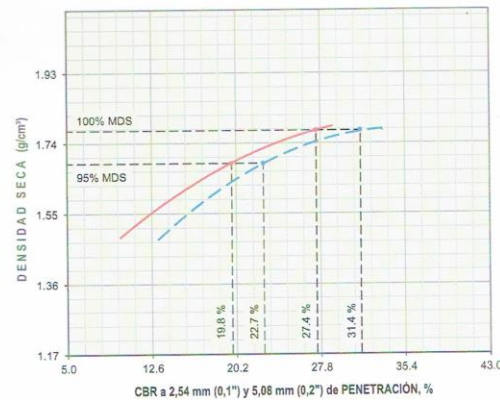
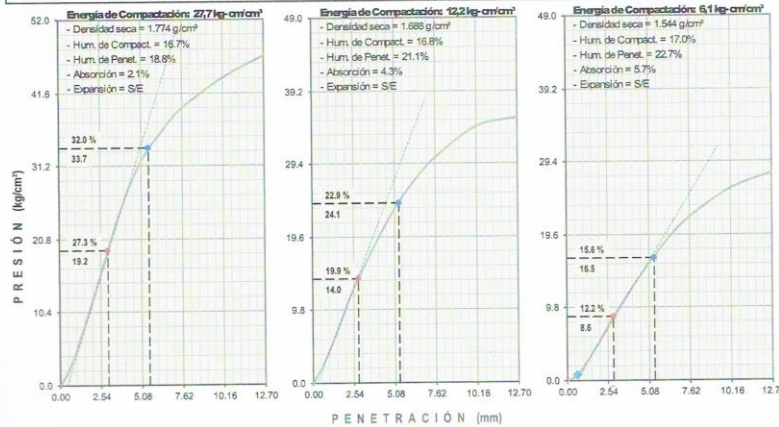


## ASTM D1883 - 07 ENSAYO DE CBR (RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA) DE SUELOS COMPACTADOS EN LABORATORIO

SOLICITANTE : JUAN DAVID PELAÉZ QUISPE, JULIO CÉSAR BENVITES PACHECO  
 TÍTULO : "ANÁLISIS DEL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE SUBRASANTE EN SUELOS ARENOSOS MAL GRADADO ADICIONANDO CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ Y CAL EN VILLA EL SALVADOR, 2020."  
 UBICACIÓN : VILLA EL SALVADOR - LIMA

REGISTRO : 156/2020.GEOSUR  
 TÉCNICO : G.B.S  
 FECHA : 7-Jul.-2020

REFERENCIAS DE LA CANTERA  
 CALICATA : C-1 (AV. PASTOR SEVILLA - AV. EL SOL)  
 MUESTRA : M-01 PROFUNDIDAD : 0.00 m - 1.70 m CAL : 6%  
 C.C.A : 0%



*[Firma]*  
 J. B. VICENTE NICOLAS  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 177469

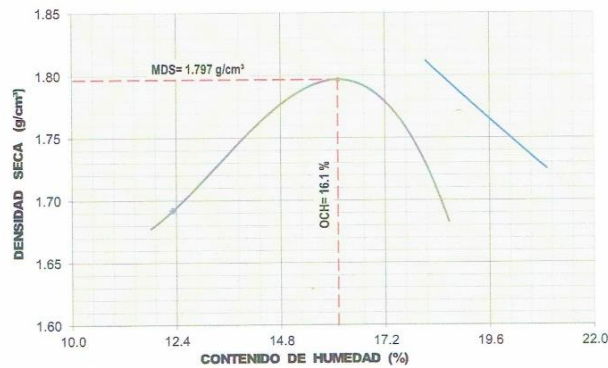
# RESULTADO DEL ENSAYO DE PROCTOR – 10% DE ADICIÓN DE CAL



## ASTM D1557 - 07 ENSAYO DE COMPACTACIÓN DE SUELOS EN LABORATORIO USANDO ENERGÍA MODIFICADA (2,700 kg-cm/m<sup>2</sup>)

SOLICITANTE	: JUAN DAVID PELAEZ QUISPE, JULIO CÉSAR BENITES PACHECO	REGISTRO	: 156/2020.GEOSUR
TÍTULO	: "ANÁLISIS DEL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE SUBRASANTE EN SUELOS ARENOSAS MAL GRADADO ADICIONANDO CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ Y CAL EN VILLA EL SALVADOR, 2020."	TÉCNICO	: G.B.S
UBICACIÓN	: VILLA EL SAVADOR - LIMA	FECHA	: 7-jul.-2020
REFERENCIAS DE LA CANTERA		CAL	: 10%
CALICATA	: C-1 (AV.PASTOR SEVILLA - AV. EL SOL)	C.C.A	: 0%
MUESTRA	: M-01 PROFUNDIDAD: 0.00 m - 1.70 m		

01 - Peso Suelo Humedo + Molde (g)	5594.0	5699.0	5772.0	5719.0				
02 - Peso del Molde (g)	3800.0	3800.0	3800.0	3800.0				
03 - Peso Suelo Humedo (g)	1794.0	1899.0	1972.0	1919.0				
04 - Volumen del Molde (cm <sup>3</sup> )	944.0	944.0	944.0	944.0				
05 - Densidad Suelo Humedo (g/cm <sup>3</sup> )	1.900	2.012	2.089	2.033				
06 - Tarro N°								
07 - Peso suelo humedo + tarro (g)	506.7	541.4	562.3	584.4	559.3	574.1	529.2	533.6
08 - Peso suelo seco + tarro (g)	471.8	504.1	515.5	535.6	507.4	519.9	477.7	481.6
09 - Peso del agua (g)	34.9	37.3	46.8	48.8	51.9	54.2	51.5	52.0
10 - Peso del tarro (g)	188.8	200.8	187.1	193.2	188.7	186.8	195.3	197.3
11 - Peso suelo seco (g)	283.0	303.3	328.4	342.4	318.7	333.1	282.4	284.3
12 - Contenido de Humedad (%)	12.33	12.30	14.25	14.25	16.29	16.27	18.24	18.29
13 - Promedio de Humedad (%)		12.3		14.3		16.3		18.3
		1.692		1.760		1.796		1.719



### RESULTADOS DE ENSAYO

MÉTODO DE COMPACTACIÓN	"A"
MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm <sup>3</sup> )	1.797 g/cm <sup>3</sup>
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	16.1 %

OBSERVACIONES: MATERIAL PROPORCIONADO POR EL SOLICITANTE

*[Handwritten Signature]*  
 V.B. ING.  
 PADILLA AYCHO  
 VICENTE NICOLAS  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 177469

# RESULTADO DEL ENSAYO DE CBR – 10% DE ADICIÓN DE CAL



## ASTM D1883 - 07 ENSAYO DE CBR (RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA) DE SUELOS COMPACTADOS EN LABORATORIO

SOLICITANTE : JUAN DAVID PELAIZ QUISEP, JULIO CÉSAR BENITES/PACHECO  
 TÍTULO : "ANÁLISIS DEL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE SUBRASANTE EN SUELOS ARENOSOS MAL GRADADO ADICIONANDO CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ Y CAL EN VILLA EL SALVADOR, 2020."  
 UBICACIÓN : VILLA EL SALVADOR - LIMA

REGISTRO : 156/2020.GEOSUR  
 TÉCNICO : G.B.S  
 FECHA : 7-jul.-2020

REFERENCIAS DE LA CANTERA  
 CALICATA : C-1 (AV.PASTOR SEVILLA - AV. EL SOL) CAL : 10%  
 MUESTRA : M-01 PROFUNDIDAD : 0.00 m - 1.70 m C.C.A : 0%

MOLDE N°	10		11		12	
CAPAS N°	5		5		5	
N° DE GOLPES POR CAPA	56		25		12	
CONDICIÓN DE LA MUESTRA	SIN EMBEBER	EMBEBIDO	SIN EMBEBER	EMBEBIDO	SIN EMBEBER	EMBEBIDO
PESO MOLDE + SUELO HUMEDO, g	9292.0	9374.0	9341.0	9469.0	8872.0	9002.0
PESO DEL MOLDE, g	4984.0	4984.0	5096.0	5096.0	5095.0	5095.0
PESO DEL SUELO HUMEDO, g	4308.0	4390.0	4245.0	4373.0	3777.0	3907.0
VOLUMEN DEL ESPECIMEN, cm <sup>3</sup>	2065.0	2065.0	2125.0	2125.0	2058.0	2058.0
DENSIDAD HUMEDA, g/cm <sup>3</sup>	2.086	2.126	1.996	2.058	1.835	1.898
DENSIDAD SECA	1.797	1.797	1.722	1.722	1.578	1.578
TARA N°	12	21	33	25	18	32
TARA + SUELO HUMEDO	532.0	579.9	532.9	650.3	581.4	668.8
TARA + SUELO SECO	484.4	521.1	485.5	576.0	527.9	590.6
PESO DEL AGUA	47.6	58.8	47.4	74.3	53.5	78.2
PESO DE LA TARA	188.8	200.0	188.7	195.1	199.4	205.4
PESO DEL SUELO SECO	295.6	321.1	296.8	380.9	328.5	385.2
% DE HUMEDAD	16.10	18.30	15.97	19.50	16.29	20.30
% PROMEDIO DE HUMEDAD	16.1	18.3	16.0	19.5	16.3	20.3

FECHA	HORA	TIEMPO DIAS	EXPANSIÓN			EXPANSIÓN			EXPANSIÓN		
			DIAL pulg	EXPANSIÓN mm	%	DIAL pulg	EXPANSIÓN mm	%	DIAL pulg	EXPANSIÓN mm	%
29/06/2020	08:15 a. m.	0	0.000	0.00	S/E	0.000	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00
03/07/2020	08:15 a. m.	4	0.000	0.00	S/E	0.000	0.00	S/E	0.000	0.00	S/E

MOLDE N°	10		11		12	
Peso suelo húmedo, + plato + molde, g	11488.0		11528.0		11092.0	
Peso del plato + molde, g	7098.0		7155.0		7185.0	
Peso suelo húmedo embebido, g	4390.0		4373.0		3907.0	
Peso suelo hum. sin emberber, g	4308.0		4245.0		3777.0	
Peso del agua absorbida, g	82.0		128.0		130.0	
Peso del suelo seco, g	3710.6		3669.5		3247.6	
Absorción de agua, %	2.2		3.5		4.0	

PENETRACIÓN		PRESIÓN PATRÓN kg/cm <sup>2</sup>	MOLDE N° 1			MOLDE N° 1			MOLDE N° 1		
mm	pulg		DIAL	CARGA kg	PRESIÓN kg/cm <sup>2</sup>	DIAL	CARGA kg	PRESIÓN kg/cm <sup>2</sup>	DIAL	CARGA kg	PRESIÓN kg/cm <sup>2</sup>
0.000	0.000		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
0.835	0.025		36.9	36.9	1.9	46.6	46.6	2.4	19.7	1.0	
1.270	0.050		129.9	129.9	6.7	143.8	143.8	7.4	71.5	3.7	
1.905	0.075		257.8	257.8	13.3	228.9	228.9	11.8	137.3	7.1	
2.540	0.100	70.3	377.6	377.6	19.5	323.2	323.2	16.7	199.0	10.3	
3.810	0.150		620.4	620.4	32.1	481.5	481.5	24.9	325.7	16.8	
5.080	0.200	105.5	790.0	790.0	40.8	630.2	630.2	32.6	439.9	22.7	
6.350	0.250		874.2	874.2	45.2	750.7	750.7	38.8	533.7	27.6	
7.620	0.300		917.0	917.0	47.4	830.5	830.5	42.9	595.1	30.7	
10.160	0.400		975.0	975.0	50.4	904.0	904.0	46.7	654.9	33.8	
12.700	0.500		1014.6	1014.6	52.4	938.8	938.8	48.5	674.6	34.9	

OBSERVACIONES: ENSAYO DE PENETRACIÓN EFECTUADO CON PRESNA DE CELDA DIGITAL.

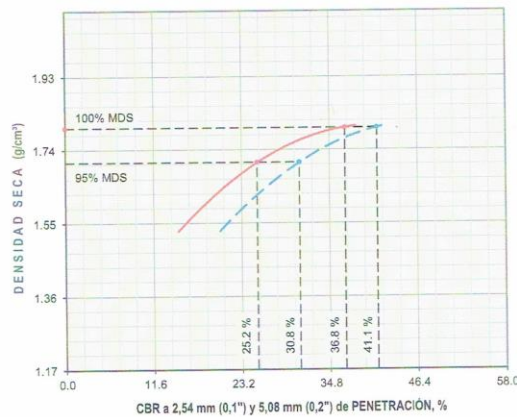
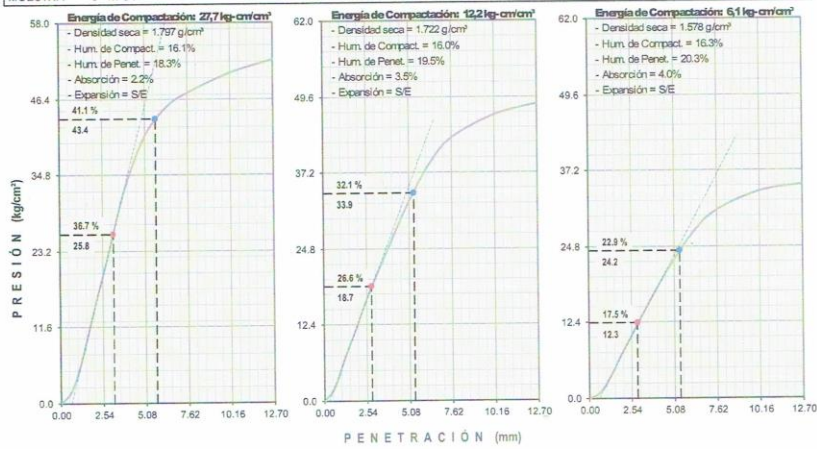
*[Firma]*  
 PADILLA AYCHO  
 VICENTE NICOLAS  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 177469

# RESULTADO DEL ENSAYO DE CBR – 10% DE ADICIÓN DE CAL



## ASTM D1883 - 07 ENSAYO DE CBR (RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA) DE SUELOS COMPACTADOS EN LABORATORIO

SOLICITANTE : JUAN DAVID PELÁEZ QUISPE, JULIO CÉSAR BENITES PACHECO	REGISTRO : 158/2020.GEOSUR
TÍTULO : "ANÁLISIS DEL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE SUBRASANTE EN SUELOS ARENOSAS MAL GRADADO ADICIONANDO CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ Y CAL EN VILLA EL SALVADOR, 2020."	TÉCNICO : G.B.S
UBICACIÓN : VILLA EL SALVADOR - LIMA	FECHA : 7-jul.-2020
REFERENCIAS DE LA CANTERA	CAL : 10%
CALICATA : C-1 (AV.PASTOR SEVILLA - AV. EL SOL)	C.C.A : 0%
MUESTRA : M-01	PROFUNDIDAD : 0.00 m - 1.70 m



RESULTADOS DE ENSAYOS	
<b>Proctor Modificado (ASTM D-1557)</b>	
- Método de Compactación	"A"
- Máxima Densidad Seca, kg/cm³	1.797
- Óptimo Cont. de Humedad, %	16.1
<b>CBR (ASTM D-1883)</b>	
- C.B.R. a 2,54 mm (0,1") de Penetración	
C.B.R. al 100 % de la M.D.S., %	36.8
C.B.R. al 95 % de la M.D.S., %	25.2
- C.B.R. a 5,08 mm (0,2") de Penetración	
C.B.R. al 100 % de la M.D.S., %	41.1
C.B.R. al 95 % de la M.D.S., %	30.8
<b>Caracterización del Suelo</b>	
- Clasificación SUCS	SP
- Clasificación AASHTO	A-3 (0)

OBSERVACIONES:  
- Material proporcionado por el solicitante.

*Autenticado*  
**PADILLA AYCHO**  
**VICENTE NICOLAS**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 177469

# PROCTOR MODIFICADO C-1 SUELO NATURAL SIN ADICION DE C.C.A. Y CAL

## ASTM D1557 - 07 ENSAYO DE COMPACTACIÓN DE SUELOS EN LABORATORIO USANDO ENERGÍA MODIFICADA (2,700 kg-cm/m<sup>2</sup>)

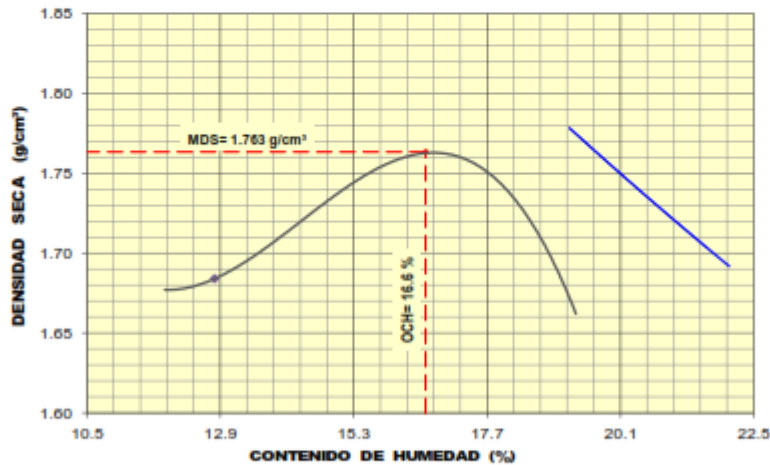
SOLICITANTE : JUAN DAVID PELAEZ QUISPE, JULIO CÉSAR BENITES PACHECO  
 TÍTULO : "ANÁLISIS DEL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE SUBRASANTE EN SUELOS ARENOSAS MAL GRADADO ADICIONANDO CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ Y CAL EN VILLA EL SALVADOR, 2020."  
 UBICACIÓN : VILLA EL SAVADOR - LIMA

REGISTRO : 156/2020.GEOSUR  
 TÉCNICO : G.B.S  
 FECHA : 29-jun-2020

### REFERENCIAS DE LA CANTERA

CALICATA : C-1 (AV.PASTOR SEVILLA - AV. EL SOL) CAL : 0%  
 MUESTRA : M-01 PROFUNDIDAD : 0.00 m - 1.70 m C.C.A : 0%

01 - Peso Suelo Humedo + Molde (g)	5594.0	5655.0	5746.0	5701.0				
02 - Peso del Molde (g)	3600.0	3600.0	3600.0	3600.0				
03 - Peso Suelo Humedo (g)	1794.0	1055.0	1946.0	1901.0				
04 - Volumen del Molde (cm <sup>3</sup> )	944.0	944.0	944.0	944.0				
05 Densidad Suelo Humedo (g/cm <sup>3</sup> )	1.900	1.997	2.061	2.014				
06 - Tarro N°								
07 - Peso suelo humedo + tarro (g)	359.6	365.6	349.3	374.2	359.3	399.4	405.1	395.6
08 - Peso suelo seco + tarro (g)	340.0	365.0	329.4	352.3	337.2	366.7	371.4	362.7
09 - Peso del agua (g)	19.6	20.6	19.9	21.9	22.1	30.7	33.7	32.9
10 - Peso del tarro (g)	187.4	204.6	196.0	205.4	206.6	188.6	193.2	186.7
11 - Peso suelo seco (g)	152.6	160.4	132.6	146.9	130.4	179.9	176.2	174.0
12 - Contenido de Humedad (%)	12.84	12.84	15.01	14.91	16.95	17.07	18.91	18.91
13 - Promedio de Humedad (%)	12.8	15.0	17.0	16.9				
	1.664	1.737	1.762	1.694				



### RESULTADOS DE ENSAYO

MÉTODO DE COMPACTACIÓN	"A"
MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm <sup>3</sup> )	1.763 g/cm <sup>3</sup>
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	16.6 %

OBSERVACIONES: MATERIAL PROPORCIONADO POR EL SOLICITANTE

VºBº INGº

## CBR C-1 SUELO NATURAL SIN ADICION DE C.C.A. Y CAL

ASTM D1883 - 07 ENSAYO DE CBR (RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA) DE SUELOS COMPACTADOS EN LABORATORIO												
SOLICITANTE : JUAN DAVID FELAEZ QUISPE, JULIO CÉSAR BENITES PACHECO						REGISTRO : 156/2020.GEOSUR						
TÍTULO : "ANÁLISIS DEL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE SUBRASANTE EN SUELOS ARENOSAS MAL GRADADO ADICIONANDO CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ Y CAL EN VILLA EL SALVADOR, 2020."						TÉCNICO : G.B.S						
UBICACIÓN : VILLA EL SALVADOR - LIMA						FECHA : 29-jun-2020						
REFERENCIAS DE LA CANTERA												
CALICATA : C-1 (AV.PASTOR SEVILLA - AV. EL SOL)						CAL : 0%						
MUESTRA : M-01						PROFUNDIDAD : 0.00 m - 1.70 m						
C.C.A : 0%												
MOLDE N°	1			2			3					
CAPAS N°	5			5			5					
N° DE GOLPES POR CAPA	50			25			12					
CONDICION DE LA MUESTRA	SIN EMBEBER		EMBEBIDO		SIN EMBEBER		EMBEBIDO		SIN EMBEBER		EMBEBIDO	
PESO MOLDE + SUELO HUMEDO, g	9314.0		9355.0		9182.0		9272.0		8673.0		8722.0	
PESO DEL MOLDE, g	4991.0		4991.0		5079.0		5079.0		4879.0		4879.0	
PESO DEL SUELO HUMEDO, g	4323.0		4364.0		4103.0		4193.0		3794.0		3843.0	
VOLUMEN DEL ESPECIMEN, cm³	2104.0		2104.0		2102.0		2102.0		2121.0		2121.0	
DENSIDAD HUMEDA, g/cm³	2.055		2.074		1.952		1.995		1.769		1.812	
DENSIDAD SECA	1.762		1.762		1.674		1.673		1.534		1.534	
TARA N°	11		19		16		6		1		34	
TARA + SUELO HUMEDO	563.8		606.9		567.3		646.3		556.6		694.0	
TARA + SUELO SECO	510.1		531.1		515.6		551.0		506.7		575.2	
PESO DEL AGUA	53.7		75.8		51.7		95.3		52.1		118.8	
PESO DE LA TARA	187.4		187.9		204.6		206.6		192.4		193.2	
PESO DEL SUELO SECO	322.7		343.2		311.0		344.2		314.3		362.0	
% DE HUMEDAD	16.64		22.10		16.62		27.70		16.58		31.10	
% PROMEDIO DE HUMEDAD	16.6		17.7		16.6		19.2		16.6		18.1	
EXPANSIÓN												
FECHA	HORA	TIEMPO DÍAS	DIAL pulg	EXPANSION mm %		DIAL pulg	EXPANSION mm %		DIAL pulg	EXPANSION mm %		
29/06/2020	08:15 a. m.	0	0.000	0.00	S/E	0.000	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	
03/07/2020	08:15 a. m.	4	0.000	0.00	S/E	0.000	0.00	S/E	0.000	0.00	S/E	
ABSORCIÓN												
MOLDE N°	1			2			3					
Peso suelo húmedo, + plato + molde, g	11462.0			11348.0			11028.0					
Peso del plato + molde, g	7096.0			7155.0			7185.0					
Peso suelo húmedo embebido, g	4364.0			4193.0			3543.0					
Peso suelo húm. sin embeber, g	4323.0			4103.0			3794.0					
Peso del agua absorbida, g	41.0			90.0			49.0					
Peso del suelo seco, g	3707.5			3518.9			3253.9					
Absorción de agua, %	1.1			2.6			1.5					
PENETRACIÓN												
PENETRACIÓN		PRESION PATRÓN kg/cm²	MOLDE N° 1			MOLDE N° 1			MOLDE N° 1			
mm	pulg		DIAL	CARGA kg	PRESION kg/cm²	DIAL	CARGA kg	PRESION kg/cm²	DIAL	CARGA kg	PRESION kg/cm²	
0.090	0.009		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
0.635	0.025		30.7	30.7	1.6	29.9	29.9	1.5	11.6	11.6	0.6	
1.270	0.050		88.2	88.2	4.6	84.2	84.2	4.4	31.1	31.1	1.6	
1.905	0.075		170.9	170.9	8.8	149.5	149.5	7.7	67.3	67.3	3.3	
2.540	0.100	70.3	253.8	253.8	13.1	210.0	210.0	10.9	109.6	109.6	5.7	
3.810	0.150		401.4	401.4	20.7	309.7	309.7	16.0	190.0	190.0	9.8	
5.080	0.200	105.5	516.4	516.4	26.7	392.5	392.5	20.3	261.4	261.4	13.5	
6.350	0.250		604.7	604.7	31.2	456.7	456.7	23.7	319.5	319.5	16.5	
7.620	0.300		686.5	686.5	35.5	516.8	516.8	26.7	367.3	367.3	19.0	
10.160	0.400		827.8	827.8	42.8	616.0	616.0	31.8	445.4	445.4	23.0	
12.700	0.500		935.9	935.9	48.4	695.4	695.4	35.9	499.8	499.8	25.8	

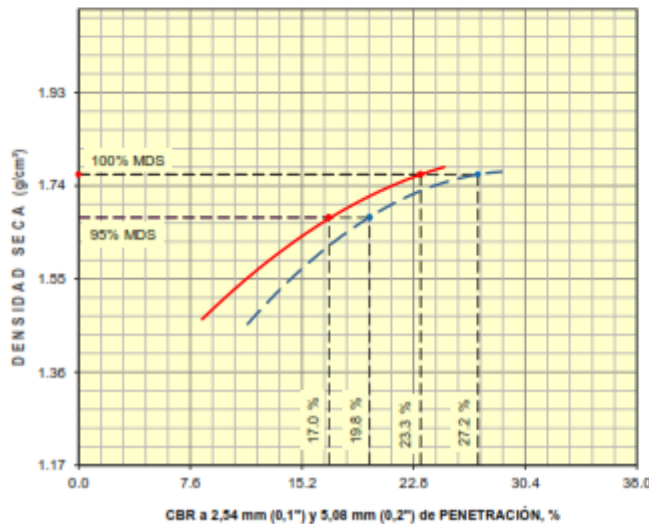
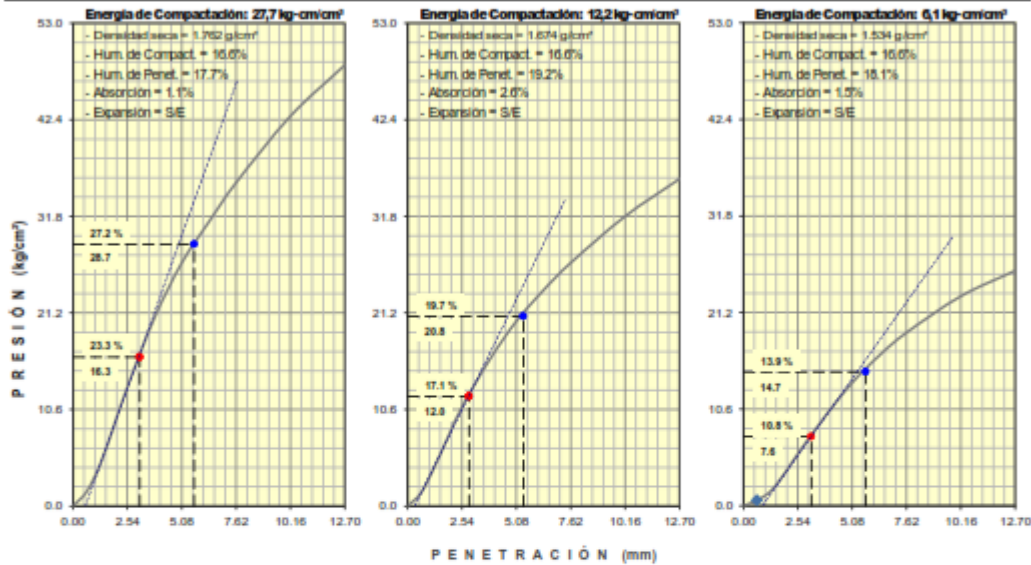
OBSERVACIONES: ENSAYO DE PENETRACION EFECTUADO CON PRESNA DE CELDA DIGITAL.



**ASTM D1883 - 07 ENSAYO DE CBR (RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA) DE SUELOS COMPACTADOS EN LABORATORIO**

SOLICITANTE : JUAN DAVID FELAEZ QUISPE, JULIO CÉSAR BENITES PACHECO  
 REGISTRO 156/2020.GEOSUR  
 TÍTULO : "ANÁLISIS DEL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE SUBRASANTE EN SUELOS ARENOSAS MAL GRADADO ADICIONANDO CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ Y CAL EN VILLA EL SALVADOR, 2020."  
 TÉCNICO : G.B.S  
 FECHA : 29-jun-2020  
 UBICACIÓN : VILLA EL SALVADOR - LIMA

REFERENCIAS DE LA CANTERA  
 CALICATA : C-1 (AV.PASTOR SEVILLA - AV. EL SOL)  
 CAL : 0%  
 MUESTRA : M-01 PROFUNDIDAD : 0.00 m - 1.70 m C.C.A : 0%



<b>RESULTADOS DE ENSAYOS</b>	
<b>Proctor Modificado (ASTM D-1557)</b>	
- Método de Compactación	"A"
- Máxima Densidad Seca, kg/cm³	<b>1.703</b>
- Óptimo Cont. de Humedad, %	<b>16.6</b>
<b>CBR (ASTM D-1883)</b>	
- C.B.R. a 2,54 mm (0,1") de Penetración	
C.B.R. al 100 % de la M.D.S., %	<b>23.3</b>
C.B.R. al 95 % de la M.D.S., %	<b>17.0</b>
- C.B.R. a 5,08 mm (0,2") de Penetración	
C.B.R. al 100 % de la M.D.S., %	<b>27.2</b>
C.B.R. al 95 % de la M.D.S., %	<b>19.8</b>
<b>Caracterización del Suelo</b>	
- Clasificación SUCS	SP
- Clasificación AASHTO	A-3 (6)

OBSERVACIONES:  
 - Material proporcionado por el solicitante.

