

UNIVERSIDAD SAN PEDRO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



“Evaluación de la Capacidad de Soporte (CBR) del
afirmado de la cantera Sol de Huarmey mediante la adición
de ceniza de cáscara de arroz”

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

Autor:

Cenizario Hualcas Kevin Alexis

Asesor:

Ing. Flores Reyes Gumercindo

Chimbote - Perú

2022

PALABRAS CLAVES

TEMA	CAPACIDAD DE SOPORTE
ESPECIALIDAD	PAVIMENTOS

KEYWORDS

SUBJECT	SUPPORT CAPACITY
SPECIALTY	PAVEMENTS

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

PROGRAMA		INGENIERÍA CIVIL
LÍNEA DE INVESTIGACIÓN		INFRAESTRUCTURA VIAL
OCDE	ÁREA	INGENIERÍA Y TECNOLOGÍA
	SUB - ÁREA	INGENIERÍA CIVIL
	DISCIPLINA	CONSTRUCCIÓN SOSTENIBLE

**“EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE
(CBR) DEL AFIRMADO DE LA CANTERA SOL DE
HUARMEY MEDIANTE LA ADICIÓN DE CENIZA DE
CÁSCARA DE ARROZ”**

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue conocer el comportamiento del afirmado de la cantera Sol de Huarmey cuando se le agregó 3%, 5% y 8% de ceniza de cascarilla de arroz. Este es un estudio aplicado y es similar en diseño a un estudio experimental usando métodos cuantitativos. Para llevar a cabo el estudio se realizaron pruebas de laboratorio (Granulometría, Contenido de humedad, límite de Atterberg, Proctor modificado y CBR) en la Universidad San Pedro, sobre nuestras muestras patrón y muestras experimentales; estos resultados fueron tabulados y finalmente los resultados analizados, discutidos e interpretados. Las herramientas utilizadas son: hojas de datos de laboratorio y fuentes primarias. Los resultados obtenidos se describen a continuación: la resistencia de la muestra patrón fue del 29% al 100% MDS y del 23% al 95% MDS; para la muestra experimental con 3% de CCA adicionado se obtuvo 45,9% de resistencia al 100% de MDS, al 31,5% se obtuvo resistencia al 95% de MDS, mientras que para la muestra experimental con 5% de CCA adicionado se obtuvo 55,5% de resistencia al 100% de MDS y 34,3% a 95% MDS, y finalmente para la muestra experimental con 8% de adición de CCA, resistencia de 33,1% a 100% MDS y 26,1% a 95% MDS. Se concluyó que agregar un porcentaje de CCA del 5% fue el porcentaje que mejores resultados nos dio en cuanto a incrementar la capacidad de soporte (CBR) del afirmado.

ABSTRACT

The objective of this study was to know the behavior of the affirmed of the Sol de Huarmey quarry when 3%, 5% and 8% of rice husk ash were added. This is an applied study and is similar in design to an experimental study using quantitative methods. To carry out the study, laboratory tests (Granulometry, Moisture content, Atterberg limit, modified Proctor and CBR) were carried out at the San Pedro University, on our standard samples and experimental samples; these results were tabulated and finally the results were analyzed, discussed and interpreted. The tools used are: laboratory data sheets and primary sources. The results obtained are described below: the resistance of the standard sample was from 29% to 100% MDS and from 23% to 95% MDS; for the experimental sample with 3% CCA added, 45.9% resistance to 100% MDS was obtained, at 31.5% resistance to 95% MDS was obtained, while for the experimental sample with 5% CCA added 55.5% resistance to 100% MDS and 34.3% to 95% MDS were obtained, and finally for the experimental sample with 8% addition of CCA, resistance of 33.1% to 100% MDS and 26, 1% to 95% MDS. It was concluded that adding a CCA percentage of 5% was the percentage that gave us the best results in terms of increasing the bearing capacity (CBR) of the affirmed.

ÍNDICE GENERAL

PALABRAS CLAVES	i
TÍTULO	ii
RESUMEN	iii
ABSTRACT	iv
I) INTRODUCCIÓN	1
1. Antecedentes y fundamentación científica	1
2. Justificación de la investigación	12
3. Problema	12
4. Conceptuación y Operacionalización de variables	13
5. Hipótesis	16
6. Objetivos	16
II) METODOLOGÍA	16
1. Tipo y diseño de investigación	16
2. Población y muestra	17
3. Técnicas e Instrumentos de Investigación	17
4. Validez y Confiabilidad	17
5. Procesamiento y Análisis de la Información	18
III) RESULTADOS	19
IV) ANÁLISIS Y DISCUSIÓN	44
V) CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	45
1. Conclusiones	45
2. Recomendaciones	47
VI) REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	48
VII) AGRADECIMIENTOS	51
VIII) ANEXOS Y APÉNDICES	51

I. INTRODUCCIÓN

1. Antecedentes Y Fundamentación Científica

Antecedentes

Según las investigaciones bibliográficas relacionadas con el tema del proyecto se ha encontrado las siguientes investigaciones.

A nivel Internacional

Caamaño, M. (2016), en su trabajo titulado “Mejora de subsuelos blandos por adición de cascarilla de arroz y su efecto sobre los módulos resilientes”, concluyó que la ceniza de cascarilla de arroz ayuda a reducir la plasticidad, lo que se refleja en la mejora de la consistencia y el comportamiento físico de los materiales base de la carretera, y al mismo tiempo indica que la CCA es un aporte importante para la resistencia no confinada del material, lo que aumenta éste y los cambios de estado inicial en más del 100%, respecto a los cambios obtenidos con la adición de 4% de CCA, se deben a que la CCA, por sus propiedades puzolánicas, produce un efecto cementante en el subsuelo, lo que conduce a un aumento de la resistencia del material.

Carvajal, O. (2018), en su trabajo “Mejora del material de afirmado en la cantera la esmeralda por adición de ceniza de cascarilla de arroz y material de reciclaje de impresiones”, concluyó que la resistencia aprobada en estado natural fue de 11.45%, la cual mejoró significativamente al agregar CCA para llegar a 55.16% de resistencia al aportar 5% del material de CCA, por lo que se demostró que la CCA mejora las propiedades físicas y mecánicas del material.

Barragan, G. & Cuervo, C. (2019), en su artículo “Análisis físico - mecánico de la añadidura de ceniza de cáscara de arroz a un suelo areno - arcilloso”, concluyó que la adición de 1% de CCA a un suelo arenoso aumenta su resistencia, pero considerando el valor mínimo de CBR aprobado por INVIAS, que hace que el subsuelo sea continuo y requiera estabilización, no es suficiente para aumentarlo significativamente, porque el CBR de la muestra natural es de 1,6%, pero la adición de 1% CCA aumenta el CBR al 1,9%.

A nivel Nacional

Kuro, M. & Barzola, V. (2019), en su trabajo "Mejoramiento de la durabilidad de capas asfálticas añadiendo ceniza de cascarilla de arroz en la cantera Santa Rosa - Puente Piedra - 12 km" concluyó que utilizando CCA estabilizado al 10% y 20% la base, sub-base y subrasante, logra un aumento en la capacidad portante de cada capa estructural, por lo tanto es cierto que el espesor de la capa estructural del pavimento es inversamente proporcional a la ceniza de cascarilla de arroz, también aclaró que la CCA es el elemento estabilizador, llamado dióxido de silicio. En base a sus propiedades químicas, el material, al ser incorporado al sustrato, puede aumentar su capacidad de soporte en un 20% respecto a su estado natural.

Arevalo, T. & Lopez, D. (2020), concluyen en su artículo "Adición de ceniza de cáscara de arroz para mejorar la resistencia del concreto en la región de San Martín. Las resistencias a la compresión de las muestras estándar después de 28 días fueron 176,53 kg/cm² y 210,35 kg/cm², respectivamente, y las resistencias a la compresión después de agregar 2 % de CCA aumentaron un 0,64 % y un 1,65 %, respectivamente, en comparación con la resistencia a la compresión inicial. Al igual que la resistencia a la flexión de las probetas prismáticas de concreto, el módulo de ruptura de las probetas patrón a la edad de 28 días es de 39.34 kg/cm² y 46.06 kg/cm², respectivamente, y después de agregar 2 % de CCA la resistencia a la flexión aumenta en un 5,67 % y un 3,84 % respecto a su resistencia original.

López, B. (2021), en su artículo "Estabilización de suelos arcillosos utilizando ceniza de cáscara de arroz para mejorar la subrasante en el sitio de Moyobamba, provincia de San Martín", concluyó que se mezcló CCA con las muestras de arcilla analizadas para obtener los siguientes resultados: El suelo natural tiene un CBR de 3,96 %; aumenta a 6,90% con 5% de CCA; 9,60% de CBR con 10% CCA y 10,5% de CBR con 15% CCA. Por lo tanto, existe una correlación positiva entre la CCA y el CBR porque a medida que aumenta el contenido de CCA, también aumenta el CBR de la arcilla.

A nivel Local

Aznarán, B. (2018), en su artículo "Resistencia a la compresión de mortero con cemento reemplazado con el 9% de ceniza de cáscara de arroz y 6% de ceniza de

concha de choro". La resistencia a compresión a los 28 días fue de 293,12 kg/cm², la adición de 9% CCA y 6% CCC redujo la resistencia a compresión a 221,47 kg/cm², sin embargo, la resistencia a compresión sigue siendo aceptable ya que estos morteros están clasificados como morteros tipo M (ASTM C – 270), y para lograr esto la resistencia debe ser de al menos 175 kg/cm².

Paredes, G. (2019), en su artículo “Resistencia a la compresión de un concreto $f'_c = 280$ kg/cm² adicionando cenizas de cáscara de arroz y conchas de abanico”, concluyó que la resistencia a la compresión de la muestra patrón a la edad de 28 días fue de 282,75 kg/cm², la cual se incrementó a 315,71 kg/cm² al adicionar 10% de CCA y 5% CCA, lo cual está relacionado a que la CCA es considerado un material puzolánico según la norma puzolánica ASTM C618 - 2015 debido a su composición química.

Fundamentación Científica

Pavimento

MTC, (2014) Define el pavimento como una estructura multicapa construida sobre la superficie de la carretera para distribuir y resistir las fuerzas generadas por los vehículos.

Partes De Un Pavimento

MTC, (2014) Por lo general, el pavimento presenta las siguientes capas:

- **Capa de Rodadura:** Es la capa preferente de la superficie de la carretera, ya sea de asfalto (flexible), hormigón de cemento portland (duro) o adoquín, cuya oficio es soportar dogmáticamente el tráfico.
- **Base:** Es la capa debajo de la superficie cuyo empleo principal es soportar, transferir y distribuir cargas de tráfico. La capa será de material granular drenante ($CBR \geq 80\%$) o tratado con cal, cemento o asfalto.
- **Sub - Base:** Es una capa que cuenta con material apropiado tratado y moldeado para sostener las capas base y superficial. Pendiendo del tipo, diseño y dimensión del recubrimiento, se puede excluir esta capa. Esta capa actúa como control de la acción capilar del agua. La capa será de material granular ($CBR \geq 40\%$) o tratada con cal, cemento o asfalto.

Tipos De Pavimento:

MTC, (2014) señala que básicamente los tipos de pavimentos son tres:

- Pavimentos Flexibles: Es una distribución de pavimento concertada por capas granulares (base y sub - base) y como capa de rodadura una carpeta construida con bastos bituminosos como aglomerantes, agregados y deses el caso aditivos. Primariamente se considera como capa de rodadura asfáltica sobre capas granulares: mortero asfáltico, micro - pavimentos, macadam asfáltico, mezclas asfálticas en frío y caliente.
- Pavimentos Rígidos: Es un arreglo de suelo constituido en su totalidad por una sub - base granular, pero este manto también puede ser una base granular reforzada con cemento, asfalto o cal.
- Pavimentos Semiduros: Es una distribución de suelo formada esencialmente por capuces asfálticas con un volumen total bituminoso (carpeta asfáltica en caliente sobre base tratada con asfalto)

Suelos

Braja (2013) define suelo como un agregado de partículas minerales no consolidadas y elemento orgánico descompuesto (partículas sólidas) con presencia de líquidos y gases en las zonas entre las partículas consistentes.

Tipos de Suelos

Crespo (2004) indica que los suelos más comunes son:

- Grava: Estos son fragmentos de roca suelta con un diámetro de más de 2 milímetros. Por ser materia suelta, se pueden encontrar en lechos de ríos, márgenes de ríos y conos de expansión, y en depresiones del suelo rellenadas por los ríos que las transportan.
- Arena: Es el nombre que recibe el material de grano fino obtenido por erosión o trituración artificial de rocas con partículas entre 2 mm y 0,05 mm de diámetro. La arena es mucho menos comprimible que la arcilla y se comprime inmediatamente cuando se coloca una carga sobre su superficie.
- Limo: Una superficie de grano fino con insuficiente o carente plasticidad,

ya sea depósitos inorgánicos de canteras o depósitos orgánicos que se encuentran comúnmente en los ríos. Diámetro de partículas de 0,05 mm a 0,005 mm. Los sedimentos orgánicos se caracterizan por una permeabilidad muy baja y una compresibilidad alta. La precipitación, si no se compacta, generalmente se considera suelo pobre.

- Arcilla: Es el nombre que reciben las partículas sólidas de menos de 0,005 mm de diámetro, cuya masa se vuelve plástica al mezclarse con agua. Químicamente, la arcilla es silicato de aluminio hidratado, que a veces presenta silicato de magnesio hidratado o silicato de hierro.

Crespo (2004) muestra algunos símbolos para representar los suelos.

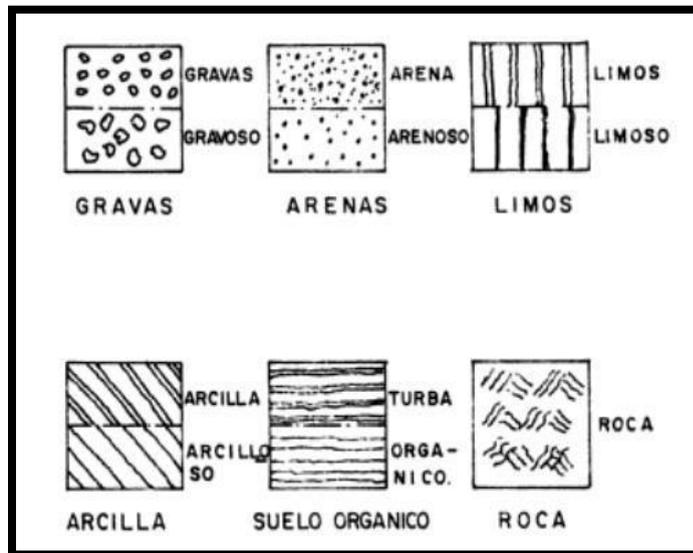


Figura 1: Mecánica de suelos y cimentaciones (Crespo, 2004)

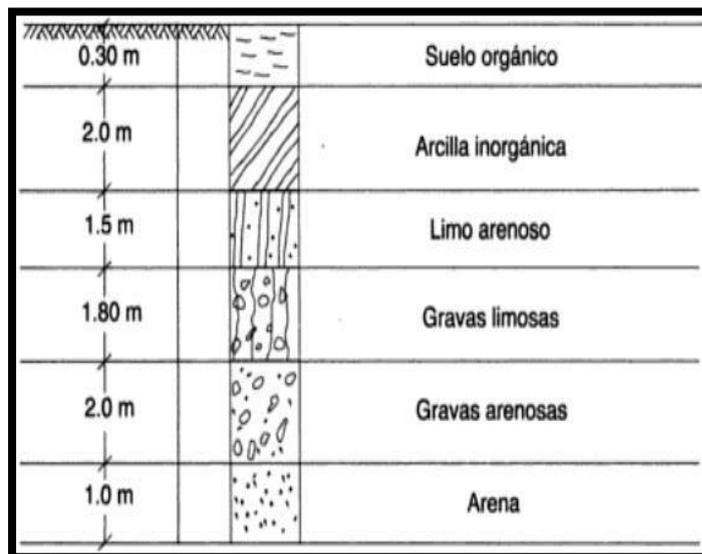


Figura 2: Mecánica de suelos y cimentaciones (Crespo, 2004)

Clasificación de los Suelos

Crespo (2004) señala que los suelos se clasifican en:

- Suelos cohesivos: Estas son sustancias que tienen cohesión, es decir, atracción entre moléculas, como la arcilla.
- Suelos no cohesivos: Se forman a partir de granos de roca no cementados, como arena y grava.

Estabilización de suelos

López (2021) Se dice que la estabilización de suelos es un juicio que consiste en optimizar el comportamiento de desproporción de un suelo en particular, es decir, mejorar las propiedades del suelo para que sea apto para el proceso de construcción.

Métodos de estabilización de suelos

Mory (2020) muestra que hay tres métodos de estabilización que aumentan la resistividad del suelo:

- Estabilización Física: Se basa en la mejora del suelo mediante la realización de cambios físicos en el suelo. Los métodos más comunes disponibles son: flotación vibratoria, mezclas de suelo, uso de geotextiles y preconsolidación.
- Estabilización Química: Se basa en la mejora del suelo mediante agentes o productos químicos, cuyo uso se basa principalmente en la reposición de iones metálicos y cambios en la distribución del suelo que intervienen en el proceso. Estos productos químicos pueden incluir: cal, cemento portland, cloruro de sodio, polímeros, productos de asfalto, etc.
- Estabilización Mecánica: Se basa en perfeccionar el suelo sin cambiar su composición y estructura. Este espécimen de estabilización se logra mediante la compactación, lo que ayudará a reducir los vacíos en el suelo.

El afirmado

MTC, (2014) Definición de capas positivas como capas compactadas de material granular natural o procesado cuya función es el esfuerzo y la tensión de soportar

directamente el tráfico vehicular. Este material debe poseer la suma correcta de material pegajoso fino para permitir que las partículas se adhieran entre sí. Se utiliza como banda de rodadura en carreteras y caminos de tierra.

Estudio de mecánica de suelos

La importancia del estudio de la mecánica de suelos es la capacidad de decretar las propiedades mecánicas y físicas del suelo y su capacidad para resistir las cargas de cimentación mediante pruebas o ensayos que se realizan en sitio y se analizan en laboratorio.

Zegarra (2018) Muestra que el estudio de la mecánica de suelos permite comprender cómo se comportan los materiales durante el movimiento del suelo o cuando la ingeniería se pone en servicio, soportan cargas repetidas y se ven afectados por factores atmosféricos.

Ensayos de Laboratorio

Se necesitan estudios de campo y laboratorio para evaluar el comportamiento del suelo en diferentes condiciones y determinar sus propiedades físicas.

Ensayo de Análisis Granulométrico:

Botía (2015) Tenga en cuenta que el análisis del tamaño de las partículas es la separación de las partículas del suelo en diferentes tamaños utilizando mallas o un tamiz con hendiduras cuadradas. Las partículas durante la agitación se fraccionaron, pesaron y dejaron como porcentaje de la masa total de la muestra. Aunque se cree que no es posible determinar físicamente el tamaño exacto de las partículas individuales, las pruebas de tamaño de partículas permiten el análisis de partículas utilizando una amplia gama de tamaños de grupo. La malla 200 (0,075 mm) generalmente se considera el estándar para la clasificación de suelos; tanto delgado como grueso. Finalmente, mediante una parábola de repartición donde el eje x incumbe a los diámetros de las partículas y el eje y incumbe al porcentaje registrado, se muestra el porcentaje cercano de inmediatez a la altura real.

Ensayo de Contenido de Humedad:

Botía (2015) Se ha establecido que la humedad del suelo es la correspondencia entre la masa de agua que puede retenerse en la estructura esponjosa del suelo y la masa de las partículas del suelo. La humedad del suelo también se define como

la suma de agua libre, agua capilar y agua higroscópica. Existen varios métodos para determinar la humedad del suelo, pero el más común en ingeniería civil es el método de secado. La determinación de la humedad del suelo es esencial para las propiedades del suelo, como la pegajosidad, la consistencia, el cambio de volumen y la estabilidad mecánica.

Ensayo de Límite Líquido:

Botía (2015) El límite líquido se precisa como el porcentaje de humedad del suelo por debajo del nivel en el que se produce la plasticidad. Cuando el porcentaje de humedad en la tierra supera el límite líquido, se comportan como un líquido viscoso. El límite elástico no solo es un parámetro importante para la clasificación del suelo, sino también para identificar posibles problemas volumétricos, evaluar la contracción en caso de un problema de compresión y, junto con la ductilidad, predecir la densidad máxima en estudios de compresión.

Ensayo de Límite Plástico:

Botía (2015) Demuestra que Atterberg definió el límite elástico como el límite entre la plasticidad y la semidureza del suelo. En el laboratorio, este límite se delimita como el contenido de humedad en el que las partículas que tienen aproximadamente un diámetro de 3 mm comienzan a desmoronarse y desintegrarse. La plasticidad es la resta entre el límite líquido y el límite plástico. La baja plasticidad significa que un ligero aumento en la humedad del suelo hará que pase de un estado semisólido a un estado líquido, que es muy sensible a las permutaciones en el contenido de humedad. Por el paradójico, un alto índice de plasticidad exterioriza que se debe adicionar una gran cantidad de agua al suelo para convertirlo de un estado semisólido a un estado líquido.

Ensayo de Proctor Modificado:

Botía (2015) Se cree que la compactación del suelo mejora significativamente sus propiedades técnicas, mejora la resistencia al corte, reduce la deformación, aumenta la densidad seca y mejora la permeabilidad al agua. Los métodos utilizados para la compactación varían según la naturaleza del suelo a compactar, por lo que existe una amplia gama de equipos disponibles en la industria para este fin. Los procedimientos de laboratorio descritos en esta sección se aplican a suelos

con tamaños de grano superiores a 3/4 de pulgada o cuadrícula de 19,05 mm que muestran tasas de retención del 30 % o menos. La relación entre la humedad del suelo y el peso seco se obtiene a partir de una serie de pruebas repetidas realizadas en el molde. Después de analizar la tabla, es posible determinar la gravedad específica máxima del suelo que puede soportar el método de compactación y el porcentaje de humedad que alcanzará esta condición. Estos parámetros serán de decisiva importancia para los trabajos en los que se tratará la plataforma de trabajo y, una vez alcanzados los valores de masa de esta unidad, se acordará el inicio de los trabajos.

Ensayo de CBR:

Botía (2015) La definición de prueba CBR es un procedimiento para calcular la resistencia al corte del suelo mismo. El método CBR se usa comúnmente para analizar sustancias con un tamaño máximo de partícula de 3/4 de pulgada. En el diseño de pavimentos no rígidos manejados en diversos proyectos de infraestructura vial, el método CBR se convierte en un elemento central en la búsqueda de una evaluación de la firmeza de los materiales utilizados para construir el pavimento, plantación y mejoramiento de estructuras, incluyendo cambios en el suelo, saturación, indagación sobre el esparcimiento esperado del suelo bajo la estructura del pavimento y signos de pérdida de resistencia in situ debido a la saturación. La siguiente tabla proporciona una clasificación general del suelo basada en los valores de CBR.

Tabla N°1

Clasificación de suelos para vialidad de acuerdo al valor de CBR.

VALOR CBR	CLASIFICACIÓN GENERAL	USOS
0 - 3	Muy Pobre	Subrasante
3 - 7	Pobre a Regular	Subrasante
7 - 20	Regular	Sub - base
20 - 50	Bueno	Base, Sub - base
> 50	Excelente	Base

Fuente: Manual de procedimientos de ensayos de suelos y memoria de cálculo (Botía, 2015)

Tabla N°2

Valor relativo de soporte (CBR) para base y sub - base granular.

Valor Relativo de Soporte, CBR en Base Granular (*) (MTC E132, NTP 339.145 1999)	
Para Carreteras de Segunda Clase, Tercera Clase, Bajo Volumen de Tránsito; o, para Carreteras con Tráfico en ejes equivalentes $\leq 10 \times 10^6$	Mínimo 80%
Para Carreteras de Primera Clase, Carreteras Duales o Multicarril, Autopistas; o, para Carreteras con Tráfico en ejes equivalentes $> 10 \times 10^6$	Mínimo 100%
(*) Referido al 100% de la Máxima Densidad Seca y una Penetración de 0.1" (2.5mm)	
Valor Relativo de Soporte, CBR en Subbase Granular (*) (MTC E132, NTP 339.145 1999)	
CBR en Subbase Granular	Mínimo 40%
(*) Referido al 100% de la Máxima Densidad Seca y una Penetración de 0.1" (2.5mm)	

Fuente: MTC "Manual de Carreteras sección suelos y pavimentos"

Cáscara de Arroz

Definición:

Vargas, Alvarado, Vega & Porras (2013) afirman que la cascarilla de arroz es un subproducto obtenido de la molienda del arroz cultivado.

Arcos, Macíaz & Rodríguez (2007) afirmaron que la quema de cascarilla de arroz produce una gran cantidad de ceniza, que es del 13 % al 29 % del peso original, compuesta principalmente de sílice, del 87 % al 97 %, y cantidades menores de sales inorgánicas.

Clasificación de las Puzolanas:

Juárez (2012) La puzolana está etiquetada como un componente natural o artificial que contiene sílice activado y/o aluminio con pocas o ninguna propiedad aglutinante y, cuando se mezcla con cal en presencia de agua, se solidifica y endurece como el cemento.

Juarez (2012) clasifica a los materiales puzolanos de la siguiente manera:

- Puzolanas naturales: Son cenizas volcánicas provenientes de actividad volcánica geológicamente reciente

- Puzolanas artificiales: Producida por diversos procesos industriales y agrícolas, a menudo en forma de subproducto y material de tratamiento térmico.

Composición química de la ceniza de cáscara de arroz:

López (2021) Se indica que entre las posesiones químicas de la cascarilla de arroz se localiza un valioso contenido de dióxido de silicio (SiO_2) que incumbe al 83,20%, mientras que en otras diversidades de cascarilla de arroz llega al 95% de SiO_2 , lo que hace que este material sea idóneo para la edificación.

Tabla N°3

Composición química de la ceniza de cáscara de arroz.

COMPONENTE QUÍMICO	PORCENTAJE (%)
SiO_2	83,20
Al_2O_3	0,95
Fe_2O_3	1,05
CaO	1,02
MgO	1,03
K_2O	1,29
Na_2O	0,15
P_2O_5	0,40
SO_3	0,13
TiO_2	0,08
CL	0,07
Total	99,97

Fuente: Tesis “Estabilización de suelos arcillosos aplicando ceniza de cáscara de arroz para el mejoramiento de sub - rasante” (López, 2021)

Primordiales regiones productoras de arroz cáscara:

Montero (2017) señala que la primordial región productora de arroz cáscara en el 2016 fue San Martín con 22%. Le siguieron las regiones de Piura (19%), Lambayeque (13%), La Libertad (11%) y Amazonas (10%).

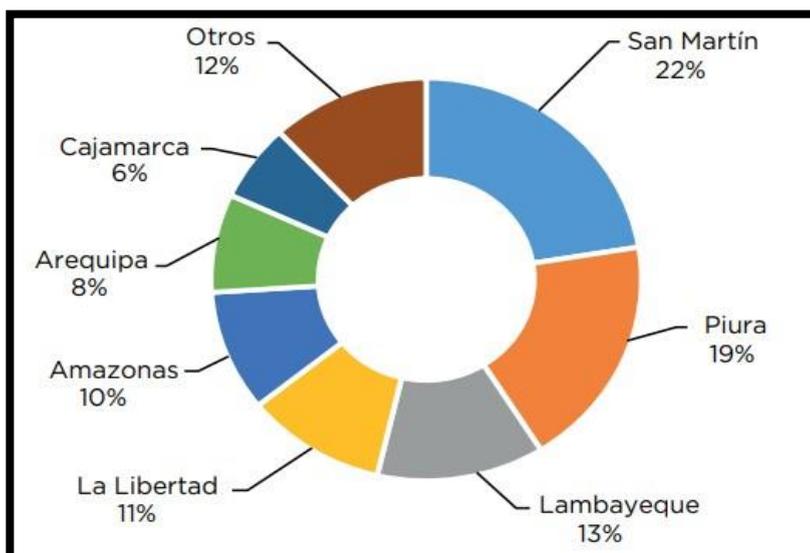


Figura 3: Primordiales regiones productoras de arroz en cáscara (Montero, 2017)

2. Justificación De La Investigación

La infraestructura vial en mi país es deficiente, por lo que hay mucho terreno que no es mecánicamente apto para la construcción de carreteras. Para renovar estos suelos infértiles, se deben tomar prestados materiales, lo que significa costos más altos. Su construcción está asociada al transporte de mejores materiales. Actualmente no existen canteras en la Provincia de Huarmey con agregados que cumplan con la Normativa Peruana de Pavimentos, por lo que se propone incrementar la resistencia del afirmado de la cantera “SOL DE HUARMEY” mediante el uso de residuos orgánicos, como es la cascarilla de arroz, con el fin de poder solucionar este problema. La base del proyecto es la implementación del uso de ceniza de cascarilla de arroz como aditivo que mejora las propiedades físicas y mecánicas de los materiales laminares identificados, los estabiliza y de esta manera reduce los costos de diversos proyectos viales. El desarrollo de este estudio beneficiará a la comunidad de Huarmey ya que elimina la falta de una buena validación de CBR en canteras para su posterior uso en infraestructura vial.

3. Problema

Perú tiene muchas minas de cantera donde el afirmado no cumple con los requisitos del MTC porque la capacidad de soporte del mismo es demasiado baja para ser utilizado como base o sub - base de carretera. Como resultado de este problema, la remediación de suelos pobres requirió el uso de materiales prestados, lo que resultó en un aumento de los costos.

La provincia de Huarney posee canteras que han sido aprobadas por no cumplir con los requisitos de la normatividad de superficie vial del Perú, por lo que el costo de la construcción de carreteras en esta provincia es alto.

También vale la pena señalar que la contaminación se ha acrecentado en gran medida en los últimos años debido a la falta de regulaciones nacionales de reciclaje en el Perú. Un ejemplo destacado es la acumulación excesiva de desechos de las extensas operaciones de almacenamiento de arroz en la región de Ancash. Según Arcos, Macíaz, P. & Rodríguez, P., 2007, "La quema de cascarilla de arroz produce una gran cantidad de ceniza, que representa del 13% al 29% del peso original, compuesta principalmente por sílice, 87% a 97% y una pequeña cantidad de sales inorgánicas"

El Ministerio de Comercio Exterior y Turismo (Mincetur, 2008) menciona que "Perú es el tercer productor de arroz de América del Norte y del Sur después de Brasil y Estados Unidos". La zona de Ancash cuenta con una gran oferta de cascarilla de arroz porque es bien sabido que solo el 65% del arroz se convierte en arroz y el resto es cascarilla de arroz que no se utiliza en el molino, al contrario, genera costos para su extinción, debido a esto podemos aprovechar este material orgánico como una alternativa para el mejoramiento de afirmados, ya que este material contiene una gran cantidad de dióxido de silicio, que es muy beneficioso para mejorar la capacidad de soporte (CBR).

Formulación del problema

¿En qué medida la adición de ceniza de cascarilla de arroz mejorará la capacidad de soporte (CBR) del afirmado de la cantera Sol de Huarney?

4. Conceptuación y operacionalización de las variables

Variables

Hernández, Fernández & Baptista (2014) define a la variable como una propiedad o característica que puede ser observada y también puede medirse.

Tabla N°4

Matriz de Operacionalización de Variables.

VARIABLE DEPENDIENTE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS
Capacidad de Soporte del afirmado de la cantera Sol de Huarmey.	(Casas & Osorio (2011) La capacidad de carga (CBR) se define como la fuerza requerida para forzar un pistón estándar a una velocidad constante en una profundidad específica en un tubo de ensayo estándar hecho de una muestra de material triturado.	La forma de medir la capacidad de soporte es colocar nuestros moldes en un recipiente con suficiente agua para cubrirlos por completo, luego colocar el soporte con el disco y tomar una lectura inicial, luego cada 24 horas hasta llegar a las 96 horas, después el hinchamiento se calculada a partir de estas lecturas. Finalmente se llevará el molde a la máquina de compresión para determinar la resistencia, la cual se analizará al 95% y 100% de la MDS.	Estudio de Mecánica de Suelos.	Análisis Granulométrico.	<ul style="list-style-type: none"> • Juego de tamices ASTM. • Balanza.
				Límites de Atterberg.	<ul style="list-style-type: none"> • Cuchara de casa grande. • Balanza.
				Ensayo de Proctor Modificado.	<ul style="list-style-type: none"> • Molde de compactación. • Martillo de compactación. • Horno. • Balanza. • Probeta. • Bandejas.
				Ensayo de CBR.	<ul style="list-style-type: none"> • Moldes de compactación. • Martillo de compactación. • Discos separadores. • Trípode y dial deformímetro. • Pistón. • Equipo de compresión.

Fuente: Elaboración Propia.

VARIABLE INDEPENDIENTE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTOS
Ceniza de cáscara de arroz	Arévalo & López (2020) Señalan que la CCA es un material puzolánico con alto contenido de sílice (SiO ₂) que se obtiene calcinando cascarilla de arroz a una temperatura óptima. Cabe señalar que la CCA se utiliza en diferentes porcentajes para aumentar la resistencia del concreto.	La cascarilla de arroz que se usará en esta investigación será obtendrá del C.P Tambo Real, posteriormente se realizará el pre - quemado de la cáscara de arroz para luego ser llevado a la mufla del laboratorio de la USP y se proceda a realizar el calcinado a una temperatura de 300°C para ser activada térmicamente y se pueda obtener propiedades favorables para el mejoramiento de la resistencia del afirmado.	Cáscara de Arroz	Aplicación como aditivo	Guías de análisis.
				Proceso de obtención y tamizado	Trabajo de campo.
				Componentes químicos	Espectrometría de fluorescencia de rayos X.
			Impacto Ambiental	Impactos Positivos	Trabajo de gabinete.
				Impactos Negativos	Trabajo de gabinete.

Fuente: Elaboración Propia.

5. Hipótesis

La adición de ceniza de cáscara de arroz incrementará la capacidad de soporte (CBR) del afirmado de la cantera Sol de Huarmey.

6. Objetivos

Objetivo General:

Evaluar la capacidad de soporte (CBR) del afirmado de la cantera Sol de Huarmey, al adicionar ceniza de cáscara de arroz en un 3%, 5% y 8%.

Objetivos Específicos

- 1) Determinar el grado de calcinación mediante el ensayo del ATD (Análisis Térmico Diferencial).
- 2) Obtener los componentes químicos de la ceniza de cáscara de arroz, mediante el ensayo de Espectrometría de Fluorescencia de Rayos X.
- 3) Obtener el Potencial Hidrogeno (pH) de la ceniza de cáscara de arroz y sus combinaciones experimentales.
- 4) Obtener el Proctor Modificado y el CBR de la muestra patrón y de las muestras experimentales.
- 5) Analizar y comparar los resultados de la muestra patrón y las muestras experimentales, mediante la interpretación estadística, teniendo en cuenta las normas vigentes del MTC.

II. METODOLOGÍA

1. Tipo y diseño de investigación

El tipo de investigación es aplicada, porque su propósito es resolver problemas que se presentan en la realidad, es decir, trata de estudiar formas de aplicar el conocimiento científico en la realidad para resolver un problema específico. El diseño de investigación utiliza un enfoque cuantitativo para un experimento porque una variable (la variable independiente) se manipulará deliberadamente para determinar su efecto sobre otra variable de interés (la variable dependiente). En esta investigación se tendrán dos grupos: Un grupo donde las variables no se

manipulan (Grupo de control) y otro grupo en el que se manipularán las variables (Grupo experimental).

2. Población y Muestra

Población:

En esta investigación se tomará como población todas las canteras que existen en la ciudad de Huarmey.

Muestra:

En esta investigación se tomará como muestra la cantera Sol de Huarmey, del cual se obtendrá el afirmado para evaluar:

- 3 probetas patrones (sin adición de CCA).
- 9 probetas experimentales (con adición de CCA).

3. Técnicas e instrumentos de investigación

Técnicas de Recolección de datos:

La técnica de esta investigación es la observación y el análisis de documentos.

Campos & Lule (2012) definen la observación como una de las formas más lógicas de registrar de manera visual y verificable lo que se espera, incluido el uso de los sentidos para describir, analizar o explicar ciertos hechos, objetos o fenómenos desde una perspectiva científica, válida y confiable.

Castillo (2004) define el análisis documental como una actividad inteligente que produce documentos secundarios que actúan como una herramienta de búsqueda intermedia u obligatoria entre el documento original y la información solicitada por el usuario

Instrumentos de Recolección de datos:

Los instrumentos utilizados en la siguiente investigación son las fichas técnicas de laboratorio y las fuentes primarias.

4. Validez y Confiabilidad:

Hernández, Fernández & Baptista (2014) precisan a la confiabilidad como el grado en que una herramienta ocasiona resultados sólidos y coherentes.

Hernández, Fernández & Baptista (2014) precisan a la validez como el grado en que una herramienta mide verdaderamente la variable que pretende medir.

Las hojas de datos de laboratorio son obtenidas de los laboratorios USP y Colecbi, los cuales son laboratorios con certificación nacional.

5. Procesamiento y Análisis de la Información

- Adquisición y validación de materia prima (cáscara).
- La solicitud será enviada al laboratorio de suelos de la USP para su análisis.
- Se realizarán pruebas de laboratorio (Granulometría, Contenido de humedad, Límites de Atterberg, Ensayo de Proctor y CBR).
- Recoger y etiquetar los resultados alcanzados en el laboratorio para que los resultados puedan ser analizados posteriormente.

III. RESULTADOS

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO (PATRÓN)

Tabla N°5

Proctor Modificado - Patrón.

Método Compactación:	"C"	Número de Golpes		56
Energía de Compactación Estándar	27.7 Kg.cm / cm ³			
01 - Peso Suelo Húmedo + Molde (g)	7319	7578	7711	7539
02 - Peso del Molde (g)	2619.0	2619.0	2619.0	2619.0
03 - Peso Suelo Húmedo (g)	4700.0	4959.0	5092.0	4920.0
04 - Volumen del Molde (cm ³)	2264.0	2264.0	2264.0	2264.0
05 - Densidad Suelo Húmedo (g/cm ³)	2.076	2.190	2.249	2.173
06 - Tarro N°	01	02	03	04
07 - Peso suelo húmedo + tarro (g)	609.0	609.0	609.0	609.0
08 - Peso suelo seco + tarro (g)	589.5	582.5	573.5	567.5
09 - Peso del agua (g)	19.5	26.5	35.5	41.5
10 - Peso del tarro (g)	209.0	209.0	209.0	209.0
11 - Peso suelo seco (g)	380.5	373.5	364.5	358.5
12 - Contenido de Humedad (%)	5.1	7.1	9.7	11.6
13 - Densidad del Suelo Seco (g/cm ³)	1.975	2.045	2.050	1.947
Contenido Optimo Humedad	8.6 %	Densidad Seca Máxima,		2.064 g/cm ³

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos - USP.

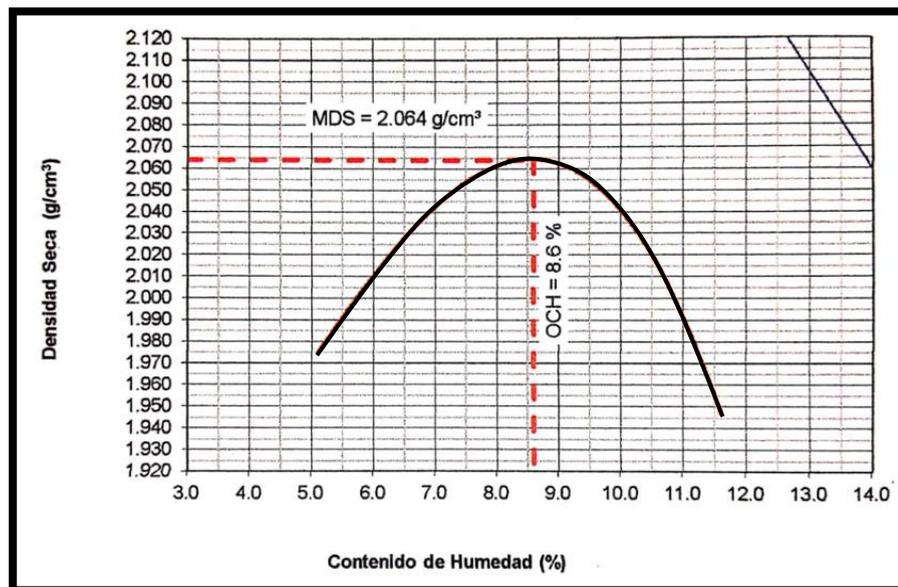


Figura 4: Curva Densidad Seca vs Contenido de Humedad - Patrón (Laboratorio de Mecánica de Suelos - USP)

CONTENIDO ÓPTIMO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA MÁXIMA (PATRÓN)

Tabla N°6

Contenido Óptimo de Humedad y Densidad Seca Máxima - Patrón.

CONTENIDO ÓPTIMO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA MÁXIMA - PATRÓN	
	PATRÓN
CONTENIDO ÓPTIMO DE HUMEDAD (%)	8.6
DENSIDAD SECA MÁXIMA (gr/cm ³)	2.064

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos - USP.

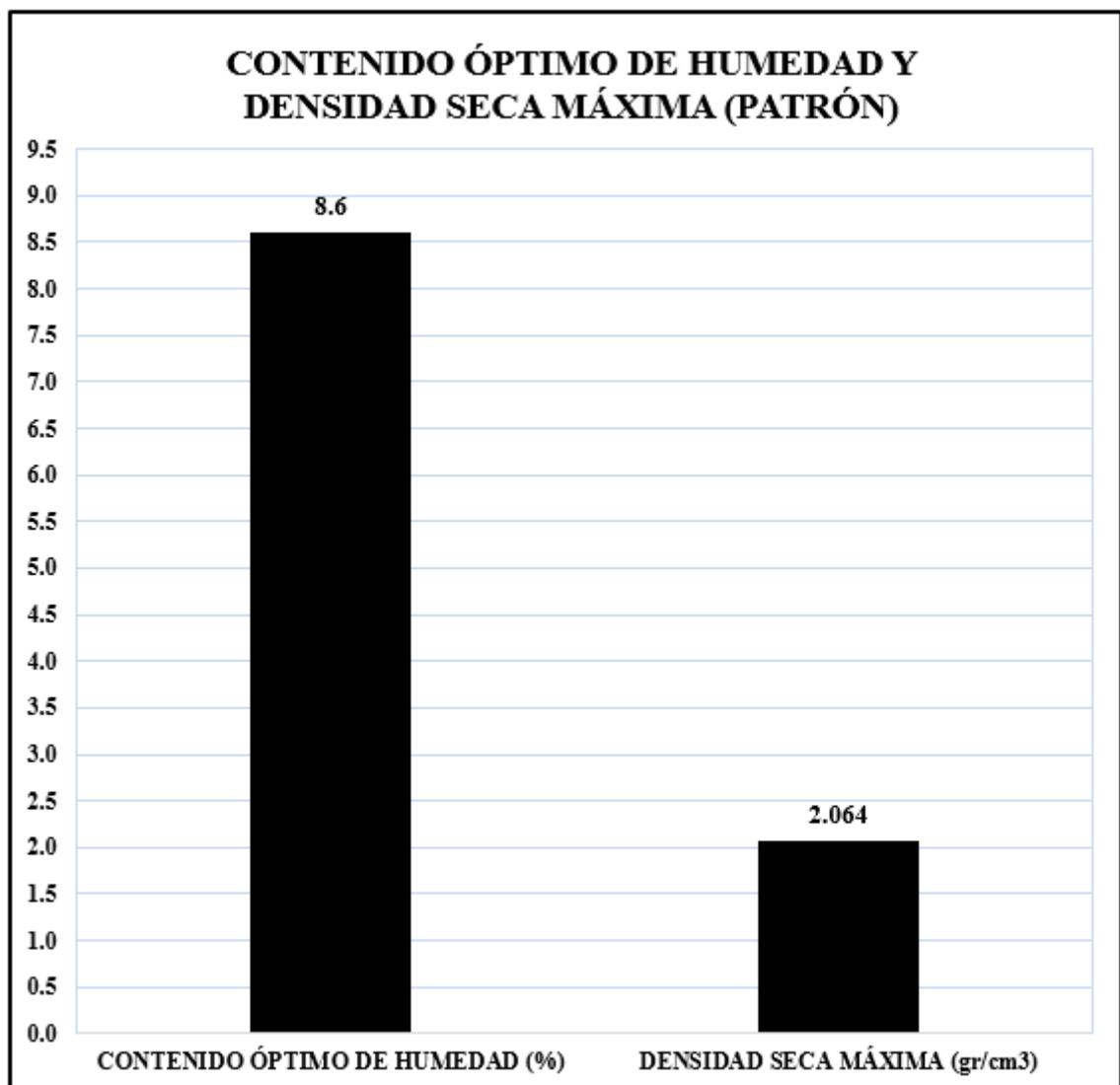


Figura 5: Comparación de Contenido Óptimo de Humedad y Densidad Seca Máxima - Patrón (Elaboración Propia)

ENSAYO DE CBR (PATRÓN)

Tabla N°7

CBR - Patrón.

Características						
Número de Molde	1		2		3	
Número de Capas	5		5		5	
Número de Golpe	56		25		12	
Energía Compactación [kg-cm]/cm ³	27.7		12.2		6.1	
Densidad Seca [CBR]						
01 - Peso suelo húmedo + molde (g)	9.499.0		8.793.0		8.395.0	
02 - Peso del molde (g)	4.544.0		4.244.0		4.355.0	
03 - Peso suelo húmedo (g)	4.955.0		4.549.0		4.040.0	
04 - Volumen de molde. cm ³	2.210.000		2.141.000		2.012.000	
05 - Densidad suelo húmedo (g/cm ³)	2.242		2.125		2.008	
06 - Tarro N°	0.0		0.0		0.0	
07 - Peso suelo húmedo + tarro (g)	522.5		584.0		577.9	
08 - Peso suelo seco + tarro (g)	497.1		553.9		548.0	
09 - Peso del agua (g)	25.4		30.1		29.9	
10 - Peso del tarro (g)	202.5		205.5		201.5	
11 - Peso suelo seco (g)	294.6		348.4		346.5	
12 - Contenido de humedad (%)	8.6		8.6		8.6	
13 - Densidad del suelo seco (g/cm ³)	2.064		1.956		1.848	
Saturación						
Embebido	Fecha	Hora	Lec. Dial	Lec. Dial	Lec. Dial	
Dia 01	17-Oct-16	5.00PM	0.05	0.20	0.31	
Dia 02	18-Oct-16	5.00PM	0.22	0.45	0.30	
Dia 03	19-Oct-16	5.00PM	0.45	0.54	0.32	
Dia 04	20-Oct-16	5.00PM	0.58	0.66	0.60	
Expansión. %			12.7	14.5	13.1	
Absorción						
Número de molde	1		2		3	
01 - Peso suelo húmedo antes (g)	4.955.0		4.549.0		4.040.0	
02 - Peso suelo embebido + molde (g)	9.622.2		8.922.8		8.514.0	
03 - Peso del molde (g)	4.544.0		4.244.0		4.355.0	
04 - Peso suelo embebido (g)	5.078.2		4.678.8		4.159.0	
05 - Peso del agua absorbida (g)	123.2		129.8		119.0	
06 - Peso del suelo seco (g)	4.561.7		4.187.2		3.719.1	
07 - Absorción de agua (%)	2.7		3.1		3.2	
Penetración						
Molde	1 [56 Golpes]		2 [25 Golpes]		3 [12 Golpes]	
PEN. (mm)	Lec. Dial	Carga [Kgf.]	Lec.	Carga [Kgf.]	Lec. Dial	Carga [Kgf.]
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.63	17.0	100.2	13.0	83.2	10.0	70.4
1.3	39.0	193.6	26.0	138.4	15.0	91.7
1.9	57.0	270.1	40.0	197.9	27.0	142.6
2.5	90.0	410.34	55.0	261.62	33.0	168.14
3.2	96.0	435.8	70.0	325.4	50.0	240.4
3.8	111.0	499.6	0.0	410.3	64.0	299.9
5.08	150.0	665.3	110.0	495.3	80.0	367.9
7.6	240.0	1047.7	143.0	635.5	108.0	486.8
10.16	327.0	1417.4	150.0	665.3	118.0	529.3
12.7	360.0	1557.6	160.0	707.8	125.0	559.1
Carga [%]	410.34 kgf. [30.2%]		261.62 kgf. [19.2%]		168.14 kgf. [12.4%]	

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos - USP.

RELACIÓN DE SOPORTE - CBR [ASTM - 1883] (PATRÓN)

Tabla N°8

Relación de Soporte - CBR - Patrón.

MÉTODO DE COMPACTACIÓN (ASTM D-1557)				C
MÁXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm ³)				2.064
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)				8.6
CBR AL 100% DE LA M.D.S. (%)				29.0
CBR AL 95% DE LA M.D.S. (%)				23.0
	EMBEBIDO:	4 DIAS	EXPANSION:	12.7 %
ABSORCIÓN:	2.7 %	HUMEDAD DE PENETRACIÓN:		11.3 %

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos - USP.

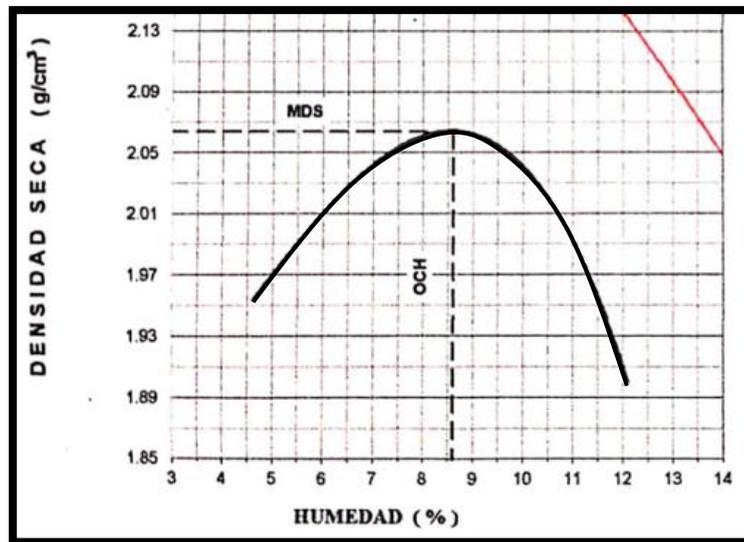


Figura 6: Curva Densidad Seca vs Contenido de Humedad - Patrón (Laboratorio de Mecánica de Suelos - USP)

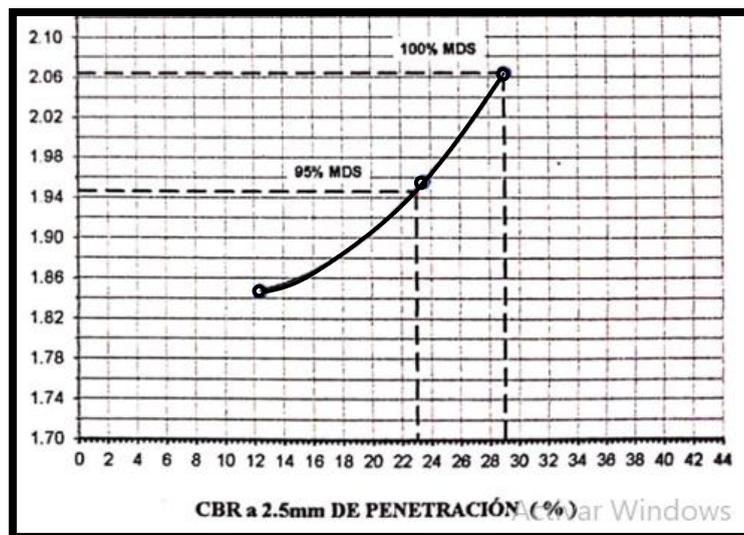


Figura 7: Curva de CBR a 2.5 mm de penetración (%) - Patrón (Laboratorio de Mecánica de Suelos - USP)

RESULTADO DE ENSAYO DE CBR AL 100% Y 95% DE LA M.D.S. (PATRÓN)

Tabla N°9

CBR al 100% y 95% de la M.D.S - Patrón.