# PROCTOR MODIFICADO C-2 SUELO NATURAL SIN ADICION DE C.C.A. Y CAL

## ASTM D1557 - 07 ENSAYO DE COMPACTACIÓN DE SUELOS EN LABORATORIO USANDO ENERGÍA MODIFICADA (2,700 kg-cm/m<sup>2</sup>)

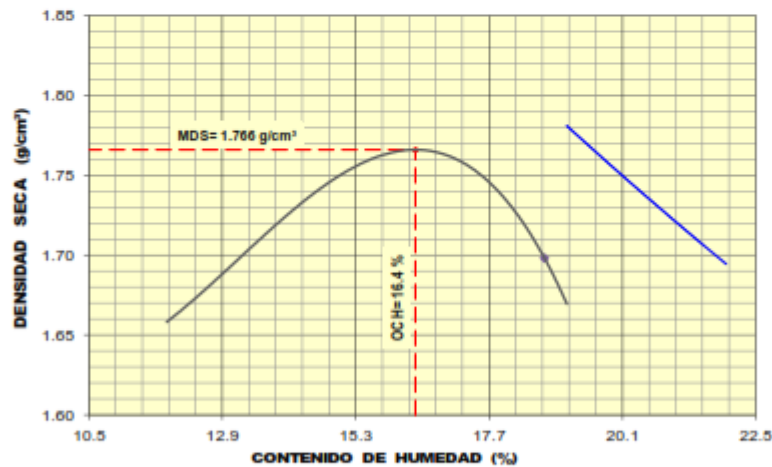
SOLICITANTE : JUAN DAVID PELAEZ QUISPE, JULIO CÉSAR BENITES PACHECO  
 TÍTULO : "ANÁLISIS DEL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE SUBRASANTE EN SUELOS ARENOSAS MAL GRADADO ADICIONANDO CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ Y CAL EN VILLA EL SALVADOR, 2020."  
 UBICACIÓN : VILLA EL SALVADOR - LIMA

REGISTRO : 156/2020.GEOSUR  
 TÉCNICO : G.B.S  
 FECHA : 28-sep.-2020

### REFERENCIAS DE LA CANTERA

CALICATA : C-2  
 MUESTRA : M-01  
 PROFUNDIDAD : 0.00 m - 1.70 m  
 CAL : 0%  
 C.C.A. : 0%

01 - Peso Suelo Humedo + Molde (g)	5595.0	5691.0	5746.0	5703.0				
02 - Peso del Molde (g)	3500.0	3500.0	3500.0	3500.0				
03 - Peso Suelo Humedo (g)	1795.0	1891.0	1946.0	1903.0				
04 - Volumen del Molde (cm <sup>3</sup> )	944.0	944.0	944.0	944.0				
05 - Densidad Suelo Humedo (g/cm <sup>3</sup> )	1.901	2.003	2.061	2.016				
06 - Tarro N°								
07 - Peso suelo humedo + tarro (g)	425.6	474.5	499.3	514.2	576.3	452.6	478.6	419.6
08 - Peso suelo seco + tarro (g)	396.6	442.9	459.9	474.3	523.7	414.4	435.3	383.9
09 - Peso del agua (g)	26.6	31.6	39.4	39.9	54.6	36.2	43.3	35.7
10 - Peso del tarro (g)	186.7	195.3	195.1	204.6	200.8	189.4	204.5	193.2
11 - Peso suelo seco (g)	210.1	247.6	264.8	269.7	322.9	225.0	230.8	190.7
12 - Contenido de Humedad (%)	12.76	12.76	14.86	14.79	16.91	16.96	16.76	16.72
13 - Promedio de Humedad (%)		12.8		14.8		16.9		16.7
		1.665		1.745		1.763		1.696



### RESULTADOS DE ENSAYO

MÉTODO DE COMPACTACIÓN	"A"
MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm <sup>3</sup> )	<b>1.766 g/cm<sup>3</sup></b>
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	<b>16.4%</b>

OBSERVACIONES : MATERIAL PROPORCIONADO POR EL SOLICITANTE

VºBº INGº

## CBR C-2 SUELO NATURAL SIN ADICION DE C.C.A. Y CAL

ASTM D1883 - 07 ENSAYO DE CBR (RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA) DE SUELOS COMPACTADOS EN LABORATORIO											
SOLICITANTE : JUAN DAVID FELAÉZ QUISPE, JULIO CÉSAR BENITES PACHECO						REGISTRO : 156/2020.GEOSUR					
TÍTULO : "ANÁLISIS DEL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE SUBRASANTE EN SUELOS ARENOSAS MAL GRADADO ADICIONANDO CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ Y CAL EN VILLA EL SALVADOR, 2020."						TÉCNICO : G.B.S					
UBICACIÓN : VILLA EL SAVADOR - LIMA						FECHA : 28-sep.-2020					
REFERENCIAS DE LA CANTERA											
CALICATA : C-2						CAL : 0%					
MUESTRA : M-01						PROFUNDIDAD : 0.00 m - 1.70 m					
MOLDE N°			4			5			6		
CAPAS N°			5			5			5		
N° DE GOLPES POR CAPA			57			25			12		
CONDICIÓN DE LA MUESTRA			SIN EMBEBER			EMBEBIDO			SIN EMBEBER		
PESO MOLDE + SUELO HUMEDO, g			9371.0			9402.0			9103.0		
PESO DEL MOLDE, g			5006.0			5006.0			4910.0		
PESO DEL SUELO HUMEDO, g			4365.0			4396.0			4193.0		
VOLUMEN DEL ESPECIMEN, cm³			2118.0			2118.0			2127.0		
DENSIDAD HUMEDA, g/cm³			2.061			2.076			1.971		
DENSIDAD SECA			1.709			1.709			1.695		
TARA N°			23			11			15		
TARA + SUELO HUMEDO			555.1			576.6			596.5		
TARA + SUELO SECO			503.1			525.5			540.7		
PESO DEL AGUA			52.0			53.1			55.8		
PESO DE LA TARA			105.0			107.4			107.6		
PESO DEL SUELO SECO			315.1			336.1			343.1		
% DE HUMEDAD			16.50			15.70			16.26		
% PROMEDIO DE HUMEDAD			16.5			17.3			16.3		
EXPANSIÓN											
FECHA	HORA	TIEMPO DÍAS	DIAL pulg	EXPANSIÓN mm %		DIAL pulg	EXPANSIÓN mm %		DIAL pulg	EXPANSIÓN mm %	
24/09/2020	08:15 a. m.	0	0.000	0.00	S/E	0.000	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00
26/09/2020	08:15 a. m.	4	0.000	0.00	S/E	0.000	0.00	S/E	0.000	0.00	S/E
ABSORCIÓN											
MOLDE N°			4			5			6		
Peso suelo húmedo + plato + molde, g			11494.0			11402.0			10945.0		
Peso del plato + molde, g			7096.0			7155.0			7185.0		
Peso suelo húmedo embebido, g			4396.0			4247.0			3760.0		
Peso suelo hum. sin embeber, g			4365.0			4193.0			3674.5		
Peso del agua absorbida, g			31.0			54.0			85.5		
Peso del suelo seco, g			3746.5			3605.3			3164.9		
Absorción de agua, %			0.8			1.5			2.7		
PENETRACIÓN											
PENETRACIÓN		PRESIÓN PATRÓN kg/cm²	MOLDE N° 1			MOLDE N° 1			MOLDE N° 1		
mm	pulg		DIAL	CARGA kg	PRESIÓN kg/cm²	DIAL	CARGA kg	PRESIÓN kg/cm²	DIAL	CARGA kg	PRESIÓN kg/cm²
0.000	0.000		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.635	0.025		31.9	31.9	1.6	33.5	33.5	1.7	12.0	12.0	0.6
1.270	0.050		91.4	91.4	4.7	94.3	94.3	4.9	32.1	32.1	1.7
1.905	0.075		177.2	177.2	9.2	167.5	167.5	8.7	69.6	69.6	3.6
2.540	0.100	70.3	263.2	263.2	13.6	235.2	235.2	12.2	113.2	113.2	5.9
3.810	0.150		416.2	416.2	21.5	346.9	346.9	17.9	196.4	196.4	10.1
5.080	0.200	105.5	535.5	535.5	27.7	439.5	439.5	22.7	270.1	270.1	14.0
6.350	0.250		627.1	627.1	32.4	513.8	513.8	26.5	330.2	330.2	17.1
7.620	0.300		711.9	711.9	36.5	576.8	576.8	29.9	379.6	379.6	19.6
10.160	0.400		856.5	856.5	44.4	689.9	689.9	35.6	460.2	460.2	23.8
12.700	0.500		970.6	970.6	50.1	776.8	776.8	40.2	516.5	516.5	26.7

OBSERVACIONES: ENSAYO DE PENETRACIÓN EFECTUADO CON PRESNA DE CELDA DIGITAL.

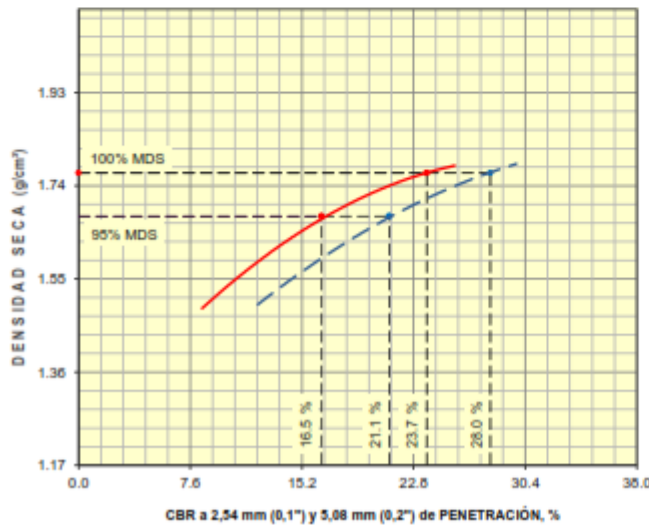
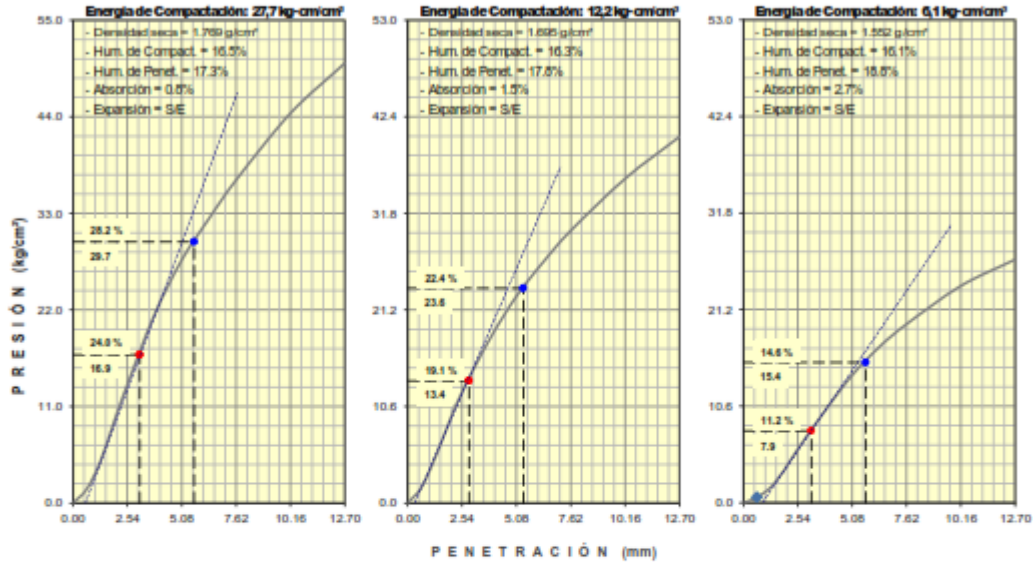
**ASTM D1883 - 07 ENSAYO DE CBR (RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA) DE SUELOS COMPACTADOS EN LABORATORIO**

SOLICITANTE : JUAN DAVID PELAEZ QUISPE, JULIO CÉSAR BENITES PACHECO  
 REGISTRO : 156/2020.GEOSUR

TÍTULO : "ANÁLISIS DEL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE SUBRASANTE EN SUELOS ARENOSAS MAL GRADADO ADICIONANDO CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ Y CAL EN VILLA EL SALVADOR, 2020."  
 TÉCNICO : G.B.S  
 FECHA : 28-sep.-2020

UBICACIÓN : VILLA EL SALVADOR - LIMA  
 CAL : 0%  
 C.C.A : 0%

REFERENCIAS DE LA CANTERA  
 CALICATA : C-2  
 MUESTRA : M-01 PROFUNDIDAD : 0.00 m - 1.70 m



<b>RESULTADOS DE ENSAYOS</b>	
<b>Proctor Modificado (ASTM D-1557)</b>	
- Método de Compactación	"A"
- Máxima Densidad Seca, kg/cm³	<b>1.766</b>
- Óptimo Cont. de Humedad, %	<b>16.4</b>
<b>CBR (ASTM D-1883)</b>	
- C.B.R. a 2,54 mm (0,1") de Penetración	
C.B.R. al 100 % de la M.D.S., %	<b>23.7</b>
C.B.R. al 95 % de la M.D.S., %	<b>16.5</b>
- C.B.R. a 5,08 mm (0,2") de Penetración	
C.B.R. al 100 % de la M.D.S., %	<b>28.0</b>
C.B.R. al 95 % de la M.D.S., %	<b>21.1</b>
<b>Caracterización del Suelo</b>	
- Clasificación SUCS	SP
- Clasificación AASHTO	A-3 (0)

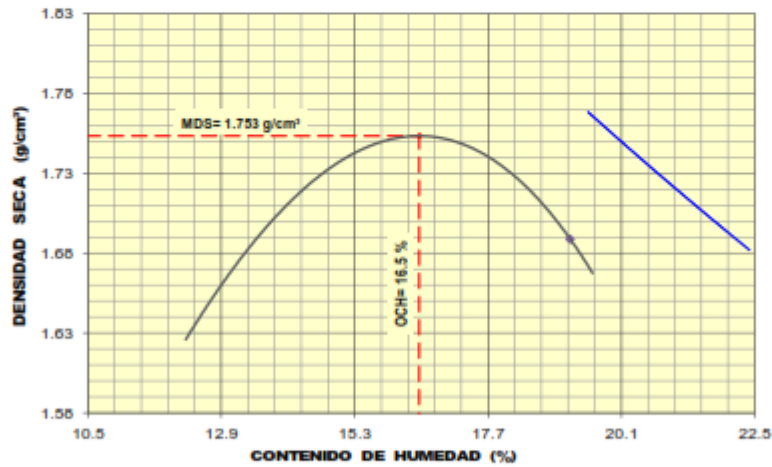
OBSERVACIONES:  
 - Material proporcionado por el solicitante.

# PROCTOR MODIFICADO C-3 SUELO NATURAL SIN ADICION DE C.C.A. Y CAL

## ASTM D1557 - 07 ENSAYO DE COMPACTACIÓN DE SUELOS EN LABORATORIO USANDO ENERGÍA MODIFICADA (2,700 kg-cm/m<sup>2</sup>)

SOLICITANTE	: JUAN DAVID PELAEZ QUISPE, JULIO CÉSAR BENITES PACHECO	REGISTRO	156/2020.GEOSUR
TÍTULO	: "ANÁLISIS DEL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE SUBRASANTE EN SUELOS ARENOSAS MAL GRADADO ADICIONANDO CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ Y CAL EN VILLA EL SALVADOR, 2020."	TÉCNICO	: G.B.S
UBICACIÓN	: VILLA EL SAVADOR - LIMA	FECHA	: 28-sep.-2020
REFERENCIAS DE LA CANTERA		CAL	: 0%
CALICATA	: C-3	C.C.A	: 0%
MUESTRA	: M-01	PROFUNDIDAD	: 0.00 m - 1.70 m

01 - Peso Suelo Humedo + Molde (g)	5567.0	5667.0	5735.0	5700.0				
02 - Peso del Molde (g)	3000.0	3000.0	3000.0	3000.0				
03 - Peso Suelo Humedo (g)	1767.0	1667.0	1935.0	1900.0				
04 - Volumen del Molde (cm <sup>3</sup> )	944.0	944.0	944.0	944.0				
05 - Densidad Suelo Humedo (g/cm <sup>3</sup> )	1.893	1.999	2.050	2.013				
06 - Tarro N°								
07 - Peso suelo humedo + tarro (g)	416.3	462.5	551.2	574.9	562.3	541.2	544.7	522.2
08 - Peso suelo seco + tarro (g)	393.7	431.9	505.1	526.4	506.4	489.7	487.2	469.2
09 - Peso del agua (g)	24.6	30.6	46.1	48.5	53.9	51.5	57.5	53.0
10 - Peso del tarro (g)	206.2	200.1	199.4	203.1	195.1	191.9	187.9	192.4
11 - Peso suelo seco (g)	187.5	231.8	305.7	323.3	313.3	297.8	299.3	276.8
12 - Contenido de Humedad (%)	13.12	13.20	15.08	15.00	17.20	17.29	19.21	19.15
13 - Promedio de Humedad (%)	13.2		15.0		17.2		19.2	
	1.672		1.738		1.749		1.689	



### RESULTADOS DE ENSAYO

MÉTODO DE COMPACTACIÓN	"A"
MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm <sup>3</sup> )	1.753 g/cm <sup>3</sup>
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	16.5 %

OBSERVACIONES: MATERIAL PROPORCIONADO POR EL SOLICITANTE

V/B° ING°

## CBR C-3 SUELO NATURAL SIN ADICION DE CCA Y CAL

ASTM D1883 - 07 ENSAYO DE CBR (RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA) DE SUELOS COMPACTADOS EN LABORATORIO												
SOLICITANTE : JUAN DAVID FELAEZ QUISPE, JULIO CÉSAR BENITES PACHECO								REGISTRO : 156/2020.GEOSUR				
TÍTULO : "ANÁLISIS DEL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE SUBRASANTE EN SUELOS ARENOSAS MAL GRADADO ADICIONANDO CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ Y CAL EN VILLA EL SALVADOR, 2020."								TÉCNICO : G.B.S				
UBICACIÓN : VILLA EL SAVADOR - LIMA								FECHA : 28-sep.-2020				
REFERENCIAS DE LA CANTERA												
CALICATA : C-3				PROFUNDIDAD : 0.00 m - 1.70 m				CAL : 0%				
MUESTRA : M-01								C.C.A : 0%				
MOLDE N°	7			8			9					
CAPAS N°	5			5			5					
N° DE GOLPES POR CAPA	55			26			12					
CONDICIÓN DE LA MUESTRA	SIN EMBEBER		EMBEBIDO		SIN EMBEBER		EMBEBIDO		SIN EMBEBER		EMBEBIDO	
PESO MOLDE + SUELO HUMEDO, g	9055.0		9095.0		8527.0		8587.0		8847.0		8911.0	
PESO DEL MOLDE, g	4832.0		4832.0		4195.0		4195.0		5154.0		5154.0	
PESO DEL SUELO HUMEDO, g	4223.0		4263.0		4332.0		4392.0		3693.0		3757.0	
VOLUMEN DEL ESPECIMEN, cm³	2075.0		2075.0		2212.0		2212.0		2085.1		2085.1	
DENSIDAD HUMEDA, g/cm³	2.035		2.054		1.955		1.986		1.771		1.802	
DENSIDAD SECA	1.751		1.751		1.682		1.683		1.527		1.527	
TARA N°	23		11		15		3		5		21	
TARA + SUELO HUMEDO	554.0		670.7		525.6		640.3		534.4		557.0	
TARA + SUELO SECO	503.1		571.3		479.5		531.5		489.2		523.7	
PESO DEL AGUA	50.9		99.4		46.1		114.8		45.2		33.3	
PESO DE LA TARA	188.0		187.4		197.6		188.7		206.2		200.0	
PESO DEL SUELO SECO	315.1		383.9		281.9		342.8		283.0		323.7	
% DE HUMEDAD	16.15		25.90		16.35		33.50		15.97		16.30	
% PROMEDIO DE HUMEDAD	16.2		17.3		16.4		18.0		16.0		16.0	
EXPANSIÓN												
FECHA	HORA	TIEMPO DÍAS	DIAL pulg	EXPANSION mm %		DIAL pulg	EXPANSION mm %		DIAL pulg	EXPANSION mm %		
24/09/2020	08:15 a. m.	0	0.000	0.00	S/E	0.000	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	
26/09/2020	08:15 a. m.	4	0.000	0.00	S/E	0.000	0.00	S/E	0.000	0.00	S/E	
ABSORCION												
MOLDE N°	7			8			9					
Peso suelo húmedo, + plato + molde, g	11361.0			11547.0			10942.0					
Peso del plato + molde, g	7096.0			7155.0			7185.0					
Peso suelo húmedo embebido, g	4263.0			4392.0			3757.0					
Peso suelo hum. sin embeber, g	4223.0			4332.0			3693.0					
Peso del agua absorbida, g	40.0			60.0			64.0					
Peso del suelo seco, g	3634.3			3721.6			3183.6					
Absorción de agua, %	1.1			1.6			2.0					
PENETRACIÓN												
PENETRACIÓN		PRESION PATRÓN kg/cm²	MOLDE N° 1			MOLDE N° 1			MOLDE N° 1			
mm	pulg		DIAL	CARGA kg	PRESION kg/cm²	DIAL	CARGA kg	PRESION kg/cm²	DIAL	CARGA kg	PRESION kg/cm²	
0.000	0.000		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
0.635	0.025		26.5	26.5	1.5	29.9	29.9	1.5	10.4	10.4	0.5	
1.270	0.050		81.6	81.6	4.2	84.2	84.2	4.4	28.0	28.0	1.4	
1.905	0.075		158.2	158.2	8.2	149.5	149.5	7.7	60.6	60.6	3.1	
2.540	0.100	70.3	235.0	235.0	12.1	210.0	210.0	10.9	98.6	98.6	5.1	
3.810	0.150		371.7	371.7	19.2	309.7	309.7	16.0	171.0	171.0	8.8	
5.080	0.200	105.5	478.2	478.2	24.7	392.5	392.5	20.3	235.2	235.2	12.2	
6.350	0.250		560.0	560.0	28.9	458.7	458.7	23.7	287.6	287.6	14.9	
7.620	0.300		635.6	635.6	32.8	516.8	516.8	26.7	330.6	330.6	17.1	
10.160	0.400		786.5	786.5	39.6	616.0	616.0	31.8	400.8	400.8	20.7	
12.700	0.500		866.6	866.6	44.8	695.4	695.4	35.9	449.8	449.8	23.2	

OBSERVACIONES: ENSAYO DE PENETRACIÓN EFECTUADO CON PRENSA DE CELDA DIGITAL.

**ASTM D1883 - 07 ENSAYO DE CBR (RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA) DE SUELOS COMPACTADOS EN LABORATORIO**

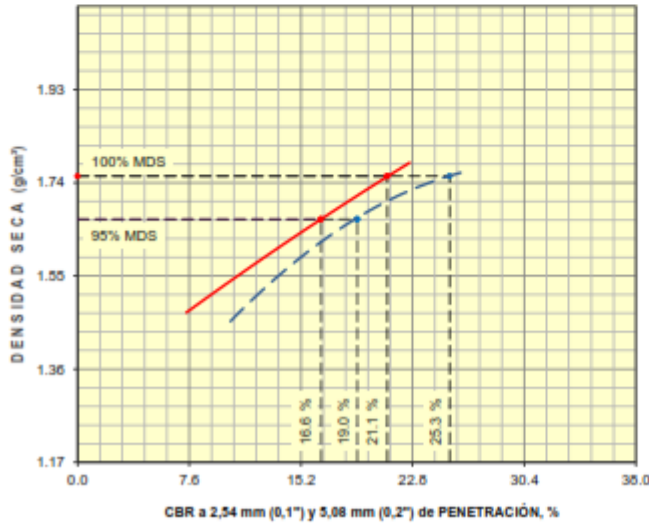
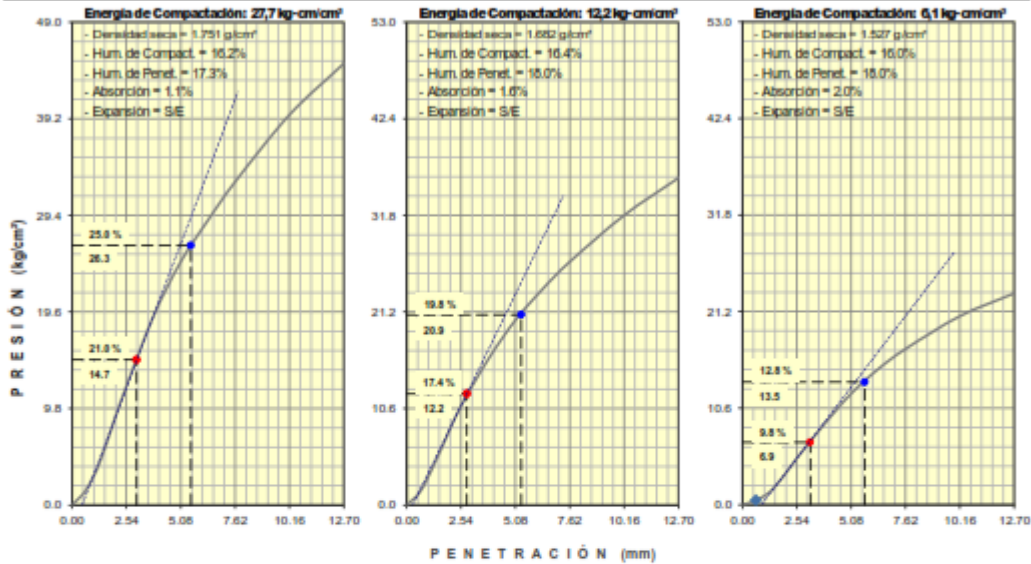
SOLICITANTE : JUAN DAVID FELAEZ QUISPE, JULIO CÉSAR BENITES PACHECO  
 TÍTULO : "ANÁLISIS DEL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE SUBRASANTE EN SUELOS ARENOSAS MAL GRADADO ADICIONANDO CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ Y CAL EN VILLA EL SALVADOR, 2020."  
 UBICACIÓN : VILLA EL SALVADOR - LMA

REGISTRO **156/2020.GEOSUR**  
 TÉCNICO : G.B.S  
 FECHA : 28-sep.-2020

REFERENCIAS DE LA CANTERA  
 CALICATA : C-3  
 MUESTRA : M-01

PROFUNDIDAD : 0.00 m - 1.70 m

CAL : 0%  
 C.C.A : 0%



<b>RESULTADOS DE ENSAYOS</b>	
<b>Proctor Modificado (ASTM D-1557)</b>	
- Método de Compactación	"A"
- Máxima Densidad Seca, kg/cm³	<b>1,733</b>
- Óptimo Cont. de Humedad, %	<b>16,5</b>
<b>CBR (ASTM D-1883)</b>	
- C.B.R. a 2,54 mm (0,1") de Penetración	
C.B.R. al 100 % de la M.D.S., %	<b>21,1</b>
C.B.R. al 95 % de la M.D.S., %	<b>16,0</b>
- C.B.R. a 5,08 mm (0,2") de Penetración	
C.B.R. al 100 % de la M.D.S., %	<b>25,3</b>
C.B.R. al 95 % de la M.D.S., %	<b>19,0</b>
<b>Caracterización del Suelo</b>	
- Clasificación SUCS	SP
- Clasificación AASHTO	A-3 (6)

OBSERVACIONES:  
 - Material proporcionado por el solicitante.

## Resultados con adición de ceniza de cáscara de arroz de las 3 calicatas

### Ensayo Próctor modificado C-1 con 7.5% CCA y 10% cal

#### ASTM D1557 - 07 ENSAYO DE COMPACTACIÓN DE SUELOS EN LABORATORIO USANDO ENERGÍA MODIFICADA (2,700 kg-cm/m<sup>2</sup>)

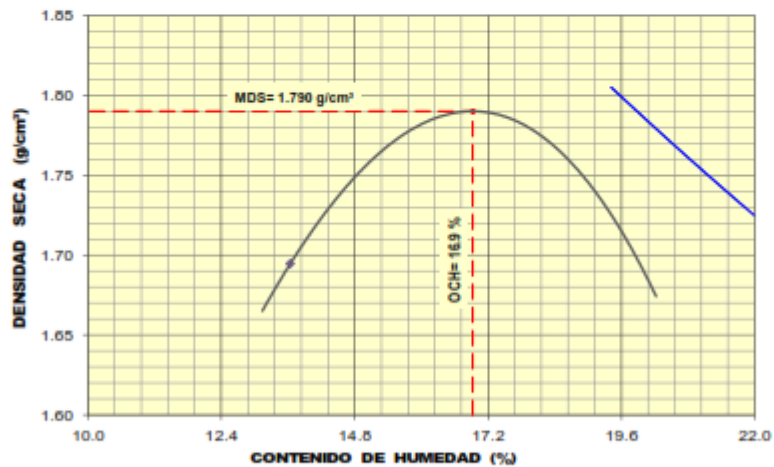
SOLICITANTE : JUAN DAVID PELAEZ QUISPE, JULIO CÉSAR BENITES PACHECO  
 TÍTULO : "ANÁLISIS DEL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE SUBRASANTE EN SUELOS ARENOSAS MAL GRADADO ADICIONANDO CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ Y CAL EN VILLA EL SALVADOR, 2020."  
 UBICACIÓN : VILLA EL SAVADOR - LIMA

REGISTRO : 156/2020.GEOSUR  
 TÉCNICO : G.B.S  
 FECHA : 23-sep-2020

#### REFERENCIAS DE LA CANTERA

CALICATA : C-01  
 MUESTRA : M-01  
 PROFUNDIDAD : 0.00 m - 1.50 m  
 CAL : 10.0%  
 C.C.A : 7.5%

01 - Peso Suelo Humedo + Molde (g)	5618.0	5734.0	5781.0	5725.0				
02 - Peso del Molde (g)	3600.0	3600.0	3600.0	3600.0				
03 - Peso Suelo Humedo (g)	1018.0	1934.0	1981.0	1925.0				
04 - Volumen del Molde (cm <sup>3</sup> )	944.0	944.0	944.0	944.0				
05 - Densidad Suelo Humedo (g/cm <sup>3</sup> )	1.926	2.049	2.099	2.039				
06 - Tarro N°								
07 - Peso suelo humedo + tarro (g)	519.3	544.3	574.2	566.3	562.3	544.3	566.7	553.6
08 - Peso suelo seco + tarro (g)	479.6	503.1	522.0	533.3	505.4	489.9	507.0	494.6
09 - Peso del agua (g)	39.7	41.2	52.2	53.0	56.9	54.4	61.7	59.0
10 - Peso del tarro (g)	188.6	200.6	187.1	193.2	188.7	186.6	195.3	197.3
11 - Peso suelo seco (g)	290.6	302.3	334.9	340.1	316.7	303.1	311.7	297.5
12 - Contenido de Humedad (%)	13.65	13.63	15.59	15.56	17.97	17.95	19.80	19.63
13 - Promedio de Humedad (%)	13.6	13.6	15.6	15.6	18.0	18.0	19.8	19.8
	1.095	1.095	1.772	1.772	1.779	1.779	1.702	1.702



#### RESULTADOS DE ENSAYO

MÉTODO DE COMPACTACIÓN	"A"
MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm <sup>3</sup> )	1.790 g/cm <sup>3</sup>
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	16.9%

OBSERVACIONES: MATERIAL PROPORCIONADO POR EL SOLICITANTE



## Ensayo CBR C-1 con 7.5% CCA y 10% cal

### ASTM D1883 - 07 ENSAYO DE CBR (RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA) DE SUELOS COMPACTADOS EN LABORATORIO

SOLICITANTE : JUAN DAVID PELAÉZ QUISPE, JULIO CÉSAR BENTES PACHECO REGISTRO **156/2020.GEOSUR**  
 TÍTULO : "ANÁLISIS DEL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE SUBRASANTE EN SUELOS ARENOSAS MAL GRADADO ADICIONANDO CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ Y CAL EN VILLA EL SALVADOR, 2020." TÉCNICO : G.B.S  
FECHA : 23-sep.-2020  
 UBICACIÓN : VILLA EL SAVADOR - LIMA  
 REFERENCIAS DE LA CANTERA  
 CALICATA : C-01 CAL : 10.0%  
 MUESTRA : M-01 PROFUNDIDAD : 0.00 m - 1.50 m C.C.A : 7.5%

MOLDE N°	1		2		3	
CAPAS N°	5		5		5	
N° DE GOLFES POR CAPA	50		25		12	
CONDICIÓN DE LA MUESTRA	SIN EMBEBER	EMBEBIDO	SIN EMBEBER	EMBEBIDO	SIN EMBEBER	EMBEBIDO
PESO MOLDE + SUELO HUMEDO, g	9391.0	9429.0	9269.0	9323.0	6736.0	6799.0
PESO DEL MOLDE, g	4991.0	4991.0	5079.0	5079.0	4679.0	4679.0
PESO DEL SUELO HUMEDO, g	4400.0	4438.0	4190.0	4244.0	3057.0	3920.0
VOLUMEN DEL ESPECÍMEN, cm³	2104.0	2104.0	2102.0	2102.0	2121.0	2121.0
DENSIDAD HUMEDA, g/cm³	2.091	2.109	1.993	2.019	1.615	1.846
DENSIDAD SECA	1.789	1.789	1.705	1.705	1.557	1.557
TARA N°	1	13	32	27	47	33
TARA + SUELO HUMEDO	592.4	634.6	579.5	566.4	514.5	576.3
TARA + SUELO SECO	534.7	569.1	525.3	526.0	466.2	516.9
PESO DEL AGUA	57.7	65.5	54.2	60.4	48.3	61.4
PESO DE LA TARA	192.4	203.1	205.4	196.0	193.2	186.7
PESO DEL SUELO SECO	342.3	366.0	319.9	326.0	275.0	326.2
% DE HUMEDAD	16.66	17.90	16.94	16.40	16.84	16.70
% PROMEDIO DE HUMEDAD	16.9		17.9		16.9	

EXPANSIÓN														
FECHA	HORA	TIEMPO DÍAS	DIAL		EXPANSIÓN		DIAL		EXPANSIÓN		DIAL		EXPANSIÓN	
			pulg	mm	%	mm	%	pulg	mm	%	mm	%	pulg	mm
29/09/2020	08:15 a. m.	0	0.000	0.00	S/E	0.000	0.00	0.00	0.000	0.00	S/E	0.000	0.00	S/E
03/10/2020	08:15 a. m.	4	0.000	0.00	S/E	0.000	0.00	S/E	0.000	0.00	S/E	0.000	0.00	S/E

ABSORCIÓN			
MOLDE N°	1	2	3
Peso suelo húmedo, + plato + molde, g	11536.0	11399.0	11105.0
Peso del plato + molde, g	7096.0	7155.0	7185.0
Peso suelo húmedo embebido, g	4436.0	4244.0	3920.0
Peso suelo húm. sin embeber, g	4400.0	4190.0	3857.0
Peso del agua absorbida, g	36.0	54.0	63.0
Peso del suelo seco, g	3763.9	3564.3	3302.2
Absorción de agua, %	1.0	1.5	1.9

PENETRACIÓN												
PENETRACIÓN		PRESIÓN PATRÓN kg/cm²	MOLDE N° 1			MOLDE N° 1			MOLDE N° 1			
			DIAL	CARGA kg	PRESIÓN kg/cm²	DIAL	CARGA kg	PRESIÓN kg/cm²	DIAL	CARGA kg	PRESIÓN kg/cm²	
0.000	0.000		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.635	0.025		46.5	46.5	2.4	60.1	60.1	3.1	25.0	25.0	1.3	
1.270	0.050		164.5	164.5	8.5	167.0	167.0	9.7	91.0	91.0	4.7	
1.905	0.075		325.2	325.2	16.0	296.1	296.1	15.3	174.8	174.8	9.0	
2.540	0.100	70.3	476.2	476.2	24.6	418.5	418.5	21.6	253.3	253.3	13.1	
3.810	0.150		782.0	782.0	40.4	623.3	623.3	32.2	414.5	414.5	21.4	
5.080	0.200	105.5	952.8	952.8	49.2	813.0	813.0	42.0	559.9	559.9	26.9	
6.350	0.250		1079.1	1079.1	55.8	961.1	961.1	49.7	679.2	679.2	35.1	
7.620	0.300		1147.1	1147.1	59.3	1052.8	1052.8	54.4	757.5	757.5	39.1	
10.160	0.400		1223.4	1223.4	63.2	1155.0	1155.0	59.7	833.5	833.5	43.1	
12.700	0.500		1244.6	1244.6	64.3	1194.4	1194.4	61.7	856.5	856.5	44.4	

OBSERVACIONES: ENSAYO DE PENETRACIÓN EFECTUADO CON PRENSA DE CELDA DIGITAL.