CBR PATRÓN	
	PATRÓN
100% MDS	29.0
95% MDS	23.0

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos - USP.

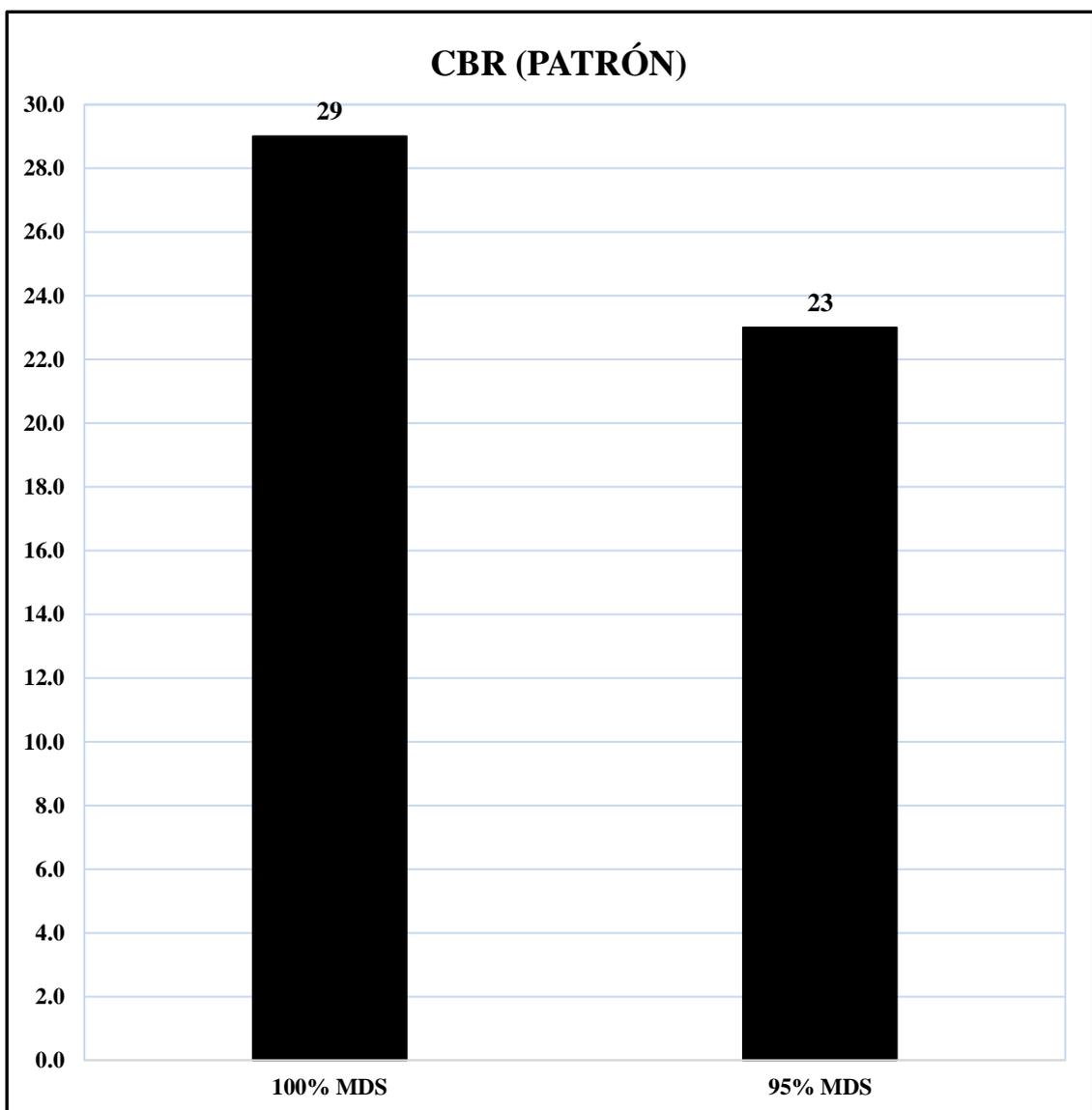


Figura 8: Comparación de CBR al 100% y 95% de la MDS - Patrón (Elaboración Propia)

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO (EXPERIMENTAL - 3%)

Tabla N°10

Proctor Modificado - Experimental - 3%.

Método Compactación:	"C"	Número de Golpes		56
Energía de Compactación Estándar	27.7 Kg.cm / cm ³			
01 - Peso Suelo Húmedo + Molde (g)	7410.0	7605.0	7683.0	7500.0
02 - Peso del Molde (g)	2635.5	2635.5	2635.5	2635.5
03 - Peso Suelo Húmedo (g)	4774.5	4969.5	5047.5	4864.5
04 - Volumen del Molde (cm ³)	2264.0	2264.0	2264.0	2264.0
05 - Densidad Suelo Húmedo (g/cm ³)	2.109	2.15	2.229	2.149
06 - Tarro N°	01	02	03	04
07 - Peso suelo húmedo + tarro (g)	762.0	555.0	555.0	570.0
08 - Peso suelo seco + tarro (g)	730.6	521.8	510.3	520.2
09 - Peso del agua (g)	31.4	33.2	44.7	49.8
10 - Peso del tarro (g)	67.2	67.0	65.0	65.0
11 - Peso suelo seco (g)	663.4	454.8	445.3	455.2
12 - Contenido de Humedad (%)	4.7	7.3	10.0	10.9
13 - Densidad del Suelo Seco (g/cm ³)	2.014	2.046	2.027	1.937
Contenido Optimo Humedad	8.7 %	Densidad Seca Máxima,		2.069 g/cm ³

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos - USP.

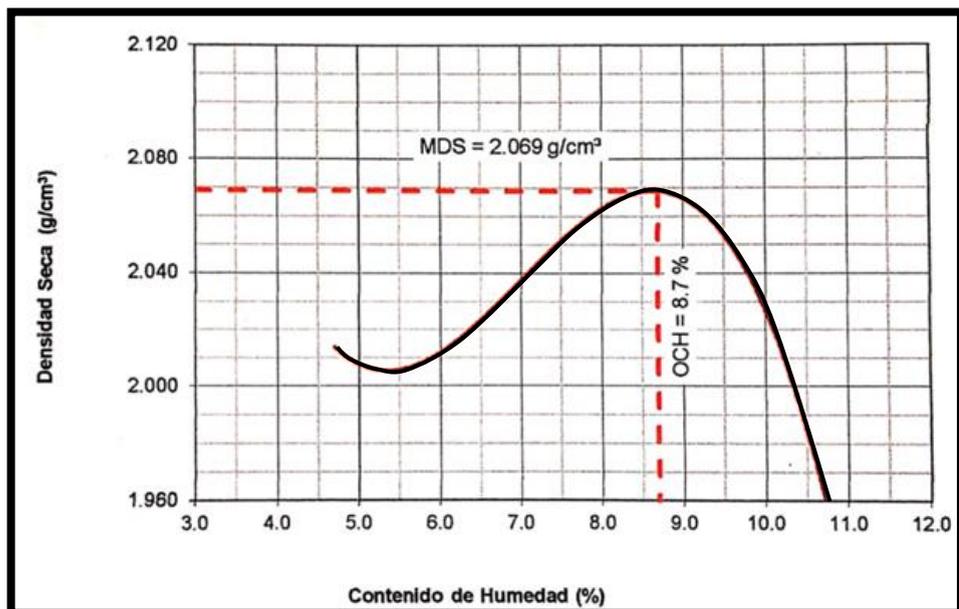


Figura 9: Curva Densidad Seca vs Contenido de Humedad - Experimental - 3% (Laboratorio de Mecánica de Suelos - USP)

CONTENIDO ÓPTIMO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA MÁXIMA (EXPERIMENTAL - 3%)

Tabla N°11

Contenido Óptimo de Humedad y Densidad Seca Máxima - Experimental - 3%.

CONTENIDO ÓPTIMO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA MÁXIMA - EXPERIMENTAL - 3%	
	EXPERIMENTAL
CONTENIDO ÓPTIMO DE HUMEDAD (%)	8.7
DENSIDAD SECA MÁXIMA (gr/cm ³)	2.069

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos - USP.

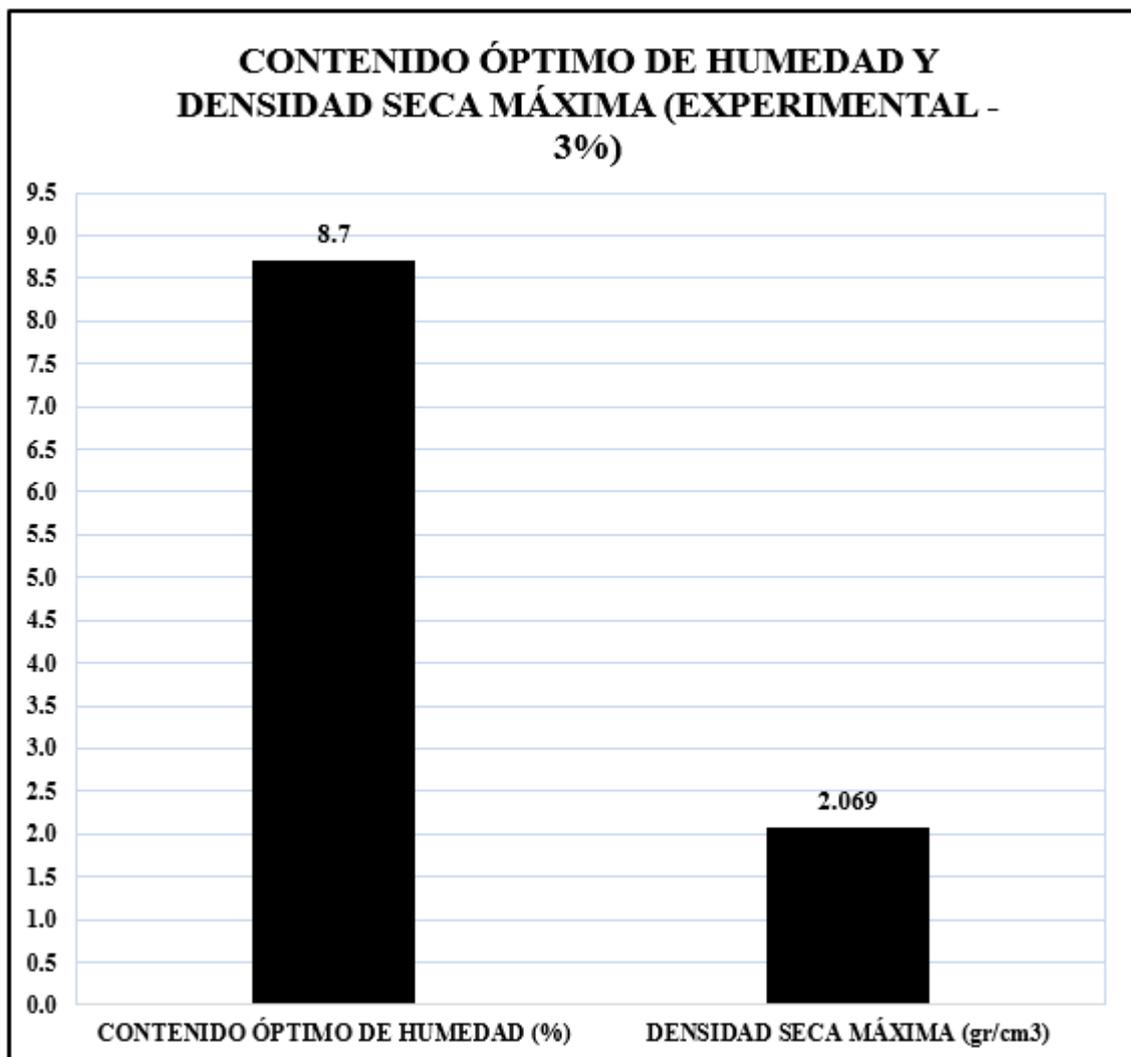


Figura 10: Comparación de Contenido Óptimo de Humedad y Densidad Seca Máxima - Experimental - 3% (Elaboración Propia)

ENSAYO DE CBR (EXPERIMENTAL - 3%)

Tabla N°12

CBR - Experimental - 3%.

Características						
Número de Molde	1		2		3	
Número de Capas	5		5		5	
Número de Golpe	56		25		12	
Energía Compactación [kg-cm]/cm ²	27.7		12.2		6.1	
Densidad Seca [CBR]						
01 - Peso suelo húmedo + molde (g)	11.085.3		10.700.9		10.314.2	
02 - Peso del molde (g)	6.115.0		6.115.0		6.115.0	
03 - Peso suelo húmedo (g)	4.970.3		4.585.9		4.199.2	
04 - Volumen de molde. cm ³	2.210.000		2.210.000		2.210.000	
05 - Densidad suelo húmedo (g/cm ³)	2.249		2.075		1.900	
06 - Tarro N°	0.0		0.0		0.0	
07 - Peso suelo húmedo + tarro (g)	495.8		502.5		499.3	
08 - Peso suelo seco + tarro (g)	475.4		481.2		478.4	
09 - Peso del agua (g)	20.4		21.3		20.	
10 - Peso del tarro (g)	162.0		153.0		157.0	
11 - Peso suelo seco (g)	313.4		328.2		321.4	
12 - Contenido de humedad (%)	8.7		8.7		8.7	
13 - Densidad del suelo seco (g/cm ³)	2.069		1.909		1.748	
Saturación						
Embebido	Fecha	Hora	Lec. Dial	Lec. Dial	Lec. Dial	
Dia 01			9.2	10.5	11.6	
Dia 02			3.4	3.2	4.2	
Dia 03			3.5	3.1	4.3	
Dia 04			2.1	3.2	4.2	
Expansión. %			5.6	5.7	5.8	
Absorción						
Número de molde	1		2		3	
01 - Peso suelo húmedo antes (g)	4.970.3		4.585.9		4.199.2	
02 - Peso suelo embebido + molde (g)	11.222.5		10.873.9		10.515.0	
03 - Peso del molde (g)	6.115.0		6.115.0		6.115.0	
04 - Peso suelo embebido (g)	5.107.5		4.758.9		4.400.0	
05 - Peso del agua absorbida (g)	137.2		173.0		200.9	
06 - Peso del suelo seco (g)	4.572.5		4.218.9		3.863.1	
07 - Absorción de agua (%)	3.0		4.1		5.2	
Penetración						
Molde	1 [56 Golpes]		2 [25 Golpes]		3 [12 Golpes]	
PEN. (mm)	Lec. Dial	Carga [Kgf.]	Lec.	Carga [Kgf.]	Lec. Dial	Carga [Kgf.]
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.63	20.4	114.6	11.2	75.5	8.4	63.6
1.3	54.0	257.4	28.0	146.9	17.4	101.9
1.9	85.8	392.5	50.4	242.1	30.0	155.4
2.5	118.8	532.72	70.0	325.36	39.6	196.19
3.2	163.2	721.4	88.9	405.7	55.2	262.5
3.8	203.4	892.2	120.4	539.5	61.8	290.5
5.08	240.6	1050.3	148.4	658.5	82.2	377.2
7.6	306.0	1328.2	203.0	890.5	111.0	499.6
10.16	332.4	1440.3	234.5	1024.3	126.0	563.3
12.7	358.8	1552.5	261.8	1140.3	141.0	627.0
Carga [%]	532.72 kcf. [39.2%]		325.36 kcf. [23.9%]		196.19 kcf. [14.4%]	

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos - USP.

RELACIÓN DE SOPORTE - CBR [ASTM - 1883] (EXPERIMENTAL - 3%)

Tabla N°13

Relación de Soporte - CBR - Experimental - 3%.

MÉTODO DE COMPACTACIÓN (ASTM D-1557)				C	
MÁXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm ³)				2.069	
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)				8.7	
CBR AL 100% DE LA M.D.S. (%)				45.9	
CBR AL 95% DE LA M.D.S. (%)				31.5	
		EMBEBIDO:	4 DIAS	EXPANSION:	5.6 %
ABSORCIÓN:	3.0 %	HUMEDAD DE PENETRACIÓN:		11.7 %	

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos - USP.

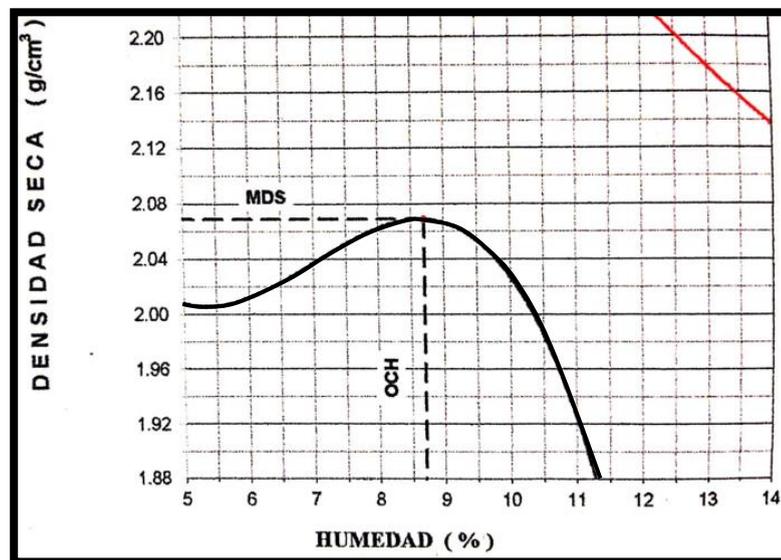


Figura 11: Curva Densidad Seca vs Contenido de Humedad - Experimental - 3% (Laboratorio de Mecánica de Suelos - USP)

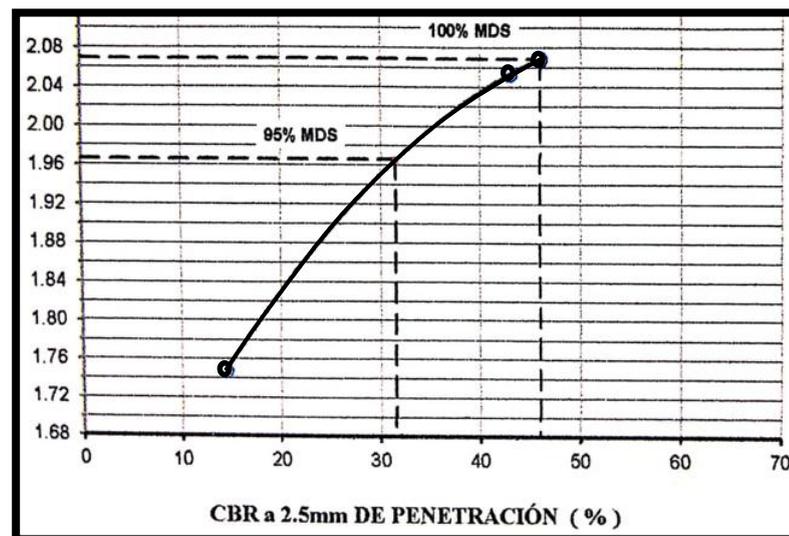


Figura 12: Curva de CBR a 2.5 mm de penetración (%) - Experimental - 3% (Laboratorio de Mecánica de Suelos - USP)

**RESULTADO DE ENSAYO DE CBR AL 100% Y 95% DE LA M.D.S.
(EXPERIMENTAL - 3%)**

Tabla N°14

CBR al 100% y 95% de la M.D.S - Experimental - 3%.

CBR EXPERIMENTAL	
	EXPERIMENTAL
100% MDS	45.9
95% MDS	31.5

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos - USP.

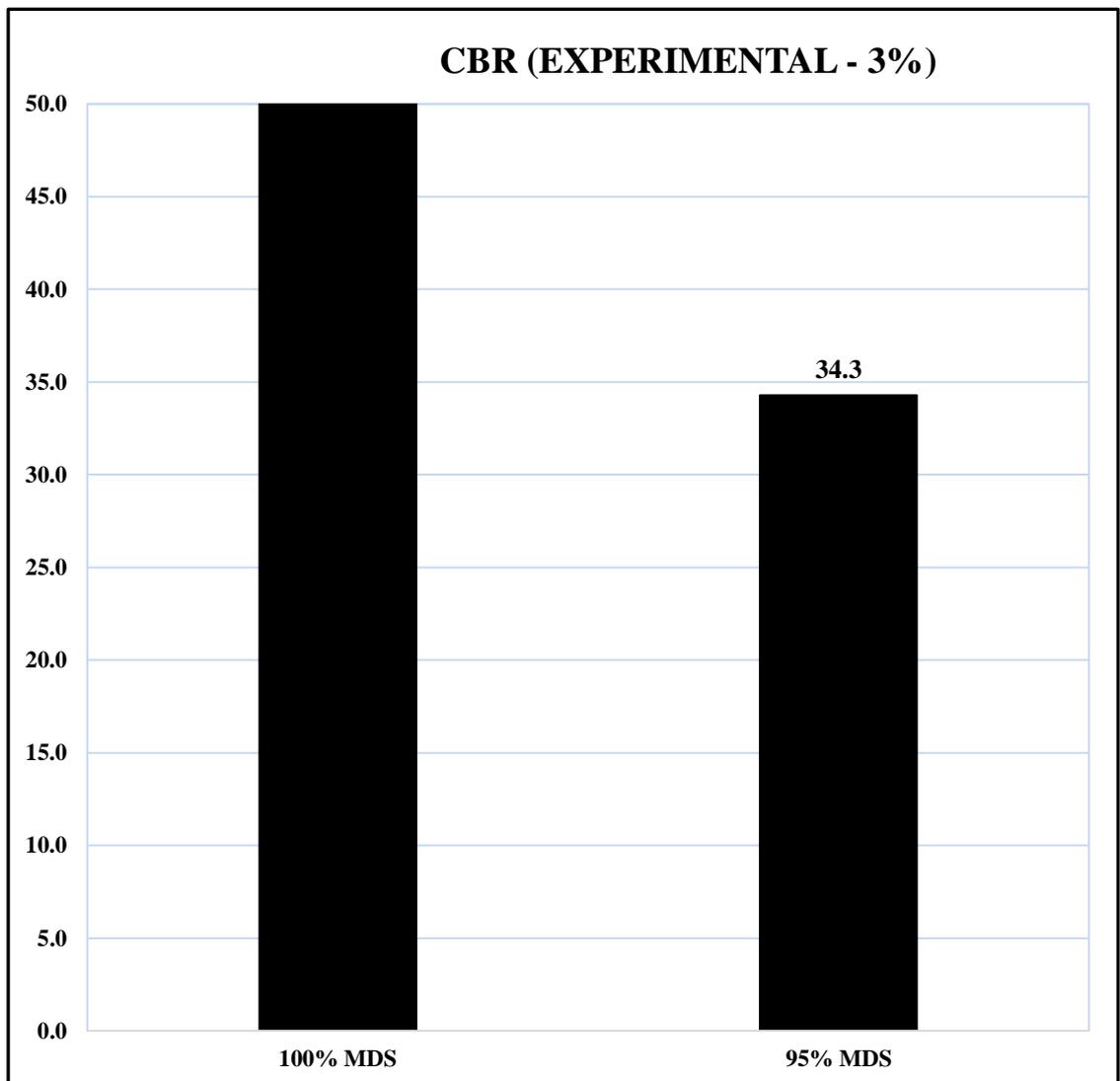


Figura 13: Comparación de CBR al 100% y 95% de la MDS - Experimental - 3% (Elaboración Propia)

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO (EXPERIMENTAL - 5%)

Tabla N°15

Proctor Modificado - Experimental - 5%.

Método Compactación:	"C"	Número de Golpes		56
Energía de Compactación Estándar	27.7 Kg.cm / cm ³			
01 - Peso Suelo Húmedo + Molde (g)	7279	7598	7695	7559
02 - Peso del Molde (g)	2619.0	2619.0	2619.0	2619.0
03 - Peso Suelo Húmedo (g)	4660.0	4979.0	5076.0	4940.0
04 - Volumen del Molde (cm ³)	2264.0	2264.0	2264.0	2264.0
05 - Densidad Suelo Húmedo (g/cm ³)	2.058	2.199	2.242	2.182
06 - Tarro N°	01	02	03	04
07 - Peso suelo húmedo + tarro (g)	437.5	457.5	460.0	457.5
08 - Peso suelo seco + tarro (g)	424.5	437.5	437.5	432.5
09 - Peso del agua (g)	13.0	20.0	22.5	25.0
10 - Peso del tarro (g)	198.5	165.0	201.0	208.5
11 - Peso suelo seco (g)	226.0	272.5	236.5	224.0
12 - Contenido de Humedad (%)	5.8	7.3	9.5	11.2
13 - Densidad del Suelo Seco (g/cm ³)	1.945	2.050	2.048	1.962
Contenido Optimo Humedad	8.4 %	Densidad Seca Máxima,		2.070 g/cm ³

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos - USP.

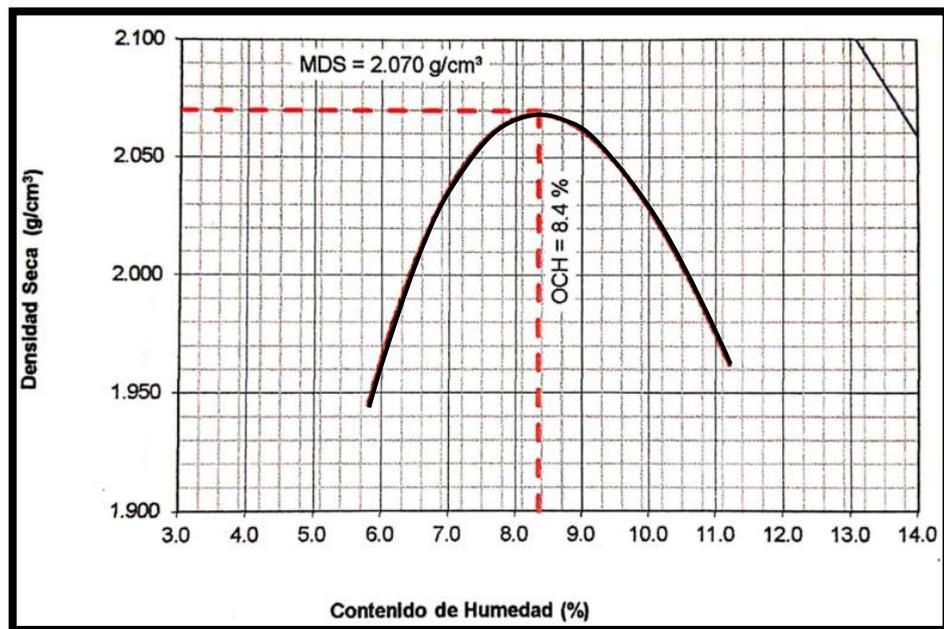


Figura 14: Curva Densidad Seca vs Contenido de Humedad - Experimental - 5% (Laboratorio de Mecánica de Suelos - USP)

CONTENIDO ÓPTIMO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA MÁXIMA (EXPERIMENTAL - 5%)

Tabla N°16

Contenido Óptimo de Humedad y Densidad Seca Máxima - Experimental - 5%.

CONTENIDO ÓPTIMO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA MÁXIMA - EXPERIMENTAL - 5%	
	EXPERIMENTAL
CONTENIDO ÓPTIMO DE HUMEDAD (%)	8.4
DENSIDAD SECA MÁXIMA (gr/cm ³)	2.070

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos - USP.

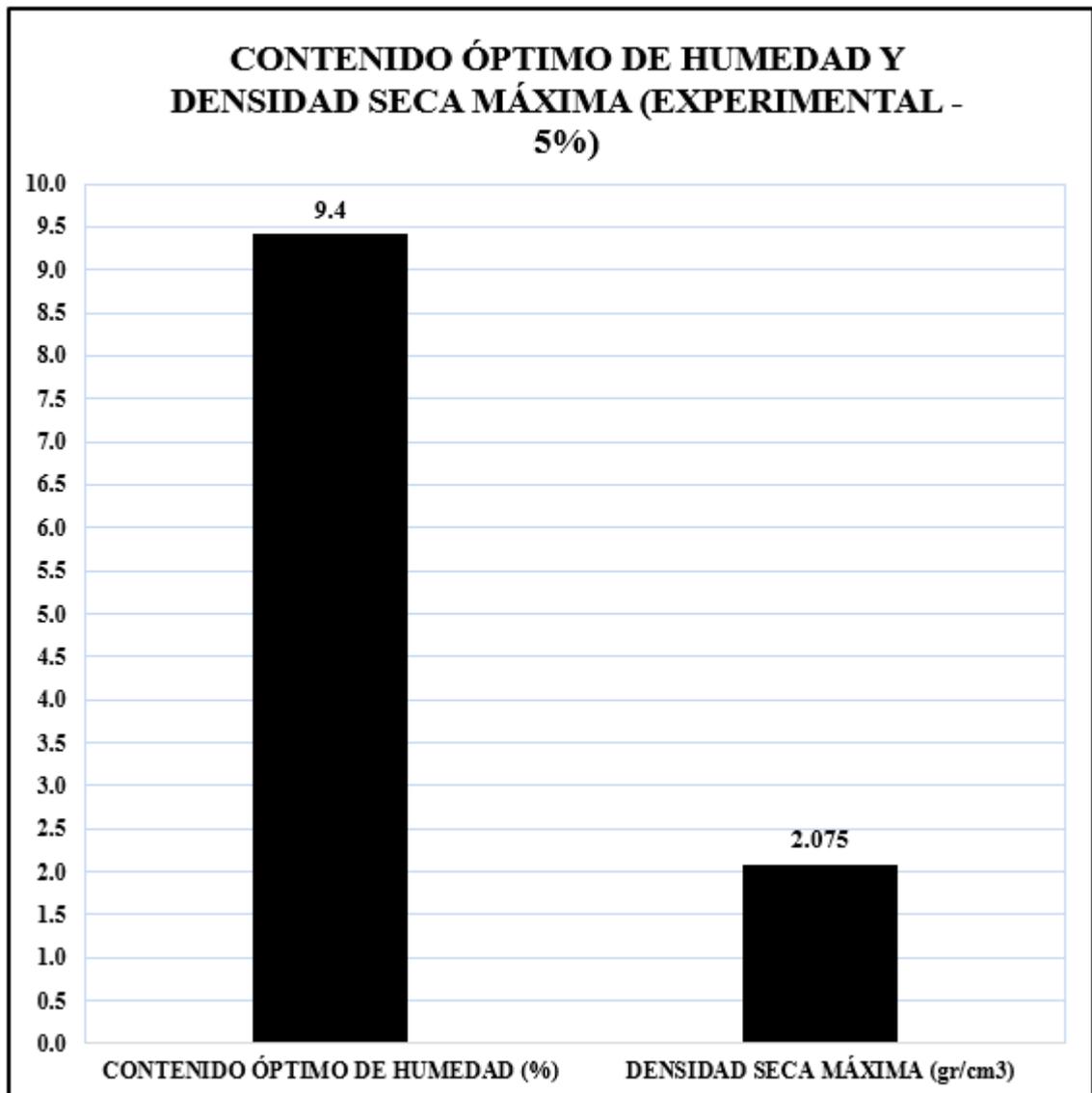


Figura 15: Comparación de Contenido Óptimo de Humedad y Densidad Seca Máxima - Experimental - 5% (Elaboración Propia)

ENSAYO DE CBR (EXPERIMENTAL - 5%)

Tabla N°17

CBR - Experimental - 5%.

Características						
Número de Molde	1		2		3	
Número de Capas	5		5		5	
Número de Golpe	56		25		12	
Energía Compactación [kg-cm]/cm ²	27.7		12.2		6.1	
Densidad Seca [CBR]						
01 - Peso suelo húmedo + molde (g)	9.496.0		8.867.0		8.360.0	
02 - Peso del molde (g)	4.544.0		4.244.0		4.355.0	
03 - Peso suelo húmedo (g)	4.952.0		4.623.0		4.005.0	
04 - Volumen de molde, cm ³	2.210.000		2.141.000		2.012.000	
05 - Densidad suelo húmedo (g/cm ³)	2.241		2.159		1.991	
06 - Tarro N°	0.0		0.0		0.0	
07 - Peso suelo húmedo + tarro (g)	495.8		670.0		685.0	
08 - Peso suelo seco + tarro (g)	470.4		631.4		645.5	
09 - Peso del agua (g)	25.4		38.6		39.5	
10 - Peso del tarro (g)	162.0		163.0		164.0	
11 - Peso suelo seco (g)	308.4		468.4		481.5	
12 - Contenido de humedad (%)	8.2		8.2		8.2	
13 - Densidad del suelo seco (g/cm ³)	2.070		1.995		1.840	
Saturación						
Embebido	Fecha	Hora	Lec. Dial	Lec. Dial	Lec. Dial	Lec. Dial
Día 01			0.05	0.20		0.31
Día 02			0.02	0.25		0.30
Día 03			0.05	0.24		0.32
Día 04			0.08	0.22		0.29
Expansión, %			1.8	5.5	7.0	
Absorción						
Número de molde	1		2		3	
01 - Peso suelo húmedo antes (g)	4.952.0		4.623.0		4.005.0	
02 - Peso suelo embebido + molde (g)	9.633.3		8.999.4		8.478.4	
03 - Peso del molde (g)	4.544.0		4.244.0		4.355.0	
04 - Peso suelo embebido (g)	5.089.3		4.755.4		4.123.4	
05 - Peso del agua absorbida (g)	137.3		132.4		118.4	
06 - Peso del suelo seco (g)	4.575.2		4.271.0		3.701.4	
07 - Absorción de agua (%)	3.0		3.1		3.2	
Penetración						
Molde	1 [56 Golpes]		2 [25 Golpes]		3 [12 Golpes]	
PEN. (mm)	Lec. Dial	Carga [Kgf.]	Lec.	Carga [Kgf.]	Lec. Dial	Carga [Kgf.]
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.63	18.0	104.4	13.0	83.2	9.0	66.2
1.3	56.0	265.9	32.0	163.9	17.0	100.2
1.9	110.0	495.3	57.0	270.1	27.0	142.6
2.5	142.0	631.30	91.0	414.59	48.0	231.88
3.2	189.0	831.0	127.0	567.6	76.0	350.9
3.8	231.0	1009.5	168.0	741.8	90.0	410.3
5.08	297.0	1289.9	216.0	945.7	120.0	537.8
7.6	360.0	1557.6	287.0	1247.4	165.0	729.0
10.16	408.0	1761.6	349.0	1510.9	180.6	795.3
12.7	456.0	1965.5	397.0	1714.8	202.1	886.7
Carga [%]	631.3 kef. [46.4%]		414.59 kef. [30.5%]		231.88 kef. [17%]	

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos - USP.

RELACIÓN DE SOPORTE - CBR [ASTM - 1883] (EXPERIMENTAL - 5%)

Tabla N°18

Relación de Soporte - CBR - Experimental - 5%.

MÉTODO DE COMPACTACIÓN (ASTM D-1557)				C
MÁXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm^3)				2.070
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)				8.4
CBR AL 100% DE LA M.D.S. (%)				55.5
CBR AL 95% DE LA M.D.S. (%)				34.3
	EMBEBIDO:	4 DIAS	EXPANSION:	1.8 %
ABSORCIÓN:	3.0 %	HUMEDAD DE PENETRACIÓN:		11.4 %

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos - USP.

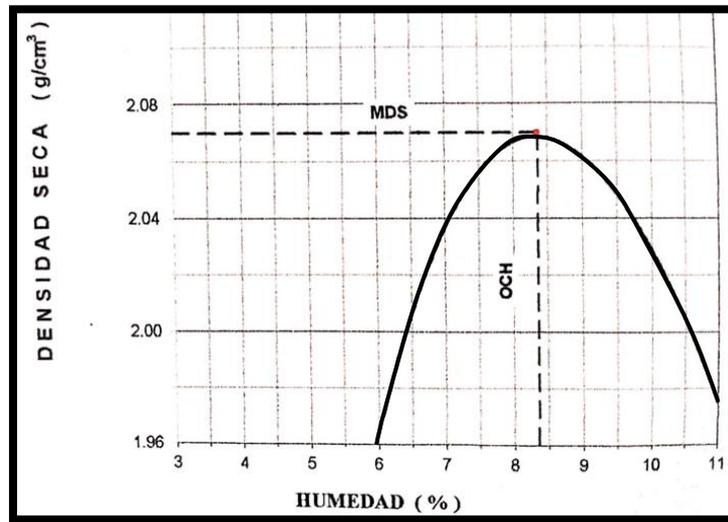


Figura 16: Curva Densidad Seca vs Contenido de Humedad - Experimental - 5% (Laboratorio de Mecánica de Suelos - USP)

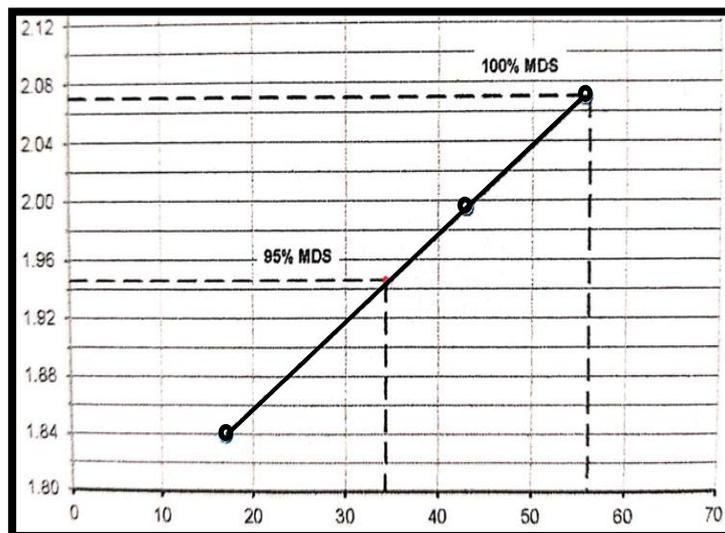


Figura 17: Curva de CBR a 2.5 mm de penetración (%) - Experimental - 5% (Laboratorio de Mecánica de Suelos - USP)

**RESULTADO DE ENSAYO DE CBR AL 100% Y 95% DE LA M.D.S.
(EXPERIMENTAL - 5%)**

Tabla N°19

CBR al 100% y 95% de la M.D.S - Experimental - 5%.

CBR EXPERIMENTAL	
	EXPERIMENTAL
100% MDS	55.5
95% MDS	34.3

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos - USP.

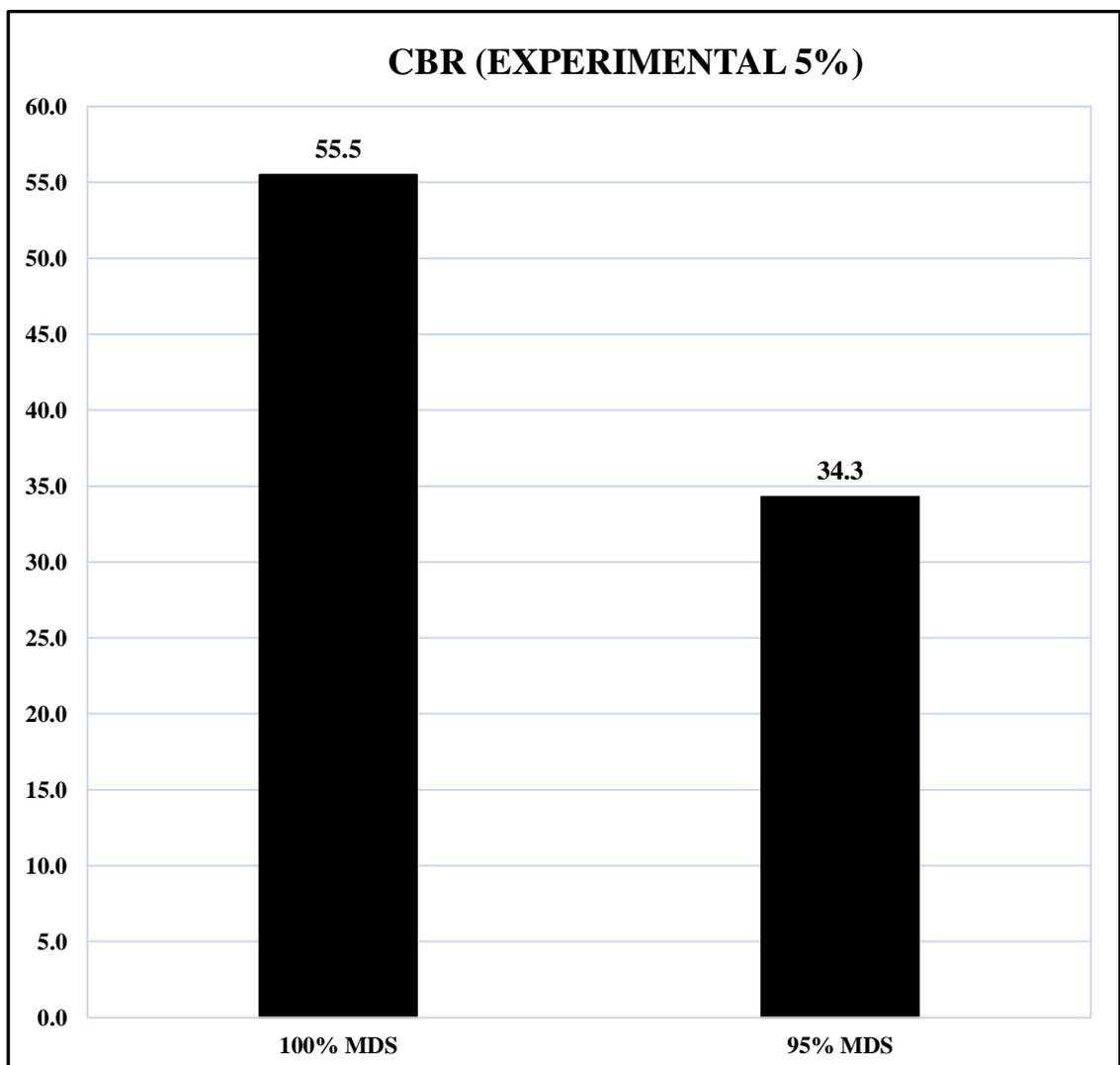


Figura 18: Comparación de CBR al 100% y 95% de la MDS - Experimental - 5% (Elaboración Propia)

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO (EXPERIMENTAL - 8%)

Tabla N°20

Proctor Modificado - Experimental - 8%.

Método Compactación:	"C"	Número de Golpes		56
Energía de Compactación Estándar	27.7 Kg.cm / cm ³			
01 - Peso Suelo Húmedo + Molde (g)	7455	7630	7750	7607
02 - Peso del Molde (g)	2605.0	2605.0	2605.0	2605.0
03 - Peso Suelo Húmedo (g)	4850.0	5025.0	5145.0	5002.0
04 - Volumen del Molde (cm ³)	2264.0	2264.0	2264.0	2264.0
05 - Densidad Suelo Húmedo (g/cm ³)	2.142	2.220	2.273	2.209
06 - Tarro N°	01	02	03	04
07 - Peso suelo húmedo + tarro (g)	540.0	500.0	470.0	606.0
08 - Peso suelo seco + tarro (g)	523.0	478.0	446.0	562.0
09 - Peso del agua (g)	17.0	22.0	24.0	44.0
10 - Peso del tarro (g)	200.0	198.0	198.0	189.0
11 - Peso suelo seco (g)	323.0	280.0	248.0	373.0
12 - Contenido de Humedad (%)	5.3	7.9	9.7	11.8
13 - Densidad del Suelo Seco (g/cm ³)	2.034	2.057	2.072	1.976
Contenido Optimo Humedad	9.4 %	Densidad Seca Máxima,		2.075 g/cm ³

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos - USP.

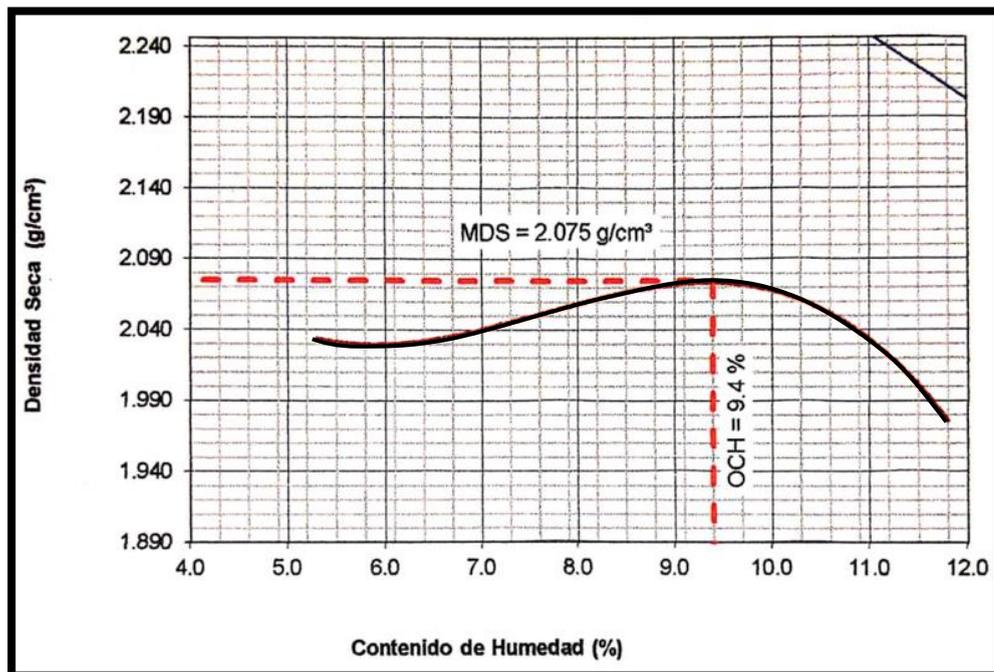


Figura 19: Curva Densidad Seca vs Contenido de Humedad - Experimental - 5% (Laboratorio de Mecánica de Suelos - USP)

**CONTENIDO ÓPTIMO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA MÁXIMA
(EXPERIMENTAL - 8%)**

Tabla N°21

Contenido Óptimo de Humedad y Densidad Seca Máxima - Experimental - 8%.

CONTENIDO ÓPTIMO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA MÁXIMA - EXPERIMENTAL - 8%	
	EXPERIMENTAL
CONTENIDO ÓPTIMO DE HUMEDAD (%)	9.4
DENSIDAD SECA MÁXIMA (gr/cm³)	2.075

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos - USP.

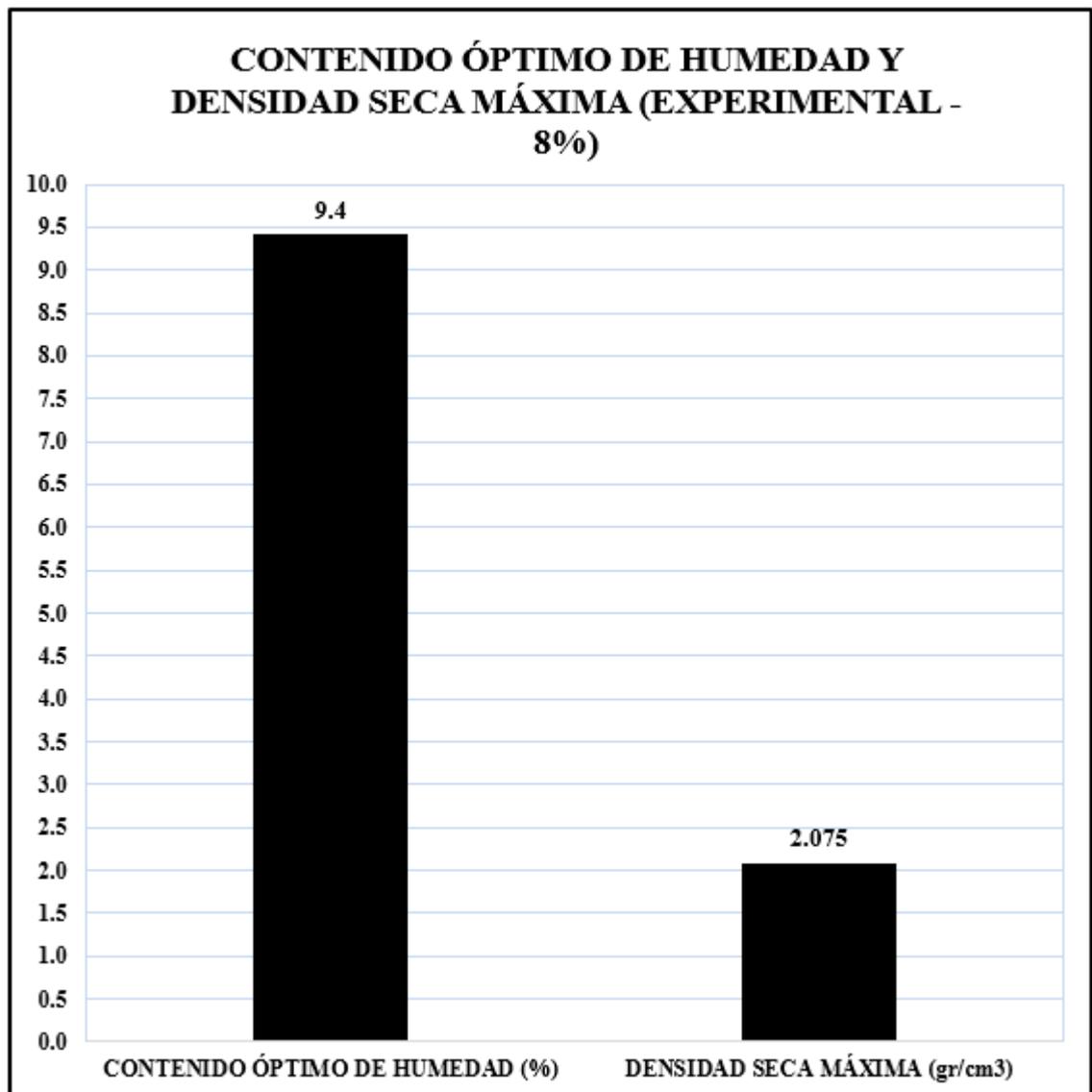


Figura 20: Comparación de Contenido Óptimo de Humedad y Densidad Seca Máxima - Experimental - 8% (Elaboración Propia)

ENSAYO DE CBR (EXPERIMENTAL - 8%)

Tabla N°22

CBR - Experimental - 8%.