VºBº INGº

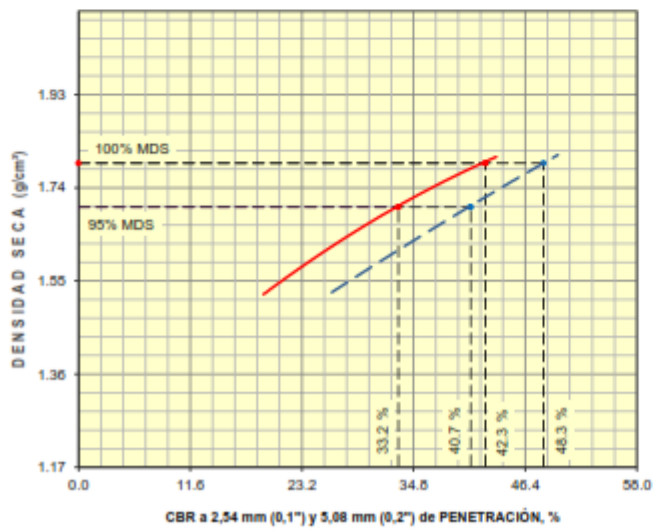
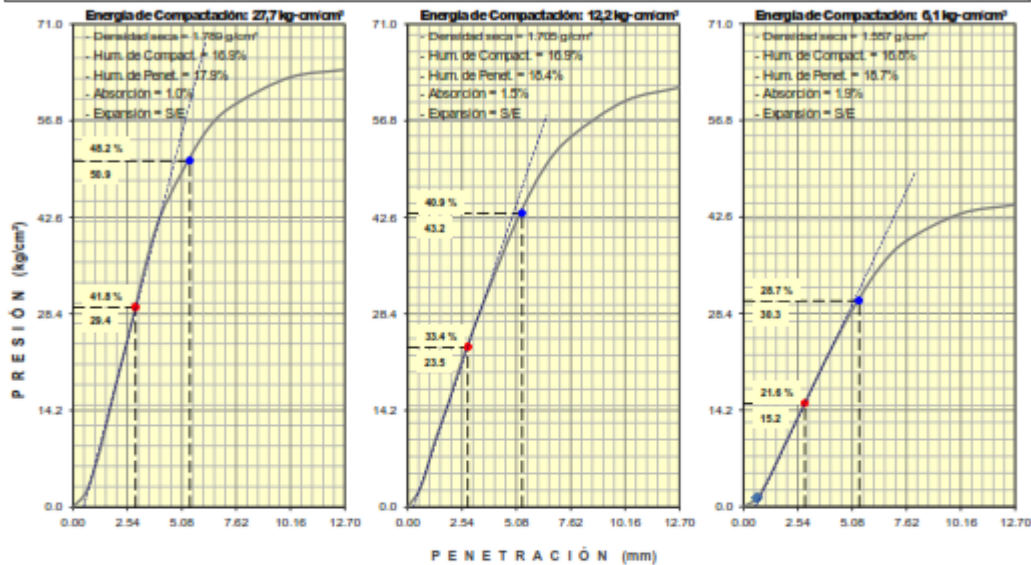
**ASTM D1883 - 07 ENSAYO DE CBR (RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA) DE SUELOS COMPACTADOS EN LABORATORIO**

SOLICITANTE : JUAN DAVID FELAEZ QUISPE, JULIO CÉSAR BENITES PACHECO  
 TÍTULO : "ANÁLISIS DEL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE SUBRASANTE EN SUELOS ARENOSAS MAL GRADADO ADICIONANDO CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ Y CAL EN VILLA EL SALVADOR, 2020."  
 UBICACION : VILLA EL SALVADOR - LIMA

REGISTRO **156/2020.GEOSUR**  
 TÉCNICO : G.B.S  
 FECHA : 23-sep.-2020

REFERENCIAS DE LA CANTERA  
 CALICATA : C-01  
 MUESTRA : M-01

PROFUNDIDAD : 0.00 m - 1.50 m  
 CAL : 10.0%  
 C.C.A : 7.5%



**RESULTADOS DE ENSAYOS**

**Proctor Modificado (ASTM D-1557)**

- Método de Compactación	"A"
- Máxima Densidad Seca, kg/cm <sup>3</sup>	<b>1,790</b>
- Optimo Cont. de Humedad, %	<b>16,9</b>

**CBR (ASTM D-1883)**

- C.B.R. a 2,54 mm (0,1") de Penetración	
C.B.R. al 100 % de la M.D.S., %	<b>42,3</b>
C.B.R. al 95 % de la M.D.S., %	<b>33,2</b>
- C.B.R. a 5,08 mm (0,2") de Penetración	
C.B.R. al 100 % de la M.D.S., %	<b>48,3</b>
C.B.R. al 95 % de la M.D.S., %	<b>40,7</b>

**Caracterización del Suelo**

- Clasificación SUCS	<b>SP</b>
- Clasificación AASHTO	<b>A-3 (0)</b>

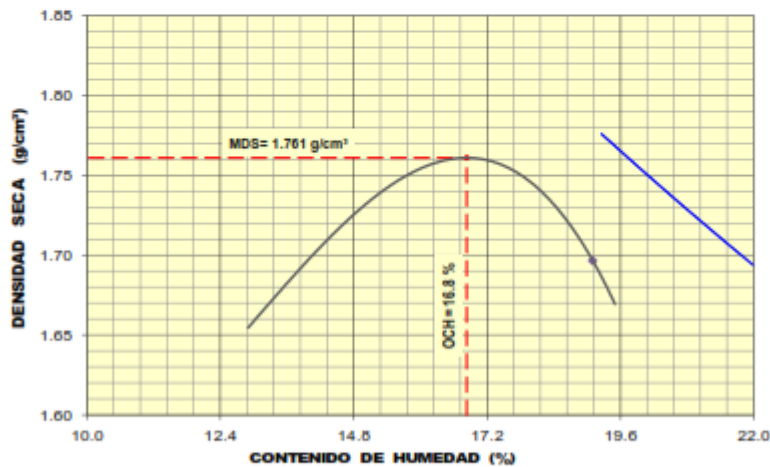
OBSERVACIONES:  
 - Material proporcionado por el solicitante.

## Ensayo Próctor modificado C-2 con 7.5% CCA y 10% cal

### ASTM D1557 - 07 ENSAYO DE COMPACTACIÓN DE SUELOS EN LABORATORIO USANDO ENERGÍA MODIFICADA (2,700 kg-cm/m<sup>2</sup>)

SOLICITANTE : JUAN DAVID PELAEZ QUISPE, JULIO CÉSAR BENITES PACHECO	REGISTRO : 156/2020.GEOSUR
TÍTULO : "ANÁLISIS DEL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE SUBRASANTE EN SUELOS ARENOSAS MAL GRADADO ADICIONANDO CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ Y CAL EN VILLA EL SALVADOR, 2020."	TÉCNICO : G.B.S
UBICACIÓN : VILLA EL SAVADOR - LIMA	FECHA : 23-sep.-2020
REFERENCIAS DE LA CANTERA	
CALICATA : C-02	CAL : 10.0%
MUESTRA : M-01	PROFUNDIDAD : 0.00 m - 1.50 m
	C.C.A : 7.5%

01 - Peso Suelo Humedo + Molde (g)	5593.0	5695.0	5747.0	5707.0				
02 - Peso del Molde (g)	3600.0	3600.0	3600.0	3600.0				
03 - Peso Suelo Humedo (g)	1793.0	1095.0	1947.0	1907.0				
04 - Volumen del Molde (cm <sup>3</sup> )	944.0	944.0	944.0	944.0				
05 - Densidad Suelo Humedo (g/cm <sup>3</sup> )	1.899	2.007	2.063	2.020				
06 - Tarro N°								
07 - Peso suelo humedo + tarro (g)	519.3	544.3	574.2	566.3	544.3	566.7	553.8	
08 - Peso suelo seco + tarro (g)	480.3	503.7	522.8	534.0	507.3	491.8	508.9	496.5
09 - Peso del agua (g)	39.0	40.6	51.4	52.3	55.0	52.5	59.8	57.3
10 - Peso del tarro (g)	188.8	200.8	187.1	193.2	188.7	188.8	195.3	197.3
11 - Peso suelo seco (g)	291.5	302.9	335.7	340.8	318.6	305.0	313.6	299.2
12 - Contenido de Humedad (%)	13.38	13.40	15.31	15.35	17.26	17.21	19.07	19.15
13 - Promedio de Humedad (%)	13.4		15.3		17.2		19.1	
	1.675		1.741		1.760		1.896	



OBSERVACIONES: MATERIAL PROPORCIONADO POR EL SOLICITANTE

VºBº INGº

## Ensayo CBR C-2 con 7.5% C.C.A. y 10% cal

### ASTM D1883 - 07 ENSAYO DE CBR (RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA) DE SUELOS COMPACTADOS EN LABORATORIO

SOLICITANTE : JUAN DAVID PELAÉZ QUISPE, JULIO CÉSAR BENITES PACHECO REGISTRO 156/2020.GEOSUR  
 TÍTULO : "ANÁLISIS DEL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE SUBRASANTE EN SUELOS ARENOSAS MAL GRADADO ADICIONANDO CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ Y CAL EN VILLA EL SALVADOR, 2020." TÉCNICO : G.B.S  
FECHA : 23-sep.-2020  
 UBICACIÓN : VILLA EL SALVADOR - LIMA

#### REFERENCIAS DE LA CANTERA

CALICATA : C-02 CAL : 10.0%  
 MUESTRA : M-01 PROFUNDIDAD : 0.00 m - 1.50 m  
C.C.A : 7.5%

MOLDE N°	4		5		6	
CAPAS N°	5		5		5	
N° DE GOLPES POR CAPA	56		25		12	
CONDICIÓN DE LA MUESTRA	SIN EMBEBER	EMBEBIDO	SIN EMBEBER	EMBEBIDO	SIN EMBEBER	EMBEBIDO
PESO MOLDE + SUELO HUMEDO, g	9364.0	8403.0	9109.0	9163.0	8504.0	8649.5
PESO DEL MOLDE, g	5006.0	5006.0	4910.0	4910.0	4935.5	4935.5
PESO DEL SUELO HUMEDO, g	4358.0	4397.0	4199.0	4253.0	3648.5	3714.0
VOLUMEN DEL ESPECIMEN, cm³	2118.0	2118.0	2127.0	2127.0	2039.0	2039.0
DENSIDAD HUMEDA, g/cm³	2.056	2.076	1.974	2.000	1.789	1.821
DENSIDAD SECA	1.763	1.764	1.690	1.690	1.532	1.532
TARA N°	3	43	15	22	26	35
TARA + SUELO HUMEDO	571.9	643.4	547.5	573.3	590.2	657.6
TARA + SUELO SECO	517.2	574.0	497.1	513.9	533.1	562.6
PESO DEL AGUA	54.7	69.4	50.4	59.4	57.1	74.8
PESO DE LA TARA	185.7	184.3	197.6	189.4	193.2	186.5
PESO DEL SUELO SECO	328.5	389.7	299.5	324.5	339.9	396.0
% DE HUMEDAD	16.65	17.00	16.83	16.30	16.80	18.90
% PROMEDIO DE HUMEDAD	16.7	17.7	16.8	16.3	16.8	18.9

#### EXPANSIÓN

FECHA	HORA	TIEMPO DÍAS	DIAL			EXPANSION			DIAL			EXPANSION		
			pulg	mm	%	pulg	mm	%	pulg	mm	%	pulg	mm	%
26/09/2020	08:15 a. m.	0	0.000	0.00	S/E	0.000	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00
30/09/2020	08:15 a. m.	4	0.000	0.00	S/E	0.000	0.00	S/E	0.000	0.00	S/E	0.000	0.00	S/E

#### ABSORCIÓN

MOLDE N°	4		5		6	
Peso suelo húmedo. + plato + molde, g	11495.0		11408.0		10899.0	
Peso del plato + molde, g	7096.0		7155.0		7185.0	
Peso suelo húmedo embebido, g	4397.0		4253.0		3714.0	
Peso suelo húm. sin embeber, g	4356.0		4199.0		3648.5	
Peso del agua absorbida, g	39.0		54.0		65.5	
Peso del suelo seco, g	3734.4		3595.0		3123.7	
Absorción de agua, %	1.0		1.5		2.1	

#### PENETRACIÓN

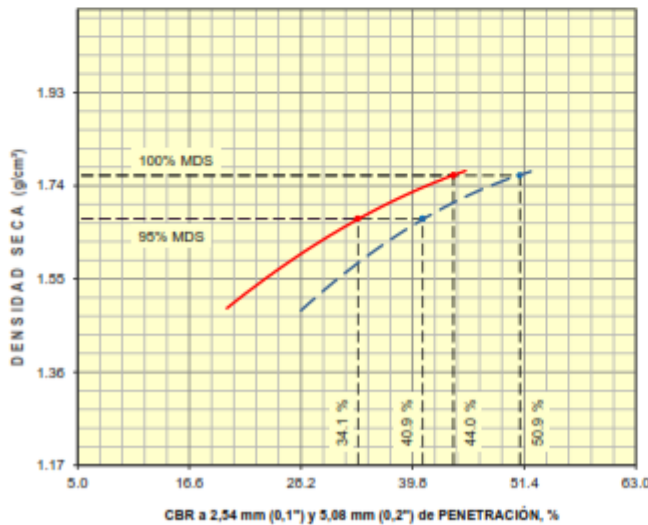
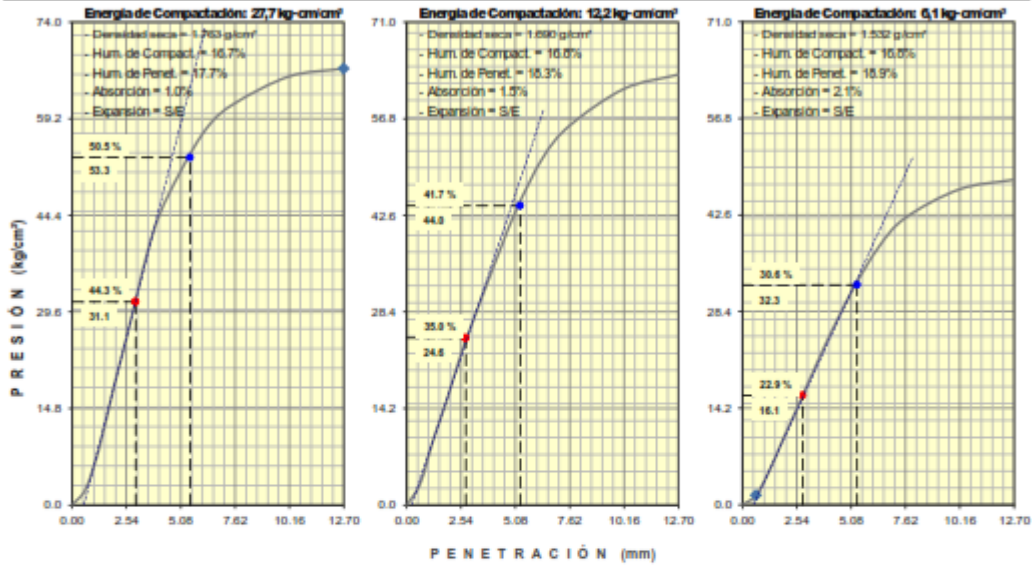
PENETRACIÓN		PRESIÓN PATRÓN kg/cm²	MOLDE N° 1			MOLDE N° 1			MOLDE N° 1		
			DIAL	CARGA kg	PRESIÓN kg/cm²	DIAL	CARGA kg	PRESIÓN kg/cm²	DIAL	CARGA kg	PRESIÓN kg/cm²
0.000	0.000		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.635	0.025		48.3	48.3	2.5	61.7	61.7	3.2	27.0	27.0	1.4
1.270	0.050		171.1	171.1	8.5	191.9	191.9	9.9	96.1	96.1	5.1
1.905	0.075		338.2	338.2	17.5	303.8	303.8	15.7	188.5	188.5	9.7
2.540	0.100	70.3	495.2	495.2	25.6	429.4	429.4	22.2	273.2	273.2	14.1
3.810	0.150		813.3	813.3	42.0	639.5	639.5	33.0	447.1	447.1	23.1
5.080	0.200	105.5	990.9	990.9	51.2	834.3	834.3	43.1	603.6	603.6	31.2
6.350	0.250		1122.3	1122.3	56.0	966.2	966.2	51.0	732.6	732.6	37.6
7.620	0.300		1193.0	1193.0	61.6	1080.3	1080.3	55.8	817.0	817.0	42.2
10.160	0.400		1272.4	1272.4	65.7	1185.1	1185.1	61.2	899.0	899.0	46.4
12.700	0.500		1294.4	1294.4	66.9	1225.5	1225.5	63.3	926.0	926.0	47.6

OBSERVACIONES: ENSAYO DE PENETRACIÓN EFECTUADO CON PRESNA DE CELDA DIGITAL.

VIB ING°

**ASTM D1883 - 07 ENSAYO DE CBR (RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA) DE SUELOS COMPACTADOS EN LABORATORIO**

SOLICITANTE : JUAN DAVID PELAÉZ QUISPE, JULIO CÉSAR BENTES PACHECO	REGISTRO : 156/2020.GEOSUR
TÍTULO : "ANÁLISIS DEL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE SUBRASANTE EN SUELOS ARENOSAS MAL GRADADO ADICIONANDO CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ Y CAL EN VILLA EL SALVADOR, 2020."	TÉCNICO : G.B.S
UBICACION : VILLA EL SALVADOR - LIMA	FECHA : 23-sep.-2020
REFERENCIAS DE LA CANTERA	
CALICATA : C-02	CAL : 10.0%
MUESTRA : M-01	C.C.A : 7.5%
PROFUNDIDAD : 0.00 m - 1.50 m	



<b>RESULTADOS DE ENSAYOS</b>	
<b>Proctor Modificado (ASTM D-1557)</b>	
- Método de Compactación	"A"
- Maxima Densidad Seca, kg/cm³	<b>1.701</b>
- Optimo Cont. de Humedad, %	<b>16.8</b>
<b>CBR (ASTM D-1883)</b>	
- C.B.R. a 2,54 mm (0,1") de Penetración	
C.B.R. al 100 % de la M.D.S., %	<b>44.0</b>
C.B.R. al 95 % de la M.D.S., %	<b>34.1</b>
- C.B.R. a 5,08 mm (0,2") de Penetración	
C.B.R. al 100 % de la M.D.S., %	<b>50.9</b>
C.B.R. al 95 % de la M.D.S., %	<b>40.9</b>
<b>Caracterización del Suelo</b>	
- Clasificación SUCS	SP
- Clasificación AASHTO	A-3 (0)

**OBSERVACIONES:**  
- Material proporcionado por el solicitante.

## Ensayo Próctor modificado C-3 con 7.5% C.C.A. y 10% cal

ASTM D1557 - 07 ENSAYO DE COMPACTACIÓN DE SUELOS EN LABORATORIO USANDO ENERGÍA MODIFICADA (2,700 kg-cm/m <sup>3</sup> )																																																																																																													
SOLICITANTE : JUAN DAVID PELAEEZ QUISPE, JULIO CÉSAR BENITES PACHECO				REGISTRO : 156/2020.GEOSUR																																																																																																									
TÍTULO : "ANÁLISIS DEL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE SUBRASANTE EN SUELOS ARENOSAS MAL GRADADO ADICIONANDO CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ Y CAL EN VILLA EL SALVADOR, 2020."				TÉCNICO : G.B.S		FECHA : 23-sep.-2020																																																																																																							
UBICACIÓN : VILLA EL SAVADOR - LIMA																																																																																																													
REFERENCIAS DE LA CANTERA																																																																																																													
CALICATA : C-03		PROFUNDIDAD : 0.00 m - 1.50 m		CAL : 10.0%																																																																																																									
MUESTRA : M-01				C.C.A : 7.5%																																																																																																									
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tbody> <tr><td>01 - Peso Suelo Humedo + Molde (g)</td><td>5602.0</td><td>5697.0</td><td>5751.0</td><td>5711.0</td></tr> <tr><td>02 - Peso del Molde (g)</td><td>3600.0</td><td>3600.0</td><td>3600.0</td><td>3600.0</td></tr> <tr><td>03 - Peso Suelo Humedo (g)</td><td>1002.0</td><td>1097.0</td><td>1951.0</td><td>1911.0</td></tr> <tr><td>04 - Volumen del Molde (cm<sup>3</sup>)</td><td>944.0</td><td>944.0</td><td>944.0</td><td>944.0</td></tr> <tr><td>05 - Densidad Suelo Humedo (g/cm<sup>3</sup>)</td><td>1.909</td><td>2.010</td><td>2.067</td><td>2.024</td></tr> <tr><td>06 - Tarro N°</td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr> <tr><td>07 - Peso suelo humedo + tarro (g)</td><td>519.3</td><td>544.3</td><td>574.2</td><td>566.3</td><td>562.3</td><td>544.3</td><td>566.7</td><td>553.6</td></tr> <tr><td>08 - Peso suelo seco + tarro (g)</td><td>400.4</td><td>504.1</td><td>522.5</td><td>534.6</td><td>506.9</td><td>491.9</td><td>507.2</td><td>494.7</td></tr> <tr><td>09 - Peso del agua (g)</td><td>36.9</td><td>40.2</td><td>51.7</td><td>51.7</td><td>55.4</td><td>52.4</td><td>61.5</td><td>59.1</td></tr> <tr><td>10 - Peso del tarro (g)</td><td>192.4</td><td>206.9</td><td>166.4</td><td>199.4</td><td>189.4</td><td>193.2</td><td>189.6</td><td>166.7</td></tr> <tr><td>11 - Peso suelo seco (g)</td><td>266.0</td><td>297.2</td><td>334.1</td><td>335.2</td><td>317.5</td><td>298.7</td><td>317.4</td><td>306.0</td></tr> <tr><td>12 - Contenido de Humedad (%)</td><td>13.51</td><td>13.53</td><td>15.47</td><td>15.42</td><td>17.45</td><td>17.34</td><td>19.36</td><td>19.31</td></tr> <tr><td>13 - Promedio de Humedad (%)</td><td colspan="2">13.5</td><td colspan="2">15.4</td><td colspan="2">17.5</td><td colspan="2">19.3</td></tr> <tr><td></td><td colspan="2">1.662</td><td colspan="2">1.742</td><td colspan="2">1.759</td><td colspan="2">1.697</td></tr> </tbody> </table>								01 - Peso Suelo Humedo + Molde (g)	5602.0	5697.0	5751.0	5711.0	02 - Peso del Molde (g)	3600.0	3600.0	3600.0	3600.0	03 - Peso Suelo Humedo (g)	1002.0	1097.0	1951.0	1911.0	04 - Volumen del Molde (cm <sup>3</sup> )	944.0	944.0	944.0	944.0	05 - Densidad Suelo Humedo (g/cm <sup>3</sup> )	1.909	2.010	2.067	2.024	06 - Tarro N°					07 - Peso suelo humedo + tarro (g)	519.3	544.3	574.2	566.3	562.3	544.3	566.7	553.6	08 - Peso suelo seco + tarro (g)	400.4	504.1	522.5	534.6	506.9	491.9	507.2	494.7	09 - Peso del agua (g)	36.9	40.2	51.7	51.7	55.4	52.4	61.5	59.1	10 - Peso del tarro (g)	192.4	206.9	166.4	199.4	189.4	193.2	189.6	166.7	11 - Peso suelo seco (g)	266.0	297.2	334.1	335.2	317.5	298.7	317.4	306.0	12 - Contenido de Humedad (%)	13.51	13.53	15.47	15.42	17.45	17.34	19.36	19.31	13 - Promedio de Humedad (%)	13.5		15.4		17.5		19.3			1.662		1.742		1.759		1.697	
01 - Peso Suelo Humedo + Molde (g)	5602.0	5697.0	5751.0	5711.0																																																																																																									
02 - Peso del Molde (g)	3600.0	3600.0	3600.0	3600.0																																																																																																									
03 - Peso Suelo Humedo (g)	1002.0	1097.0	1951.0	1911.0																																																																																																									
04 - Volumen del Molde (cm <sup>3</sup> )	944.0	944.0	944.0	944.0																																																																																																									
05 - Densidad Suelo Humedo (g/cm <sup>3</sup> )	1.909	2.010	2.067	2.024																																																																																																									
06 - Tarro N°																																																																																																													
07 - Peso suelo humedo + tarro (g)	519.3	544.3	574.2	566.3	562.3	544.3	566.7	553.6																																																																																																					
08 - Peso suelo seco + tarro (g)	400.4	504.1	522.5	534.6	506.9	491.9	507.2	494.7																																																																																																					
09 - Peso del agua (g)	36.9	40.2	51.7	51.7	55.4	52.4	61.5	59.1																																																																																																					
10 - Peso del tarro (g)	192.4	206.9	166.4	199.4	189.4	193.2	189.6	166.7																																																																																																					
11 - Peso suelo seco (g)	266.0	297.2	334.1	335.2	317.5	298.7	317.4	306.0																																																																																																					
12 - Contenido de Humedad (%)	13.51	13.53	15.47	15.42	17.45	17.34	19.36	19.31																																																																																																					
13 - Promedio de Humedad (%)	13.5		15.4		17.5		19.3																																																																																																						
	1.662		1.742		1.759		1.697																																																																																																						
<p style="text-align: center;"><b>RESULTADOS DE ENSAYO</b></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tbody> <tr> <td>MÉTODO DE COMPACTACIÓN</td> <td>"A"</td> </tr> <tr> <td>MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm<sup>3</sup>)</td> <td><b>1.761 g/cm<sup>3</sup></b></td> </tr> <tr> <td>ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)</td> <td><b>17.0 %</b></td> </tr> </tbody> </table>								MÉTODO DE COMPACTACIÓN	"A"	MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm <sup>3</sup> )	<b>1.761 g/cm<sup>3</sup></b>	ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	<b>17.0 %</b>																																																																																																
MÉTODO DE COMPACTACIÓN	"A"																																																																																																												
MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm <sup>3</sup> )	<b>1.761 g/cm<sup>3</sup></b>																																																																																																												
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	<b>17.0 %</b>																																																																																																												
OBSERVACIONES : MATERIAL PROPORCIONADO POR EL SOLICITANTE																																																																																																													