Características						
Número de Molde	1		2		3	
Número de Capas	5		5		5	
Número de Golpe	56		25		12	
Energía Compactación [kg-cm]/cm ²	27.7		12.2		6.1	
Densidad Seca [CBR]						
01 - Peso suelo húmedo + molde (g)	8.822.0		8.708.0		8.644.0	
02 - Peso del molde (g)	4.137.4		4.153.6		4.140.5	
03 - Peso suelo húmedo (g)	4.684.6		4.554.4		4.503.5	
04 - Volumen de molde. cm ³	2.150.000		2.127.000		2.121.090	
05 - Densidad suelo húmedo (g/cm ³)	2.179		2.141		2.123	
06 - Tarro N°	0.0		0.0		0.0	
07 - Peso suelo húmedo + tarro (g)	450.0		430.0		412.0	
08 - Peso suelo seco + tarro (g)	438.0		418.0		400.0	
09 - Peso del agua (g)	12.0		12.0		12.0	
10 - Peso del tarro (g)	198.0		200.0		202.0	
11 - Peso suelo seco (g)	240.0		218.0		198.0	
12 - Contenido de humedad (%)	5.0		5.5		6.1	
13 - Densidad del suelo seco (g/cm ³)	2.075		2.030		2.002	
Saturación						
Embebido	Fecha	Hora	Lec. Dial	Lec. Dial	Lec. Dial	
Dia 01			0.05	0.20	0.31	
Dia 02			0.02	0.25	0.30	
Dia 03			0.05	0.24	0.32	
Dia 04			0.08	0.22	0.29	
Expansión. %			1.8	5.5	7.0	
Absorción						
Número de molde	1		2		3	
01 - Peso suelo húmedo antes (g)	4.684.6		4.554.4		4.503.5	
02 - Peso suelo embebido + molde (g)	8.911.2		8.811.6		8.767.1	
03 - Peso del molde (g)	4.137.4		4.153.6		4.140.5	
04 - Peso suelo embebido (g)	4.773.8		4.658.0		4.626.6	
05 - Peso del agua absorbida (g)	89.2		103.6		123.1	
06 - Peso del suelo seco (g)	4.461.5		4.316.8		4.246.2	
07 - Absorción de agua (%)	2.0		2.4		2.9	
Penetración						
Molde	1 [56 Golpes]		2 [25 Golpes]		3 [12 Golpes]	
PEN. (mm)	Lec. Dial	Carga [Kgf.]	Lec.	Carga [Kgf.]	Lec. Dial	Carga [Kgf.]
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.63	20.0	112.9	15.0	91.7	12.0	78.9
1.3	30.0	155.4	23.0	125.7	18.0	104.4
1.9	45.0	219.1	30.0	155.4	22.0	121.4
2.5	80.0	367.85	35.0	176.64	31.0	159.64
3.2	125.0	559.1	60.0	282.9	45.0	219.1
3.8	183.0	805.5	110.0	495.3	82.0	376.3
5.08	233.0	1018.0	191.0	839.5	114.0	512.3
7.6	302.0	1311.2	244.0	1064.7	144.0	639.8
10.16	426.0	1838.1	272.0	1183.7	181.0	797.0
12.7	504.0	2169.5	344.0	1489.6	275.0	1196.4
Carga [%]	367.85 kgf. [27%]		176.64 kgf. [13%]		159.64 kgf. [11.7%]	

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos - USP.

RELACIÓN DE SOPORTE - CBR [ASTM - 1883] (EXPERIMENTAL - 8%)

Tabla N°23

Relación de Soporte - CBR - Experimental - 8%.

MÉTODO DE COMPACTACIÓN (ASTM D-1557)				C
MÁXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm^3)				2.075
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)				9.4
CBR AL 100% DE LA M.D.S. (%)				33.1
CBR AL 95% DE LA M.D.S. (%)				26.1
	EMBEBIDO:	4 DIAS	EXPANSION:	9.8 %
ABSORCIÓN:	2.0 %	HUMEDAD DE PENETRACIÓN:		11.4 %

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos - USP.

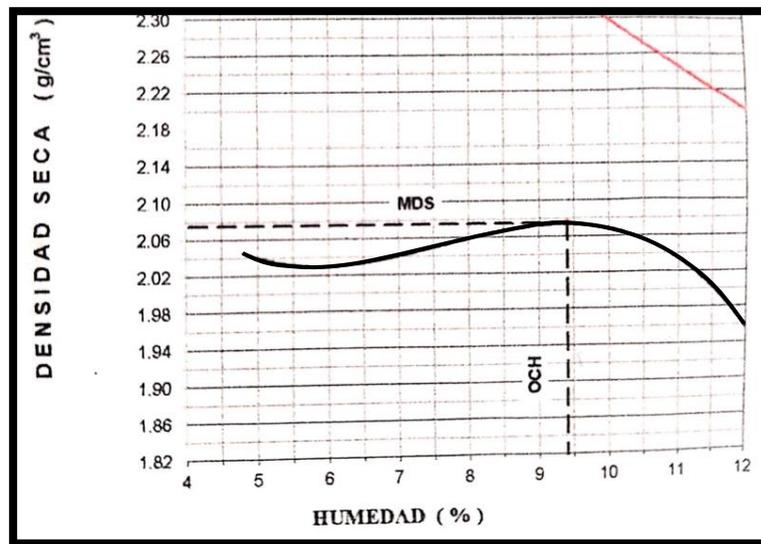


Figura 21: Curva Densidad Seca vs Contenido de Humedad - Experimental - 8% (Laboratorio de Mecánica de Suelos - USP)

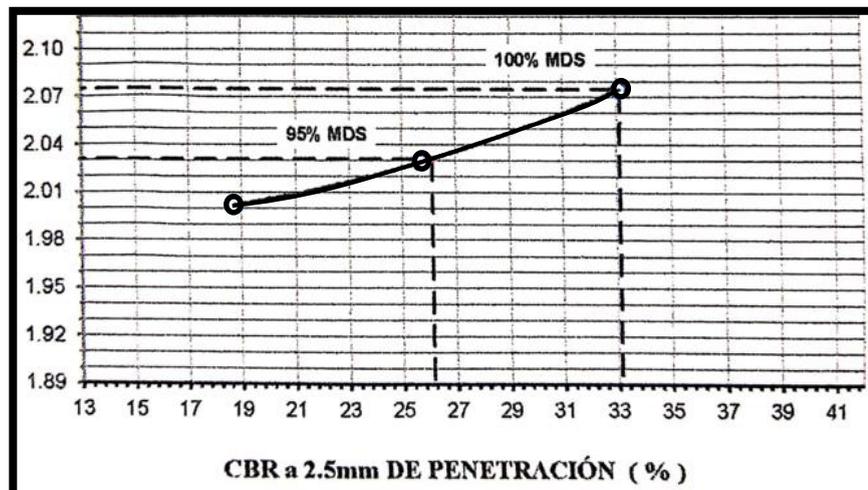


Figura 22: Curva de CBR a 2.5 mm de penetración (%) - Experimental - 8% (Laboratorio de Mecánica de Suelos - USP)

**RESULTADO DE ENSAYO DE CBR AL 100% Y 95% DE LA M.D.S.
(EXPERIMENTAL - 8%)**

Tabla N°24

CBR al 100% y 95% de la M.D.S - Experimental - 8%.

CBR EXPERIMENTAL	
	EXPERIMENTAL
100% MDS	33.1
95% MDS	26.1

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos - USP.

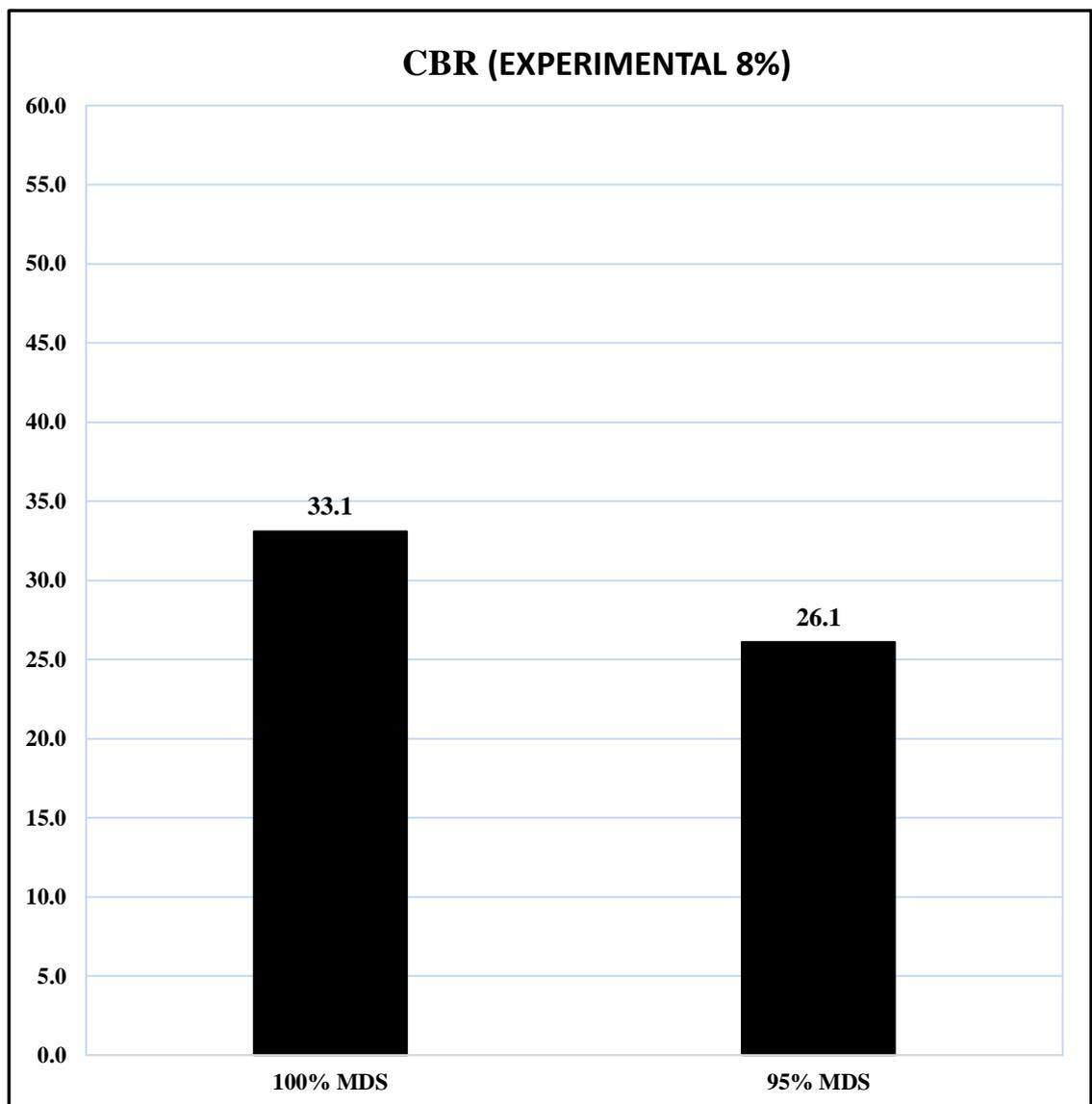


Figura 23: Comparación de CBR al 100% y 95% de la MDS - Experimental - 8% (Elaboración Propia)

COMPARACIÓN DE RESULTADOS DEL ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO (PATRÓN - EXPERIMENTAL)

Tabla N°25

Comparación Contenido Óptimo de Humedad y Densidad Seca Máxima (Patrón - Experimental).

CONTENIDO ÓPTIMO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA MÁXIMA (PATRÓN - EXPERIMENTAL)				
	PATRÓN	EXPERIMENTAL 3%	EXPERIMENTAL 5%	EXPERIMENTAL 8%
CONTENIDO ÓPTIMO DE HUMEDAD (%)	8.6	8.7	8.4	9.4
DENSIDAD SECA MÁXIMA (gr/cm ³)	2.064	2.069	2.070	2.075

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos - USP.

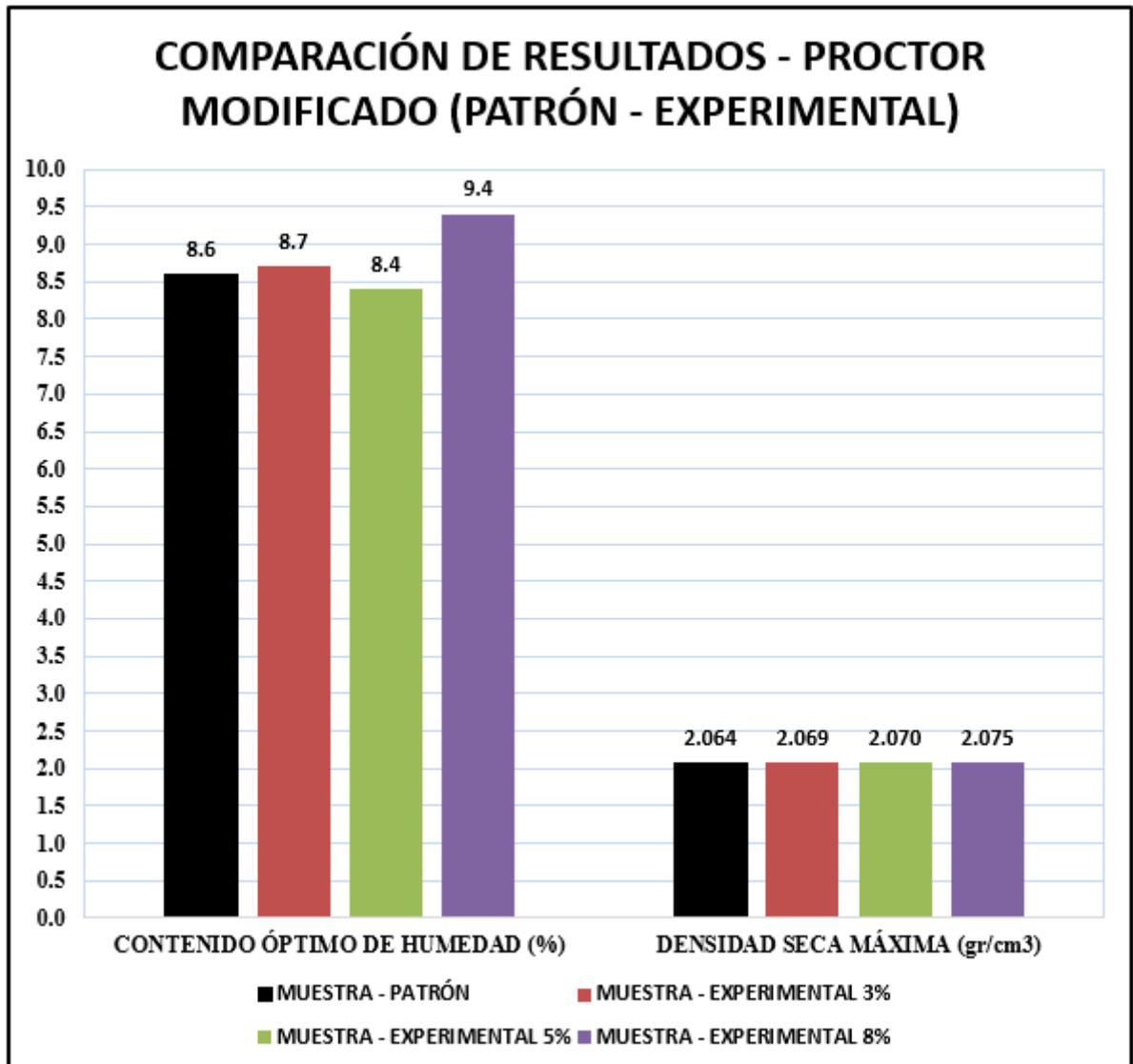


Figura 24: Comparación de resultados Proctor Modificado - Patrón y Experimental (Elaboración Propia)

COMPARACIÓN DE RESULTADOS DEL ENSAYO DE CBR (PATRÓN - EXPERIMENTAL)

Tabla N°26

Comparación CBR al 100% y 95% de la M.D.S. (Patrón - Experimental).

CBR AL 100% Y 95% DE LA M.D.S. (PATRÓN - EXPERIMENTAL)				
	PATRÓN	EXPERIMENTAL 3%	EXPERIMENTAL 5%	EXPERIMENTAL 8%
100% MDS	29.0	45.9	55.5	33.1
95% MDS	23.0	31.5	34.3	26.1

Fuente: Laboratorio de Mecánica de Suelos - USP.

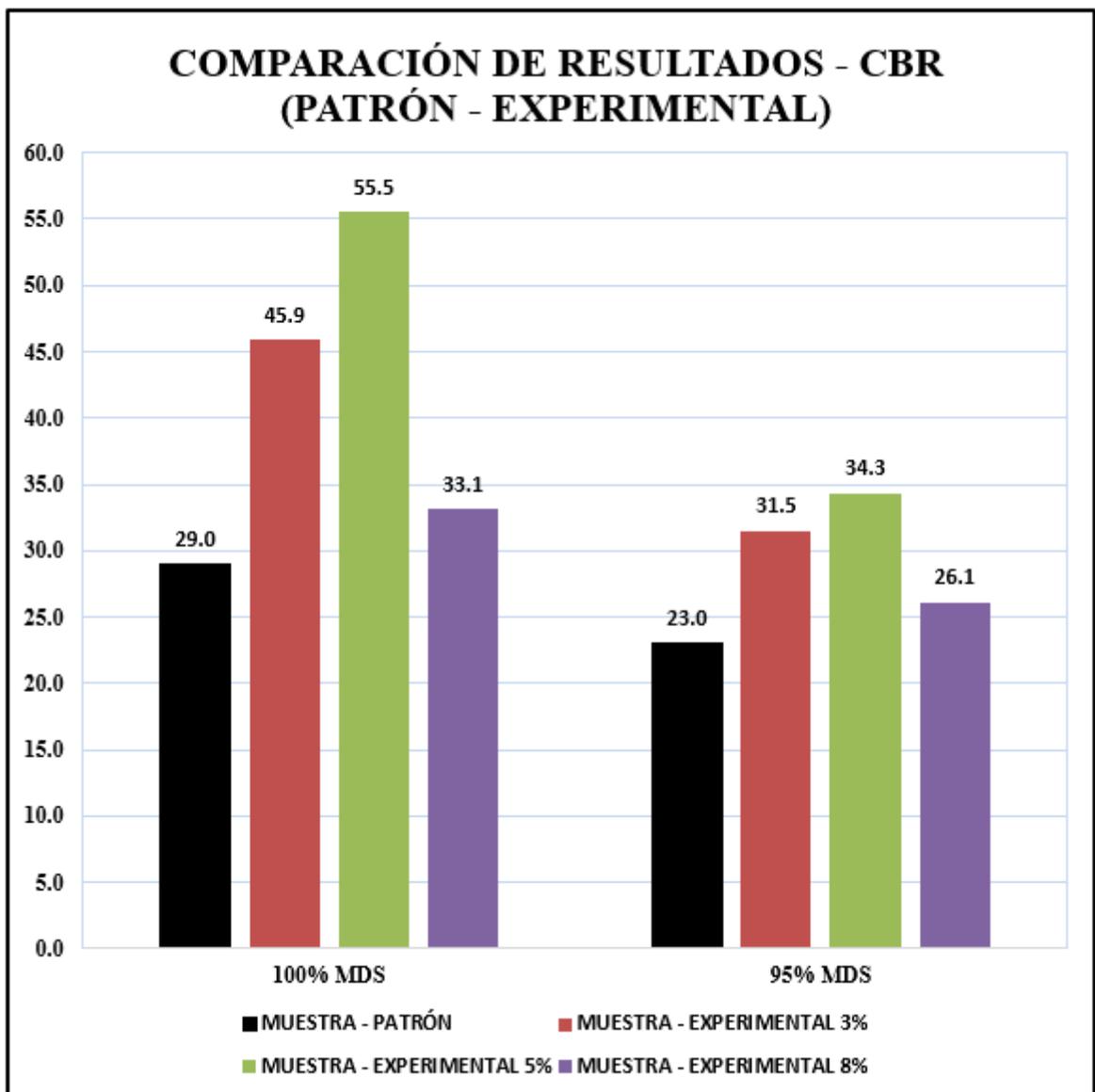


Figura 25: Comparación de resultados CBR - Patrón y Experimental (Elaboración Propia)

RESULTADOS DEL ENSAYO ANÁLISIS TÉRMICO DIFERENCIAL (A.T.D)

Tabla N°27

Ensayo de A.T.D (Ceniza de Cáscara de Arroz)

N° de Muestras	Cantidad de Muestra Ensayada
1	9.31 g

Fuente: Laboratorio LASACI.

CURVA TGA Y ATD

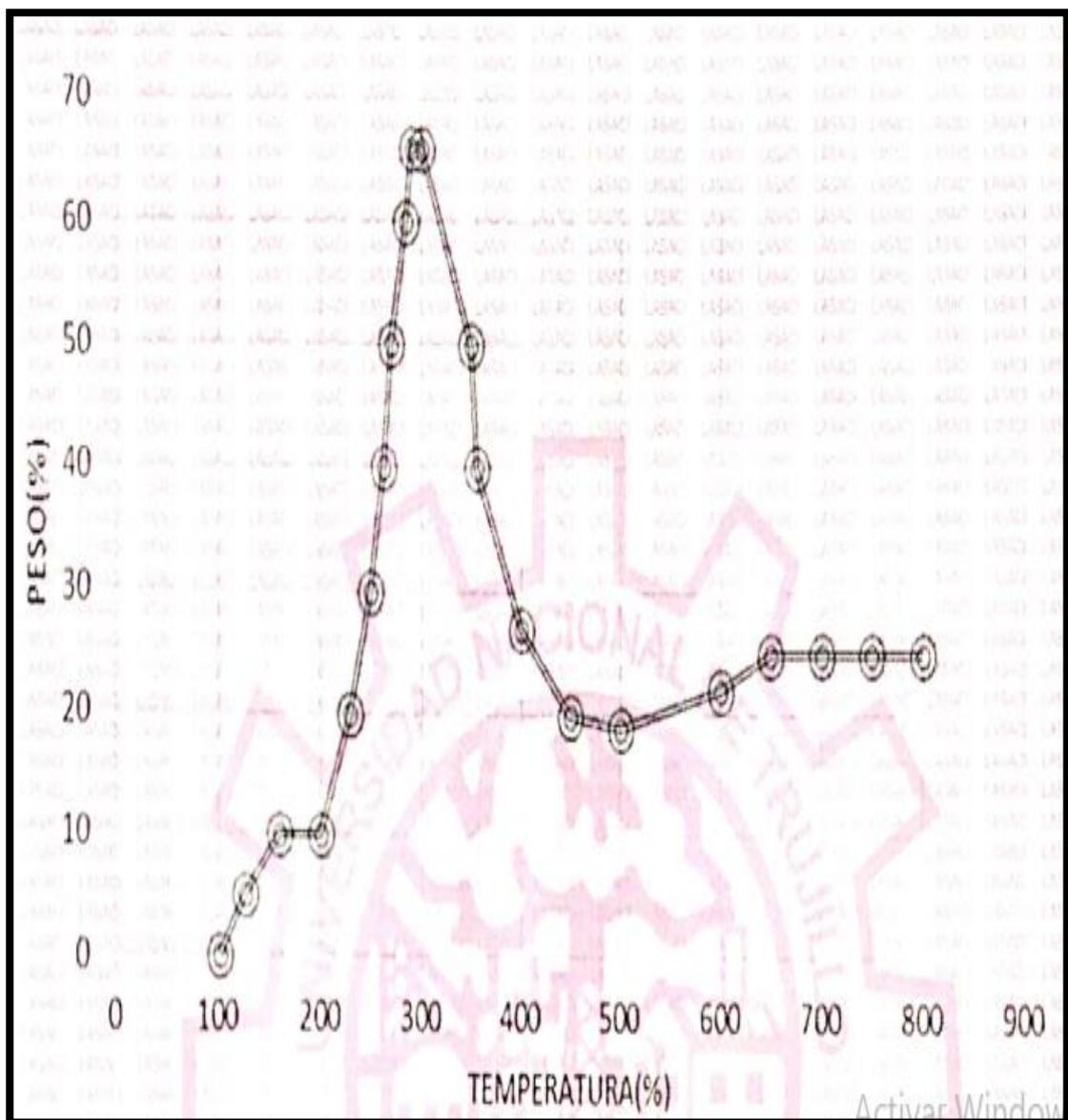


Figura 26: Curva TGA y ATD (Laboratorio LASACI)

COMPARACIÓN DE RESULTADOS DEL ENSAYO DE pH (PATRÓN - EXPERIMENTAL)

Tabla N°28

Comparación Ensayo pH (Patrón - Experimental).

MUESTRA	pH
Afirmado Natural	8,07
Afirmado Natural + 3% CCA	8,47
Afirmado Natural + 5% CCA	8,61
Afirmado Natural + 8% CCA	8,68

Fuente: Laboratorio COLECBI.

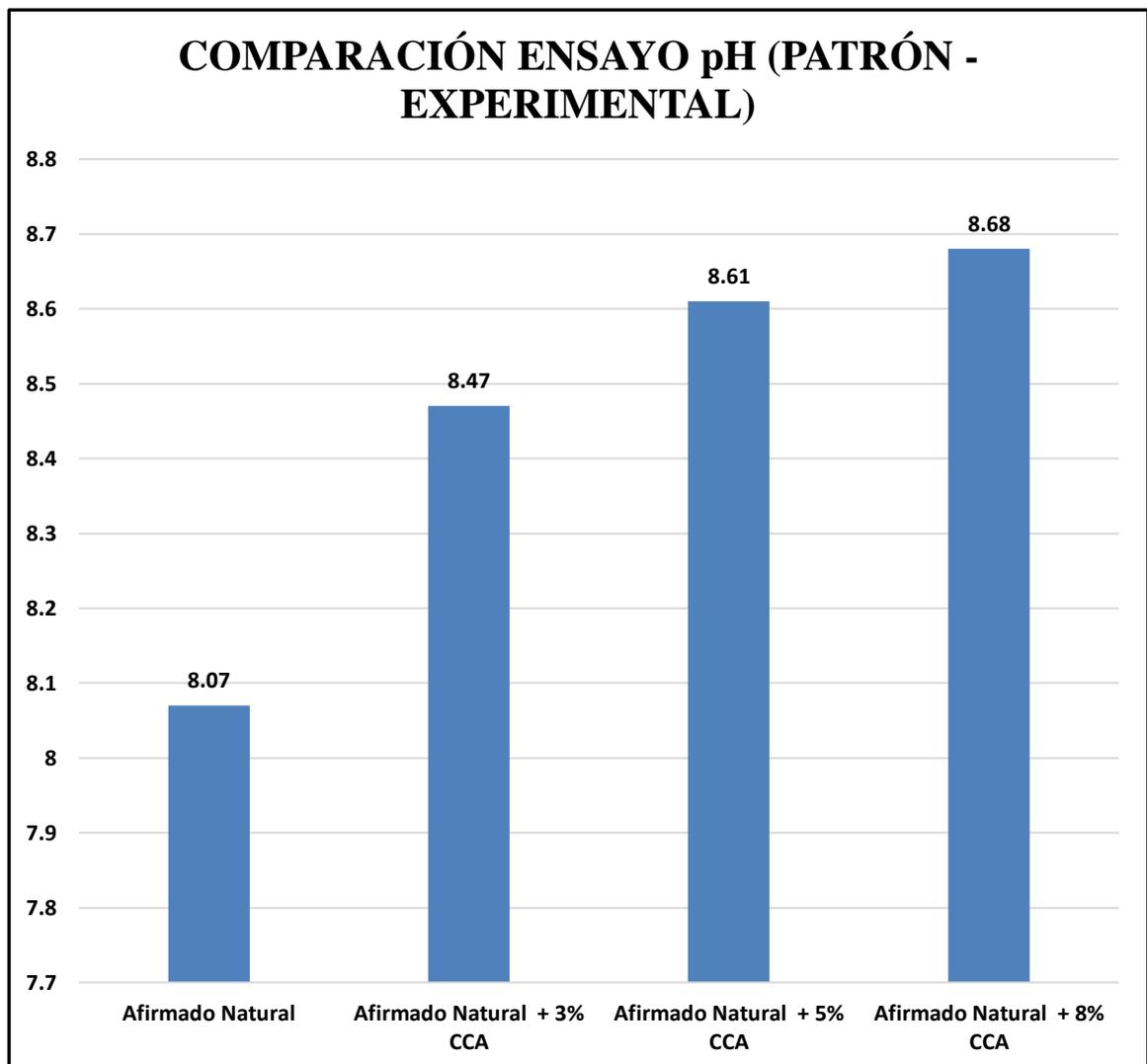


Figura 27: Comparación de resultados ensayo pH - Patrón - Experimental (Elaboración Propia)

RESULTADOS DEL ENSAYO DE ESPECTROMETRÍA DE FLUORESCENCIA DE RAYOS X

Tabla N°29

Ensayo de Espectrometría de Fluorescencia de Rayos X (ceniza de cáscara de arroz)

COMPOSICIÓN QUÍMICA	RESULTADO (%)
Dióxido de Silicio, SiO ₂	75.908
Óxido de Potasio, K ₂ O	16.345
Trióxido de Aluminio, Al ₂ O ₃	4.096
Pentóxido de Fosforo, P ₂ O ₅	1.646
Óxido de Calcio, CaO	1.216
Óxido de Manganeso, MnO	0.671
Trióxido de Azufre, SO ₃	0.102
Óxido de Zinc, ZnO	0.016

Fuente: Laboratorio LABICER - UNI.

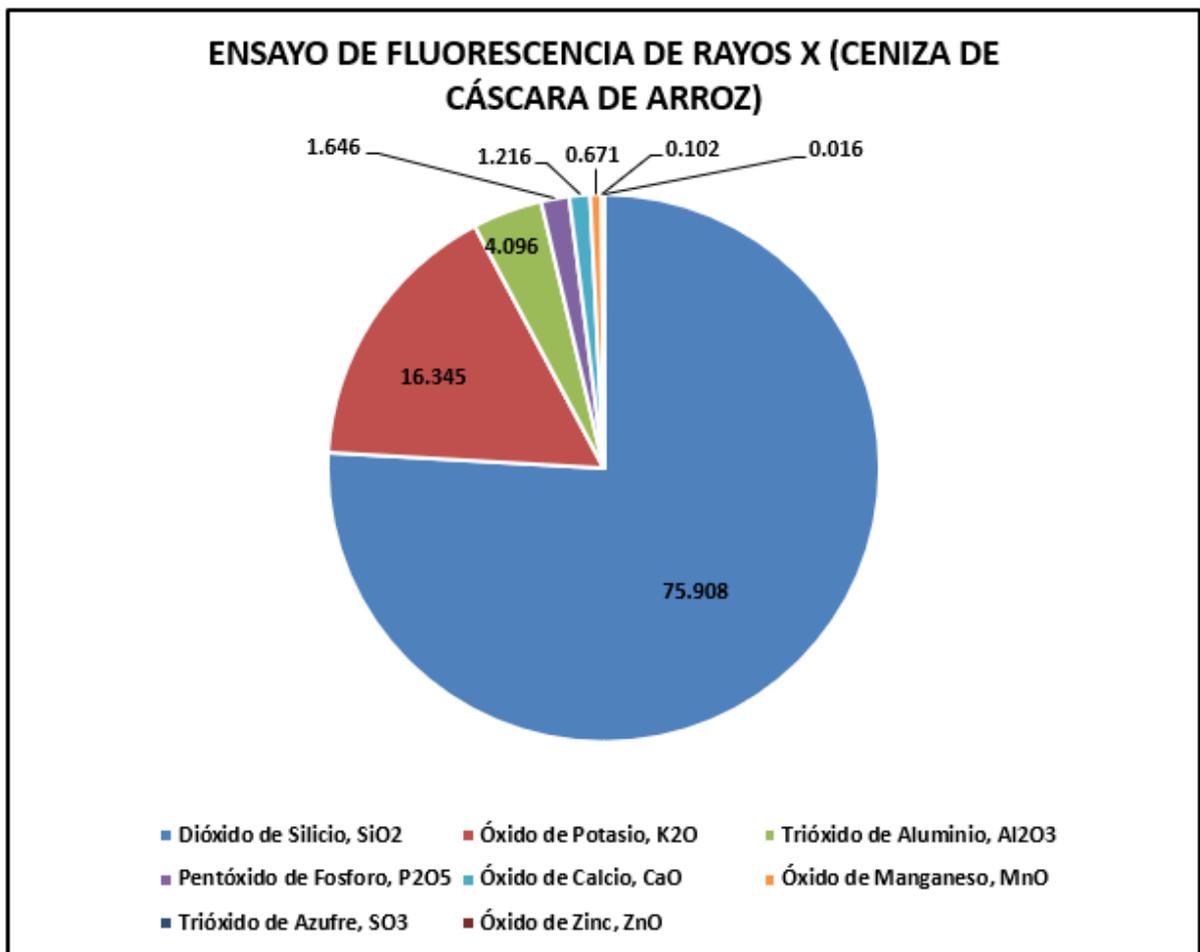


Figura 28: Ensayo de Espectrometría de Fluorescencia de Rayos X (ceniza de cáscara de arroz)
- Laboratorio LABICER - UNI

IV. ANÁLISIS Y DISCUSIÓN

1. Evaluación de los precursores puzolánicos.

El contenido de dióxido de silicio (SiO_2) en la CCA es relativamente alto: 75,908 %; por el contrario, el contenido de óxido de potasio (K_2O) es bajo: 16,345 %, el óxido de aluminio (Al_2O_3) es 4,096 % y el óxido de calcio (CaO) contiene 1,216 %, no contiene óxido de hierro (Fe_2O_3).

2. Evaluación del ensayo Análisis Térmico Diferencial (A.T.D)

En el ensayo de A.T.D de la CCA (pre - calcinada), según el Ensayo Análisis Térmico Gravimétrico, el cual se usa para determinar las propiedades químicas y físicas de los materiales, en relación a su temperatura, en una atmósfera controlada de forma precisa, se puede observar (Figura 26), que la CCA indica un pico de temperatura máxima de 300°C , la cual será la temperatura óptima para poder realizar el calcinado de nuestra CCA (pre - calcinada).

3. Evaluación del potencial hidrogeno (pH) de los materiales adiconantes.

En la prueba de potencial hidrógeno (pH) del afirmado en su estado natural obtuvimos 8,07; del afirmado más 3% de CCA obtuvimos 8,47; del afirmado más 5% de CCA obtuvimos 8,61 y del afirmado más 8% de CCA obtuvimos 8,68. De acuerdo a esto podemos decir que todas nuestras muestras experimentales son alcalinas.

4. Evaluación del Ensayo de Proctor Modificado.

De acuerdo con la prueba de Proctor Modificado realizada, se obtuvo para la muestra patrón un contenido óptimo de humedad de 8,6% y una densidad seca máxima de $2,064 \text{ gr/cm}^3$; para la muestra experimental con la adición del 3% de CCA se obtuvo un contenido óptimo de humedad de 8,7% y una densidad seca máxima de $2,069 \text{ gr/cm}^3$, mientras que para la muestra experimental con la adición del 5% de CCA se obtuvo un contenido óptimo de humedad de 8,4% y una densidad seca máxima de $2,070 \text{ gr/cm}^3$ y finalmente para la muestra experimental con la adición del 8% de CCA obtuvimos un contenido óptimo de humedad de 9,4% y una densidad seca máxima de $2,075 \text{ gr/cm}^3$.

5. Evaluación del Ensayo de CBR.

Con base en las pruebas de CBR realizadas en el laboratorio de suelos, obtuvimos

para la muestra patrón una resistencia de 29% al 100% MDS y 23% al 95% MDS; para la muestra experimental con la adición del 3% de CCA obtuvimos una resistencia de 45,9% al 100% MDS y 31,5% al 95% MDS, mientras que para la muestra experimental con la adición del 5% de CCA obtuvimos una resistencia de 55,5% al 100% MDS y 34,3% al 95% MDS y finalmente para la muestra experimental con la adición del 8% de CCA obtuvimos una resistencia de 33,1% al 100% MDS y 26,1% al 95% MDS.

El dióxido de silicio (SiO_2) es un óxido ácido el cual será el responsable de la formación de coloides en el afirmado (coloides minerales), estos tendrán como función mejorar el contenido óptimo de humedad y la flexibilidad del afirmado, contribuyendo así de manera positiva en el mejoramiento de la resistencia.

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Este apartado resumirá y sugerirá los aspectos más importantes de este proyecto en pie a lo expuesto en los antecedentes y justificación científica, marco de referencia y metodología del trabajo propuesto.

1. CONCLUSIONES:

- Según las pruebas de A.T.D, se encontró que la temperatura óptima de calcinación para la cáscara de arroz es de 300°C , temperatura a la cual se utilizarán de manera óptima las propiedades físicas y químicas de nuestro material aditivo.
- Según la norma ASTM C 618, podemos decir que nuestro material aditivo (CCA) es un material puzolánico de clase F porque si sumamos la cantidad de sílice, aluminio y hierro de su composición química, obtenemos un porcentaje mayor al 70%. Como todos sabemos, las puzolanas son materiales sílico - aluminosos, que cuando entran en contacto con el hidróxido de calcio, reaccionan químicamente para formar un compuesto con las propiedades del cemento, lo que ayudará a optimizar la resistencia y flexibilidad del afirmado.
- Según la prueba de potencial hidrogeno (pH), del afirmado en su estado natural obtenemos 8,07; del afirmado más 3% de CCA obtenemos 8,47; del afirmado más 5% de CCA obtenemos 8,61 y del afirmado más 8% de

CCA obtenemos 8,68. A partir de esto, podemos decir que todas nuestras muestras de prueba son alcalinas, lo cual es muy útil para nosotros, porque el alto nivel de pH crea hidratos de sílice y aluminio, lo que mejorará en gran medida la resistencia del afirmado

- Luego de la prueba de Proctor Modificado de las muestras experimentales, se obtuvieron los siguientes resultados: para la muestra experimental con la adición del 3% de CCA se obtuvo un contenido óptimo de humedad de 8,7% y una densidad seca máxima de 2,069 gr/cm³, mientras que para la muestra experimental con la adición del 5% de CCA se obtuvo un contenido óptimo de humedad de 8,4% y una densidad seca máxima de 2,070 gr/cm³ y finalmente para la muestra experimental con la adición del 8% de CCA se obtuvo un contenido óptimo de humedad de 9,4% y una densidad seca máxima de 2,075 gr/cm³.
- En base a la prueba de CBR de las muestras experimentales, se obtuvieron los siguientes resultados: para la muestra experimental con la adición del 3% de CCA se obtuvo una resistencia de 45,9% al 100% MDS y 31,5% al 95% MDS, mientras que para la muestra experimental con la adición del 5% de CCA se obtuvo una resistencia de 55,5% al 100% MDS y 34,3% al 95% MDS y finalmente para la muestra experimental con la adición del 8% de CCA se obtuvo una resistencia de 33,1% al 100% MDS y 26,1% al 95% MDS. En todas las muestras experimentales mejoramos la resistencia respecto a nuestra muestra patrón.
- Al agregar 3% y 5% de CCA al afirmado en su estado natural, este cumple con los requerimientos mínimos dados por el MTC E - 132 (**TABLA N°2**) para poder ser utilizado a nivel de sub - base de carretera, ya que en ambos casos obtuvimos un CBR al 100% MDS superior a 40%.

2. RECOMENDACIONES:

- Se recomienda controlar mejor el origen del material aditivo, de manera que este sea lo más natural posible y sin fertilizantes ni sustancias nocivas a largo plazo.
- Se debe tener mucho cuidado al mezclar el afirmado con la CCA, para

lograr una buena afinidad entre los dos materiales y así obtener resultados de prueba representativos.

- Se recomienda usar la adición de CCA a un 5%, ya que con este porcentaje de adición se obtuvieron los mejores resultados.
- Se recomienda buscar otros elementos de origen orgánico y características puzolanas tales como: cola de caballo, bagazo de caña de azúcar, concha de abanico, lodo de papel, hoja de pino, ya que estos al ser añadidos en porcentajes correctos lograrán mejorar la resistencia del afirmado.
- Se recomienda agregar aspectos importantes de este trabajo de investigación, tales como: ensayos de campo, efecto a largo plazo y evaluación de costos de los materiales agregados, que pueden ser utilizados como referencia para comprender las ventajas y desventajas de aumentar el nivel de aprobación del agregado mediante el uso de CCA.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Arcos, C. A., Macías Pinto, D., & Rodríguez Páez, J. E. (setiembre de 2007). La cascarilla de arroz como fuente de SiO₂. *Revista Facultad de Ingeniería Universidad de Antioquia [en línea]*(41), 7-20. doi:ISSN: 0120-6230

Arévalo, A. F., & López, L. d. (2020). *Adición de ceniza de la cascarilla de arroz para mejorar las propiedades de resistencia del concreto en la región San Martín*. Universidad Nacional de San Martín, Tarapoto. Recuperado el 2 de julio de 2021, de <http://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/handle/11458/3740/CIVIL%20-%20Andy%20Fabi%20a1n%20Ar%20a9valo%20Torres%20%26%20Luis%20L%20b3pez%20del%20AgUILA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Aznaran, Z. C. (2018). *Resistencia a la compresión de mortero con cemento sustituido el 9% por ceniza de cáscara de arroz y 6% por ceniza de concha de choro (*aulacomya atra*)*. Universidad San Pedro, Chimbote. Recuperado el 15 de julio de 2021, de http://repositorio.usanpedro.edu.pe/bitstream/handle/USANPEDRO/10393/Tesis_59859.pdf?sequence=1&isAllowed=y

- Barzola, D. E., & Curo, A. H. (2019). *Mejoramiento de la Resistencia de la Capa Asfáltica Incorporando Ceniza de Cáscara de Arroz en la Carretera Santa Rosa –Puente Piedra – (12 km)*. Universidad Cesar Vallejo, Lima. Recuperado el 8 de julio de 2021, de <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/37407>
- Botía, W. Á. (2015). *Manual de Procedimientos de ensayos de suelos y memoria de cálculo*. Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá. Recuperado el 3 de julio de 2021, de <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/6239/MANUAL%20DE%20PROCEDIMIENTOS%20DE%20ENSAYOS%20DE%20SUELOS.pdf;jsessionid=E7EF282E673741D3DD4F6264CE17D163?sequence=1>
- Braja, M. D. (2013). *Fundamentos de Ingeniería Geotécnica* (4 ed.). Santa Fe: Cengage Learning Editores. Recuperado el 6 de julio de 2021, de https://www.academia.edu/36776734/Fundamentos_de_ingenieria_geotecnica_braja_m_das_4ta_edicion
- Caamaño, I. A. (2016). *Mejoramiento de un suelo blando de subrasante mediante la adición de cascarilla de arroz y su efecto en el módulo resiliente*. Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá. Recuperado el 7 de julio de 2021, de <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/15770/Caama%c3%b1oMurilloIv%c3%a1nAlberto2016.pdf.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Campos, G. C., & Lule, N. E. (Enero-junio de 2012). La observación, un método para el estudio de la realidad. *Revista Xihmai*, VII(13), 45-60. Recuperado el 10 de julio de 2021, de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/3979972.pdf>
- Carvajal, N. A., Rincón, D. A., & Zarate, J. G. (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*. Universidad Cooperativa de Colombia, Ibagué. Recuperado el 11 de julio de 2021, de https://repository.ucc.edu.co/bitstream/20.500.12494/13832/1/2018_mejoramiento_%20material_afirmado.pdf

- Casas, A. N., & Osorio, J. F. (2011). *Correlación P.D.C. con C.B.R. para suelos en la localidad de Suba*. Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá. Recuperado el 13 de julio de 2021, de <https://repository.unimilitar.edu.co/bitstream/handle/10654/3653/OsorioMartinezJoseFernando2011.pdf?sequence=2>
- Castillo, L. (2004). *Análisis Documental*. Biblioteconomía. Recuperado el 12 de julio de 2021, de <https://www.uv.es/macas/T5.pdf>
- Crespo, C. V. (2004). *Mecánica de Suelos y Cimentaciones* (5 ed.). Ciudad de México: Editorial Limusa. Recuperado el 02 de julio de 2021, de https://www.academia.edu/35912353/Crespo_Villalaz_MEC%C3%81NICA_DE_SUELOS_Y_CIMENTACIONES_PDF
- Cuervo, H. A., & Barragán, C. A. (2019). *Análisis del Comportamiento Físico Mecánico de la Adición de Ceniza de Cascarilla de Arroz de la Variedad Blanco aun Suelo Areno - Arcilloso*. Universidad Piloto De Colombia Sección AltoMagdalena, Cundimarca. Recuperado el 10 de julio de 2021, de <http://repository.unipiloto.edu.co/bitstream/handle/20.500.12277/6488/AN%20DEL%20COMPORTAMIENTO%20FISICO-MECANICO%20DE%20LA%20ADICION%20DE%20CENIZA%20DE%20CASCARILLA%20DE%20ARROZ%20DE%20VARIEDAD%20BLANCO%20A%20UN%20SUELO%20ARENO%20ARCILLOSO%2010-10-2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Hernández, R. S., Fernández, C. C., & Baptista, M. d. (2014). *Metodología de la Investigación* (6 ed.). Ciudad de México: McGraw Hill Education/Interamericana Editores, S.A. de C.V. Recuperado el 5 de Julio de 2021, de <http://observatorio.epacartagena.gov.co/wp-content/uploads/2017/08/metodologia-de-la-investigacion-sexta-edicion.compressed.pdf>
- Juárez, B. M. (2012). *La Utilización de Cáscara de Arroz Bajo el Proceso de Calcinación Controlada como Puzolana Artificial en el Diseño de Morteros para Acabados*. Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala.

Recuperado el 8 de julio de 2021, de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_3424_C.pdf

López, B. J. (2021). *Estabilización de suelos arcillosos aplicando ceniza de cáscara de arroz para el mejoramiento de subrasante, en la localidad de Moyobamba - departamento de San Martín*. Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, Lima. Recuperado el 7 de julio de 2021, de <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/654616>

Ministerio de Transporte y Comunicaciones [MTC]. (2014). *Manual de Carreteras Sección Suelos y Pavimentos*. Ministerio de Transporte y Comunicaciones, Dirección General de Caminos y Ferrocarriles, Lima. Recuperado el 02 de julio de 2021, de <https://www.slideshare.net/GuillermoSoto32/manual-suelos-pavimentos>

Montero, C. (2017). *Informe del Arroz*. Ministerio de Agricultura y Riego, Dirección General de Políticas Agrarias. Dirección de Estudios Económicos e Información Agraria, Lima. Recuperado el 8 de julio de 2021, de <https://www.midagri.gob.pe/portal/analisis-economico/analisis-2017>

Paredes, A. J. (2019). *Resistencia a la compresión de un concreto $f'c = 280$ kg/cm² adicionando cenizas de cáscara de arroz y conchas de abanico*. Universidad San Pedro, Chimbote. Recuperado el 2 de julio de 2021, de http://repositorio.usanpedro.edu.pe/bitstream/handle/USANPEDRO/11414/Tesis_61994.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Vargas, J., Alvarado, P., Vega-Baudrit, J., & Porras, M. (2013). Caracterización del subproducto cascarillas de arroz en búsqueda de posibles aplicaciones como materia prima en procesos. *Revista Científica*, 23(1), 87-102. Recuperado el 08 de julio de 2021, de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5069938.pdf>

VII. AGRADECIMIENTOS

A Dios por haberme dado fuerza y valentía para poder llegar a concretar exitosamente mi tesis.

A mis padres por haberme dado su apoyo incondicional, su cariño y tenerme paciencia durante el desarrollo de mi investigación.

A mi esposa, por su apoyo y comprensión brindada para poder terminar mi carrera universitaria.

A mis Asesores por su colaboración en el desarrollo del tema, por forjarme con sus conocimientos en mi etapa académica y brindarme todo su apoyo durante el desarrollo de mi investigación.

VIII. ANEXOS Y APÉNDICES

En este capítulo, se adjuntará material valioso como resultados de los últimos antecedentes, tablas de diseño, informes técnicos realizados y el CBR del afirmado patrón y de las muestras experimentales. Además, se detallará por medio del panel fotográfico el tratamiento de la materia prima.

**RESULTADOS DE LOS
ENSAYOS REALIZADOS**



LASACI

REPORTE DE MEDICION Y ANALISIS DE MUESTRA POR EL ANALISIS TERMICO DIFERENCIAL

SOLICITANTE	KEVIN CENIZARIO HUALCAS
TESIS	Mejoramiento de la capacidad de soporte del afirmado de la cantera 50l de Huarmey adicionando cenizas de cascara de arroz en 8%
MUESTRA	CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ
FECHA	22-07-2021
INSTITUCION	
MUESTRA RECIBIDA EN LABORATORIO	

1. MUESTRA: CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ (10. GR)

Nº DE MUESTRAS	CANTIDAD DE MUESTRA ENSAYADA	PROCEDENCIA
1	9.31 g	

2. ENSAYOS A APLICAR

- ANALISIS TERMICO DIFERENCIAL ATD
- ANALISIS TERMOGRAVIMETRICO TGA

3. EQUIPO EMPLEADO Y CONDICIONES

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



JEFE DE LABORATORIO
ANALISTA RESPONSABLE

ING. CARLOS VALQUI MENDOZA
ING. CARLOS VALQUI MENDOZA



UNIVERSIDAD NACIONAL DE TRUJILLO

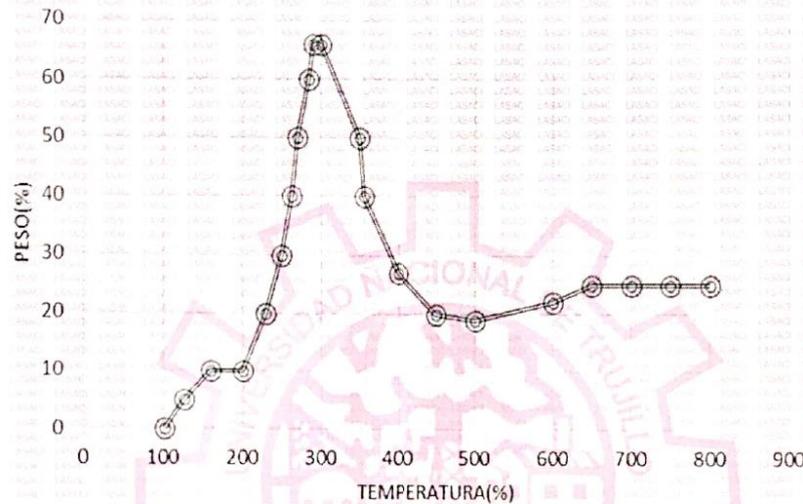
LABORATORIO DE SERVICIOS A LA COMUNIDAD E INVESTIGACION



LASACI

4. RESULTADOS

c. CURVA TGA Y ATD



5. CONCLUSION

- Para la presente investigación de la ceniza de cáscara de arroz, El porcentaje de cenizas de acuerdo al análisis de emisión de quemado es de 0.28%.
- El análisis termo gravimétrico de ceniza de cáscara de arroz indica un pico de temperatura máxima de 300.0°C por un periodo de tiempo de 2hr. entre 255 y 367 °C


LASACI
 DIRECCIÓN
 Ing. Carlos A. Valqui Mendoza
 DIRECTOR LASACI

Trujillo, 30 DE JULIO DEL 2021

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

FACULTAD DE INGENIERIA QUIMICA

lasaciunt@gmail.com 949959632



INFORME TÉCNICO N° 1673 – 16 – LAB. 12

1. DATOS DEL SOLICITANTE
 - 1.1 NOMBRE DEL SOLICITANTE : KEVIN ALEXIS CENZARIO HUALCAS
 - 1.2 RUC : 72291585
2. CRONOGRAMA DE FECHAS
 - 2.1 FECHA DE RECEPCIÓN : 02 / 11 / 2021
 - 2.2 FECHA DE ENSAYO : 02 / 11 / 2021
 - 2.3 FECHA DE EMISIÓN : 02 / 11 / 2021
3. ANÁLISIS SOLICITADO : ANÁLISIS DE COMPOSICIÓN QUÍMICA
4. DATOS REFERENCIALES DE LA MUESTRA
 - 4.1 DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA : 01 MUESTRA DE CENIZA DE CASCARA DE ARROZ
 - 4.2 TESIS : EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DEL AFIRMADO DE LA CANTERA SOL DE HUARMEY MEDIANTE LA ADICIÓN DE CENIZA DE CASCARA DE ARROZ
5. LUGAR DE RECEPCIÓN : LABORATORIO N°12 - FACULTAD DE CIENCIAS
6. CONDICIONES AMBIENTALES : Temperatura: 21.1 °C; Humedad relativa: 63%
7. EQUIPO UTILIZADO : Espectrómetro de Fluorescencia de Rayos X. SHIMADZU, EDX 800-HS.
8. RESULTADOS
 - 8.1 COMPOSICIÓN QUÍMICA EXPRESADA COMO ÓXIDOS

COMPOSICIÓN QUÍMICA	RESULTADO (%)	MÉTODO UTILIZADO
Dióxido de Silicio, SiO ₂	75.908	ESPECTROMETRÍA DE FLUORESCENCIA DE RAYOS X
Óxido de Potasio, K ₂ O	16.345	
Trióxido de Aluminio, Al ₂ O ₃	4.096	
Pentóxido de Fósforo, P ₂ O ₅	1.646	
Óxido de Calcio, CaO	1.216	
Óxido de Manganeso, MnO	0.671	
Trióxido de Azufre, SO ₃	0.102	
Óxido de Zinc, ZnO	0.016	

*El porcentaje de error del equipo es de ± 0.02

8.2 COMPOSICIÓN QUÍMICA EXPRESADA COMO ELEMENTOS

COMPOSICIÓN QUÍMICA	RESULTADO (%)	MÉTODO UTILIZADO
Silicio, Si	83.332	ESPECTROMETRÍA DE FLUORESCENCIA DE RAYOS X
Potasio, K	8.365	
Calcio, Ca	2.596	
Aluminio, Al	1.969	
Fósforo, P	1.595	
Azufre, S	1.242	
Manganeso, Mn	0.851	
Zinc, Zn	0.050	

*El porcentaje de error del equipo es de $\pm 0.02\%$





CORPORACIÓN DE LABORATORIOS DE ENSAYOS CLÍNICOS, BIOLÓGICOS E INDUSTRIALES

“COLECBI” S.A.C.