VºBº INGº

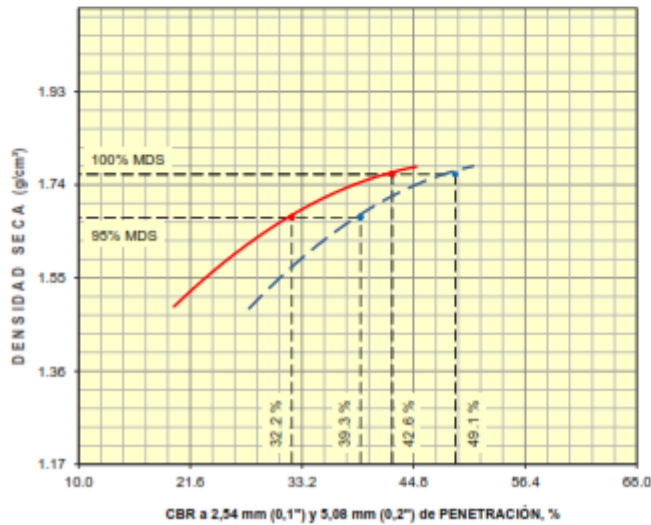
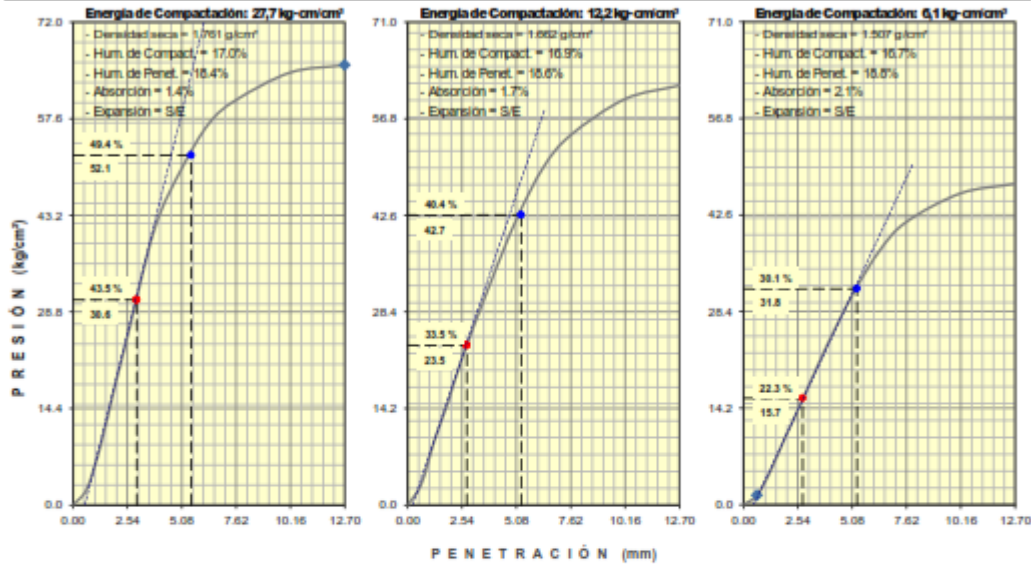
## Ensayo CBR C-3 con 7.5% C.C.A. y 10% cal

ASTM D1883 - 07 ENSAYO DE CBR (RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA) DE SUELOS COMPACTADOS EN LABORATORIO												
SOLICITANTE : JUAN DAVID FELAEZ QUISPE, JULIO CÉSAR BENITES PACHECO						REGISTRO 156/2020.GEOSUR						
TÍTULO : "ANÁLISIS DEL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE SUBRASANTE EN SUELOS ARENOSAS MAL GRADADO ADICIONANDO CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ Y CAL EN VILLA EL SALVADOR, 2020."						TÉCNICO : G.B.S						
UBICACIÓN : VILLA EL SAVADOR - LIMA						FECHA : 23-sep.-2020						
REFERENCIAS DE LA CANTERA												
CALICATA : C-03				PROFUNDIDAD : 0.00 m - 1.50 m				CAL : 10.0%				
MUESTRA : M-01								C.C.A : 7.5%				
MOLDE N°			7			8			9			
CAPAS N°			5			5			5			
N° DE GOLPES POR CAPA			56			26			12			
CONDICIÓN DE LA MUESTRA			SIN EMBEBER			EMBEBIDO			SIN EMBEBER			
PESO MOLDE + SUELO HUMEDO, g			9107.0			9156.0			8493.0			
PESO DEL MOLDE, g			4832.0			4832.0			4195.0			
PESO DEL SUELO HUMEDO, g			4275.0			4326.0			4298.0			
VOLUMEN DEL ESPECIMEN, cm³			2075.0			2075.0			2212.0			
DENSIDAD HUMEDA, g/cm³			2.060			2.065			1.943			
DENSIDAD SECA			1.761			1.761			1.662			
TARA N°			44			24			26			
TARA + SUELO HUMEDO			548.4			615.1			586.3			
TARA + SUELO SECO			497.1			550.7			530.0			
PESO DEL AGUA			51.3			64.4			56.3			
PESO DE LA TARA			195.3			200.8			197.3			
PESO DEL SUELO SECO			301.8			349.9			332.7			
% DE HUMEDAD			17.00			18.40			16.92			
% PROMEDIO DE HUMEDAD			17.0			18.4			16.9			
EXPANSIÓN												
FECHA		HORA		TIEMPO DÍAS		DIAL pulg		EXPANSIÓN mm %		DIAL pulg		
26/09/2020		08:15 a. m.		0		0.000		0.00 S/E		0.000		
30/09/2020		08:15 a. m.		4		0.000		0.00 S/E		0.000		
ABSORCIÓN												
MOLDE N°			7			8			9			
Peso suelo húmedo, + plato + molde, g			11424.0			11517.0			10917.0			
Peso del plato + molde, g			7096.0			7155.0			7185.0			
Peso suelo húmedo embebido, g			4326.0			4362.0			3732.0			
Peso suelo húm. sin embeber, g			4275.0			4298.0			3667.0			
Peso del agua absorbida, g			51.0			64.0			65.0			
Peso del suelo seco, g			3653.8			3676.0			3142.2			
Absorción de agua, %			1.4			1.7			2.1			
PENETRACIÓN												
PENETRACIÓN		PRESIÓN PATRÓN		MOLDE N° 1			MOLDE N° 1			MOLDE N° 1		
mm pulg		kg/cm²		DIAL CARGA PRESIÓN			DIAL CARGA PRESIÓN			DIAL CARGA PRESIÓN		
				kg/cm²			kg/cm²			kg/cm²		
0.000		0.000		0.0 0.0 0.0			0.0 0.0 0.0			0.0 0.0 0.0		
0.635		0.025		47.4 47.4 2.4			60.1 60.1 3.1			26.6 26.6 1.4		
1.270		0.050		167.8 167.8 8.7			187.0 187.0 9.7			96.6 96.6 5.0		
1.905		0.075		331.7 331.7 17.1			296.1 296.1 15.3			156.0 156.0 8.6		
2.540		0.100		70.3 485.7 485.7			25.1 418.5 418.5			21.6 269.5 269.5		
3.810		0.150		797.6 797.6 41.2			623.3 623.3 32.2			441.1 441.1 22.8		
5.080		0.200		105.5 971.9 971.9			50.2 813.0 813.0			42.0 595.8 595.8		
6.350		0.250		1100.7 1100.7 56.9			961.1 961.1 49.7			722.9 722.9 37.3		
7.620		0.300		1170.0 1170.0 60.4			1052.8 1052.8 54.4			806.1 806.1 41.6		
10.160		0.400		1247.9 1247.9 64.5			1155.0 1155.0 59.7			887.1 887.1 45.8		
12.700		0.500		1269.5 1269.5 65.6			1184.4 1184.4 61.7			913.7 913.7 47.2		

OBSERVACIONES: ENSAYO DE PENETRACIÓN EFECTUADO CON PRESNA DE CELDA DIGITAL.

**ASTM D1883 - 07 ENSAYO DE CBR (RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA) DE SUELOS COMPACTADOS EN LABORATORIO**

SOLICITANTE : JUAN DAVID PELAÉZ QUISPE, JULIO CÉSAR BENITES PACHECO	REGISTRO 156/2020.GEOSUR
TÍTULO : "ANÁLISIS DEL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE SUBRASANTE EN SUELOS ARENOSAS MAL GRADADO ADICIONANDO CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ Y CAL EN VILLA EL SALVADOR, 2020."	TÉCNICO : G.B.S
UBICACION : VILLA EL SALVADOR - LIMA	FECHA : 23-sep-2020
REFERENCIAS DE LA CANTERA	
CALICATA : C-03	PROFUNDIDAD : 0.00 m - 1.50 m
MUESTRA : M-01	CAL : 10.0% C.C.A : 7.5%



<b>RESULTADOS DE ENSAYOS</b>	
<b>Proctor Modificado (ASTM D-1557)</b>	
- Método de Compactación	"A"
- Máxima Densidad Seca, kg/cm³	<b>1,761</b>
- Óptimo Cont. de Humedad, %	<b>17,0</b>
<b>CBR (ASTM D-1883)</b>	
- C.B.R. a 2,54 mm (0,1") de Penetración	
- C.B.R. al 100 % de la M.D.S., %	<b>42,6</b>
- C.B.R. al 95 % de la M.D.S., %	<b>32,2</b>
- C.B.R. a 5,08 mm (0,2") de Penetración	
- C.B.R. al 100 % de la M.D.S., %	<b>49,1</b>
- C.B.R. al 95 % de la M.D.S., %	<b>39,3</b>
<b>Caracterización del Suelo</b>	
- Clasificación SUCS	SP
- Clasificación AASHTO	A-3 (6)

OBSERVACIONES:  
- Material proporcionado por el solicitante.



## Ensayo Próctor modificado C-1 con 15% C.C.A. y 10% cal

ASTM D1557 - 07 ENSAYO DE COMPACTACIÓN DE SUELOS EN LABORATORIO USANDO ENERGÍA MODIFICADA (2,700 kg-cm/m <sup>3</sup> )					
SOLICITANTE	: JUAN DAVID PELAEZ QUISPE, JULIO CÉSAR BENITES PACHECO			REGISTRO	156/2020.GEOSUR
TÍTULO	: "ANÁLISIS DEL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE SUBRASANTE EN SUELOS ARENOSAS MAL GRADADO ADICIONANDO CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ Y CAL EN VILLA EL SALVADOR, 2020."			TÉCNICO	: G.B.S
UBICACIÓN	: VILLA EL SAVADOR - LIMA			FECHA	: 23-sep.-2020
<b>REFERENCIAS DE LA CANTERA</b>					
CALICATA	: C-01	PROFUNDIDAD	: 0.00 m - 1.50 m	CAL	: 10.0%
MUESTRA	: M-01			C.C.A	: 15.0%

01 - Peso Suelo Humedo + Molde (g)	5629.0	5742.0	5756.0	5719.0				
02 - Peso del Molde (g)	3600.0	3600.0	3600.0	3600.0				
03 - Peso Suelo Humedo (g)	1029.0	1942.0	1956.0	1919.0				
04 - Volumen del Molde (cm <sup>3</sup> )	944.0	944.0	944.0	944.0				
05 - Densidad Suelo Humedo (g/cm <sup>3</sup> )	1.936	2.057	2.072	2.033				
06 - Tarro N°								
07 - Peso suelo humedo + tarro (g)	615.5	584.6	519.3	544.7	529.6	536.6	544.7	564.3
08 - Peso suelo seco + tarro (g)	561.3	531.6	471.2	495.3	477.3	464.1	483.3	517.9
09 - Peso del agua (g)	54.2	52.8	48.1	49.4	52.3	54.5	61.4	66.4
10 - Peso del tarro (g)	205.4	184.3	166.6	204.9	204.6	200.0	189.4	200.6
11 - Peso suelo seco (g)	355.9	347.5	282.4	290.4	272.7	264.1	293.9	317.1
12 - Contenido de Humedad (%)	15.23	15.19	17.03	17.01	19.16	19.16	20.69	20.94
13 - Promedio de Humedad (%)	15.2		17.0		19.2		20.9	
	1.662		1.756		1.736		1.662	

**RESULTADOS DE ENSAYO**

MÉTODO DE COMPACTACIÓN	"A"
MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm <sup>3</sup> )	<b>1.760 g/cm<sup>3</sup></b>
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	<b>17.1 %</b>

OBSERVACIONES: MATERIAL PROPORCIONADO POR EL SOLICITANTE

.....

VºBº INGº

## Ensayo C.B.R. C-1 con 15% C.C.A. y 10% cal

### ASTM D1883 - 07 ENSAYO DE CBR (RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA) DE SUELOS COMPACTADOS EN LABORATORIO

SOLICITANTE : JUAN DAVID PELAEZ QUISPE, JULIO CÉSAR BENITES PACHECO REGISTRO 156/2020.GEOSUR  
 TÍTULO : "ANÁLISIS DEL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE SUBRASANTE EN SUELOS ARENOSAS MAL GRADADO ADICIONANDO CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ Y CAL EN VILLA EL SALVADOR, 2020." TÉCNICO : G.B.S  
FECHA : 23-sep.-2020  
 UBICACIÓN : VILLA EL SALVADOR - LIMA

**REFERENCIAS DE LA CANTERA**

CALICATA : C-01 CAL : 10.0%  
 MUESTRA : M-01 C.C.A : 15.0%  
 PROFUNDIDAD : 0.00 m - 1.50 m

MOLDE N°	4		5		6	
CAPAS N°	5		5		5	
N° DE GOLPES POR CAPA	56		25		12	
CONDICIÓN DE LA MUESTRA	SIN EMBEBER	EMBEBIDO	SIN EMBEBER	EMBEBIDO	SIN EMBEBER	EMBEBIDO
PESO MOLDE + SUELO HUMEDO, g	9371.0	9421.0	9123.0	9196.0	8586.0	8673.5
PESO DEL MOLDE, g	5006.0	5006.0	4910.0	4910.0	4935.5	4935.5
PESO DEL SUELO HUMEDO, g	4365.0	4415.0	4213.0	4286.0	3652.5	3738.0
VOLUMEN DEL ESPECÍMEN, cm³	2116.0	2116.0	2127.0	2127.0	2039.0	2039.0
DENSIDAD HUMEDA, g/cm³	2.061	2.085	1.981	2.015	1.791	1.833
DENSIDAD SECA	1.760	1.761	1.690	1.690	1.531	1.532
TARA N°	3	33	21	17	24	22
TARA + SUELO HUMEDO	532.9	639.7	582.0	644.0	521.9	640.3
TARA + SUELO SECO	482.7	569.6	526.0	570.0	475.2	566.1
PESO DEL AGUA	50.2	70.1	56.0	74.0	46.7	74.2
PESO DE LA TARA	188.7	188.7	200.0	184.8	200.8	189.4
PESO DEL SUELO SECO	294.0	380.9	326.0	385.2	274.4	376.7
% DE HUMEDAD	17.07	16.40	17.18	19.20	17.02	19.70
% PROMEDIO DE HUMEDAD	17.1	16.4	17.2	19.2	17.0	19.7

**EXPANSIÓN**

FECHA	HORA	TIEMPO DÍAS	DIAL			EXPANSION			DIAL			EXPANSION		
			pulg	mm	%	pulg	mm	%	pulg	mm	%	pulg	mm	%
29/09/2020	08:15 a. m.	0	0.000	0.00	S/E	0.000	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00
03/10/2020	08:15 a. m.	4	0.000	0.00	S/E	0.000	0.00	S/E	0.000	0.00	S/E	0.000	0.00	S/E

**ABSORCIÓN**

MOLDE N°	4	5	6
Peso suelo húmedo, + plato + molde, g	11513.0	11441.0	10923.0
Peso del plato + molde, g	7096.0	7155.0	7185.0
Peso suelo húmedo embebido, g	4415.0	4286.0	3738.0
Peso suelo húm. sin embeber, g	4365.0	4213.0	3652.5
Peso del agua absorbida, g	50.0	73.0	85.5
Peso del suelo seco, g	3727.6	3594.7	3121.8
Absorción de agua, %	1.3	2.0	2.7

**PENETRACIÓN**

PENETRACIÓN		PRESIÓN PATRÓN kg/cm²	MOLDE N° 1			MOLDE N° 1			MOLDE N° 1		
			DIAL	CARGA kg	PRESIÓN kg/cm²	DIAL	CARGA kg	PRESIÓN kg/cm²	DIAL	CARGA kg	PRESIÓN kg/cm²
0.000	0.000		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.635	0.025		55.3	55.3	2.9	74.2	74.2	3.6	32.2	32.2	1.7
1.270	0.050		195.8	195.8	10.1	230.9	230.9	11.9	117.0	117.0	6.0
1.905	0.075		387.0	387.0	20.0	365.6	365.6	18.9	224.7	224.7	11.6
2.540	0.100	70.3	566.6	566.6	29.3	516.7	516.7	26.7	325.6	325.6	16.6
3.810	0.150		930.6	930.6	45.1	769.6	769.6	39.8	532.9	532.9	27.5
5.080	0.200	105.5	1133.9	1133.9	58.6	1003.9	1003.9	51.9	719.8	719.8	37.2
6.350	0.250		1284.2	1284.2	66.3	1186.8	1186.8	61.3	873.3	873.3	45.1
7.620	0.300		1365.0	1365.0	70.5	1300.0	1300.0	67.2	973.9	973.9	50.3
10.160	0.400		1455.9	1455.9	75.2	1426.2	1426.2	73.7	1071.7	1071.7	55.4
12.700	0.500		1481.1	1481.1	76.5	1474.8	1474.8	76.2	1103.8	1103.8	57.0

OBSERVACIONES: ENSAYO DE PENETRACIÓN EFECTUADO CON PRESNA DE CELDA DIGITAL.

**ASTM D1883 - 07 ENSAYO DE CBR (RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA) DE SUELOS COMPACTADOS EN LABORATORIO**

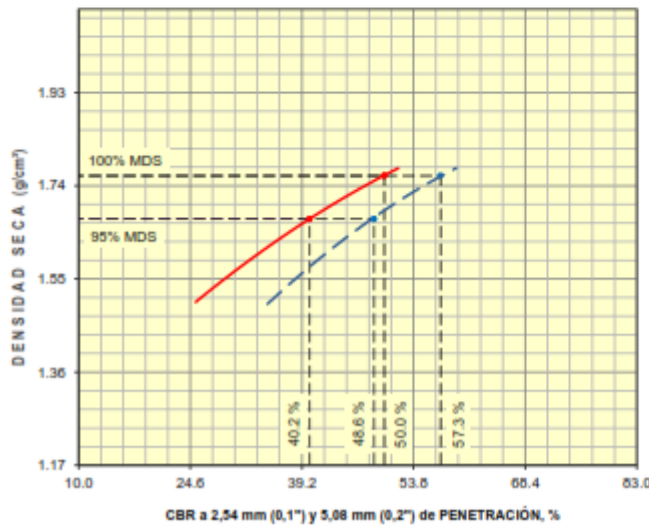
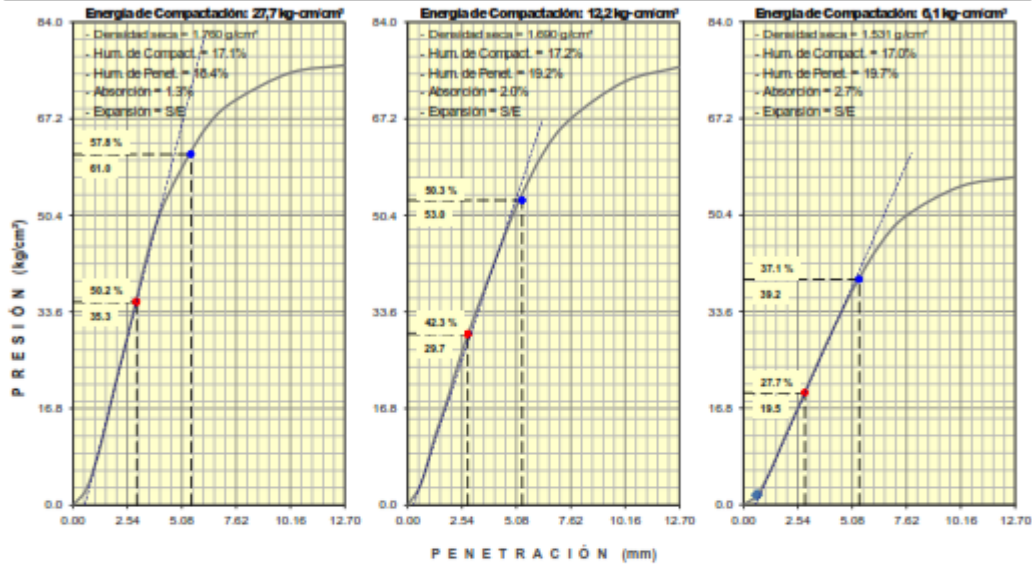
SOLICITANTE : JUAN DAVID PELAÉZ QUISPE, JULIO CÉSAR BENITES PACHECO  
 TÍTULO : "ANÁLISIS DEL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE SUBRASANTE EN SUELOS ARENOSOS MAL GRADADO ADICIONANDO CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ Y CAL EN VILLA EL SALVADOR, 2020."  
 UBICACIÓN : VILLA EL SALVADOR - LIMA

REGISTRO **156/2020.GEOSUR**  
 TÉCNICO : G.B.S  
 FECHA : 23-sep.-2020

REFERENCIAS DE LA CANTERA  
 CALICATA : C-01  
 MUESTRA : M-01

PROFUNDIDAD : 0.00 m - 1.50 m

CAL : 10.0%  
 C.C.A : 15.0%



<b>RESULTADOS DE ENSAYOS</b>	
<b>Proctor Modificado (ASTM D-1537)</b>	
- Método de Compactación	"A"
- Máxima Densidad Seca, kg/cm³	<b>1,700</b>
- Óptimo Cont. de Humedad, %	<b>17,1</b>
<b>CBR (ASTM D-1883)</b>	
- C.B.R. a 2,54 mm (0,1") de Penetración	
C.B.R. al 100 % de la M.D.S., %	<b>50,0</b>
C.B.R. al 95 % de la M.D.S., %	<b>40,2</b>
- C.B.R. a 5,08 mm (0,2") de Penetración	
C.B.R. al 100 % de la M.D.S., %	<b>57,3</b>
C.B.R. al 95 % de la M.D.S., %	<b>48,6</b>
<b>Caracterización del Suelo</b>	
- Clasificación SUCS	<b>SP</b>
- Clasificación AASHTO	<b>A-3 (0)</b>

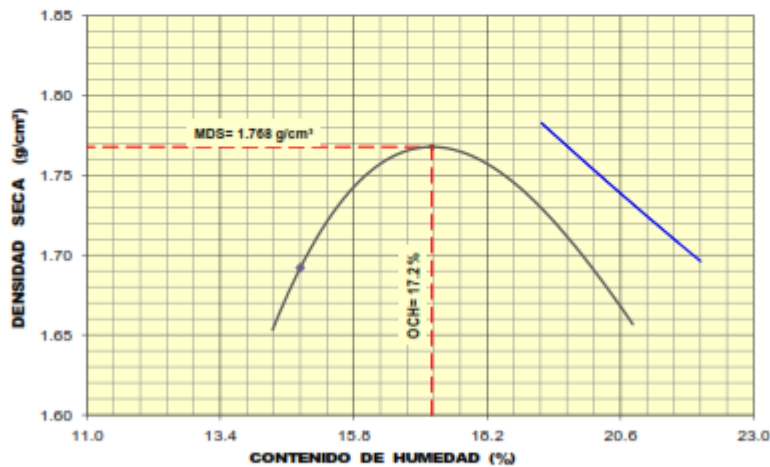
OBSERVACIONES:  
 - Material proporcionado por el solicitante.

## Ensayo Próctor modificado C-2 con 15% C.C.A. y 10% cal

### ASTM D1557 - 07 ENSAYO DE COMPACTACIÓN DE SUELOS EN LABORATORIO USANDO ENERGÍA MODIFICADA (2,700 kg-cm/m<sup>2</sup>)

SOLICITANTE : JUAN DAVID PELAEZ QUISPE, JULIO CÉSAR BENITES PACHECO	REGISTRO : 156/2020.GEOSUR
TÍTULO : "ANÁLISIS DEL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE SUBRASANTE EN SUELOS ARENOSAS MAL GRADADO ADICIONANDO CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ Y CAL EN VILLA EL SALVADOR, 2020."	TÉCNICO : G.B.S
UBICACIÓN : VILLA EL SAVADOR - LIMA	FECHA : 23-sep.-2020
REFERENCIAS DE LA CANTERA	
CALICATA : C-02	CAL : 10.0%
MUESTRA : M-01	PROFUNDIDAD : 0.00 m - 1.50 m
	C.C.A : 15.0%

01 - Peso Suelo Humedo + Molde (g)	5634.0	5746.0	5759.0	5706.0				
02 - Peso del Molde (g)	3600.0	3600.0	3600.0	3600.0				
03 - Peso Suelo Humedo (g)	1034.0	1946.0	1959.0	1906.0				
04 - Volumen del Molde (cm <sup>3</sup> )	944.0	944.0	944.0	944.0				
05 - Densidad Suelo Humedo (g/cm <sup>3</sup> )	1.943	2.061	2.075	2.019				
06 - Tarro N°								
07 - Peso suelo humedo + tarro (g)	615.5	584.6	519.3	544.7	529.6	536.6	544.7	584.3
08 - Peso suelo seco + tarro (g)	562.4	532.9	471.6	495.9	479.0	465.9	464.5	519.2
09 - Peso del agua (g)	53.1	51.7	47.5	48.8	50.6	52.7	60.2	65.1
10 - Peso del tarro (g)	205.4	184.3	166.6	204.9	204.6	200.0	189.4	200.8
11 - Peso suelo seco (g)	357.0	348.6	283.0	291.0	274.4	265.9	295.1	318.4
12 - Contenido de Humedad (%)	14.87	14.83	16.76	16.77	18.44	18.43	20.40	20.45
13 - Promedio de Humedad (%)	14.9	16.8	16.4	20.4				
	1.691	1.765	1.753	1.677				



OBSERVACIONES: MATERIAL PROPORCIONADO POR EL SOLICITANTE

VºBº INGº

## Ensayo C.B.R. C-2 con 15% C.C.A. y 10% cal

### ASTM D1883 - 07 ENSAYO DE CBR (RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA) DE SUELOS COMPACTADOS EN LABORATORIO

SOLICITANTE : JUAN DAVID PELAIZ QUISPE, JULIO CÉSAR BENITES PACHECO  
 TÍTULO : "ANÁLISIS DEL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE SUBRASANTE EN SUELOS ARENOSAS MAL GRADADO ADICIONANDO CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ Y CAL EN VILLA EL SALVADOR, 2020."  
 UBICACION : VILLA EL SALVADOR - LIMA

REGISTRO : 156/2020.GEOSUR  
 TÉCNICO : G.B.S  
 FECHA : 23-sep.-2020

REFERENCIAS DE LA CANTERA  
 CALICATA : C-02  
 MUESTRA : M-01

CAL : 10.0%  
 C.C.A : 15.0%

PROFUNDIDAD : 0.00 m - 1.50 m

MOLDE N°	4		5		6	
CAPAS N°	5		5		5	
N° DE GOLPES POR CAPA	56		25		12	
CONDICIÓN DE LA MUESTRA	SIN EMBEBER	EMBEBIDO	SIN EMBEBER	EMBEBIDO	SIN EMBEBER	EMBEBIDO
PESO MOLDE + SUELO HUMEDO, g	9395.0	9440.0	9137.0	9202.0	8611.0	8686.5
PESO DEL MOLDE, g	5006.0	5006.0	4910.0	4910.0	4935.5	4935.5
PESO DEL SUELO HUMEDO, g	4389.0	4434.0	4227.0	4292.0	3675.5	3751.0
VOLUMEN DEL ESPECIMEN, cm³	2118.0	2118.0	2127.0	2127.0	2039.0	2039.0
DENSIDAD HUMEDA, g/cm³	2.072	2.093	1.967	2.018	1.803	1.840
DENSIDAD SECA	1.766	1.767	1.697	1.697	1.536	1.536
TARA N°	4	22	11	34	16	26
TARA + SUELO HUMEDO	550.1	569.6	531.6	646.1	586.6	658.0
TARA + SUELO SECO	499.6	510.5	461.3	574.1	530.6	562.5
PESO DEL AGUA	50.5	59.1	50.3	72.0	56.0	75.5
PESO DE LA TARA	206.9	189.4	187.4	193.2	204.6	197.3
PESO DEL SUELO SECO	292.7	321.1	293.9	300.9	326.0	365.2
% DE HUMEDAD	17.25	16.40	17.11	16.90	17.18	19.60
% PROMEDIO DE HUMEDAD	17.3	16.5	17.1	16.9	17.2	19.6

EXPANSIÓN												
FECHA	HORA	TIEMPO DÍAS	DIAL pulg	EXPANSION		DIAL pulg	EXPANSION		DIAL pulg	EXPANSION		
				mm	%		mm	%		mm	%	
29/09/2020	06:15 a. m.	0	0.000	0.00	S/E	0.000	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	
03/10/2020	06:15 a. m.	4	0.000	0.00	S/E	0.000	0.00	S/E	0.000	0.00	S/E	

ABSORCIÓN			
MOLDE N°	4	5	6
Peso suelo húmedo, + plato + molde, g	11532.0	11447.0	10936.0
Peso del plato + molde, g	7096.0	7155.0	7185.0
Peso suelo húmedo embebido, g	4434.0	4292.0	3751.0
Peso suelo hum. sin embeber, g	4389.0	4227.0	3675.5
Peso del agua absorbida, g	45.0	65.0	75.5
Peso del suelo seco, g	3741.7	3609.7	3136.1
Absorción de agua, %	1.2	1.8	2.4

PENETRACIÓN												
PENETRACIÓN		PRESIÓN PATRÓN kg/cm²	MOLDE N° 1			MOLDE N° 1			MOLDE N° 1			
			DIAL	CARGA kg	PRESIÓN kg/cm²	DIAL	CARGA kg	PRESIÓN kg/cm²	DIAL	CARGA kg	PRESIÓN kg/cm²	
0.000	0.000		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
0.635	0.025		56.7	56.7	2.9	75.3	75.3	3.9	34.0	34.0	1.8	
1.270	0.050		200.7	200.7	10.4	234.1	234.1	12.1	123.5	123.5	6.4	
1.905	0.075		396.7	396.7	20.5	370.7	370.7	19.2	237.2	237.2	12.3	
2.540	0.100	70.3	580.9	580.9	30.0	524.0	524.0	27.1	343.7	343.7	17.8	
3.810	0.150		954.0	954.0	49.3	780.4	780.4	40.3	562.5	562.5	29.1	
5.090	0.200	105.5	1162.4	1162.4	60.1	1016.1	1016.1	52.6	759.6	759.6	39.3	
6.350	0.250		1316.5	1316.5	66.0	1203.5	1203.5	62.2	921.6	921.6	47.6	
7.620	0.300		1399.4	1399.4	72.3	1316.3	1316.3	66.1	1026.0	1026.0	53.1	
10.160	0.400		1492.6	1492.6	77.1	1446.3	1446.3	74.7	1131.2	1131.2	58.4	
12.700	0.500		1516.4	1516.4	78.4	1495.5	1495.5	77.3	1165.1	1165.1	60.2	

OBSERVACIONES: ENSAYO DE PENETRACIÓN EFECTUADO CON PRENSA DE CELDA DIGITAL.

**ASTM D1883 - 07 ENSAYO DE CBR (RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA) DE SUELOS COMPACTADOS EN LABORATORIO**

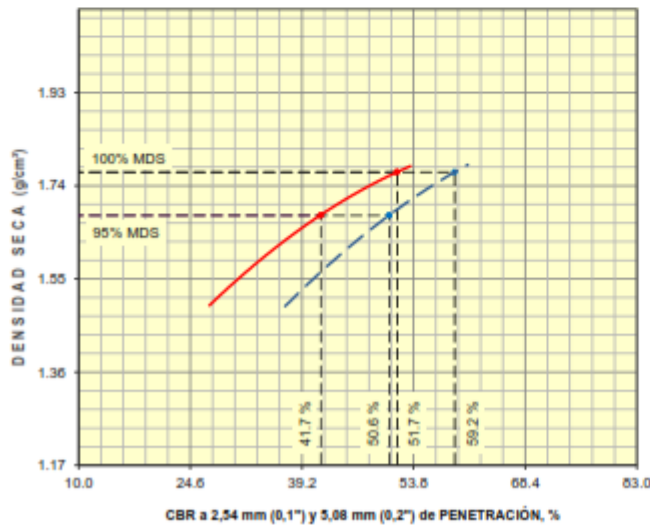
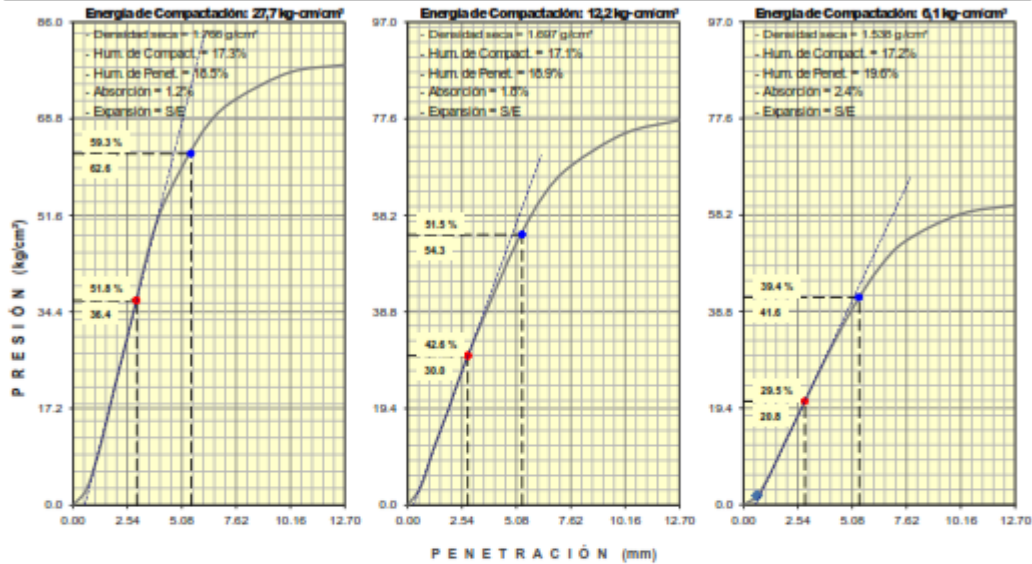
SOLICITANTE : JUAN DAVID FELAEZ QUISPE, JULIO CÉSAR BENITES PACHECO  
 TÍTULO : "ANÁLISIS DEL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE SUBRASANTE EN SUELOS ARENOSAS MAL GRADADO ADICIONANDO CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ Y CAL EN VILLA EL SALVADOR, 2020."  
 UBICACION : VILLA EL SAVADOR - LIMA

REGISTRO **156/2020.GEOSUR**  
 TÉCNICO : G.B.S  
 FECHA : 23-sep.-2020

REFERENCIAS DE LA CANTERA  
 CALICATA : C-02  
 MUESTRA : M-01

PROFUNDIDAD : 0.00 m - 1.50 m

CAL : 10.0%  
 C.C.A : 15.0%



RESULTADOS DE ENSAYOS	
Proctor Modificado (ASTM D-1557)	
- Método de Compactación	"A"
- Máxima Densidad Seca, kg/cm³	1.768
- Óptimo Cont. de Humedad, %	17.2
CBR (ASTM D-1883)	
- C.B.R. a 2,54 mm (0,1") de Penetración	
C.B.R. al 100 % de la M.D.S., %	51.7
C.B.R. al 95 % de la M.D.S., %	41.7
- C.B.R. a 5,08 mm (0,2") de Penetración	
C.B.R. al 100 % de la M.D.S., %	59.2
C.B.R. al 95 % de la M.D.S., %	50.6
Caracterización del Suelo	
- Clasificación SUCS	SP
- Clasificación AASHTO	A-3 (0)

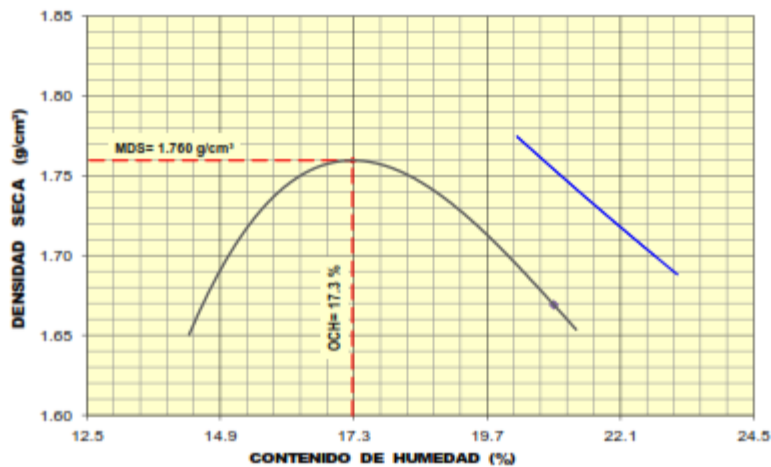
OBSERVACIONES:  
 - Material proporcionado por el solicitante.

## Ensayo Próctor modificado C-3 con 15% C.C.A. y 10% cal

### ASTM D1557 - 07 ENSAYO DE COMPACTACIÓN DE SUELOS EN LABORATORIO USANDO ENERGÍA MODIFICADA (2,700 kg-cm<sup>2</sup>)

SOLICITANTE : JUAN DAVID PELAEZ QUISPE, JULIO CÉSAR BENITES PACHECO	REGISTRO : <span style="border: 1px solid red; padding: 2px;">156/2020.GEOSUR</span>
TÍTULO : "ANÁLISIS DEL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE SUBRASANTE EN SUELOS ARENOSAS MAL GRADADO ADICIONANDO CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ Y CAL EN VILLA EL SALVADOR, 2020."	TÉCNICO : G.B.S
UBICACIÓN : VILLA EL SAVADOR - LIMA	FECHA : 23-sep-2020
<b>REFERENCIAS DE LA CANTERA</b>	
CALICATA : C-03	CAL : 10.0%
MUESTRA : M-01	PROFUNDIDAD : 0.00 m - 1.50 m
	C.C.A : 15.0%

01 - Peso Suelo Humedo + Molde (g)	5029.0	5740.0	5750.0	5705.0				
02 - Peso del Molde (g)	3600.0	3600.0	3600.0	3600.0				
03 - Peso Suelo Humedo (g)	1029.0	1940.0	1950.0	1905.0				
04 - Volumen del Molde (cm <sup>3</sup> )	944.0	944.0	944.0	944.0				
05 - Densidad Suelo Humedo (g/cm <sup>3</sup> )	1.936	2.055	2.066	2.016				
06 - Tarro N°								
07 - Peso suelo humedo + tarro (g)	615.5	564.6	519.3	544.7	529.6	536.6	544.7	554.3
08 - Peso suelo seco + tarro (g)	560.2	534.3	473.2	493.4	477.1	463.4	465.6	515.6
09 - Peso del agua (g)	55.3	50.3	46.1	51.3	52.5	55.2	56.9	66.5
10 - Peso del tarro (g)	107.9	195.1	200.1	169.4	196.0	169.6	203.9	166.4
11 - Peso suelo seco (g)	372.3	339.2	273.1	304.0	279.1	293.8	261.9	327.4
12 - Contenido de Humedad (%)	14.85	14.83	16.88	16.86	18.81	16.79	20.89	20.92
13 - Promedio de Humedad (%)	14.6	16.9	16.6	20.9				
	1.666	1.756	1.739	1.669				



OBSERVACIONES : MATERIAL PROPORCIONADO POR EL SOLICITANTE

V<sup>o</sup>B<sup>o</sup> ING<sup>o</sup>

## Ensayo C.B.R. C-3 con 15% C.C.A. y 10% cal

### ASTM D1883 - 07 ENSAYO DE CBR (RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA) DE SUELOS COMPACTADOS EN LABORATORIO

SOLICITANTE : JUAN DAVID FELAEZ QUISPE, JULIO CÉSAR BENITES PACHECO REGISTRO : 156/2020.GEOSUR  
 TÍTULO : "ANÁLISIS DEL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE SUBRASANTE EN SUELOS ARENOSAS MAL GRADADO ADICIONANDO CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ Y CAL EN VILLA EL SALVADOR, 2020." TÉCNICO : G.B.S  
FECHA : 23-sep.-2020  
 UBICACIÓN : VILLA EL SAVADOR - LIMA

REFERENCIAS DE LA CANTERA  
 CALICATA : C-03 CAL : 10.0%  
 MUESTRA : M-01 C.C.A : 15.0%  
 PROFUNDIDAD : 0.00 m - 1.50 m

MOLDE N°	7		8		9	
CAPAS N°	5		5		5	
N° DE GOLPES POR CAPA	56		26		12	
CONDICIÓN DE LA MUESTRA	SIN EMBEBER	EMBEBIDO	SIN EMBEBER	EMBEBIDO	SIN EMBEBER	EMBEBIDO
PESO MOLDE + SUELO HUMEDO, g	9112.0	9174.0	8443.0	8536.0	8707.0	8876.0
PESO DEL MOLDE, g	4532.0	4532.0	4195.0	4195.0	5154.0	5154.0
PESO DEL SUELO HUMEDO, g	4280.0	4342.0	4248.0	4341.0	3633.0	3722.0
VOLUMEN DEL ESPECIMEN, cm³	2075.0	2075.0	2212.0	2212.0	2085.1	2085.1
DENSIDAD HUMEDA, g/cm³	2.063	2.093	1.920	1.962	1.742	1.788
DENSIDAD SECA	1.760	1.760	1.689	1.689	1.531	1.531
TARA N°	5	25	12	30	52	33
TARA + SUELO HUMEDO	588.3	613.4	511.7	590.9	572.0	629.9
TARA + SUELO SECO	532.3	546.9	472.7	537.1	526.6	567.1
PESO DEL AGUA	56.0	66.5	39.0	53.8	45.4	62.8
PESO DE LA TARA	206.2	195.1	188.6	205.2	196.8	188.7
PESO DEL SUELO SECO	326.1	351.8	283.9	331.9	329.8	378.4
% DE HUMEDAD	17.17	18.90	13.74	16.20	13.77	16.60
% PROMEDIO DE HUMEDAD	17.2	18.9	13.7	16.2	13.8	16.6

EXPANSIÓN														
FECHA	HORA	TIEMPO DÍAS	DIAL			EXPANSION			DIAL			EXPANSION		
			pulg		%	pulg		%	pulg		%	pulg		%
29/06/2020	08:15 a. m.	0	0.000	0.00	S/E	0.000	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00
03/07/2020	08:15 a. m.	4	0.000	0.00	S/E	0.000	0.00	S/E	0.000	0.00	S/E	0.000	0.00	S/E

ABSORCIÓN						
MOLDE N°	7		8		9	
Peso suelo húmedo, + plato + molde, g	11440.0		11496.0		10907.0	
Peso del plato + molde, g	7098.0		7155.0		7185.0	
Peso suelo húmedo embebido, g	4342.0		4341.0		3722.0	
Peso suelo hum. sin embeber, g	4280.0		4248.0		3633.0	
Peso del agua absorbida, g	62.0		93.0		89.0	
Peso del suelo seco, g	3651.9		3736.1		3192.4	
Absorción de agua, %	1.7		2.5		2.6	

PENETRACIÓN											
PENETRACIÓN		PRESIÓN PATRÓN kg/cm²	MOLDE N° 1			MOLDE N° 1			MOLDE N° 1		
			DIAL	CARGA kg	PRESIÓN kg/cm²	DIAL	CARGA kg	PRESIÓN kg/cm²	DIAL	CARGA kg	PRESIÓN kg/cm²
0.000	0.000		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.635	0.025		56.5	56.5	3.0	76.8	76.8	4.0	35.8	35.8	1.8
1.270	0.050		207.3	207.3	10.7	239.0	239.0	12.3	130.0	130.0	6.7
1.905	0.075		409.7	409.7	21.2	378.4	378.4	19.6	249.7	249.7	12.9
2.540	0.100	70.3	600.0	600.0	31.0	534.9	534.9	27.6	361.8	361.8	16.7
3.810	0.150		985.3	985.3	50.9	796.7	796.7	41.2	592.1	592.1	30.6
5.080	0.200	105.5	1200.6	1200.6	62.0	1039.3	1039.3	53.7	799.8	799.8	41.3
6.350	0.250		1359.7	1359.7	70.2	1226.6	1226.6	63.5	970.4	970.4	50.1
7.620	0.300		1445.3	1445.3	74.7	1345.8	1345.8	69.5	1082.1	1082.1	55.9
10.160	0.400		1541.5	1541.5	79.8	1476.4	1476.4	76.3	1190.8	1190.8	61.5
12.700	0.500		1568.2	1568.2	81.0	1526.7	1526.7	78.9	1226.5	1226.5	63.4

OBSERVACIONES: ENSAYO DE PENETRACION EFECTUADO CON PRENSA DE CELDA DIGITAL.



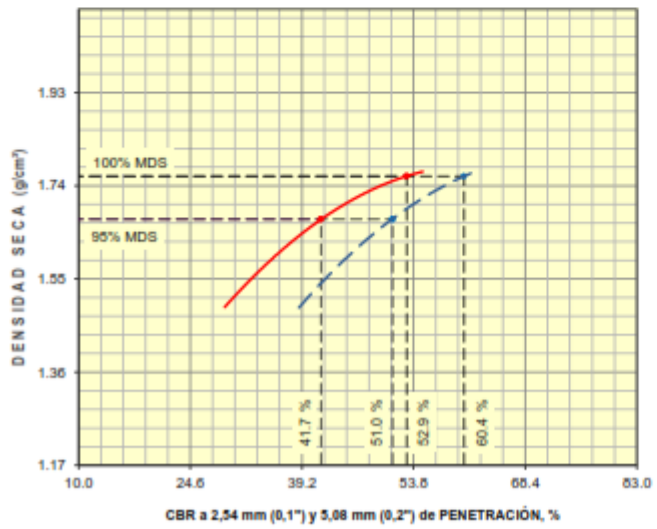
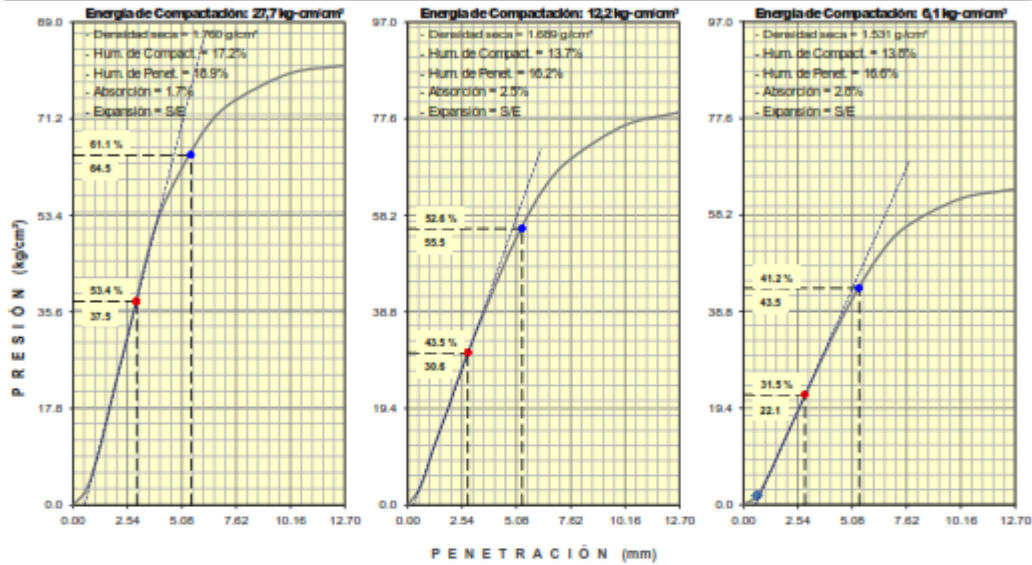
**ASTM D1883 - 07 ENSAYO DE CBR (RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA) DE SUELOS COMPACTADOS EN LABORATORIO**

SOLICITANTE : JUAN DAVID PELAÉZ QUISPE, JULIO CÉSAR BENITES PACHECO  
 TÍTULO : "ANÁLISIS DEL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE SUBRASANTE EN SUELOS ARENOSAS MAL GRADADO ADICIONANDO CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ Y CAL EN VILLA EL SALVADOR, 2020."  
 UBICACIÓN : VILLA EL SALVADOR - LIMA

REGISTRO : 156/2020.GEOSUR  
 TÉCNICO : G.B.S  
 FECHA : 23-sep.-2020

REFERENCIAS DE LA CANTERA  
 CALICATA : C-03  
 MUESTRA : M-01

PROFUNDIDAD : 0.00 m - 1.50 m  
 CAL : 10.0%  
 C.C.A : 15.0%



<b>RESULTADOS DE ENSAYOS</b>	
<b>Proctor Modificado (ASTM D-1557)</b>	
- Método de Compactación	"A"
- Máxima Densidad Seca, kg/cm³	<b>1,700</b>
- Optimo Cont. de Humedad, %	<b>17,3</b>
<b>CBR (ASTM D-1883)</b>	
- C.B.R. a 2,54 mm (0,1") de Penetración	
C.B.R. al 100 % de la M.D.S., %	<b>52,9</b>
C.B.R. al 95 % de la M.D.S., %	<b>41,7</b>
- C.B.R. a 5,08 mm (0,2") de Penetración	
C.B.R. al 100 % de la M.D.S., %	<b>60,4</b>
C.B.R. al 95 % de la M.D.S., %	<b>51,0</b>
<b>Caracterización del Suelo</b>	
- Clasificación SUCS	<b>SP</b>
- Clasificación AASHTO	<b>A-3 (0)</b>

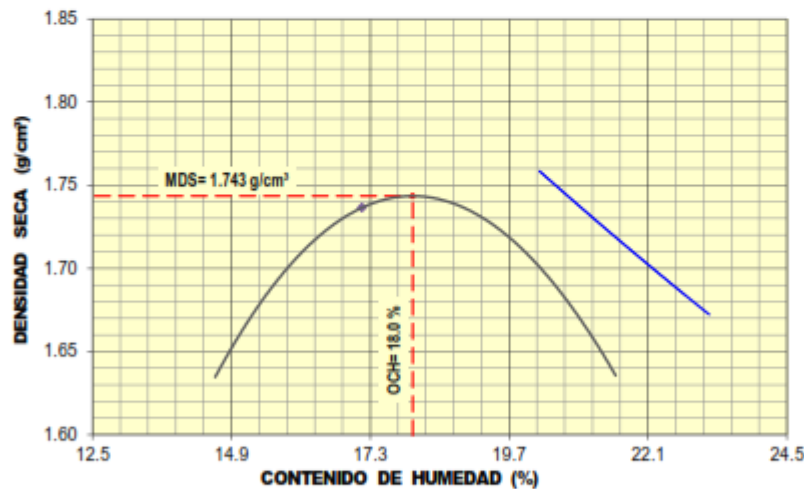
**OBSERVACIONES:**  
 - Material proporcionado por el solicitante.

## Ensayo Próctor modificado C-1 con 20% C.C.A. y 10% cal

### ASTM D1557 - 07 ENSAYO DE COMPACTACIÓN DE SUELOS EN LABORATORIO USANDO ENERGÍA MODIFICADA (2,700 kg-cm/m<sup>3</sup>)

SOLICITANTE : JUAN DAVID PELAEZ QUISPE, JULIO CÉSAR BENITES PACHECO	REGISTRO : <span style="border: 1px solid red; padding: 2px;">156/2020.GEOSUR</span>
TÍTULO : "ANÁLISIS DEL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE SUBRASANTE EN SUELOS ARENOSAS MAL GRADADO ADICIONANDO CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ Y CAL EN VILLA EL SALVADOR, 2020."	TÉCNICO : G.B.S
UBICACIÓN : VILLA EL SAVADOR - LIMA	FECHA : 23-sep.-2020
REFERENCIAS DE LA CANTERA	
CALICATA : C-01	CAL : 10.0%
MUESTRA : M-01	PROFUNDIDAD : 0.00 m - 1.50 m
	C.C.A : 20.0%

01 - Peso Suelo Humedo + Molde (g)	5532.0	5641.0	5669.0	5616.0				
02 - Peso del Molde (g)	3800.0	3800.0	3800.0	3800.0				
03 - Peso Suelo Humedo (g)	1732.0	1841.0	1869.0	1816.0				
04 - Volumen del Molde (cm <sup>3</sup> )	944.0	944.0	944.0	944.0				
05 - Densidad Suelo Humedo (g/cm <sup>3</sup> )	1.835	1.950	1.980	1.924				
06 - Tarro N°								
07 - Peso suelo humedo + tarro (g)	545.9	604.0	643.6	644.3	593.3	540.2	556.7	603.5
08 - Peso suelo seco + tarro (g)	512.9	567.3	593.4	594.8	543.2	497.3	505.9	548.8
09 - Peso del agua (g)	33.0	36.7	50.2	49.5	50.1	42.9	50.8	54.7
10 - Peso del tarro (g)	190.5	206.2	184.0	189.4	187.4	193.2	188.7	205.4
11 - Peso suelo seco (g)	322.4	361.1	409.4	405.4	355.8	304.1	317.2	343.4
12 - Contenido de Humedad (%)	10.24	10.16	12.26	12.21	14.08	14.11	16.02	15.93
13 - Promedio de Humedad (%)	10.2		12.2		14.1		16.0	
	1.665		1.738		1.735		1.659	



OBSERVACIONES : MATERIAL PROPORCIONADO POR EL SOLICITANTE

VºBº INGº

## Ensayo C.B.R. C-1 con 20% C.C.A. y 10% cal

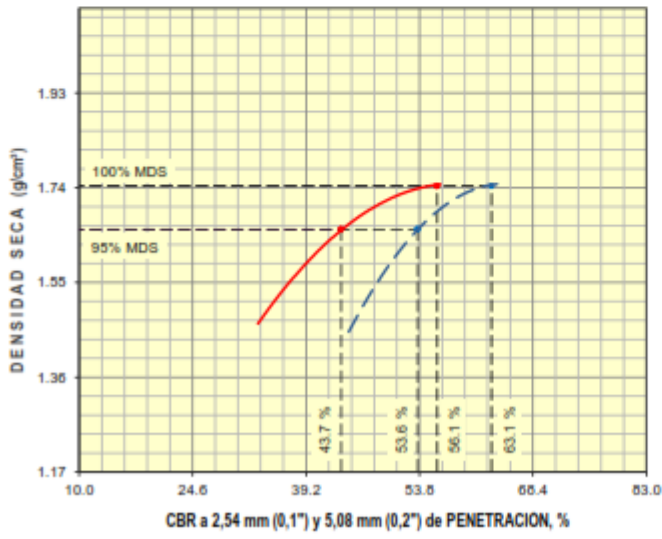
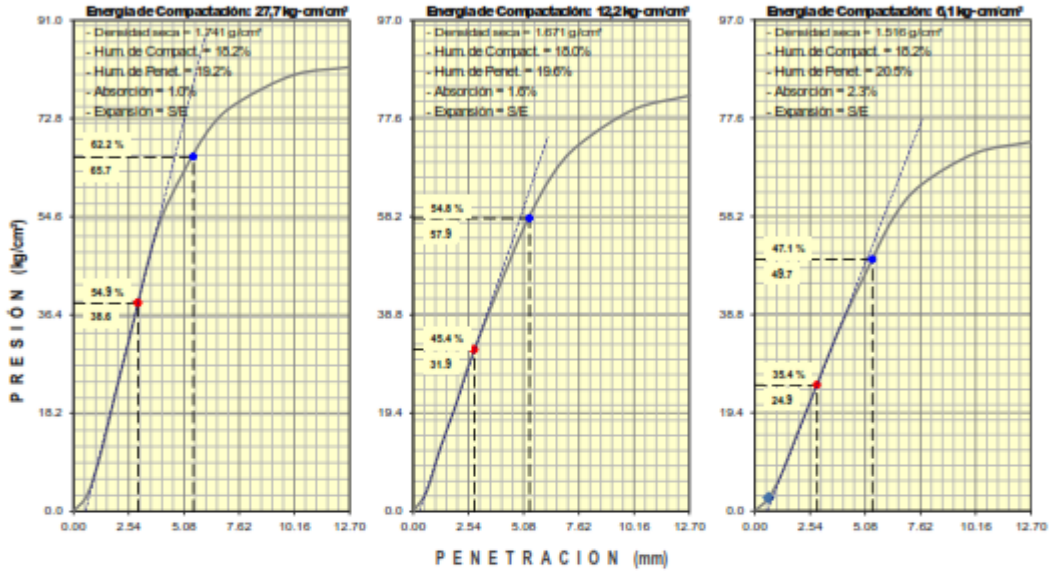
ASTM D1883 - 07 ENSAYO DE CBR (RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA) DE SUELOS COMPACTADOS EN LABORATORIO												
SOLICITANTE : JUAN DAVID PELAEZ QUISPE, JULIO CÉSAR BENITES PACHECO						REGISTRO : 156/2020.GEOSUR						
TÍTULO : "ANÁLISIS DEL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE SUBRASANTE EN SUELOS ARENOSAS MAL GRADADO ADICIONANDO CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ Y CAL EN VILLA EL SALVADOR, 2020."						TÉCNICO : G.B.S						
UBICACIÓN : VILLA EL SALVADOR - LIMA						FECHA : 23-sep.-2020						
REFERENCIAS DE LA CANTERA												
CALICATA : C-01						CAL : 10.0%						
MUESTRA : M-01						C.C.A : 20.0%						
PROFUNDIDAD : 0.00 m - 1.50 m												
MOLDE N°	1			2			3					
CAPAS N°	5			5			5					
N° DE GOLPES POR CAPA	56			25			12					
CONDICIÓN DE LA MUESTRA	SIN EMBEBER			EMBEBIDO			SIN EMBEBER			EMBEBIDO		
PESO MOLDE + SUELO HUMEDO, g	9321.0			9359.0			9224.0			9280.0		
PESO DEL MOLDE, g	4991.0			4991.0			5079.0			5079.0		
PESO DEL SUELO HUMEDO, g	4330.0			4368.0			4145.0			4201.0		
VOLUMEN DEL ESPECIMEN, cm³	2104.0			2104.0			2102.0			2102.0		
DENSIDAD HUMEDA, g/cm³	2.058			2.076			1.972			1.999		
DENSIDAD SECA	1.741			1.742			1.671			1.671		
TARA N°	4			12			24			14		
TARA + SUELO HUMEDO	588.3			614.9			525.1			616.2		
TARA + SUELO SECO	529.5			546.3			475.7			548.8		
PESO DEL AGUA	58.8			68.6			49.4			67.4		
PESO DE LA TARA	206.9			188.8			200.8			204.9		
PESO DEL SUELO SECO	322.6			357.5			274.9			343.9		
% DE HUMEDAD	18.23			19.20			17.97			19.60		
% PROMEDIO DE HUMEDAD	18.2			19.2			18.0			19.6		
EXPANSION												
FECHA	HORA	TIEMPO DÍAS	DIAL pulg	EXPANSION mm %		DIAL pulg	EXPANSION mm %		DIAL pulg	EXPANSION mm %		
29/06/2020	08:15 a. m.	0	0.000	0.00	S/E	0.000	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	
03/07/2020	08:15 a. m.	4	0.000	0.00	S/E	0.000	0.00	S/E	0.000	0.00	S/E	
ABSORCION												
MOLDE N°	1			2			3					
Peso suelo humedo. + plato + molde, g	11466.0			11356.0			11060.0					
Peso del plato + molde, g	7098.0			7155.0			7185.0					
Peso suelo humedo embebido, g	4368.0			4201.0			3875.0					
Peso suelo hum. sin embeber, g	4330.0			4145.0			3801.0					
Peso del agua absorbida, g	38.0			56.0			74.0					
Peso del suelo seco, g	3663.3			3512.7			3215.7					
Absorcion de agua, %	1.0			1.6			2.3					
PENETRACION												
PENETRACION		PRESION PATRÓN kg/cm²	MOLDE N° 1			MOLDE N° 1			MOLDE N° 1			
mm	pulg		DIAL	CARGA kg	PRESION kg/cm²	DIAL	CARGA kg	PRESION kg/cm²	DIAL	CARGA kg	PRESION kg/cm²	
0.000	0.000		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
0.635	0.025		59.5	59.5	3.1	80.0	80.0	4.1	41.1	41.1	2.1	
1.270	0.050		210.6	210.6	10.9	248.8	248.8	12.9	149.5	149.5	7.7	
1.905	0.075		416.2	416.2	21.5	393.9	393.9	20.3	287.1	287.1	14.8	
2.540	0.100	70.3	609.5	609.5	31.5	556.8	556.8	28.8	416.1	416.1	21.5	
3.810	0.150		1000.9	1000.9	51.7	829.2	829.2	42.8	681.0	681.0	35.2	
5.080	0.200	105.5	1219.6	1219.6	63.0	1081.7	1081.7	55.9	919.8	919.8	47.5	
6.350	0.250		1381.3	1381.3	71.4	1278.7	1278.7	66.1	1115.9	1115.9	57.7	
7.620	0.300		1468.3	1468.3	75.9	1400.7	1400.7	72.4	1244.4	1244.4	64.3	
10.160	0.400		1566.0	1566.0	80.9	1536.6	1536.6	79.4	1369.4	1369.4	70.7	
12.700	0.500		1593.1	1593.1	82.3	1589.0	1589.0	82.1	1410.4	1410.4	72.9	

OBSERVACIONES: ENSAYO DE PENETRACION EFECTUADO CON PRESNA DE CELDA DIGITAL

V'B° ING°

**ASTM D1883 - 07 ENSAYO DE CBR (RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA) DE SUELOS COMPACTADOS EN LABORATORIO**

SOLICITANTE : JUAN DAVID PELAEZ QUISPE, JULIO CÉSAR BENITES PACHECO	REGISTRO <b>156/2020.GEOSUR</b>
TÍTULO : "ANÁLISIS DEL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE SUBRASANTE EN SUELOS ARENOSAS MAL GRADADO ADICIONANDO CENIZA DE CASCARA DE ARROZ Y CAL EN VILLA EL SALVADOR, 2020."	TÉCNICO : G.B.S
UBICACIÓN : VILLA EL SALVADOR - LIMA	FECHA : 23-sep.-2020
REFERENCIAS DE LA CANTERA	
CALICATA : C-01	CAL : 10.0%
MUESTRA : M-01	C.C.A : 20.0%
PROFUNDIDAD : 0.00 m - 1.50 m	



<b>RESULTADOS DE ENSAYOS</b>	
<b>Proctor Modificado (ASTM D-1557)</b>	
- Método de Compactación	"A"
- Máxima Densidad Seca, g/cm³	<b>1,743</b>
- Optimo Cont. de Humedad, %	<b>18,0</b>
<b>CBR (ASTM D-1883)</b>	
<b>- C.B.R. a 2,54 mm (0,1") de Penetración</b>	
C.B.R. al 100 % de la M.D.S., %	<b>56,1</b>
C.B.R. al 95 % de la M.D.S., %	<b>43,7</b>
<b>- C.B.R. a 5,08 mm (0,2") de Penetración</b>	
C.B.R. al 100 % de la M.D.S., %	<b>63,1</b>
C.B.R. al 95 % de la M.D.S., %	<b>53,6</b>
<b>Caracterización del Suelo</b>	
- Clasificación SUCS	<b>SP</b>
- Clasificación AASHTO	<b>A-3 (0)</b>

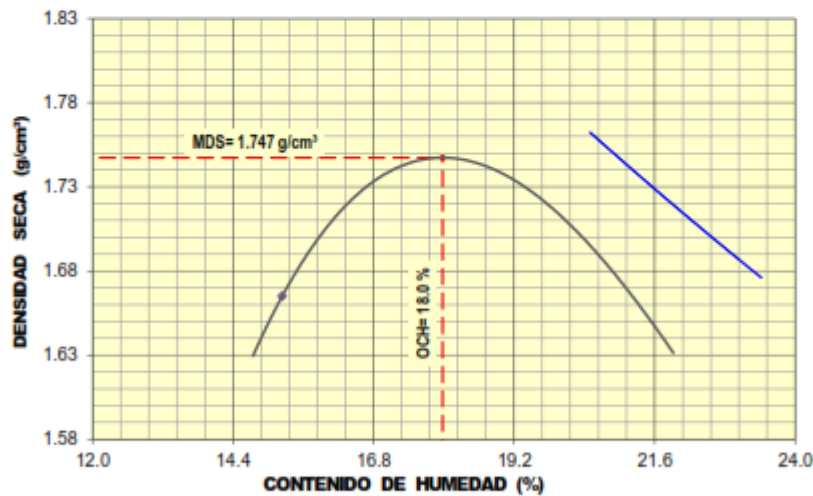
OBSERVACIONES:  
- Material proporcionado por el solicitante.