REGISTRADO EN LA DIRECCIÓN GENERAL DE POLÍTICAS Y DESARROLLO REGULADORIO - PRODUCE

CORPORACIÓN DE LABORATORIOS DE ENSAYOS CLÍNICOS, BIOLÓGICOS E INDUSTRIALES S.A.C.

INFORME DE ENSAYO N° 20220921-013

Pág. 1 de 1

SOLICITADO POR : KEVIN ALEXIS CENZARIO HUALCAS.
 DIRECCIÓN : Prolongación Leoncio Prado Mz. K Lote 7 Miraflores Alto Chimbote.
 NOMBRE DEL CONTACTO DEL CLIENTE : NO APLICA
 PRODUCTO (DECLARADO POR EL CLIENTE) : **ABAJO INDICADOS.**
 LUGAR DE MUESTREO : NO APLICA
 MÉTODO DE MUESTREO : NO APLICA
 PLAN DE MUESTREO : NO APLICA
 CONDICIONES AMBIENTALES DURANTE EL MUESTREO : NO APLICA
 FECHA DE MUESTREO : NO APLICA
 CANTIDAD DE MUESTRA : 04 muestras
 PRESENTACIÓN DE LA MUESTRA : En bolsa de polietileno, cerrada.
 CONDICIÓN DE LA MUESTRA : En buen estado.
 FECHA DE RECEPCIÓN : 2022-09-21
 FECHA DE INICIO DEL ENSAYO : 2022-09-21
 FECHA DE TÉRMINO DEL ENSAYO : 2022-09-21
 LUGAR REALIZADO DE LOS ENSAYOS : Laboratorio Físico Químico.
 CÓDIGO COLECBI : **SS 220921-6**

RESULTADOS

MUESTRA	ENSAYO
	pH
Afirmado Natural	8,07
Afirmado Natural + 3% CCA	8,47
Afirmado Natural + 5% CCA	8,61
Afirmado Natural + 8% CCA	8,68

METODOLOGÍA EMPLEADA

pH : Potenciométrico.

NOTA:

- Informe de ensayo emitido en base a resultados de nuestro Laboratorio sobre muestras :
Proporcionadas por el Solicitante (X) Muestras por COLECBI S.A.C. ()
- COLECBI S.A.C. no es responsable de la información declarada por el cliente, que pueda afectar la validez de los resultados.
- Los resultados presentados corresponden solo a la muestra/s ensayada/s, tal como se recibió.
- Estos resultados de ensayos no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
- No afecto al proceso de Dirimencia por su perecibilidad y/o muestra única.
- El informe incluye diagrama, croquis o fotografías : **SI () NO (X)**
- Cuando el informe de ensayo ya emitido se haga una corrección o modificación se emitirá un nuevo informe de ensayo completo que haga referencia al informe que reemplaza. Los cambios se identificarán con letra negrita y cursiva.

Fecha de Emisión: Nuevo Chimbote, Setiembre 22 del 2022.

GVR/jms

LC-MP -HRIE
 Rev. 08
 Fecha 2022-05-28

A. Gustavo Vargas Ramos
 Gerente de Laboratorio
 BIOLÓGO MICROBIÓLOGO
 L. 811.128
COLECBI S.A.C.

EL INFORME NO SE DEBE REPRODUCIR SIN LA APROBACIÓN DEL LABORATORIO, EXCEPTO EN SU TOTALIDAD

FIN DEL INFORME

COLECBI S.A.C.

Urb. Buenos Aires Mz. A - Lt. 7 | Etapa - Nuevo Chimbote - Teléfono: 043 310752
 Celular: 998392893 - 998393974 - Apartado 127
 e-mail: colecbi@speedy.com.pe / medioambiente_colecbi@speedy.com.pe
 Web: www.colecbi.com



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
(ASTM D422)

SOLICITA : KEVIN ALEXIS CENZARIO HUALCAS
 TESIS : EVALUACION DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE (CBR) DEL AFIRMADO DE LA CANTERA
 SOL DE HUARMEY MEDIANTE LA ADICION DE GENIZA DE CASCARA DE ARROZ
 LUGAR : HUARMEY - HUARMEY - ANCASH
 FECHA : 10-08-2022

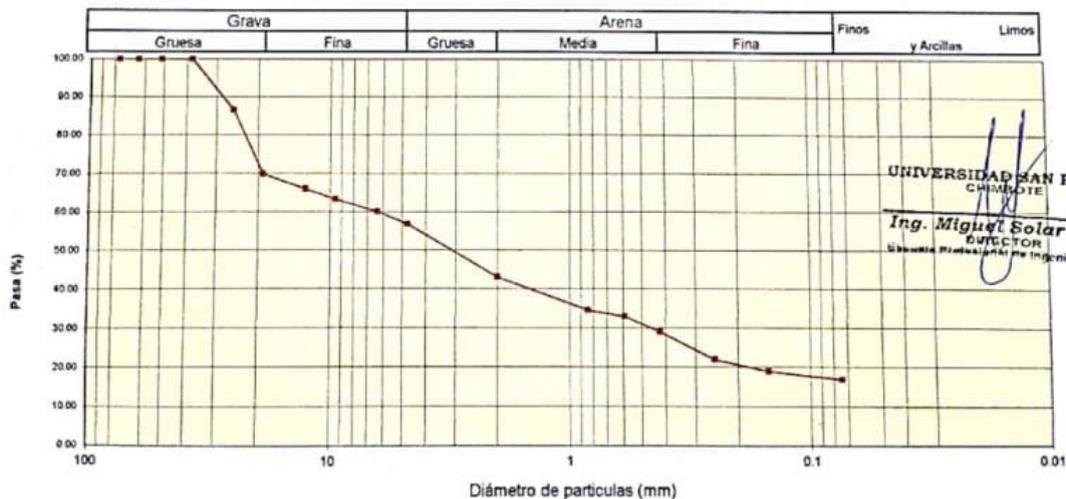
Peso Seco Inicial	890	gr.
Peso Seco Lavado	739.5	gr.
Peso perdido por lavado	150.5	gr.

MUESTRA : C - 1

Tamiz(Apertura)	Peso Retenido(gr.)	Retenido Parcial(%)	Retenido Acumulado(%)	Pasante (%)	Clasificació AASTO
N° 2 1/2" (76.20)	0.0	0.0	0.0	100.0	Material granular Excelente a bueno como subgrado A-2-4 Grava y arena arcillosa o limosa
2" (50.80)	0.0	0.0	0.0	100.0	
1 1/2" (37.50)	0.0	0.0	0.0	100.0	
1" (22.50)	119.0	13.4	13.4	86.6	
3/4" (19.00)	149.0	16.7	30.1	69.9	Valor del índice de grupo (IG) : 0 Clasificación (S.U.C.S.)
1/2" (12.50)	35.0	3.9	34.0	66.0	
3/8" (9.50)	23.5	2.6	36.7	63.3	Suelo de partículas gruesas. Suelo de partículas gruesas con finos (suelo sucio). Grava arcillosa-limosa con arena GC-GM
1/4" (6.30)	28.0	3.1	39.8	60.2	
N° 4 (4.75)	29.0	3.3	43.1	56.9	Pasa tamiz N° 4 (%) : 56.9
N° 10 (2.00)	123.0	13.8	56.9	43.1	Pasa tamiz N° 200 (%) : 16.9
N° 20 (0.850)	75.0	8.4	65.3	34.7	D60 (mm) : 6.27
N° 30 (0.600)	15.0	1.7	67.0	33.0	D30 (mm) : 0.461
N° 40 (0.425)	35.0	3.9	71.0	29.0	D10 (mm) :
N° 60 (0.250)	63.0	7.1	78.0	22.0	Cu
N° 100 (0.150)	27.0	3.0	81.1	18.9	Cc
N° 200 (0.075)	18.0	2.0	83.1	16.9	
< 200	150.5	16.9	100.0	0.0	
Total	890.0			100.0	

Límite líquido LL	22.83
Límite plástico LP	16.19
Índice plasticidad IP	6.64

CURVA GRANULOMÉTRICA



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
CHIMBOTE
Ing. Miguel Solar Jara
DIRECTOR
LABORATORIO DE INGENIERÍA CIVIL



**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO
(ASTM D422)**

SOLICITA : KEVIN ALEXIS CENZARIO HUALCAS
 TESIS : EVALUACION DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE (CBR) DEL AFIRMADO DE LA CANTERA
 SOL DE HUARMEY MEDIANTE LA ADICION DE CENIZA DE CASCARA DE ARROZ
 LUGAR : HUARMEY - HUARMEY - ANCASH
 FECHA : 10-08-2022

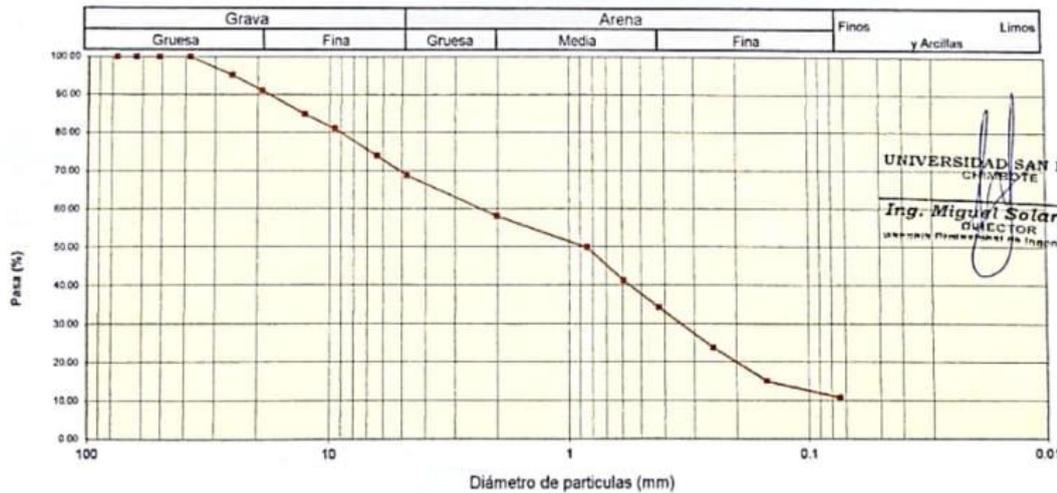
Peso Seco Inicial	2183	gr.
Peso Seco Lavado	1947.9	gr.
Peso perdido por lavado	235.1	gr.

MUESTRA : C - 1

Tamiz(Apertura)	Peso Retenido(gr.)	Retenido Parcial(%)	Retenido Acumulado(%)	Pasante (%)	Clasificació AASHTO
N° 2 1/2" (76.20)	0.0	0.0	0.0	100.0	Material granular Excelente a bueno como subgrado A-1-b Fragmentos de roca, grava y arena
2" (50.80)	0.0	0.0	0.0	100.0	
1 1/2" (37.50)	0.0	0.0	0.0	100.0	
1" (22.50)	105.9	4.9	4.9	95.1	Valor del índice de grupo (IG)
3/4" (19.00)	90.1	4.1	9.0	91.0	
1/2" (12.50)	134.3	6.2	15.1	84.9	Clasificación (S.U.C.S.)
3/8" (9.50)	81.6	3.7	18.9	81.1	Suelo de partículas gruesas (Nomenclatura con símbolo doble).
1/4" (6.30)	158.2	7.2	26.1	73.9	Arena mal graduada con limo con grava SP SM
N° 4 (4.75)	111.3	5.1	31.2	68.8	
N° 10 (2.00)	233.6	10.7	41.9	58.1	Pasa tamiz N° 4 (%) : 68.8
N° 20 (0.850)	179.0	8.2	50.1	49.9	Pasa tamiz N° 200 (%) : 10.8
N° 30 (0.600)	189.7	8.7	58.8	41.2	D60 (mm) : 2.49
N° 40 (0.425)	153.7	7.0	65.8	34.2	D30 (mm) : 0.352
N° 60 (0.250)	228.0	10.4	76.3	23.7	D10 (mm) :
N° 100 (0.150)	189.5	8.7	85.0	15.0	Cu
N° 200 (0.075)	93.0	4.3	89.2	10.8	Cc
< 200	235.1	10.8	100.0	0.0	
Total	2183.0			100.0	

Límite líquido LL	0
Límite plástico LP	0
Índice plasticidad IP	0

CURVA GRANULOMÉTRICA



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
 CHIMBOTE
 Ing. Miguel Solar Jara
 DIRECTOR
 Laboratorio de Mecánica de Suelos e Ingeniería Civil



CONTENIDO DE HUMEDAD

(ASTM D-2216)

SOLICITA : KEVIN ALEXIS CENIZARIO HUALCAS
TESIS : EVALUACION DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE (CBR) DEL AFIRMADO DE LA CANTERA
SOL DE HUARMEY MEDIANTE LA ADICION DE CENIZA DE CASCARA DE ARROZ
LUGAR : HUARMEY - HUARMEY -ANCASH
FECHA : 10-08-2022
MATERIAL : AFIRMADO

ENSAYO N°	M-1	M-2
Peso de tara + MH	1007.50	789.00
Peso de tara + MS	993.50	780.20
Peso de tara	207.50	202.50
Peso del agua	14.00	8.80
MS	786.00	577.70
Contenido de humedad (%)	1.78	1.52
Humedad promedio(%)	1.65	

NOTA : La muestra fue traída y realizado por el interesado en este Laboratorio.

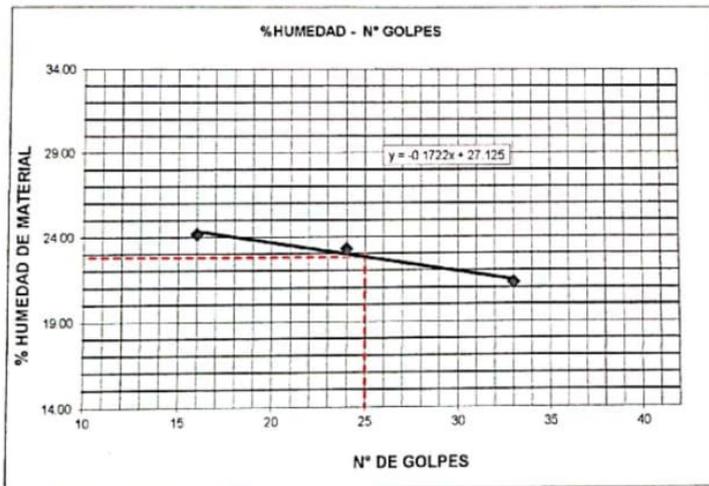
UNIVERSIDAD SAN PEDRO
CHIMBOTE
Ing. Miguel Solar Jara
DIRECTOR
Comité Profesional de Ingeniería Civil



LIMITE LIQUIDO Y LIMITE PLASTICO
(MTC E-110,E-111,ASTM D-4318 y MTC E-110, AASHTO T89, T90)

SOLICITA : KEVIN ALEXIS CENIZARIO HUALCAS
 TESIS : EVALUACION DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE (CBR) DEL AFIRMADO DE LA CANTERA
 SOL DE HUARMEY MEDIANTE LA ADICION DE CENIZA DE CASCARA DE ARROZ
 LUGAR : HUARMEY - HUARMEY -ANCASH
 FECHA : 10-08-2022
 MATERIAL : AFIRMADO

Nro. DE ENSAYO	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		
	1	2	3	1	2	3
PESO TARA + SUELO HUMEDO (gr.)	52.98	54.02	61.42	20.98	20.85	20.86
PESO TARA + SUELO SECO (gr.)	47.00	47.99	53.95	20.65	20.45	20.43
PESO DE LA TARA (gr.)	22.30	22.10	18.90	18.50	18.20	17.66
PESO DEL AGUA (gr.)	5.98	6.03	7.47	0.33	0.40	0.43
PESO SUELO SECO (gr.)	24.70	25.89	35.05	2.15	2.25	2.77
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	24.21	23.29	21.30	15.35	17.78	15.44
Nro. DE GOLPES	16	24	33	16.19		



LIMITE LIQUIDO	
(MTC E-110,ASTM D-4318 y AASHTO T89)	
LL :	% 22.83
LIMITE PLASTICO	
(MTC E-111,ASTM D-4318 y AASHTO T90)	
LP :	% 16.19
INDICE DE PLASTICIDAD	
ASTM D-438	
IP :	% 6.64

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
CHIMBOTE
Ing. Miguel Solar Jara
DIRECTOR
Escuela Profesional de Ingeniería Civil



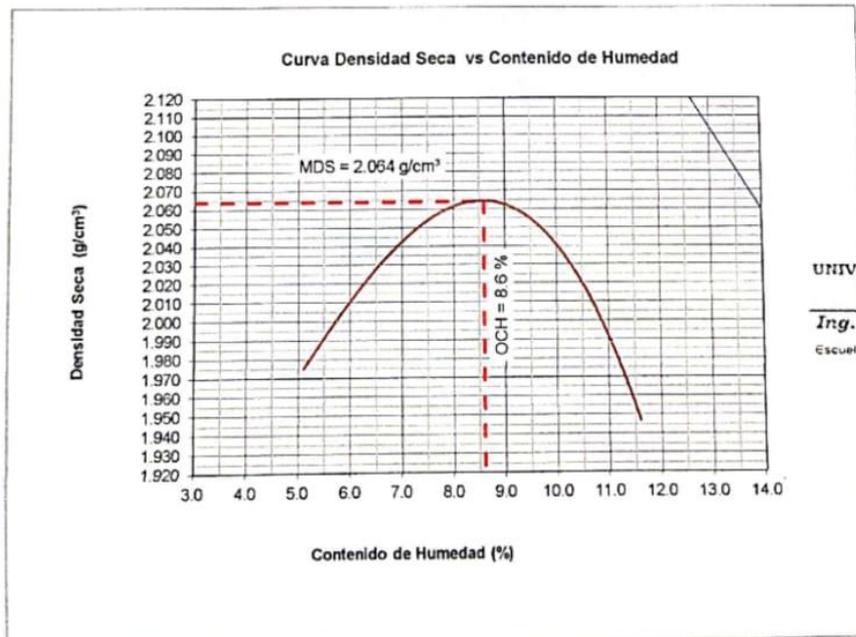
PROCTOR MODIFICADO-PATRON

NORMA ASTM D- 1557/ MTC E 115

SOLICITA : KEVIN ALEXIS CENZARIO HUALCAS
 TESIS : EVALUACION DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE (CBR) DEL AFIRMADO DE LA CANTERA
 SOL DE HUARMEY MEDIANTE LA ADICION DE CENIZA DE CASCARA DE ARROZ
 MATERIAL : AFIRMADO
 FECHA : 10-08-2022

Metodo Compactación:	"C"	Número de Golpes		56
Energía de Compactación Standar	27.7 Kg.cm / cm³			
01 - Peso Suelo Humedo + Molde (g)	7319	7578	7711	7539
02 - Peso del Molde (g)	2619.0	2619.0	2619.0	2619.0
03 - Peso Suelo Humedo (g)	4700.0	4959.0	5092.0	4920.0
04 - Volumen del Molde (cm³)	2264.0	2264.0	2264.0	2264.0
05 - Densidad Suelo Humedo (g/cm³)	2.076	2.190	2.249	2.173
06 - Tarro N°	01	02	03	04
07 - Peso suelo humedo + tarro (g)	609.0	609.0	609.0	609.0
08 - Peso suelo seco + tarro (g)	589.5	582.5	573.5	567.5
09 - Peso del agua (g)	19.5	26.5	35.5	41.5
10 - Peso del tarro (g)	209.0	209.0	209.0	209.0
11 - Peso suelo seco (g)	380.5	373.5	364.5	358.5
12 - Contenido de Humedad (%)	5.1	7.1	9.7	11.6
13 - Densidad del Suelo Seco (g/cm³)	1.975	2.045	2.050	1.947

Contenido Optimo Humedad **8.6 %** Densidad Seca Maxima, **2.064 g/cm³**



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
CHIMBOTE
Ing. Miguel Solar Jara
DIRECTOR
Escuela Profesional de Ingeniería Civil



**RELACIÓN DE SOPORTE - CBR-PATRON
NORMA ASTM D- 1883**

SOLICITA : KEVIN ALEXIS CENZARIO HUALCAS
 TESIS : EVALUACION DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE (CBR) DEL AFIRMADO DE LA CANTERA
 SOL DE HUARMEY MEDIANTE LA ADICION DE CENIZA DE CASCARA DE ARROZ
 CANTERA : SOL DE HUARMEY
 MATERIAL : AFIRMADO
 LUGAR : HUARMEY-HUARMEY-ANCASH
 FECHA : 10/08/2022

Características						
Numero de Molde	1		2		3	
Numero de Capas	5		5		5	
Numero de Golpe	56		25		12	
Energia Compactacion [kg-cm]/cm ³	27.7		12.2		6.1	
Densidad Seca [CBR]						
01 - Peso suelo humedo + molde (g)	9,499.0		8,793.0		8,395.0	
02 - Peso del molde (g)	4,544.0		4,244.0		4,355.0	
03 - Peso suelo humedo (g)	4,955.0		4,549.0		4,040.0	
04 - Volumen de molde, cm ³	2,210.000		2,141.000		2,012.000	
05 - Densidad suelo humedo (g/cm ³)	2.242		2.125		2.008	
06 - Tarro N°	0.0		0.0		0.0	
07 - Peso suelo humedo + tarro (g)	522.5		584.0		577.9	
08 - Peso suelo seco + tarro (g)	497.1		553.9		548.0	
09 - Peso del agua (g)	25.4		30.1		29.9	
10 - Peso del tarro (g)	202.5		205.5		201.5	
11 - Peso suelo seco (g)	294.6		348.4		346.5	
12 - Contenido de humedad (%)	8.6		8.6		8.6	
13 - Densidad del suelo seco (g/cm ³)	2.064		1.956		1.848	
Saturación						
Embebido	Fecha	Hora	Lec. Dial	Lec. Dial	Lec. Dial	
Dia 01	17-Oct-16	5.00PM	0.05	0.20	0.31	
Dia 02	18-Oct-16	5.00PM	0.22	0.45	0.30	
Dia 03	19-Oct-16	5.00PM	0.45	0.54	0.32	
Dia 04	20-Oct-16	5.00PM	0.58	0.66	0.60	
Expansión, %			12.7	14.5	13.1	
Absorción						
Numero de molde	1		2		3	
01 - Peso suelo humedo antes (g)	4,955.0		4,549.0		4,040.0	
02 - Peso suelo embebido + molde (g)	9,622.2		8,922.8		8,514.0	
03 - Peso del molde (g)	4,544.0		4,244.0		4,355.0	
04 - Peso suelo embebido (g)	5,078.2		4,678.8		4,159.0	
05 - Peso del agua absorbida (g)	123.2		129.8		119.0	
06 - Peso del suelo seco (g)	4,561.7		4,187.2		3,719.1	
07 - Absorción de agua (%)	2.7		3.1		3.2	
Penetración						
Factor Anillo: Carga [kgf.] = Lectura Dial * 4.2491345 + 27.92018						
Molde	1 [56 Golpes]		2 [25 Golpes]		3 [12 Golpes]	
PEN. (mm)	Lec. Dial	Carga [Kgf.]	Lec. Dial	Carga [Kgf.]	Lec. Dial	Carga [Kgf.]
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.63	17.0	100.2	13.0	83.2	10.0	70.4
1.3	39.0	193.6	26.0	138.4	15.0	91.7
1.9	57.0	270.1	40.0	197.9	27.0	142.6
2.5	90.0	410.34	55.0	261.62	33.0	168.14
3.2	96.0	435.8	70.0	325.4	50.0	240.4
3.8	111.0	499.6	90.0	410.3	64.0	299.9
5.08	150.0	665.3	110.0	495.3	80.0	367.9
7.6	240.0	1047.7	143.0	635.5	108.0	486.8
10.16	327.0	1417.4	150.0	665.3	118.0	529.3
12.7	360.0	1557.6	160.0	707.8	125.0	559.1
Carga [%]	410.34 kgf. [30.2%]		261.62 kgf. [19.2%]		168.14 kgf. [12.4%]	