## Ensayo Próctor modificado C-2 con 20% C.C.A. y 10% cal

### ASTM D1557 - 07 ENSAYO DE COMPACTACIÓN DE SUELOS EN LABORATORIO USANDO ENERGÍA MODIFICADA (2,700 kg-cm/m<sup>3</sup>)

SOLICITANTE : JUAN DAVID PELAEZ QUISPE, JULIO CÉSAR BENITES PACHECO	REGISTRO : 156/2020.GEOSUR
TÍTULO : "ANÁLISIS DEL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE SUBRASANTE EN SUELOS ARENOSAS MAL GRADADO ADICIONANDO CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ Y CAL EN VILLA EL SALVADOR, 2020."	TÉCNICO : G.B.S
UBICACION : VILLA EL SAVADOR - LIMA	FECHA : 23-sep.-2020
REFERENCIAS DE LA CANTERA	
CALICATA : C-02	CAL : 10.0%
MUESTRA : M-01	PROFUNDIDAD : 0.00 m - 1.50 m
	C.C.A : 20.0%

01 - Peso Suelo Humedo + Molde (g)	5532.0	5635.0	5663.0	5608.0				
02 - Peso del Molde (g)	3800.0	3800.0	3800.0	3800.0				
03 - Peso Suelo Humedo (g)	1732.0	1835.0	1863.0	1808.0				
04 - Volumen del Molde (cm <sup>3</sup> )	944.0	944.0	944.0	944.0				
05 - Densidad Suelo Humedo (g/cm <sup>3</sup> )	1.835	1.944	1.974	1.915				
06 - Tarro N°								
07 - Peso suelo humedo + tarro (g)	536.0	547.8	542.3	583.7	582.0	522.0	587.3	545.9
08 - Peso suelo seco + tarro (g)	504.1	514.8	504.3	543.4	535.6	480.2	532.2	499.3
09 - Peso del agua (g)	31.9	33.0	38.0	40.3	46.4	41.8	55.1	46.6
10 - Peso del tarro (g)	192.4	190.5	188.7	206.9	206.2	184.0	188.4	206.8
11 - Peso suelo seco (g)	311.7	324.3	315.6	336.5	329.4	296.2	343.8	292.5
12 - Contenido de Humedad (%)	10.23	10.18	12.04	11.98	14.09	14.11	16.03	15.93
13 - Promedio de Humedad (%)	10.2		12.0		14.1		16.0	
	1.665		1.736		1.730		1.651	



RESULTADOS DE ENSAYO	
MÉTODO DE COMPACTACIÓN	"A"
MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm <sup>3</sup> )	<b>1.747 g/cm<sup>3</sup></b>
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	<b>18.0 %</b>

OBSERVACIONES : MATERIAL PROPORCIONADO POR EL SOLICITANTE

## Ensayo C.B.R. C-2 con 20% C.C.A. y 10% cal

ASTM D1883 - 07 ENSAYO DE CBR (RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA) DE SUELOS COMPACTADOS EN LABORATORIO																	
SOLICITANTE : JUAN DAVID PELAEZ QUISPE, JULIO CÉSAR BENITES PACHECO						REGISTRO <span style="border: 1px solid red; padding: 2px;">156/2020.GEOSUR</span>											
TÍTULO : "ANÁLISIS DEL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE SUBRASANTE EN SUELOS ARENOSAS MAL GRADADO ADICIONANDO CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ Y CAL EN VILLA EL SALVADOR, 2020."						TÉCNICO : G.B.S											
UBICACIÓN : VILLA EL SALVADOR - LIMA						FECHA : 23-sep.-2020											
REFERENCIAS DE LA CANTERA						CAL : 10.0%											
CALICATA : C-02						C.C.A : 20.0%											
MUESTRA : M-01						PROFUNDIDAD : 0.00 m - 1.50 m											
MOLDE N°			1			2			3								
CAPAS N°			5			5			5								
N° DE GOLPES POR CAPA			56			25			12								
CONDICIÓN DE LA MUESTRA			SIN EMBEBER			EMBEBIDO			SIN EMBEBER			EMBEBIDO					
PESO MOLDE + SUELO HUMEDO, g			9325.0			9365.0			9235.0			9302.0					
PESO DEL MOLDE, g			4991.0			4991.0			5079.0			5079.0					
PESO DEL SUELO HUMEDO, g			4334.0			4374.0			4156.0			4223.0					
VOLUMEN DEL ESPECIMEN, cm <sup>3</sup>			2104.0			2104.0			2102.0			2102.0					
DENSIDAD HUMEDA, g/cm <sup>3</sup>			2.060			2.079			1.977			2.009					
DENSIDAD SECA			1.747			1.747			1.674			1.674					
TARA N°			4			12			24			14					
TARA + SUELO HUMEDO			564.4			631.2			544.7			614.2					
TARA + SUELO SECO			510.0			560.8			491.9			548.0					
PESO DEL AGUA			54.4			70.8			52.8			68.2					
PESO DE LA TARA			206.9			188.8			200.8			204.9					
PESO DEL SUELO SECO			303.1			371.8			291.1			341.1					
% DE HUMEDAD			17.95			19.00			18.14			20.00					
% PROMEDIO DE HUMEDAD			17.9			19.0			18.1			20.0					
<b>EXPANSIÓN</b>																	
FECHA		HORA		TIEMPO DÍAS		DIAL pulg		EXPANSION mm %		DIAL pulg		EXPANSION mm %		DIAL pulg		EXPANSION mm %	
29/06/2020		08:15 a. m.		0		0.000		0.00 S/E		0.000		0.00 0.00		0.000		0.00 0.00	
03/07/2020		08:15 a. m.		4		0.000		0.00 S/E		0.000		0.00 S/E		0.000		0.00 S/E	
<b>ABSORCIÓN</b>																	
MOLDE N°			1			2			3								
Peso suelo humedo, + plato + molde, g			11472.0			11378.0			11081.0								
Peso del plato + molde, g			7098.0			7155.0			7185.0								
Peso suelo humedo embebido, g			4374.0			4223.0			3896.0								
Peso suelo hum. sin embeber, g			4334.0			4156.0			3806.0								
Peso del agua absorbida, g			40.0			67.0			90.0								
Peso del suelo seco, g			3676.0			3519.1			3220.0								
Absorción de agua, %			1.1			1.9			2.8								
<b>PENETRACIÓN</b>																	
PENETRACIÓN		PRESIÓN PATRÓN		MOLDE N° 1			MOLDE N° 1			MOLDE N° 1							
mm		pulg		DIAL		CARGA kg		PRESIÓN kg/cm <sup>2</sup>		DIAL		CARGA kg		PRESIÓN kg/cm <sup>2</sup>			
0.000		0.000		0.0		0.0		0.0		0.0		0.0		0.0			
0.635		0.025		57.6		57.6		3.0		76.8		76.8		4.0			
1.270		0.050		204.0		204.0		10.5		239.0		239.0		12.3			
1.905		0.075		403.2		403.2		20.8		378.4		378.4		19.6			
2.540		0.100		590.4		590.4		30.5		534.9		534.9		27.6			
3.810		0.150		969.7		969.7		50.1		796.7		796.7		41.2			
5.080		0.200		1181.5		1181.5		61.0		1039.3		1039.3		53.7			
6.350		0.250		1338.1		1338.1		69.1		1228.6		1228.6		63.5			
7.620		0.300		1422.4		1422.4		73.5		1345.8		1345.8		69.5			
10.160		0.400		1517.1		1517.1		78.4		1476.4		1476.4		76.3			
12.700		0.500		1543.3		1543.3		79.7		1526.7		1526.7		78.9			

OBSERVACIONES: ENSAYO DE PENETRACION EFECTUADO CON PRENSA DE CELDA DIGITAL.

VºBº INGº

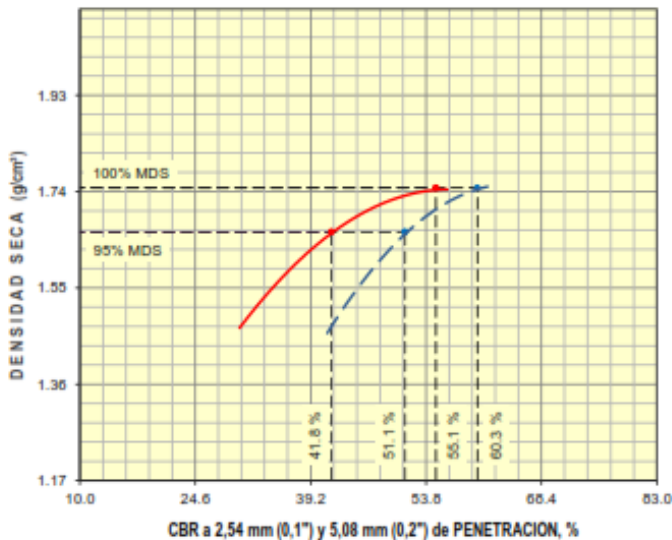
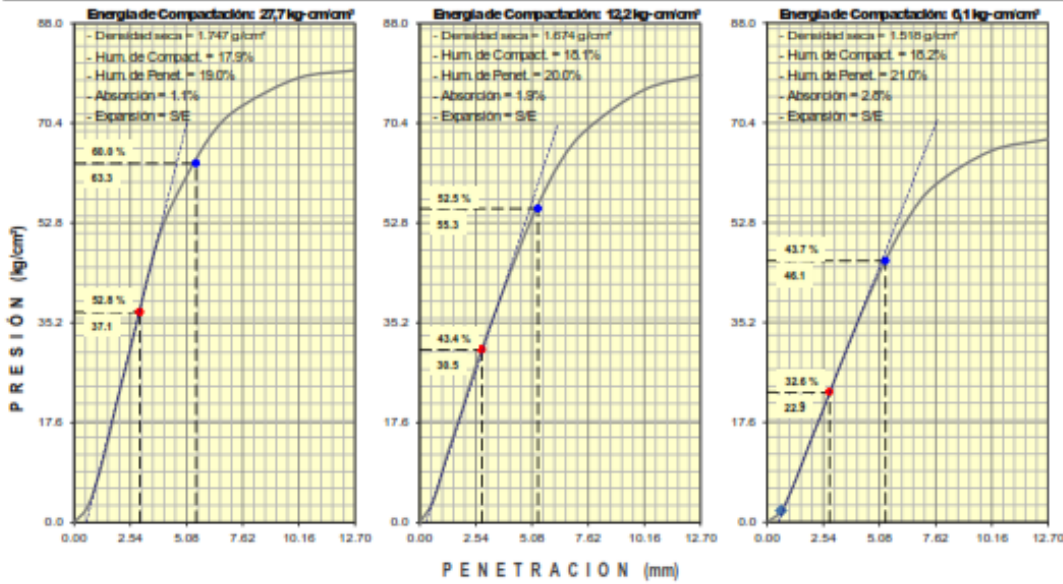
**ASTM D1883 - 07 ENSAYO DE CBR (RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA) DE SUELOS COMPACTADOS EN LABORATORIO**

SOLICITANTE : JUAN DAVID FELAEZ QUISPE, JULIO CÉSAR BENITES PACHECO  
 TÍTULO : "ANÁLISIS DEL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE SUBRASANTE EN SUELOS ARENOSOS MAL GRADADO ADICIONANDO CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ Y CAL EN VILLA EL SALVADOR, 2020."  
 UBICACIÓN : VILLA EL SALVADOR - LIMA

REGISTRO : 156/2020.GEOSUR  
 TÉCNICO : G.B.S  
 FECHA : 23-sep.-2020

REFERENCIAS DE LA CANTERA  
 CALICATA : C-02  
 MUESTRA : M-01

PROFUNDIDAD : 0.00 m - 1.50 m  
 CAL : 10.0%  
 C.C.A : 20.0%



<b>RESULTADOS DE ENSAYOS</b>	
<b>Proctor Modificado (ASTM D-1557)</b>	
- Método de Compactación	"A"
- Máxima Densidad Seca, g/cm³	<b>1,747</b>
- Óptimo Cont. de Humedad, %	<b>18,0</b>
<b>CBR (ASTM D-1883)</b>	
- C.B.R. a 2,54 mm (0,1") de Penetración	
C.B.R. al 100 % de la M.D.S., %	<b>55,1</b>
C.B.R. al 95 % de la M.D.S., %	<b>41,8</b>
- C.B.R. a 5,08 mm (0,2") de Penetración	
C.B.R. al 100 % de la M.D.S., %	<b>60,3</b>
C.B.R. al 95 % de la M.D.S., %	<b>51,1</b>
<b>Caracterización del Suelo</b>	
- Clasificación SUCS	<b>SP</b>
- Clasificación AASHTO	<b>A-3 (0)</b>

OBSERVACIONES:  
 - Material proporcionado por el solicitante.

## Ensayo Próctor modificado C-3 con 20% C.C.A. y 10% cal

ASTM D1557 - 07 ENSAYO DE COMPACTACIÓN DE SUELOS EN LABORATORIO USANDO ENERGÍA MODIFICADA (2,700 kg-cm/m <sup>2</sup> )																																																																																																																							
SOLICITANTE : JUAN DAVID PELAEZ QUISPE, JULIO CÉSAR BENITES PACHECO				REGISTRO : 156/2020.GEOSUR																																																																																																																			
TÍTULO : "ANÁLISIS DEL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE SUBRASANTE EN SUELOS ARENOSAS MAL GRADADO ADICIONANDO CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ Y CAL EN VILLA EL SALVADOR, 2020."				TECNICO : G.B.S																																																																																																																			
UBICACIÓN : VILLA EL SAVADOR - LIMA				FECHA : 23-sep.-2020																																																																																																																			
REFERENCIAS DE LA CANTERA																																																																																																																							
CALICATA : C-03		PROFUNDIDAD : 0.00 m - 1.50 m		CAL : 10.0%																																																																																																																			
MUESTRA : M-01				C.C.A : 20.0%																																																																																																																			
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <tbody> <tr> <td>01 - Peso Suelo Humedo + Molde (g)</td> <td>5536.0</td> <td>5644.0</td> <td>5676.0</td> <td>5625.0</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>02 - Peso del Molde (g)</td> <td>3800.0</td> <td>3800.0</td> <td>3800.0</td> <td>3800.0</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>03 - Peso Suelo Humedo (g)</td> <td>1736.0</td> <td>1844.0</td> <td>1876.0</td> <td>1825.0</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>04 - Volumen del Molde (cm<sup>3</sup>)</td> <td>944.0</td> <td>944.0</td> <td>944.0</td> <td>944.0</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>05 - Densidad Suelo Humedo (g/cm<sup>3</sup>)</td> <td>1.839</td> <td>1.953</td> <td>1.987</td> <td>1.933</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>06 - Tarro N°</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>07 - Peso suelo humedo + tarro (g)</td> <td>495.7</td> <td>499.6</td> <td>546.8</td> <td>549.2</td> <td>554.0</td> <td>511.2</td> <td>593.3</td> </tr> <tr> <td>08 - Peso suelo seco + tarro (g)</td> <td>466.9</td> <td>470.4</td> <td>509.1</td> <td>510.9</td> <td>509.1</td> <td>470.6</td> <td>536.9</td> </tr> <tr> <td>09 - Peso del agua (g)</td> <td>28.8</td> <td>29.2</td> <td>37.7</td> <td>38.3</td> <td>44.9</td> <td>40.6</td> <td>56.4</td> </tr> <tr> <td>10 - Peso del tarro (g)</td> <td>188.7</td> <td>187.4</td> <td>200.8</td> <td>198.0</td> <td>193.2</td> <td>184.8</td> <td>188.7</td> </tr> <tr> <td>11 - Peso suelo seco (g)</td> <td>278.2</td> <td>283.0</td> <td>308.3</td> <td>312.9</td> <td>315.9</td> <td>285.8</td> <td>348.2</td> </tr> <tr> <td>12 - Contenido de Humedad (%)</td> <td>10.35</td> <td>10.32</td> <td>12.23</td> <td>12.24</td> <td>14.21</td> <td>14.21</td> <td>16.20</td> </tr> <tr> <td>13 - Promedio de Humedad (%)</td> <td>10.3</td> <td></td> <td>12.2</td> <td></td> <td>14.2</td> <td></td> <td>16.2</td> </tr> <tr> <td></td> <td>1.667</td> <td></td> <td>1.741</td> <td></td> <td>1.740</td> <td></td> <td>1.664</td> </tr> </tbody> </table>								01 - Peso Suelo Humedo + Molde (g)	5536.0	5644.0	5676.0	5625.0				02 - Peso del Molde (g)	3800.0	3800.0	3800.0	3800.0				03 - Peso Suelo Humedo (g)	1736.0	1844.0	1876.0	1825.0				04 - Volumen del Molde (cm <sup>3</sup> )	944.0	944.0	944.0	944.0				05 - Densidad Suelo Humedo (g/cm <sup>3</sup> )	1.839	1.953	1.987	1.933				06 - Tarro N°								07 - Peso suelo humedo + tarro (g)	495.7	499.6	546.8	549.2	554.0	511.2	593.3	08 - Peso suelo seco + tarro (g)	466.9	470.4	509.1	510.9	509.1	470.6	536.9	09 - Peso del agua (g)	28.8	29.2	37.7	38.3	44.9	40.6	56.4	10 - Peso del tarro (g)	188.7	187.4	200.8	198.0	193.2	184.8	188.7	11 - Peso suelo seco (g)	278.2	283.0	308.3	312.9	315.9	285.8	348.2	12 - Contenido de Humedad (%)	10.35	10.32	12.23	12.24	14.21	14.21	16.20	13 - Promedio de Humedad (%)	10.3		12.2		14.2		16.2		1.667		1.741		1.740		1.664
01 - Peso Suelo Humedo + Molde (g)	5536.0	5644.0	5676.0	5625.0																																																																																																																			
02 - Peso del Molde (g)	3800.0	3800.0	3800.0	3800.0																																																																																																																			
03 - Peso Suelo Humedo (g)	1736.0	1844.0	1876.0	1825.0																																																																																																																			
04 - Volumen del Molde (cm <sup>3</sup> )	944.0	944.0	944.0	944.0																																																																																																																			
05 - Densidad Suelo Humedo (g/cm <sup>3</sup> )	1.839	1.953	1.987	1.933																																																																																																																			
06 - Tarro N°																																																																																																																							
07 - Peso suelo humedo + tarro (g)	495.7	499.6	546.8	549.2	554.0	511.2	593.3																																																																																																																
08 - Peso suelo seco + tarro (g)	466.9	470.4	509.1	510.9	509.1	470.6	536.9																																																																																																																
09 - Peso del agua (g)	28.8	29.2	37.7	38.3	44.9	40.6	56.4																																																																																																																
10 - Peso del tarro (g)	188.7	187.4	200.8	198.0	193.2	184.8	188.7																																																																																																																
11 - Peso suelo seco (g)	278.2	283.0	308.3	312.9	315.9	285.8	348.2																																																																																																																
12 - Contenido de Humedad (%)	10.35	10.32	12.23	12.24	14.21	14.21	16.20																																																																																																																
13 - Promedio de Humedad (%)	10.3		12.2		14.2		16.2																																																																																																																
	1.667		1.741		1.740		1.664																																																																																																																
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr style="background-color: #cccccc;"> <th colspan="2" style="text-align: center;">RESULTADOS DE ENSAYO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>MÉTODO DE COMPACTACIÓN</td> <td style="text-align: center;">"A"</td> </tr> <tr> <td>MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm<sup>3</sup>)</td> <td style="text-align: center;"><b>1.745 g/cm<sup>3</sup></b></td> </tr> <tr> <td>ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)</td> <td style="text-align: center;"><b>18.0 %</b></td> </tr> </tbody> </table>								RESULTADOS DE ENSAYO		MÉTODO DE COMPACTACIÓN	"A"	MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm <sup>3</sup> )	<b>1.745 g/cm<sup>3</sup></b>	ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	<b>18.0 %</b>																																																																																																								
RESULTADOS DE ENSAYO																																																																																																																							
MÉTODO DE COMPACTACIÓN	"A"																																																																																																																						
MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm <sup>3</sup> )	<b>1.745 g/cm<sup>3</sup></b>																																																																																																																						
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	<b>18.0 %</b>																																																																																																																						

OBSERVACIONES : MATERIAL PROPORCIONADO POR EL SOLICITANTE

VºBº INGº



## Ensayo C.B.R. C-3 con 20% C.C.A. y 10% cal

ASTM D1883 - 07 ENSAYO DE CBR (RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA) DE SUELOS COMPACTADOS EN LABORATORIO												
SOLICITANTE : JUAN DAVID FELAEZ QUISPE, JULIO CÉSAR BENITES PACHECO						REGISTRO <span style="border: 1px solid red; padding: 2px;">156/2020.GEOSUR</span>						
TÍTULO : "ANÁLISIS DEL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE SUBRASANTE EN SUELOS ARENOSAS MAL GRADADO ADICIONANDO CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ Y CAL EN VILLA EL SALVADOR, 2020."						TÉCNICO : G.B.S						
UBICACIÓN : VILLA EL SALVADOR - LIMA						FECHA : 23-sep.-2020						
REFERENCIAS DE LA CANTERA												
CALICATA : C-03						CAL : 10.0%						
MUESTRA : M-01						C.C.A : 20.0%						
PROFUNDIDAD : 0.00 m - 1.50 m												
MOLDE N°	10			11			12					
CAPAS N°	5			5			5					
N° DE GOLPES POR CAPA	56			25			12					
CONDICIÓN DE LA MUESTRA	SIN EMBEBER			EMBEBIDO			SIN EMBEBER			EMBEBIDO		
PESO MOLDE + SUELO HUMEDO, g	9232.0			9275.0			9295.0			9363.0		
PESO DEL MOLDE, g	4984.0			4984.0			5096.0			5096.0		
PESO DEL SUELO HUMEDO, g	4248.0			4291.0			4199.0			4267.0		
VOLUMEN DEL ESPECIMEN, cm³	2065.0			2065.0			2125.0			2125.0		
DENSIDAD HUMEDA, g/cm³	2.057			2.078			1.976			2.008		
DENSIDAD SECA	1.745			1.745			1.673			1.673		
TARA N°	21			13			14			32		
TARA + SUELO HUMEDO	543.2			585.5			549.1			662.5		
TARA + SUELO SECO	491.0			524.2			496.5			586.3		
PESO DEL AGUA	52.2			61.3			52.6			76.2		
PESO DE LA TARA	200.0			203.1			204.9			205.4		
PESO DEL SUELO SECO	291.0			321.1			291.6			380.9		
% DE HUMEDAD	17.94			19.10			18.04			20.00		
% PROMEDIO DE HUMEDAD	17.9			19.1			18.1			20.0		
EXPANSIÓN												
FECHA	HORA	TIEMPO DIAS	DIAL pulg	EXPANSION mm %		DIAL pulg	EXPANSION mm %		DIAL pulg	EXPANSION mm %		
29/06/2020	08:15 a. m.	0	0.000	0.00	S/E	0.000	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	
03/07/2020	08:15 a. m.	4	0.000	0.00	S/E	0.000	0.00	S/E	0.000	0.00	S/E	
ABSORCIÓN												
MOLDE N°	10			11			12					
Peso suelo humedo. + plato + molde, g	11389.0			11422.0			10951.0					
Peso del plato + molde, g	7098.0			7155.0			7185.0					
Peso suelo humedo embebido, g	4291.0			4267.0			3766.0					
Peso suelo hum. sin embeber, g	4248.0			4199.0			3682.0					
Peso del agua absorbida, g	43.0			68.0			84.0					
Peso del suelo seco, g	3803.1			3555.5			3120.3					
Absorción de agua, %	1.2			1.9			2.7					
PENETRACIÓN												
PENETRACIÓN		PRESIÓN PATRÓN kg/cm²	MOLDE N° 1			MOLDE N° 1			MOLDE N° 1			
mm	pulg		DIAL	CARGA kg	PRESIÓN kg/cm²	DIAL	CARGA kg	PRESIÓN kg/cm²	DIAL	CARGA kg	PRESIÓN kg/cm²	
0.000	0.000		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
0.635	0.025		61.3	61.3	3.2	82.6	82.6	4.3	43.6	43.6	2.3	
1.270	0.050		217.2	217.2	11.2	256.9	256.9	13.3	158.6	158.6	8.2	
1.905	0.075		429.2	429.2	22.2	406.7	406.7	21.0	304.6	304.6	15.7	
2.540	0.100	70.3	628.5	628.5	32.5	575.0	575.0	29.7	441.4	441.4	22.8	
3.810	0.150		1032.2	1032.2	53.3	856.3	856.3	44.2	722.4	722.4	37.3	
5.080	0.200	105.5	1257.7	1257.7	65.0	1117.1	1117.1	57.7	975.7	975.7	50.4	
6.350	0.250		1424.5	1424.5	73.6	1320.5	1320.5	68.2	1183.8	1183.8	61.2	
7.620	0.300		1514.1	1514.1	78.2	1446.5	1446.5	74.7	1320.1	1320.1	68.2	
10.160	0.400		1614.9	1614.9	83.4	1586.9	1586.9	82.0	1452.8	1452.8	75.1	
12.700	0.500		1642.9	1642.9	84.9	1640.9	1640.9	84.8	1496.3	1496.3	77.3	

OBSERVACIONES: ENSAYO DE PENETRACION EFECTUADO CON PRENSA DE CELDA DIGITAL.

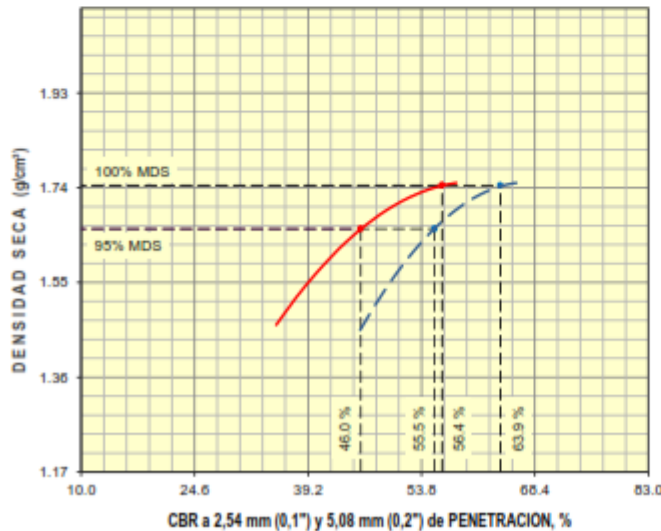
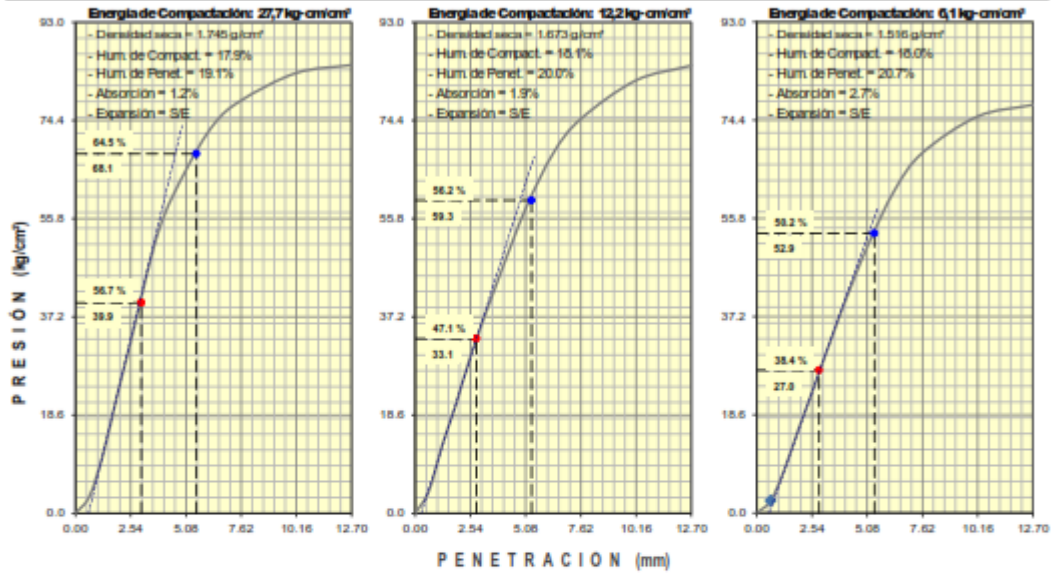
**ASTM D1883 - 07 ENSAYO DE CBR (RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA) DE SUELOS COMPACTADOS EN LABORATORIO**

SOLICITANTE : JUAN DAVID PELAÉZ QUISPE, JULIO CÉSAR BENITES PACHECO  
 TÍTULO : "ANÁLISIS DEL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE SUBRASANTE EN SUELOS ARENOSAS MAL GRADADO ADICIONANDO CENIZA DE CASCARA DE ARROZ Y CAL EN VILLA EL SALVADOR, 2020."  
 UBICACIÓN : VILLA EL SALVADOR - LIMA

REGISTRO **156/2020.GEOSUR**  
 TÉCNICO : G.B.S  
 FECHA : 23-sep.-2020

REFERENCIAS DE LA CANTERA  
 CALICATA : C-03  
 MUESTRA : M-01

PROFUNDIDAD : 0.00 m - 1.50 m  
 CAL : 10.0%  
 C.C.A : 20.0%



<b>RESULTADOS DE ENSAYOS</b>	
<b>Proctor Modificado (ASTM D-1557)</b>	
- Método de Compactación	"A"
- Máxima Densidad Seca, g/cm³	1.745
- Óptimo Cont. de Humedad, %	18.0
<b>CBR (ASTM D-1883)</b>	
- C.B.R. a 2,54 mm (0,1") de Penetración	
C.B.R. al 100 % de la M.D.S., %	56.4
C.B.R. al 95 % de la M.D.S., %	46.0
- C.B.R. a 5,08 mm (0,2") de Penetración	
C.B.R. al 100 % de la M.D.S., %	63.9
C.B.R. al 95 % de la M.D.S., %	55.5
<b>Caracterización del Suelo</b>	
- Clasificación SUCS	SP
- Clasificación AASHTO	A-3 (0)

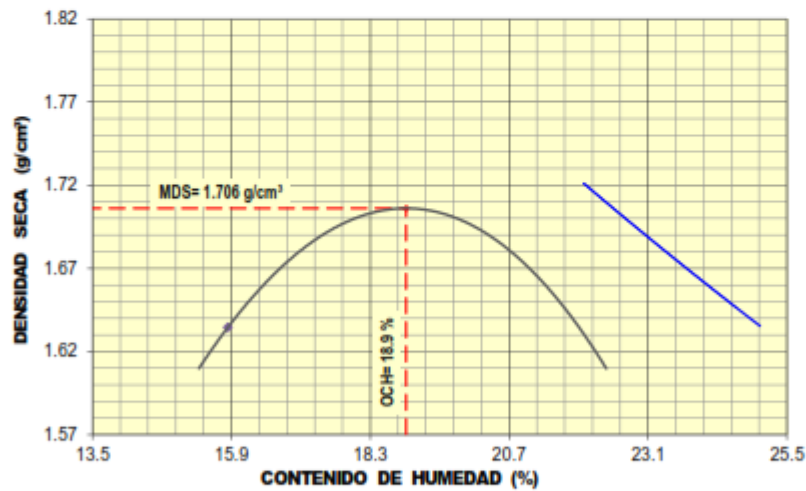
OBSERVACIONES:  
 - Material proporcionado por el solicitante.

## Ensayo Próctor modificado C-1 con 25% C.C.A. y 10% cal

### ASTM D1557 - 07 ENSAYO DE COMPACTACIÓN DE SUELOS EN LABORATORIO USANDO ENERGÍA MODIFICADA (2,700 kg-cm/m<sup>2</sup>)

SOLICITANTE : JUAN DAVID PELAEZ QUISPE, JULIO CÉSAR BENITES PACHECO	REGISTRO : 156/2020.GEOSUR
TÍTULO : "ANÁLISIS DEL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE SUBRASANTE EN SUELOS ARENOSAS MAL GRADADO ADICIONANDO CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ Y CAL EN VILLA EL SALVADOR, 2020."	TÉCNICO : G.B.S
	FECHA : 23-sep.-2020
UBICACIÓN : VILLA EL SAVADOR - LIMA	
REFERENCIAS DE LA CANTERA	
CALICATA : C-01	PROFUNDIDAD : 0.00 m - 1.50 m
MUESTRA : M-01	CAL : 10.0% C.C.A : 25.0%

01 - Peso Suelo Humedo + Molde (g)	5587.0	5689.0	5722.0	5678.0				
02 - Peso del Molde (g)	3800.0	3800.0	3800.0	3800.0				
03 - Peso Suelo Humedo (g)	1787.0	1889.0	1922.0	1878.0				
04 - Volumen del Molde (cm <sup>3</sup> )	944.0	944.0	944.0	944.0				
05 - Densidad Suelo Humedo (g/cm <sup>3</sup> )	1.893	2.001	2.036	1.989				
06 - Tarro N°								
07 - Peso suelo humedo + tarro (g)	534.2	575.3	583.2	528.9	563.0	541.7	565.5	543.7
08 - Peso suelo seco + tarro (g)	487.3	522.4	525.1	477.2	500.8	485.4	500.2	480.5
09 - Peso del agua (g)	46.9	52.9	58.1	51.7	62.2	56.3	65.3	63.2
10 - Peso del tarro (g)	190.5	188.8	200.8	187.4	188.7	204.6	203.7	192.4
11 - Peso suelo seco (g)	296.8	333.6	324.3	289.8	312.1	280.8	296.5	288.1
12 - Contenido de Humedad (%)	15.80	15.86	17.92	17.84	19.93	20.05	22.02	21.94
13 - Promedio de Humedad (%)	15.8	17.9	20.0	22.0				
	1.635	1.697	1.697	1.630				



RESULTADOS DE ENSAYO	
MÉTODO DE COMPACTACIÓN	"A"
MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm <sup>3</sup> )	<b>1.706 g/cm<sup>3</sup></b>
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	<b>18.9 %</b>

OBSERVACIONES : MATERIAL PROPORCIONADO POR EL SOLICITANTE

V<sup>o</sup>B<sup>o</sup> ING<sup>o</sup>

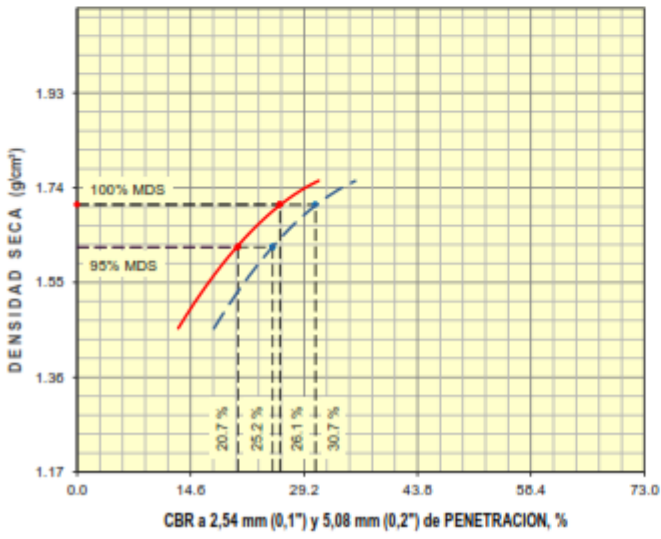
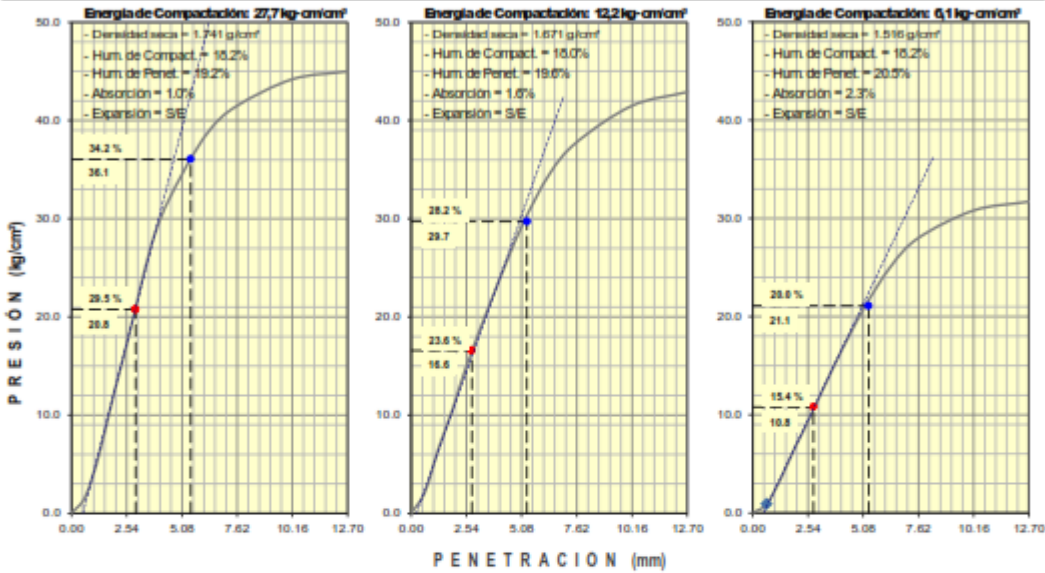
## Ensayo C.B.R. C-1 con 25% C.C.A. y 10% cal

ASTM D1883 - 07 ENSAYO DE CBR (RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA) DE SUELOS COMPACTADOS EN LABORATORIO												
SOLICITANTE : JUAN DAVID FELAEZ QUISPE, JULIO CÉSAR BENITES PACHECO						REGISTRO <span style="border: 1px solid red; padding: 2px;">156/2020.GEOSUR</span>						
TÍTULO : "ANÁLISIS DEL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE SUBRASANTE EN SUELOS ARENOSAS MAL GRADADO ADICIONANDO CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ Y CAL EN VILLA EL SALVADOR, 2020."						TÉCNICO : G.B.S						
UBICACIÓN : VILLA EL SAVADOR - LIMA						FECHA : 23-sep.-2020						
REFERENCIAS DE LA CANTERA												
CALICATA : C-01						CAL : 10.0%						
MUESTRA : M-01						C.C.A : 25.0%						
PROFUNDIDAD : 0.00 m - 1.50 m												
MOLDE N°	1			2			3					
CAPAS N°	5			5			5					
N° DE GOLPES POR CAPA	56			25			12					
CONDICIÓN DE LA MUESTRA	SIN EMBEBER	EMBEBIDO		SIN EMBEBER	EMBEBIDO		SIN EMBEBER	EMBEBIDO				
PESO MOLDE + SUELO HUMEDO, g	9321.0	9359.0		9224.0	9280.0		8680.0	8754.0				
PESO DEL MOLDE, g	4991.0	4991.0		5079.0	5079.0		4879.0	4879.0				
PESO DEL SUELO HUMEDO, g	4330.0	4368.0		4145.0	4201.0		3801.0	3875.0				
VOLUMEN DEL ESPECIMEN, cm³	2104.0	2104.0		2102.0	2102.0		2121.0	2121.0				
DENSIDAD HUMEDA, g/cm³	2.058	2.076		1.972	1.999		1.792	1.827				
DENSIDAD SECA	1.741	1.742		1.671	1.671		1.516	1.516				
TARA N°	4	12		24	14		35	31				
TARA + SUELO HUMEDO	588.3	614.9		525.1	616.2		557.2	645.7				
TARA + SUELO SECO	529.5	546.3		475.7	548.8		500.7	569.9				
PESO DEL AGUA	58.8	68.6		49.4	67.4		56.5	75.8				
PESO DE LA TARA	206.9	188.8		200.8	204.9		189.8	200.1				
PESO DEL SUELO SECO	322.6	357.5		274.9	343.9		310.9	369.8				
% DE HUMEDAD	18.23	19.20		17.97	19.60		18.17	20.50				
% PROMEDIO DE HUMEDAD	18.2	19.2		18.0	19.6		18.2	20.5				
EXPANSION												
FECHA	HORA	TIEMPO DIAS	DIAL pulg	EXPANSION		DIAL pulg	EXPANSION		DIAL pulg	EXPANSION		
				mm	%		mm	%		mm	%	
29/09/2020	08:15 a. m.	0	0.000	0.00	S/E	0.000	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	
03/10/2020	08:15 a. m.	4	0.000	0.00	S/E	0.000	0.00	S/E	0.000	0.00	S/E	
ABSORCION												
MOLDE N°	1			2			3					
Peso suelo humedo. + plato + molde, g	11466.0			11356.0			11060.0					
Peso del plato + molde, g	7098.0			7155.0			7185.0					
Peso suelo humedo embebido, g	4368.0			4201.0			3875.0					
Peso suelo hum. sin embeber, g	4330.0			4145.0			3801.0					
Peso del agua absorbida, g	38.0			56.0			74.0					
Peso del suelo seco, g	3663.3			3512.7			3215.7					
Absorcion de agua, %	1.0			1.6			2.3					
PENETRACION												
PENETRACION		PRESION PATRÓN kg/cm²	MOLDE N° 1			MOLDE N° 1			MOLDE N° 1			
mm	pulg		DIAL	CARGA kg	PRESION kg/cm²	DIAL	CARGA kg	PRESION kg/cm²	DIAL	CARGA kg	PRESION kg/cm²	
0.000	0.000		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
0.635	0.025		32.5	32.5	1.7	41.8	41.8	2.2	17.9	17.9	0.9	
1.270	0.050		115.2	115.2	6.0	130.1	130.1	6.7	65.0	65.0	3.4	
1.905	0.075		227.6	227.6	11.8	205.9	205.9	10.6	124.8	124.8	6.5	
2.540	0.100	70.3	333.3	333.3	17.2	291.1	291.1	15.0	180.9	180.9	9.3	
3.810	0.150		547.4	547.4	28.3	433.6	433.6	22.4	296.1	296.1	15.3	
5.080	0.200	105.5	667.0	667.0	34.5	565.6	565.6	29.2	399.9	399.9	20.7	
6.350	0.250		755.4	755.4	39.0	668.6	668.6	34.5	485.2	485.2	25.1	
7.620	0.300		803.0	803.0	41.5	732.4	732.4	37.8	541.0	541.0	28.0	
10.160	0.400		856.4	856.4	44.2	803.5	803.5	41.5	595.4	595.4	30.8	
12.700	0.500		871.2	871.2	45.0	830.9	830.9	42.9	613.2	613.2	31.7	

OBSERVACIONES: ENSAYO DE PENETRACION EFECTUADO CON PRESNA DE CELDA DIGITAL.

**ASTM D1883 - 07 ENSAYO DE CBR (RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA) DE SUELOS COMPACTADOS EN LABORATORIO**

SOLICITANTE : JUAN DAVID FELAEZ QUISPE, JULIO CÉSAR BENITES PACHECO REGISTRO **156/2020.GEOSUR**  
 TÍTULO : "ANÁLISIS DEL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE SUBRASANTE EN SUELOS ARENOSAS MAL GRADADO ADICIONANDO CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ Y CAL EN VILLA EL SALVADOR, 2020." TÉCNICO : G.B.S  
FECHA : 23-sep.-2020  
 UBICACIÓN : VILLA EL SAVADOR - LIMA  
 REFERENCIAS DE LA CANTERA  
 CALICATA : C-01 CAL : 10.0%  
 MUESTRA : M-01 PROFUNDIDAD : 0.00 m - 1.50 m  
C.C.A : 25.0%



**RESULTADOS DE ENSAYOS**  
**Proctor Modificado (ASTM D-1557)**

- Método de Compactación	"A"
- Máxima Densidad Seca, g/cm³	1.706
- Óptimo Cont. de Humedad, %	18.9

**CBR (ASTM D-1883)**

- C.B.R. a 2,54 mm (0,1") de Penetración	
C.B.R. al 100 % de la M.D.S., %	26.1
C.B.R. al 95 % de la M.D.S., %	20.7
- C.B.R. a 5,08 mm (0,2") de Penetración	
C.B.R. al 100 % de la M.D.S., %	30.7
C.B.R. al 95 % de la M.D.S., %	25.2

**Caracterización del Suelo**

- Clasificación SUCS	SP
- Clasificación AASHTO	A-3 (0)

**OBSERVACIONES:**  
 - Material proporcionado por el solicitante.

## Ensayo Próctor modificado C-2 con 25% C.C.A. y 10% cal

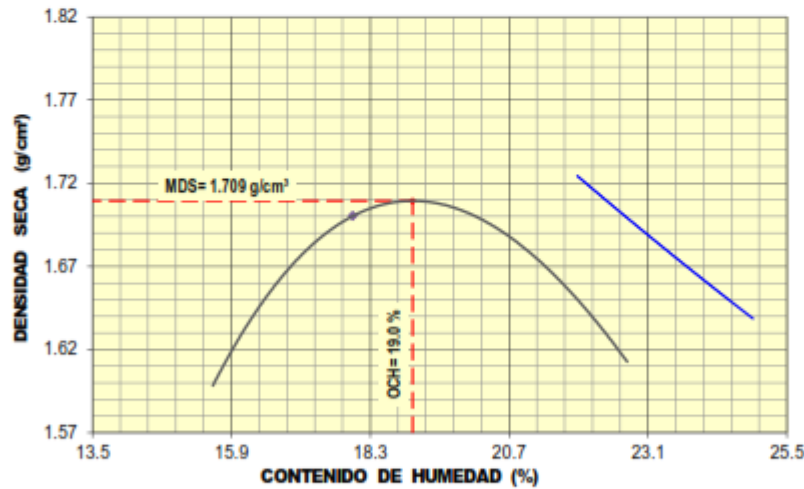
### ASTM D1557 - 07 ENSAYO DE COMPACTACIÓN DE SUELOS EN LABORATORIO USANDO ENERGÍA MODIFICADA (2,700 kg-cm/m<sup>3</sup>)

SOLICITANTE : JUAN DAVID PELAEZ QUISPE, JULIO CÉSAR BENITES PACHECO	REGISTRO : <span style="border: 1px solid red; padding: 2px;">156/2020.GEOSUR</span>
TÍTULO : "ANÁLISIS DEL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE SUBRASANTE EN SUELOS ARENOSAS MAL GRADADO ADICIONANDO CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ Y CAL EN VILLA EL SALVADOR, 2020."	TÉCNICO : G.B.S
UBICACIÓN : VILLA EL SAVADOR - LIMA	FECHA : 23-sep.-2020

**REFERENCIAS DE LA CANTERA**

CALICATA : C-02	PROFUNDIDAD : 0.00 m - 1.50 m	CAL : 10.0%
MUESTRA : M-01		C.C.A : 25.0%

01 - Peso Suelo Humedo + Molde (g)	5586.0	5694.0	5728.0	5684.0				
02 - Peso del Molde (g)	3800.0	3800.0	3800.0	3800.0				
03 - Peso Suelo Humedo (g)	1786.0	1894.0	1928.0	1884.0				
04 - Volumen del Molde (cm <sup>3</sup> )	944.0	944.0	944.0	944.0				
05 - Densidad Suelo Humedo (g/cm <sup>3</sup> )	1.892	2.006	2.042	1.996				
06 - Tarro N°								
07 - Peso suelo humedo + tarro (g)	567.6	573.1	566.9	651.1	566.0	554.8	563.3	554.9
08 - Peso suelo seco + tarro (g)	515.1	520.5	510.8	582.8	503.1	494.0	495.8	490.8
09 - Peso del agua (g)	52.5	52.6	56.1	68.3	62.9	60.8	67.5	64.1
10 - Peso del tarro (g)	188.7	193.2	199.4	203.1	188.7	189.8	193.2	203.9
11 - Peso suelo seco (g)	326.4	327.3	311.4	379.7	314.4	304.2	302.6	286.9
12 - Contenido de Humedad (%)	16.09	16.07	18.02	17.99	20.01	19.99	22.31	22.34
13 - Promedio de Humedad (%)	16.1	18.0	20.0	22.3				
	1.630	1.700	1.702	1.632				



OBSERVACIONES : MATERIAL PROPORCIONADO POR EL SOLICITANTE

VºBº INGº

## Ensayo CBR C-2 con 25% CCA y 10% cal

ASTM D1883 - 07 ENSAYO DE CBR (RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA) DE SUELOS COMPACTADOS EN LABORATORIO												
SOLICITANTE : JUAN DAVID FELAÉZ QUISPE, JULIO CÉSAR BENITES PACHECO						REGISTRO : 156/2020.GEOSUR						
TÍTULO : "ANÁLISIS DEL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE SUBRASANTE EN SUELOS ARENOSAS MAL GRADADO ADICIONANDO CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ Y CAL EN VILLA EL SALVADOR, 2020."						TÉCNICO : G.B.S						
UBICACIÓN : VILLA EL SAVADOR - LIMA						FECHA : 23-sep.-2020						
REFERENCIAS DE LA CANTERA												
CALICATA : C-02						CAL : 10.0%						
MUESTRA : M-01						C.C.A : 25.0%						
PROFUNDIDAD : 0.00 m - 1.50 m												
MOLDE N°	4				5				6			
CAPAS N°	5				5				5			
N° DE GOLPES POR CAPA	56				25				12			
CONDICIÓN DE LA MUESTRA	SIN EMBEBER		EMBEBIDO		SIN EMBEBER		EMBEBIDO		SIN EMBEBER		EMBEBIDO	
PESO MOLDE + SUELO HUMEDO, g	9313.0		9379.0		9070.0		9154.0		8539.0		8629.5	
PESO DEL MOLDE, g	5008.0		5008.0		4910.0		4910.0		4935.5		4935.5	
PESO DEL SUELO HUMEDO, g	4307.0		4373.0		4160.0		4244.0		3603.5		3694.0	
VOLUMEN DEL ESPECIMEN, cm³	2118.0		2118.0		2127.0		2127.0		2039.0		2039.0	
DENSIDAD HUMEDA, g/cm³	2.034		2.065		1.956		1.995		1.767		1.812	
DENSIDAD SECA	1.709		1.709		1.642		1.642		1.485		1.485	
TARA N°	5		11		15		24		33		1	
TARA + SUELO HUMEDO	587.1		578.3		582.8		629.8		565.4		667.0	
TARA + SUELO SECO	526.2		511.0		521.1		553.9		505.1		581.4	
PESO DEL AGUA	60.9		67.3		61.7		75.9		60.3		85.6	
PESO DE LA TARA	206.2		187.4		197.6		200.8		188.7		192.4	
PESO DEL SUELO SECO	320.0		323.6		323.5		353.1		316.4		389.0	
% DE HUMEDAD	19.03		20.80		19.07		21.50		19.06		22.00	
% PROMEDIO DE HUMEDAD	19.0		20.8		19.1		21.5		19.0		22.0	
EXPANSION												
FECHA	HORA	TIEMPO DIAS	DIAL pulg	EXPANSION		DIAL pulg	EXPANSION		DIAL pulg	EXPANSION		
				mm	%		mm	%		mm	%	
29/09/2020	08:15 a. m.	0	0.000	0.00	S/E	0.000	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	
03/10/2020	08:15 a. m.	4	0.000	0.00	S/E	0.000	0.00	S/E	0.000	0.00	S/E	
ABSORCION												
MOLDE N°	4				5				6			
Peso suelo humedo. + plato + molde, g	11471.0				11399.0				10879.0			
Peso del plato + molde, g	7098.0				7155.0				7185.0			
Peso suelo humedo embebido, g	4373.0				4244.0				3694.0			
Peso suelo hum. sin embeber, g	4307.0				4160.0				3603.5			
Peso del agua absorbida, g	66.0				84.0				90.5			
Peso del suelo seco, g	3619.3				3492.9				3028.2			
Absorción de agua, %	1.8				2.4				3.0			
PENETRACION												
PENETRACION		PRESION PATRÓN kg/cm²	MOLDE N° 1			MOLDE N° 1			MOLDE N° 1			
			DIAL	CARGA kg	PRESION kg/cm²	DIAL	CARGA kg	PRESION kg/cm²	DIAL	CARGA kg	PRESION kg/cm²	
mm	pulg											
0.000	0.000		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
0.635	0.025		30.2	30.2	1.8	38.7	38.7	2.0	16.8	16.8	0.9	
1.270	0.050		106.9	106.9	5.5	120.3	120.3	6.2	61.1	61.1	3.2	
1.905	0.075		211.4	211.4	10.9	190.5	190.5	9.8	117.4	117.4	6.1	
2.540	0.100	70.3	309.5	309.5	16.0	269.3	269.3	13.9	170.0	170.0	8.8	
3.810	0.150		508.3	508.3	26.3	401.1	401.1	20.7	278.3	278.3	14.4	
5.080	0.200	105.5	619.3	619.3	32.0	523.2	523.2	27.0	375.9	375.9	19.4	
6.350	0.250		701.4	701.4	36.2	618.5	618.5	32.0	456.1	456.1	23.6	
7.620	0.300		745.6	745.6	38.5	677.5	677.5	35.0	508.6	508.6	26.3	
10.160	0.400		795.2	795.2	41.1	743.2	743.2	38.4	559.7	559.7	28.9	
12.700	0.500		809.0	809.0	41.8	768.5	768.5	39.7	576.4	576.4	29.8	

OBSERVACIONES: ENSAYO DE PENETRACION EFECTUADO CON PRENSA DE CELDA DIGITAL

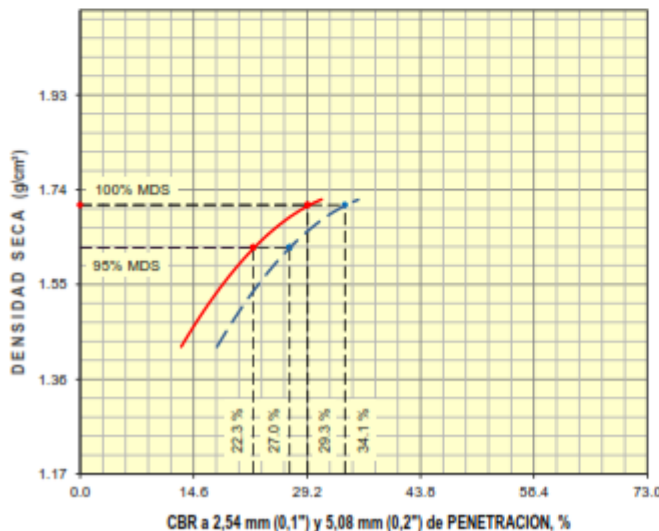
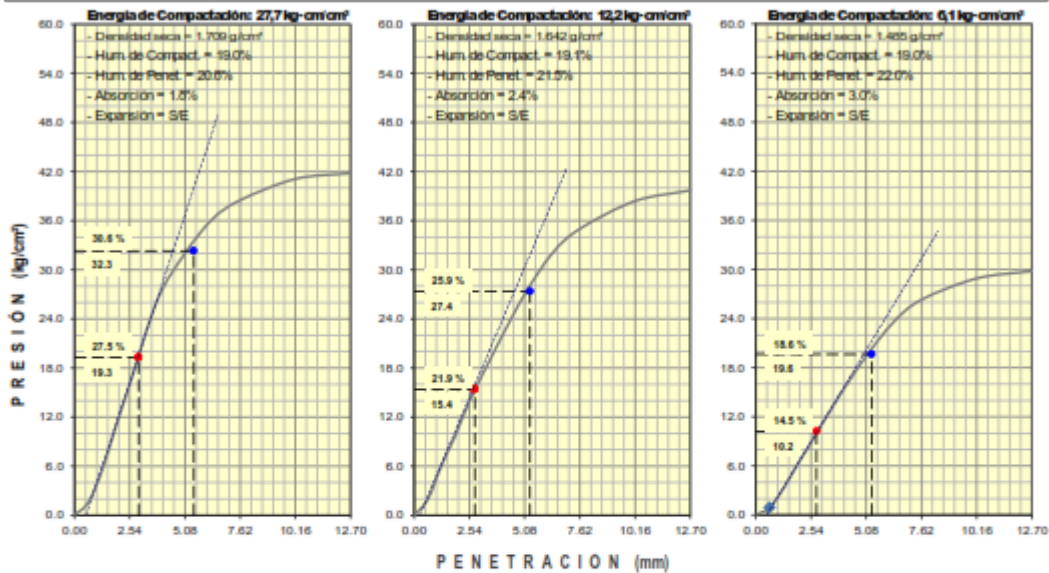
**ASTM D1883 - 07 ENSAYO DE CBR (RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA) DE SUELOS COMPACTADOS EN LABORATORIO**

SOLICITANTE : JUAN DAVID FELAEZ QUISPE, JULIO CÉSAR BENITES PACHECO  
 TÍTULO : "ANÁLISIS DEL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE SUBRASANTE EN SUELOS ARENOSOS MAL GRADADO ADICIONANDO CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ Y CAL EN VILLA EL SALVADOR, 2020."  
 UBICACIÓN : VILLA EL SALVADOR - LIMA  
 REFERENCIAS DE LA CANTERA  
 CALICATA : C-02  
 MUESTRA : M-01

REGISTRO **156/2020.GEOSUR**  
 TÉCNICO : G.B.S  
 FECHA : 23-sep.-2020

CAL : 10.0%  
 C.C.A : 25.0%

PROFUNDIDAD : 0.00 m - 1.50 m



<b>RESULTADOS DE ENSAYOS Proctor Modificado (ASTM D-1557)</b>	
- Método de Compactación	"A"
- Máxima Densidad Seca, g/cm³	<b>1.709</b>
- Óptimo Cont. de Humedad, %	<b>19.0</b>
<b>CBR (ASTM D-1883)</b>	
- C.B.R. a 2,54 mm (0,1") de Penetración	
C.B.R. al 100 % de la M.D.S., %	<b>29.3</b>
C.B.R. al 95 % de la M.D.S., %	<b>22.3</b>
- C.B.R. a 5,08 mm (0,2") de Penetración	
C.B.R. al 100 % de la M.D.S., %	<b>34.1</b>
C.B.R. al 95 % de la M.D.S., %	<b>27.0</b>
<b>Caracterización del Suelo</b>	
- Clasificación SUCS	<b>SP</b>
- Clasificación AASHTO	<b>A-3 (0)</b>

OBSERVACIONES:  
 - Material proporcionado por el solicitante.

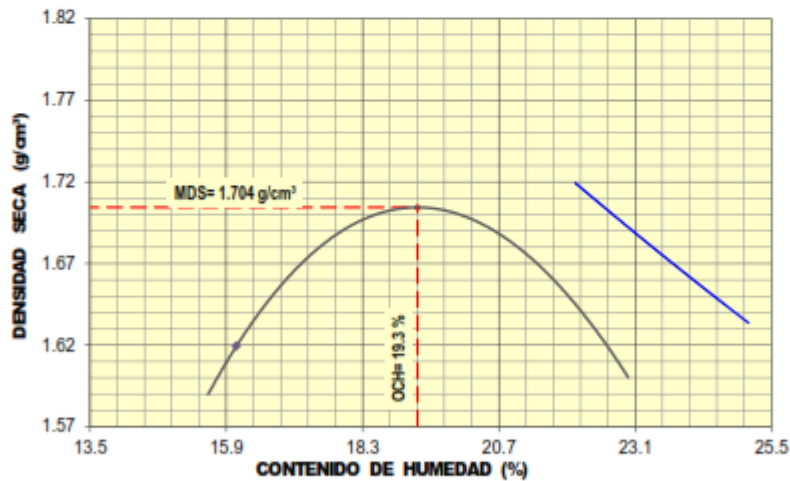


## Ensayo Próctor modificado C-3 con 25% C.C.A. y 10% cal

### ASTM D1557 - 07 ENSAYO DE COMPACTACIÓN DE SUELOS EN LABORATORIO USANDO ENERGÍA MODIFICADA (2,700 kg-cm/m<sup>3</sup>)

SOLICITANTE : JUAN DAVID PELAEZ QUISPE, JULIO CÉSAR BENITES PACHECO	REGISTRO : 156/2020.GEOSUR
TÍTULO : "ANÁLISIS DEL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE SUBRASANTE EN SUELOS ARENOSAS MAL GRADADO ADICIONANDO CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ Y CAL EN VILLA EL SALVADOR, 2020."	TÉCNICO : G.B.S
UBICACIÓN : VILLA EL SALVADOR - LIMA	FECHA : 23-sep.-2020
REFERENCIAS DE LA CANTERA	
CALICATA : C-03	CAL : 10.0%
MUESTRA : M-01	PROFUNDIDAD : 0.00 m - 1.50 m
	C.C.A : 25.0%

01 - Peso Suelo Humedo + Molde (g)	5586.0	5694.0	5728.0	5684.0				
02 - Peso del Molde (g)	3800.0	3800.0	3800.0	3800.0				
03 - Peso Suelo Humedo (g)	1786.0	1894.0	1928.0	1884.0				
04 - Volumen del Molde (cm <sup>3</sup> )	944.0	944.0	944.0	944.0				
05 - Densidad Suelo Humedo (g/cm <sup>3</sup> )	1.892	2.006	2.042	1.996				
06 - Tarro N°								
07 - Peso suelo humedo + tarro (g)	567.6	573.1	566.9	651.1	566.0	554.8	563.3	554.9
08 - Peso suelo seco + tarro (g)	515.1	520.5	510.8	582.8	503.1	494.0	495.8	490.8
09 - Peso del agua (g)	52.5	52.6	56.1	68.3	62.9	60.8	67.5	64.1
10 - Peso del tarro (g)	188.7	193.2	199.4	203.1	188.7	189.8	193.2	203.9
11 - Peso suelo seco (g)	326.4	327.3	311.4	379.7	314.4	304.2	302.6	286.9
12 - Contenido de Humedad (%)	16.09	16.07	18.02	17.99	20.01	19.99	22.31	22.34
13 - Promedio de Humedad (%)	16.1	18.0	20.0	22.3				
	1.630	1.700	1.702	1.632				



OBSERVACIONES : MATERIAL PROPORCIONADO POR EL SOLICITANTE

V.B° ING°

## Ensayo C.B.R. C-3 con 25% C.C.A. y 10% cal

ASTM D1883 - 07 ENSAYO DE CBR (RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA) DE SUELOS COMPACTADOS EN LABORATORIO														
SOLICITANTE : JUAN DAVID PELAEZ QUISPE, JULIO CÉSAR BENITES PACHECO						REGISTRO <span style="border: 1px solid red; padding: 2px;">156/2020.GEOSUR</span>								
TÍTULO : "ANÁLISIS DEL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE SUBRASANTE EN SUELOS ARENOSAS MAL GRADADO ADICIONANDO CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ Y CAL EN VILLA EL SALVADOR, 2020."						TÉCNICO : G.B.S								
UBICACION : VILLA EL SAVADOR - LIMA						FECHA : 23-sep.-2020								
REFERENCIAS DE LA CANTERA														
CALICATA : C-03			MUESTRA : M-01			PROFUNDIDAD : 0.00 m - 1.50 m			CAL : 10.0%			C.C.A : 25.0%		
MOLDE N°	7				8				9					
CAPAS N°	5				5				5					
N° DE GOLPES POR CAPA	56				26				12					
CONDICION DE LA MUESTRA	SIN EMBEBER		EMBEBIDO		SIN EMBEBER		EMBEBIDO		SIN EMBEBER		EMBEBIDO			
PESO MOLDE + SUELO HUMEDO, g	9047.0	9114.0	8510.0	8601.0	8940.0	8933.0								
PESO DEL MOLDE, g	4832.0	4832.0	4195.0	4195.0	5154.0	5154.0								
PESO DEL SUELO HUMEDO, g	4215.0	4282.0	4315.0	4406.0	3686.0	3779.0								
VOLUMEN DEL ESPECIMEN, cm³	2075.0	2075.0	2212.0	2212.0	2085.1	2085.1								
DENSIDAD HUMEDA, g/cm³	2.031	2.064	1.951	1.992	1.768	1.812								
DENSIDAD SECA	1.704	1.704	1.635	1.635	1.483	1.483								
TARA N°	4	25	14	22	17	24								
TARA + SUELO HUMEDO	564.4	645.3	548.8	604.9	554.8	619.1								
TARA + SUELO SECO	506.7	566.9	493.1	530.5	495.0	543.1								
PESO DEL AGUA	57.7	78.4	55.7	74.4	59.6	76.0								
PESO DE LA TARA	206.9	195.1	204.9	189.4	184.8	200.8								
PESO DEL SUELO SECO	299.8	371.8	288.2	341.1	310.2	342.3								
% DE HUMEDAD	19.25	21.10	19.33	21.80	19.21	22.20								
% PROMEDIO DE HUMEDAD	19.2		21.1		19.3		21.8		19.2		22.2			
EXPANSION														
FECHA	HORA	TIEMPO DIAS	DIAL pulg	EXPANSION		DIAL pulg	EXPANSION		DIAL pulg	EXPANSION				
				mm	%		mm	%		mm	%			
29/09/2020	08:15 a. m.	0	0.000	0.00	S/E	0.000	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00			
03/10/2020	08:15 a. m.	4	0.000	0.00	S/E	0.000	0.00	S/E	0.000	0.00	S/E			
ABSORCION														
MOLDE N°	7				8				9					
Peso suelo humedo. + plato + molde, g	11380.0				11561.0				10964.0					
Peso del plato + molde, g	7098.0				7155.0				7185.0					
Peso suelo humedo embetido, g	4282.0				4406.0				3779.0					
Peso suelo hum. sin embeber, g	4215.0				4315.0				3686.0					
Peso del agua absorbida, g	67.0				91.0				93.0					
Peso del suelo seco, g	3536.1				3616.9				3092.3					
Absorcion de agua, %	1.9				2.5				3.0					
PENETRACION														
PENETRACION		PRESION PATRÓN kg/cm²	MOLDE N° 1			MOLDE N° 1			MOLDE N° 1					
mm	pulg		DIAL	CARGA kg	PRESION kg/cm²	DIAL	CARGA kg	PRESION kg/cm²	DIAL	CARGA kg	PRESION kg/cm²			
0.000	0.000		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0			
0.635	0.025		33.4	33.4	1.7	41.3	41.3	2.1	18.6	18.6	1.0			
1.270	0.050		118.5	118.5	6.1	128.4	128.4	6.6	67.6	67.6	3.5			
1.905	0.075		234.1	234.1	12.1	203.4	203.4	10.5	129.8	129.8	6.7			
2.540	0.100	70.3	342.8	342.8	17.7	287.5	287.5	14.9	188.1	188.1	9.7			
3.810	0.150		563.0	563.0	29.1	428.2	428.2	22.1	307.9	307.9	15.9			
5.080	0.200	105.5	686.0	686.0	35.4	558.5	558.5	28.9	415.9	415.9	21.5			
6.350	0.250		777.0	777.0	40.1	660.2	660.2	34.1	504.6	504.6	26.1			
7.620	0.300		825.9	825.9	42.7	723.2	723.2	37.4	562.7	562.7	29.1			
10.160	0.400		880.9	880.9	45.5	793.4	793.4	41.0	619.2	619.2	32.0			
12.700	0.500		896.1	896.1	46.3	820.5	820.5	42.4	637.8	637.8	32.9			

OBSERVACIONES: ENSAYO DE PENETRACION EFECTUADO CON PRENSA DE CELDA DIGITAL.

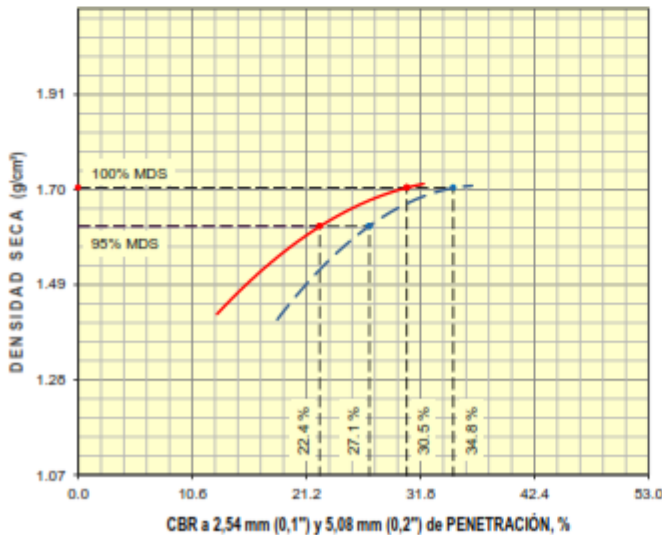
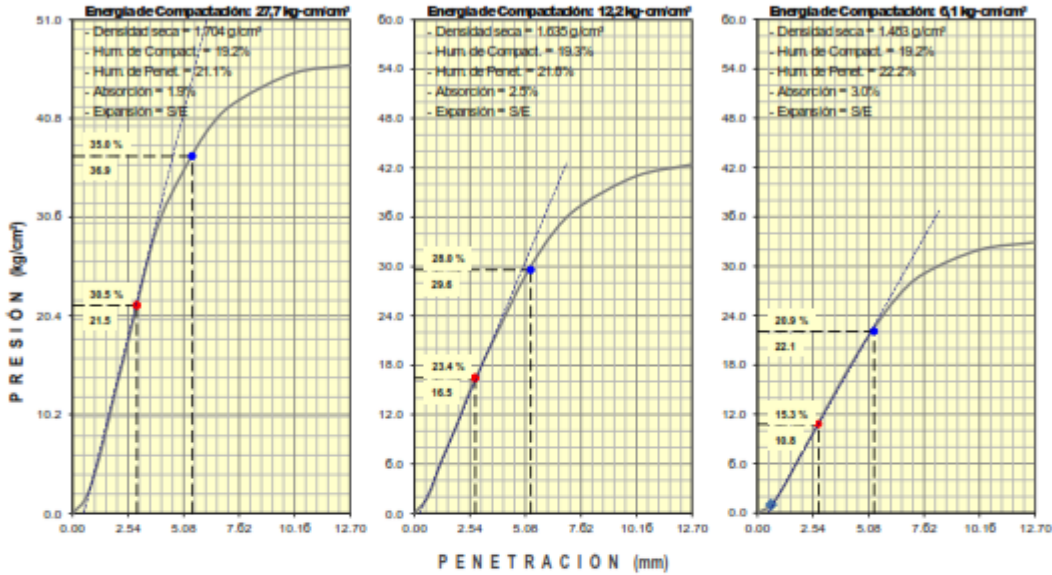
**ASTM D1883 - 07 ENSAYO DE CBR (RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA) DE SUELOS COMPACTADOS EN LABORATORIO**

SOLICITANTE : JUAN DAVID PELAEZ QUISPE, JULIO CÉSAR BENITES PACHECO  
 TÍTULO : "ANÁLISIS DEL MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE SUBRASANTE EN SUELOS ARENOSOS MAL GRADADO ADICIONANDO CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ Y CAL EN VILLA EL SALVADOR, 2020."  
 UBICACION : VILLA EL SALVADOR - LIMA

REGISTRO **156/2020.GEOSUR**  
 TÉCNICO : G.B.S  
 FECHA : 23-sep.-2020

REFERENCIAS DE LA CANTERA  
 CALICATA : C-03  
 MUESTRA : M-01

PROFUNDIDAD : 0.00 m - 1.50 m  
 CAL : 10.0%  
 C.C.A : 25.0%



<b>RESULTADOS DE ENSAYOS</b>	
<b>Proctor Modificado (ASTM D-1557)</b>	
- Método de Compactación	"A"
- Máxima Densidad Seca, g/cm³	<b>1.704</b>
- Optimo Cont. de Humedad, %	<b>19.3</b>
<b>CBR (ASTM D-1883)</b>	
- C.B.R. a 2,54 mm (0,1") de Penetración	
C.B.R. al 100 % de la M.D.S., %	<b>30.5</b>
C.B.R. al 95 % de la M.D.S., %	<b>22.4</b>
- C.B.R. a 5,08 mm (0,2") de Penetración	
C.B.R. al 100 % de la M.D.S., %	<b>34.8</b>
C.B.R. al 95 % de la M.D.S., %	<b>27.1</b>
<b>Caracterización del Suelo</b>	
- Clasificación SUCS	<b>SP</b>
- Clasificación AASHTO	<b>A-3 (0)</b>

OBSERVACIONES:  
 - Material proporcionado por el solicitante.

## PRUEBA DE HIPÓTESIS

### CALIFORNIA BERING RATIO (C.B.R.) AL 95% Y A LA PENETRACIÓN de 0.1”

Para la prueba de hipótesis se realizó el procesamiento de los resultados (datos) de C.B.R., obtenidos con la adición de cal con ceniza de cáscara de arroz (C.C.A.) en cuatro porcentajes diferentes de (10% de cal con 7.5% de C.C.A.), (10% de cal con 15% de C.C.A.), (10% de cal con 20% de C.C.A) y (10% de cal con 25% de C.C.A) a muestras de suelos extraídos de tres calicatas (C-01, C-02 y C-03), Para lograr la comprobación de la hipótesis específica y llegar a la decisión estadística, por lo cual se planteó la hipótesis nula (H0) y la hipótesis Alternativa (H1), que son las siguientes:

- H0: La aplicación de cal con ceniza de cáscara de arroz no aportará resistencia a la penetración mediante el ensayo de C.B.R. en el suelo arenoso, en el mejoramiento de las propiedades mecánicas en la subrasante de suelos arenosos.
- H1: La aplicación de cal con ceniza de cáscara de arroz aportará resistencia a la penetración mediante el ensayo de C.B.R. en el suelo arenoso, en el mejoramiento de las propiedades mecánicas en la subrasante de suelos arenosos.
- Para mayor conformidad en la prueba de hipótesis se opta por un nivel de significancia de  $\alpha = 0.05$  (5%) que sería un porcentaje de intervalo de confianza de 95 %, Por lo tanto, la regla de decisión establecida es que si  $p \leq 0.05$  se rechaza la hipótesis nula .

#### **1. Grupo: C.B.R. + 0% / C.B.R + (10%de cal con 7.5% de C.C.A.)**

Se logró con la adición de cal con C.C.A. (10% con 7.5%) obtener aumento de Valor relativo de C.B.R., De lo cual como paso principal se realizó la prueba de normalidad de datos a los valores obtenidos en los ensayos de laboratorio de mecánica de suelo.

item	grupos	CBR_10_7.5
CALICATA_1	pre test	17,00
CALICATA_2	pre test	16,50
CALICATA_3	pre test	16,60
CALICATA_1	post test _10%+7.5%	33,20
CALICATA_2	post test _10%+7.5%	34,10
CALICATA_3	post test _10%+7.5%	32,20

### Pruebas de normalidad

grupos	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
CBR_10_7.5 pre test	,314	3	.	,893	3	,363
post test _10%+7.5%	,181	3	.	,999	3	,942

a. Corrección de significación de Lilliefors

### Interpretación:

La muestra al disponer de grados de libertad menores a 30, se considera trabajar con los contrastes de **Shapiro-Wilk**, la cual podemos conocer que posee un nivel de significancia (Sig.) de **0.893 y 0.999**, al tener ambos datos mayores al 0.05, se define que se trabajara con la prueba paramétrica **T de Student** (muestras independientes)

### Estadísticas de grupo

grupos	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
CBR_10_7.5 pre test	3	16,7000	,26458	,15275
post test _10%+7.5%	3	33,1667	,95044	,54874

### Prueba de muestras independientes

		Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
									Inferior	Superior
CBR_10_7.5	Se asumen varianzas iguales	2,041	,226	-28,909	4	,000	-16,46667	,56960	-18,04813	-14,88520
	No se asumen varianzas iguales			-28,909	2,308	,001	-16,46667	,56960	-18,62916	-14,30417

### Interpretación:

Se observa que estadísticamente existen diferencias significativas entre las medias que han analizado, así mismo se observa un margen de error ( $p =$  significancia bilateral) de 0.000 y 0.001 (ambos menores a 0.05). Dando por conclusión que el tratamiento con el (10% de cal y con 7.5% de C.C.A.) ha sido efectivo, por lo que, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna.

### 2. Grupo: C.B.R. + 0% / C.B.R. + (10% de cal con 15% de C.C.A.)

Se logró con la adición de cal con C.C.A. (10% con 15%) obtener aumento de Valor relativo de C.B.R., De lo cual como paso principal se realizó la prueba de normalidad de datos a los valores obtenidos en los ensayos de laboratorio de mecánica de suelo.

item	grupos	CBR_10_15
CALICATA_1	pre test	17,00
CALICATA_2	pre test	16,50
CALICATA_3	pre test	16,60
CALICATA_1	post test_10%+15%	40,20
CALICATA_2	post test_10%+15%	41,70
CALICATA_3	post test_10%+15%	41,70

#### Pruebas de normalidad

grupos	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
CBR_10_15 pre test	,314	3	.	,893	3	,363
post test_10%+15%	,385	3	.	,750	3	,000

a. Corrección de significación de Lilliefors

### Interpretación:

La muestra al disponer de grados de libertad menores a 30, se considera trabajar con los contrastes de **Shapiro-Wilk**, la cual podemos conocer que posee un nivel de significancia (Sig.) de **0.893 y 0.750**, al tener ambos datos mayores al 0.05, se define que se trabajara con la prueba paramétrica **T de Student** (muestras independientes).

### Estadísticas de grupo

grupos	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
CBR_10_15 pre test	3	16,7000	,26458	,15275
post test_10%+15%	3	41,2000	,86603	,50000

### Prueba de muestras independientes

		Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
									Inferior	Superior
CBR_10_15	Se asumen varianzas iguales	7,000	,057	-46,862	4	,000	-24,50000	,52281	-25,95156	-23,04844
	No se asumen varianzas iguales			-46,862	2,370	,000	-24,50000	,52281	-26,44423	-22,55577

### Interpretación:

Se observa que estadísticamente existen diferencias significativas entre las medias que han analizado, así mismo se observa un margen de error ( $p =$  significancia bilateral) de 0.000 y 0.000 (ambos menores a 0.05). Dando por conclusión que el tratamiento con el (10% de cal y con 15% de C.C.A.) ha sido efectivo, por lo que, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna.

### 3. Grupo: C.B.R. + 0% / C.B.R. + (10%de cal con 20% de C.C.A.)

Se logró con la adición de cal con C.C.A. (10% con 20%) obtener aumento de Valor relativo de C.B.R., De lo cual como paso principal se realizó la prueba de normalidad de datos a los valores obtenidos en los ensayos de laboratorio de mecánica de suelo.

item	grupos	CBR_10_20
CALICATA_1	pre test	17,00
CALICATA_2	pre test	16,50
CALICATA_3	pre test	16,60
CALICATA_1	post test_10%+20%	43,70
CALICATA_2	post test_10%+20%	41,80
CALICATA_3	post test_10%+20%	46,00

### Pruebas de normalidad

grupos	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
CBR_10_20	pre test	,314	3	,893	3	,363
	post test_10%+20%	,192	3	,997	3	,895

a. Corrección de significación de Lilliefors

### Interpretación:

La muestra al disponer de grados de libertad menores a 30, se considera trabajar con los contrastes de **Shapiro-Wilk**, la cual podemos conocer que posee un nivel de significancia (Sig.) de **0.893 y 0.997**, al tener ambos datos mayores al 0.05, se define que se trabajara con la prueba paramétrica **T de Student** (muestras independientes).

### Estadísticas de grupo

grupos	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
CBR_10_20	pre test	3	16,7000	,26458
	post test_10%+20%	3	43,8333	2,10317

### Prueba de muestras independientes

		Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias					95% de intervalo de confianza de la diferencia	
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	Inferior	Superior
CBR_10_20	Se asumen varianzas iguales	3,564	,132	-22,171	4	,000	-27,13333	1,22384	-30,53125	-23,73542
	No se asumen varianzas iguales			-22,171	2,063	,002	-27,13333	1,22384	-32,24729	-22,01937

### Interpretación:

Se observa que estadísticamente existen diferencias significativas entre las medias que han analizado, así mismo se observa un margen de error ( $p =$  significancia bilateral) de 0.000 y 0.002 (ambos menores a 0.05). Dando por conclusión que el tratamiento con el (10% de cal y con 20% de C.C.A.) ha sido efectivo, por lo que, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna.



#### 4. Grupo: C.B.R. + 0% / C.B.R. + (10%de cal con 25% de C.C.A.)

Se logró con la adición de cal con C.C.A. (10% con 25%) obtener aumento de Valor relativo de C.B.R., De lo cual como paso principal se realizó la prueba de normalidad de datos a los valores obtenidos en los ensayos de laboratorio de mecánica de suelo.

item	grupos	CBR_10_25
CALICATA_1	pre test	17,00
CALICATA_2	pre test	16,50
CALICATA_3	pre test	16,60
CALICATA_1	post test_10%+25%	20,70
CALICATA_2	post test_10%+25%	22,30
CALICATA_3	post test_10%+25%	22,40

#### Pruebas de normalidad

grupos	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
CBR_10_25 pre test	,314	3	.	,893	3	,363
post test_10%+25%	,367	3	.	,794	3	,100

a. Corrección de significación de Lilliefors

#### Interpretación:

La muestra al disponer de grados de libertad menores a 30, se considera trabajar con los contrastes de **Shapiro-Wilk**, la cual podemos conocer que posee un nivel de significancia (Sig.) de **0.893 y 0.794**, al tener ambos datos mayores al 0.05, se define que se trabajara con la prueba paramétrica **T de Student** (muestras independientes).

#### Estadísticas de grupo

grupos	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
CBR_10_25 pre test	3	16,7000	,26458	,15275
post test_10%+25%	3	21,8000	,95394	,55076

Prueba de muestras independientes										
		Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
									Inferior	Superior
CBR_10_25	Se asumen varianzas iguales	7,529	,052	-8,923	4	,001	-5,10000	,57155	-6,68687	-3,51313
	No se asumen varianzas iguales			-8,923	2,306	,008	-5,10000	,57155	-7,27155	-2,92845

### Interpretación:

Se observa que estadísticamente existen diferencias significativas entre las medias que han analizado, así mismo se observa un margen de error ( $p =$  significancia bilateral) de 0.000 y 0.008 (ambos menores a 0.05). Dando por conclusión que el tratamiento con el (10% de cal y con 25% de C.C.A.) ha sido efectivo, por lo que, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna.

### **RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN INCONDINADA (R.C.I.)**

Para la prueba de hipótesis se realizó el procesamiento de los resultados (datos) del R.C.I. obtenidos con la adición de cal con ceniza de cáscara de arroz (C.C.A.) en cuatro porcentajes diferentes de (10% de cal con 7.5% de C.C.A.), (10% de cal con 15% de C.C.A.), (10% de cal con 20% de C.C.A.) y (10% de cal con 25% de C.C.A.) a muestras de suelos extraídos de tres calicatas (C-01, C-02 y C-03), Para lograr la comprobación de la hipótesis específica y llegar a la decisión estadística, por lo cual se planteó la hipótesis nula ( $H_0$ ) y la hipótesis Alterna ( $H_1$ ), que son las siguientes:

- $H_0$ : La aplicación de cal con ceniza de cáscara de arroz no aumentará el valor de la cohesión en el suelo arenoso, en el mejoramiento de las propiedades mecánicas en la subrasante de suelos arenosos.
- $H_1$ : La aplicación de cal con ceniza de cáscara de arroz aumentará el valor de la cohesión en el suelo arenoso, en el mejoramiento de las propiedades mecánicas en la subrasante de suelos arenosos.

Para mayor conformidad en la prueba de hipótesis se opta por un nivel de significancia de  $\alpha = 0.05$  (5%) que sería un porcentaje de intervalo de confianza de 95 %, Por lo tanto, la regla de decisión establecida es que si  $p \leq 0.05$  se rechaza la hipótesis nula.

### 1. Grupo: R.C.I. 0% / R.C.I. + (10%de cal con 7.5% de C.C.A.)

Se logró con la adición de cal con C.C.A. (10% con 7.5%) obtener una resistencia cohesiva, de lo cual como paso principal se realizó la prueba de normalidad de datos a los valores obtenidos en los ensayos de laboratorio de mecánica de suelo.

item	grupos	CRI_10_7.5
CALICATA_1	pre test	,00
CALICATA_2	pre test	,00
CALICATA_3	post test _10%+7.5%	,00
CALICATA_1	post test _10%+7.5%	,47
CALICATA_2	post test _10%+7.5%	,45
CALICATA_3	post test _10%+7.5%	,44

#### Pruebas de normalidad

grupos	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
CRI_10_7.5 pre test	.	2	.			
post test _10%+7.5%	,420	4	.	,682	4	,007

a. Corrección de significación de Lilliefors

#### Interpretación:

La muestra al disponer de grados de libertad menores a 30, se considera trabajar con los contrastes de **Shapiro-Wilk**, la cual podemos conocer que posee un nivel de significancia (Sig.) de **0.0 y 0.682**, al tener al menos un dato mayor al 0.05, se define que se trabajará con la prueba paramétrica **T de Student** (muestras independientes).

### Estadísticas de grupo

grupos	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
CRI_10_7.5 pre test	2	,0000	,00000	,00000
post test_10%+7.5%	4	,3400	,22701	,11350

### Prueba de muestras independientes

		Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
									Inferior	Superior
CRI_10_7.5	Se asumen varianzas iguales	3,952	,118	-1,997	4	,117	-,34000	,17026	-,81271	,13271
	No se asumen varianzas iguales			-2,995	3,000	,058	-,34000	,11350	-,70122	,02122

### Interpretación:

Se observa que estadísticamente existen diferencias significancias entre las medias que han analizado, así mismo se observa un margen de error ( $p =$  significancia bilateral) de **0.117 y 0.058** (ambos mayores a 0.05). Dando por conclusión que el tratamiento con el (10% de cal con 7.5% de C.C.A.) no ha sido efectivo, por lo que, no se acepta la hipótesis nula y no se acepta la hipótesis alterna.

### 2. Grupo: R.C.I. 0% / R.C.I. + (10%de cal con 15% de C.C.A.)

Se logró con la adición de cal con C.C.A. (10% con 15%) obtener una resistencia, De lo cual como paso principal se realizó la prueba de normalidad de datos a los valores obtenidos en los ensayos de laboratorio de mecánica de suelo.

item	grupos	RCI_10_15
CALICATA_1	pre test	,00
CALICATA_2	pre test	,00
CALICATA_3	post test_10%+15%	,00
CALICATA_1	post test_10%+15%	,69
CALICATA_2	post test_10%+15%	,67
CALICATA_3	post test_10%+15%	,69

### Pruebas de normalidad

grupos	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
RCI_10_15 pre test	.	2	.			
post test_10%+15%	,428	4	.	,651	4	,003

a. Corrección de significación de Lilliefors

### Interpretación:

La muestra al disponer de grados de libertad menores a 30, se considera trabajar con los contrastes de **Shapiro-Wilk**, la cual podemos conocer que posee un nivel de significancia (Sig.) de **0.0 y 0.651**, al tener al menos un dato mayor al 0.05, se define que se trabajará con la prueba paramétrica **T de Student** (muestras independientes).

### Estadísticas de grupo

grupos	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
RCI_10_15 pre test	2	,0000	,00000	,00000
post test_10%+15%	4	,5125	,34180	,17090

### Prueba de muestras independientes

		Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias				95% de intervalo de confianza de la diferencia		
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	Inferior	Superior
RCI_10_15	Se asumen varianzas iguales	3,988	,117	-1,999	4	,116	-,51250	,25635	-1,22423	,19923
	No se asumen varianzas iguales			-2,999	3,000	,058	-,51250	,17090	-1,05637	,03137

### Interpretación:

Se observa que estadísticamente existen diferencias significancias entre las medias que han analizado, así mismo se observa un margen de error ( $p =$  significancia bilateral) de **0.116 y 0.058** (ambos mayores a 0.05). Dando por conclusión que el tratamiento con el (10% de cal con 15% de C.C.A.) no ha sido efectivo, por lo que, no se rechaza la hipótesis nula y no se acepta la hipótesis alterna.

### 3.0 Grupo: R.C.I. 0% / R.C.I. + (10%de cal con 20% de C.C.A.)

Se logró con la adición de cal con C.C.A. (10% con 20%) obtener una resistencia cohesiva, de lo cual como paso principal se realizó la prueba de normalidad de datos a los valores obtenidos en los ensayos de laboratorio de mecánica de suelo.

item	grupos	RCI_10_20
CALICATA_1	pre test	,00
CALICATA_2	pre test	,00
CALICATA_3	post test_10%+20%	,00
CALICATA_1	post test_10%+20%	,90
CALICATA_2	post test_10%+20%	,93
CALICATA_3	post test_10%+20%	,90

#### Pruebas de normalidad

grupos	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
RCI_10_20 pre test	.	2	.			
RCI_10_20 post test_10%+20%	,434	4	.	,657	4	,003

a. Corrección de significación de Lilliefors

#### Interpretación:

La muestra al disponer de grados de libertad menores a 30, se considera trabajar con los contrastes de **Shapiro-Wilk**, la cual podemos conocer que posee un nivel de significancia (Sig.) de **0.0 y 0.657**, al tener ambos datos mayores al 0.05, se define que se trabajara con la prueba paramétrica **T de Student** (muestras independientes).

#### Estadísticas de grupo

grupos	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
RCI_10_20 pre test	2	,0000	,00000	,00000
RCI_10_20 post test_10%+20%	4	,6825	,45522	,22761

**Prueba de muestras independientes**

		Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
									Inferior	Superior
RCI_10_20	Se asumen varianzas iguales	3,985	,117	-1,999	4	,116	-,68250	,34141	-1,63042	,26542
	No se asumen varianzas iguales			-2,999	3,000	,058	-,68250	,22761	-1,40686	,04186

**Interpretación:**

Se observa que estadísticamente existen diferencias significativas entre las medias que han analizado, así mismo se observa un margen de error ( $p =$  significancia bilateral) de **0.116 y 0.058** (ambos mayores a 0.05). Dando por conclusión que el tratamiento con el (10% de cal con 20% de C.C.A.) no ha sido efectivo, por lo que, no se rechaza la hipótesis nula y no se acepta la hipótesis alterna.

**4.0 Grupo: R.C.I. 0% / R.C.I. + (10%de cal con 25% de C.C.A.)**

Se logró con la adición de cal con C.C.A. (10% con 25%) obtener una resistencia cohesiva, de lo cual como paso principal se realizó la prueba de normalidad de datos a los valores obtenidos en los ensayos de laboratorio de mecánica de suelo.

item	grupos	RCI_10_25
CALICATA_1	pre test	,00
CALICATA_2	pre test	,00
CALICATA_3	post test_10%+25%	,00
CALICATA_1	post test_10%+25%	,44
CALICATA_2	post test_10%+25%	,47
CALICATA_3	post test_10%+25%	,46

**Pruebas de normalidad**

		Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
grupos		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
RCI_10_25	pre test	.	2	.			
	post test_10%+25%	,415	4	.	,679	4	,006

a. Corrección de significación de Lilliefors

## Interpretación:

La muestra al disponer de grados de libertad menores a 30, se considera trabajar con los contrastes de **Shapiro-Wilk**, la cual podemos conocer que posee un nivel de significancia (Sig.) de **0.0 y 0.679**, al tener al menos un dato mayor al 0.05, se define que se trabajará con la prueba paramétrica **T de Student** (muestras independientes).

### Estadísticas de grupo

grupos		N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
RCI_10_25	pre test	2	,0000	,00000	,00000
	post test_10%+25%	4	,3425	,22867	,11434

### Prueba de muestras independientes

		Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias					95% de intervalo de confianza de la diferencia	
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	Inferior	Superior
RCI_10_25	Se asumen varianzas iguales	3,953	,118	-1,997	4	,117	-,34250	,17151	-,81868	,13368
	No se asumen varianzas iguales			-2,996	3,000	,058	-,34250	,11434	-,70637	,02137

## Interpretación:

Se observa que estadísticamente existen diferencias significancias entre las medias que han analizado, así mismo se observa un margen de error ( $p$ = significancia bilateral) de **0.117 y 0.058** (ambos mayores a 0.05). Dando por conclusión que el tratamiento con el (10% de cal con 25% de C.C.A.) no ha sido efectivo, por lo que, no se rechaza la hipótesis nula y no se acepta la hipótesis alterna.