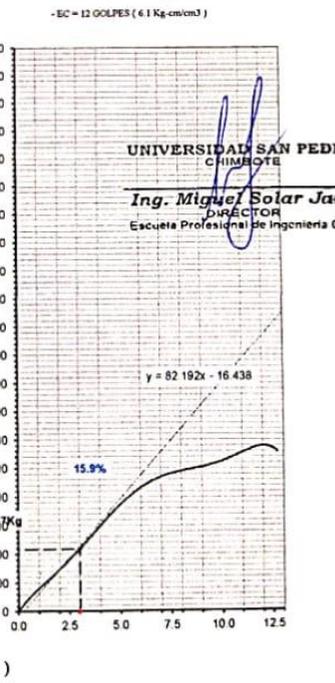
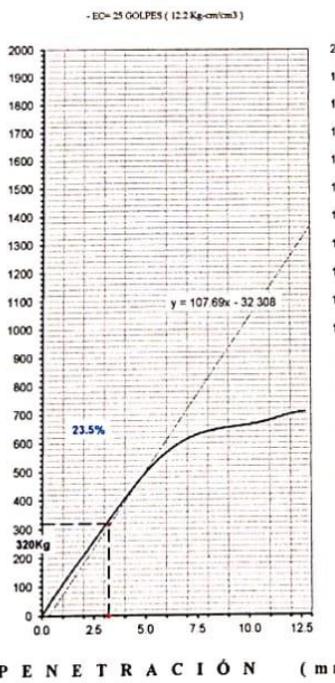
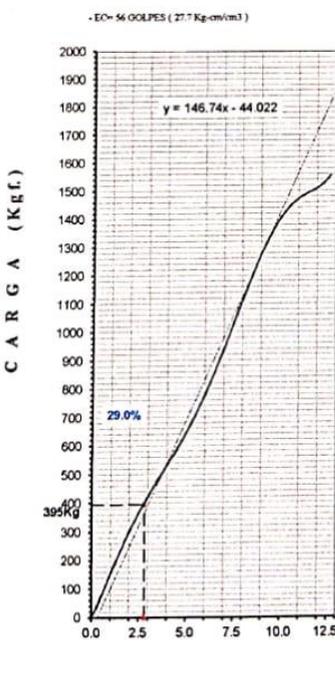
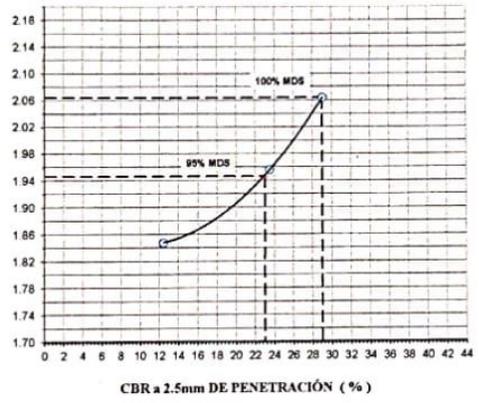
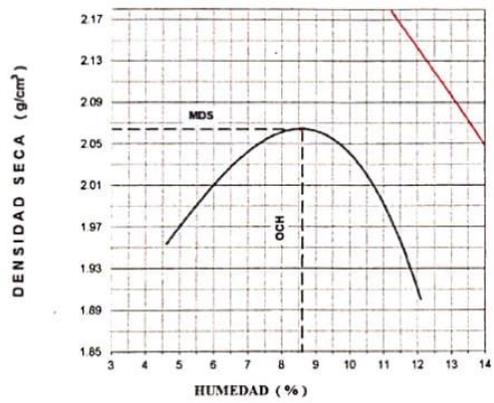
UNIVERSIDAD SAN PEDRO
CHIMBOTE

Miguel Solar Jara
DIRECTOR LABORATORIO
Ingeniería Civil



RELACIÓN DE SOPORTE - CBR [ASTM D-1883]-PATRON

TESIS : EVALUACION DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE (CBR) DEL	MÉTODO DE COMPACTACIÓN (ASTM D-1557)	C
AFIRMADO DE LA CANTERA SOL DE HUARMEY MEDIANTE LA ADICION DE CENIZA DE	MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm ³)	2.064
CASCARA DE ARROZ	ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	8.6
SOLICITA : KEVIN ALEXIS CENZARIO HUALCAS	CBR AL 100% DE LA M D S (%)	29.0
MATERIAL : AFIRMADO	CBR AL 95% DE LA M D S (%)	23.0
FECHA : 10-Ago-2022	EMBEBIDO : 4DIAS	EXPANSIÓN : 12.7 %
	ABSORCIÓN : 2.7 %	HUMEDAD DE PENETRACIÓN : 11.3 %



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
CHIMBOTE
Ing. Miguel Solar Jara
DIRECTOR
Escuela Profesional de Ingeniería Civil



**UNIVERSIDAD
SAN PEDRO**
PROCTOR MODIFICADO- EXPERIMENTAL 3%

PROGRAMA DE ESTUDIOS
DE INGENIERÍA CIVIL

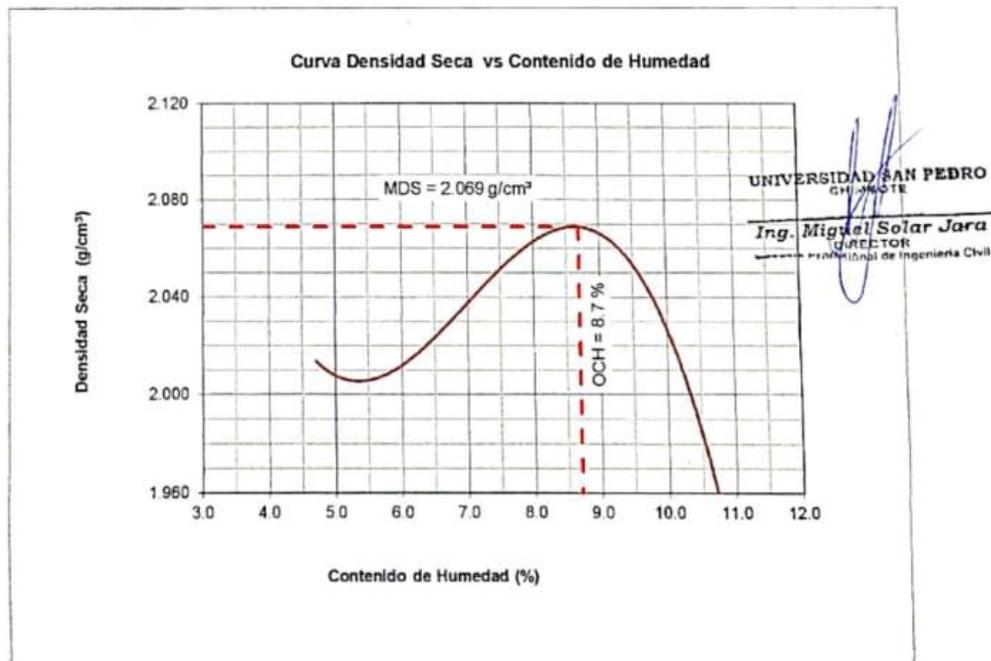
LABORATORIO DE MECÁNICA DE
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

NORMA ASTM D- 1557/ MTC E 115

SOLICITA : KEVIN ALEXIS CENZARIO HUALCAS
 TESIS : EVALUACION DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE (CBR) DEL AFIRMADO DE LA CANTERA SOL DE HUARMEY MEDIANTE LA ADICION DE CENIZA DE CASCARA DE ARROZ
 MATERIAL : AFIRMADO
 FECHA : 10-08-2022

Metodo Compactación:	"C"	Número de Golpes		56
Energía de Compactación Standar	27.7 Kg.cm / cm ³			
01 - Peso Suelo Humedo + Molde (g)	7410.0	7605.0	7683.0	7500.0
02 - Peso del Molde (g)	2635.5	2635.5	2635.5	2635.5
03 - Peso Suelo Humedo (g)	4774.5	4969.5	5047.5	4864.5
04 - Volumen del Molde (cm ³)	2264.0	2264.0	2264.0	2264.0
05 - Densidad Suelo Humedo (g/cm ³)	2.109	2.195	2.229	2.149
06 - Tarro N°	01	02	03	04
07 - Peso suelo humedo + tarro (g)	762.0	555.0	555.0	570.0
08 - Peso suelo seco + tarro (g)	730.6	521.8	510.3	520.2
09 - Peso del agua (g)	31.4	33.2	44.7	49.8
10 - Peso del tarro (g)	67.2	67.0	65.0	65.0
11 - Peso suelo seco (g)	663.4	454.8	445.3	455.2
12 - Contenido de Humedad (%)	4.7	7.3	10.0	10.9
13 - Densidad del Suelo Seco (g/cm ³)	2.014	2.046	2.027	1.937

Contenido Optimo Humedad 8.7 % Densidad Seca Maxima, 2.069 g/cm³





**RELACION DE SOPORTE - CBR- EXPERIMENTAL 3%
NORMA ASTM D- 1883**

SOLICITA : KEVIN ALEXIS CENZARIO HUALCAS
 TESIS : EVALUACION DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE (CBR) DEL AFIRMADO DE LA CANTERA
 SOL DE HUARMEY MEDIANTE LA ADICION DE CENIZA DE CASCARA DE ARROZ
 CANTERA : SOL DE HUARMEY
 MATERIAL : AFIRMADO
 LUGAR : HUARMEY-HUARMEY-ANCASH
 FECHA : 10/08/2022

Numero de Molde	1	2	3
Numero de Capas	5	5	5
Numero de Golpe	56	25	12
Energia Compactacion [kg-cm/cm³]	27.7	12.2	6.1
Densidad Seca [CBR]			
01 - Peso suelo humedo + molde (g)	11,085.3	10,700.9	10,314.2
02 - Peso del molde (g)	6,115.0	6,115.0	6,115.0
03 - Peso suelo humedo (g)	4,970.3	4,585.9	4,199.2
04 - Volumen de molde, cm³	2,210.000	2,210.000	2,210.000
05 - Densidad suelo humedo (g/cm³)	2.249	2.075	1.900
06 - Tarro N°	0.0	0.0	0.0
07 - Peso suelo humedo + tarro (g)	495.8	502.5	499.3
08 - Peso suelo seco + tarro (g)	475.4	481.2	478.4
09 - Peso del agua (g)	20.4	21.3	20.9
10 - Peso del tarro (g)	162.0	153.0	157.0
11 - Peso suelo seco (g)	313.4	328.2	321.4
12 - Contenido de humedad (%)	8.7	8.7	8.7
13 - Densidad del suelo seco (g/cm³)	2.069	1.909	1.748

Saturación					
Embebido	Fecha	Hora	Lec. Dial	Lec. Dial	Lec. Dial
Dia 01			9.2	10.5	11.6
Dia 02			3.4	3.2	4.2
Dia 03			3.5	3.1	4.3
Dia 04			2.1	3.2	4.2
Expansión, %			5.6	5.7	5.8

Absorción			
Numero de molde	1	2	3
01 - Peso suelo humedo antes (g)	4,970.3	4,585.9	4,199.2
02 - Peso suelo embebido + molde (g)	11,222.5	10,873.9	10,515.0
03 - Peso del molde (g)	6,115.0	6,115.0	6,115.0
04 - Peso suelo embebido (g)	5,107.5	4,758.9	4,400.0
05 - Peso del agua absorvida (g)	137.2	173.0	200.9
06 - Peso del suelo seco (g)	4,572.5	4,218.9	3,863.1
07 - Absorción de agua (%)	3.0	4.1	5.2

Penetración

Factor Anillo: Carga [kgf.] = Lectura Dial * 4.2491345 + 27.92016

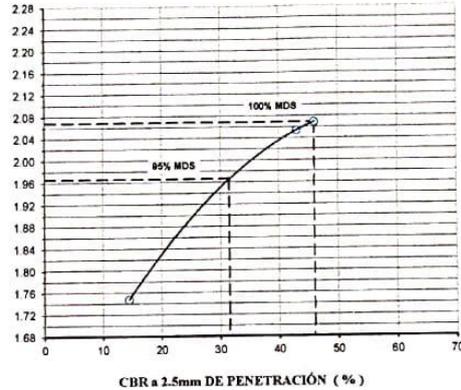
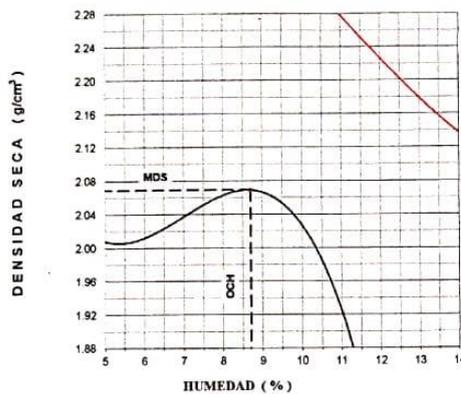
UNIVERSIDAD SAN PEDRO CHIMBOTE						
Molde	1 [56 Golpes]		2 [25 Golpes]		3 [12 Golpes]	
PEN. (mm)	Lec. Dial	Carga [Kgf.]	Lec. Dial	Carga [Kgf.]	Lec. Dial	Carga [Kgf.]
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.63	20.4	114.6	11.2	75.5	8.4	63.6
1.3	54.0	257.4	28.0	146.9	17.4	101.9
1.9	85.8	392.5	50.4	242.1	30.0	155.4
2.5	118.8	532.72	70.0	325.36	39.6	196.19
3.2	163.2	721.4	88.9	405.7	55.2	262.5
3.8	203.4	892.2	120.4	539.5	61.8	290.5
5.08	240.6	1050.3	148.4	658.5	82.2	377.2
7.6	306.0	1328.2	203.0	890.5	111.0	499.6
10.16	332.4	1440.3	234.5	1024.3	126.0	563.3
12.7	358.8	1552.5	261.8	1140.3	141.0	627.0
Carga [%]	532.72 kgf. [39.2%]		325.36 kgf. [23.9%]		196.19 kgf. [14.4%]	

Solar Jara
Ingeniería Civil



RELACIÓN DE SOPORTE - CBR [ASTM D-1883]- EXPERIMENTAL 3%

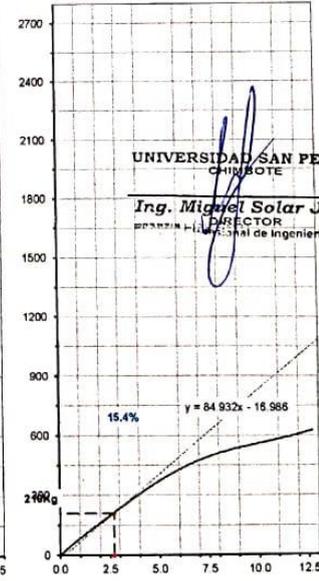
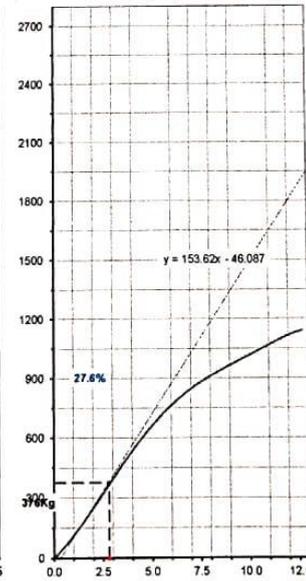
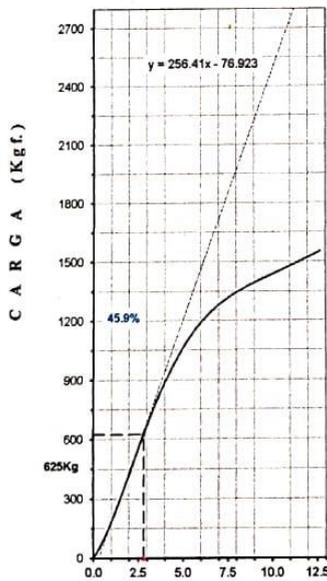
TESIS : EVALUACION DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE (CBR) DEL AFIRMADO DE LA CANTERA SOL DE HUARMEY MEDIANTE LA ADICION DE CENIZA DE CASCARA DE ARROZ		MÉTODO DE COMPACTACIÓN (ASTM D-1557)		C	
SOLICITA : KEVIN ALEXIS CENZARIO HUALCAS		MÁXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm ³)		2.069	
MATERIAL : AFIRMADO		ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)		8.7	
CANTERA : SOL DE HUARMEY		CBR AL 100% DE LA M D S (%)		45.9	
UBICACIÓN : HUARMEY-HUARMEY-ANCASH		CBR AL 95% DE LA M D S (%)		31.5	
FECHA : 10-Ago-2022		RET. ACUM : 3/4"	3/8"	Nº4	Nº200
		SUCS : LL	IP	G ₁	...
		AASHTO	EMBEBIDO : 1 días	EXPANSIÓN	5.6 %
		ABSORCIÓN : 3.0 %	HUMEDAD DE PENETRACIÓN		11.7 %



- EC= 56 GOLPES (27.7 Kg-cm/cm³)

- EC= 25 GOLPES (12.2 Kg-cm/cm³)

- EC= 12 GOLPES (6.1 Kg-cm/cm³)



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
CHIMBOTE
Ing. Miguel Solar Jara
DIRECTOR
LABORATORIO DE INGENIERIA CIVIL



**UNIVERSIDAD
SAN PEDRO**
PROCTOR MODIFICADO- EXPERIMENTAL 5%

PROGRAMA DE ESTUDIOS
DE INGENIERÍA CIVIL

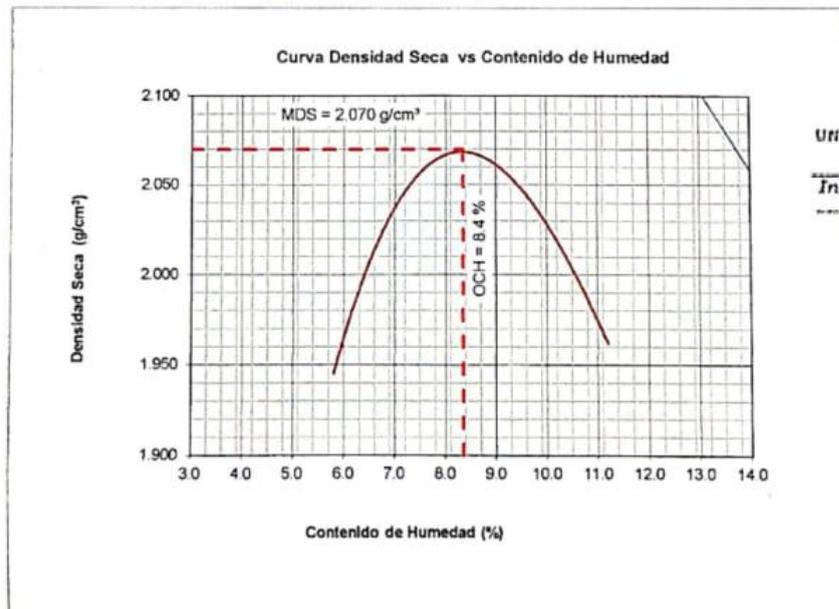
LABORATORIO DE MECÁNICA DE
SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

NORMA ASTM D- 1557/ MTC E 115

SOLICITA : KEVIN ALEXIS CENZARIO HUALCAS
 TESIS : EVALUACION DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE (CBR) DEL AFIRMADO DE LA CANTERA
 SOL DE HUARMEY MEDIANTE LA ADICION DE CENIZA DE CASCARA DE ARROZ
 MATERIAL : AFIRMADO
 FECHA : 10-08-2022

Metodo Compactación:	"C"	Número de Golpes		56
Energía de Compactación Standar	27.7 Kg.cm / cm³			
01 - Peso Suelo Humedo + Molde (g)	7279	7598	7695	7559
02 - Peso del Molde (g)	2619.0	2619.0	2619.0	2619.0
03 - Peso Suelo Humedo (g)	4660.0	4979.0	5076.0	4940.0
04 - Volumen del Molde (cm³)	2264.0	2264.0	2264.0	2264.0
05 - Densidad Suelo Humedo (g/cm³)	2.058	2.199	2.242	2.182
06 - Tarro N°	01	02	03	04
07 - Peso suelo humedo + tarro (g)	437.5	457.5	460.0	457.5
08 - Peso suelo seco + tarro (g)	424.5	437.5	437.5	432.5
09 - Peso del agua (g)	13.0	20.0	22.5	25.0
10 - Peso del tarro (g)	198.5	165.0	201.0	208.5
11 - Peso suelo seco (g)	226.0	272.5	236.5	224.0
12 - Contenido de Humedad (%)	5.8	7.3	9.5	11.2
13 - Densidad del Suelo Seco (g/cm³)	1.945	2.050	2.048	1.962

Contenido Optimo Humedad **8.4 %** Densidad Seca Maxima, **2.070 g/cm³**



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
CHIMBOTE
Ing. Miguel Solar Jara
DIRECTOR
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

www.usanpedro.edu.pe

Ciudad Universitaria - Urb. Los Pinos Mz. B s/n - Chimbote
 Telf. (043) 483212 - Celular. 990562762
 Email: imsyem@usanpedro.edu.pe



**RELACIÓN DE SOPORTE - CBR-EXPERIMENTAL 5%
NORMA ASTM D- 1883**

SOLICITA : KEVIN ALEXIS CENZARIO HUALCAS
 TESIS : EVALUACION DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE (CBR) DEL AFIRMADO DE LA CANTERA
 SOL DE HUARMEY MEDIANTE LA ADICION DE CENIZA DE CASCARA DE ARROZ
 CANTERA : SOL DE HUARMEY
 MATERIAL : AFIRMADO
 LUGAR : HUARMEY-HUARMEY-ANCASH
 FECHA : 10/08/2022

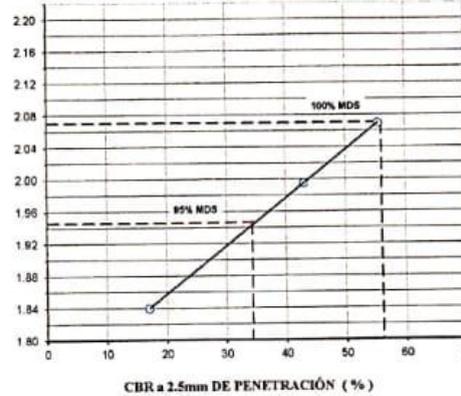
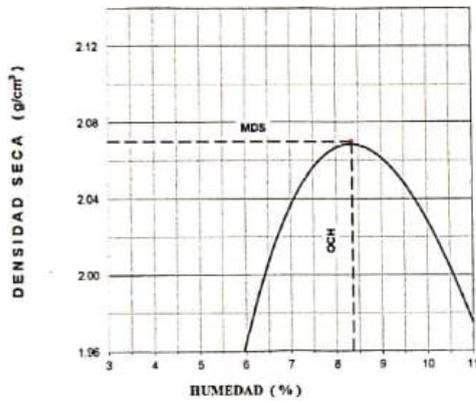
UNIVERSIDAD SAN PEDRO
CHIMBOTE
Inga. Miguel Solar Jara
DIRECTOR LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES CIVIL

Características					
	1	2	3		
Numero de Molde	5	5	5		
Numero de Capas	5	5	5		
Numero de Golpe	56	25	12		
Energia Compactacion [kg-cm]/cm ³	27.7	12.2	6.1		
Densidad Seca [CBR]					
01 - Peso suelo humedo + molde (g)	9,496.0	8,867.0	8,360.0		
02 - Peso del molde (g)	4,544.0	4,244.0	4,355.0		
03 - Peso suelo humedo (g)	4,952.0	4,623.0	4,005.0		
04 - Volumen de molde, cm ³	2,210.000	2,141.000	2,012.000		
05 - Densidad suelo humedo (g/cm ³)	2,241	2,159	1,991		
06 - Tarro N°	0.0	0.0	0.0		
07 - Peso suelo humedo + tarro (g)	495.8	670.0	685.0		
08 - Peso suelo seco + tarro (g)	470.4	631.4	645.5		
09 - Peso del agua (g)	25.4	38.6	39.5		
10 - Peso del tarro (g)	162.0	163.0	164.0		
11 - Peso suelo seco (g)	308.4	468.4	481.5		
12 - Contenido de humedad (%)	8.2	8.2	8.2		
13 - Densidad del suelo seco (g/cm ³)	2.070	1.995	1.840		
Saturación					
Embebido	Fecha	Hora	Lec. Dial	Lec. Dial	Lec. Dial
Dia 01	17-Oct-16	5.00PM	0.05	0.20	0.31
Dia 02	18-Oct-16	5.00PM	0.02	0.25	0.30
Dia 03	19-Oct-16	5.00PM	0.05	0.24	0.32
Dia 04	20-Oct-16	5.00PM	0.08	0.22	0.29
Expansión, %			1.8	5.5	7.0
Absorción					
Numero de molde	1	2	3		
01 - Peso suelo humedo antes (g)	4,952.0	4,623.0	4,005.0		
02 - Peso suelo embebido + molde (g)	9,633.3	8,999.4	8,478.4		
03 - Peso del molde (g)	4,544.0	4,244.0	4,355.0		
04 - Peso suelo embebido (g)	5,089.3	4,755.4	4,123.4		
05 - Peso del agua absorbida (g)	137.3	132.4	118.4		
06 - Peso del suelo seco (g)	4,575.2	4,271.0	3,701.4		
07 - Absorción de agua (%)	3.0	3.1	3.2		
Penetración					
Factor Anillo: Carga [kgf.] = Lectura Dial * 4.2491345 + 27.92018					
Molde	1 [56 Golpes]		2 [25 Golpes]		3 [12 Golpes]
PEN. (mm)	Lec. Dial	Carga [Kgf.]	Lec. Dial	Carga [Kgf.]	Lec. Dial Carga [Kgf.]
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.63	18.0	104.4	13.0	83.2	9.0 66.2
1.3	56.0	265.9	32.0	163.9	17.0 100.2
1.9	110.0	495.3	57.0	270.1	27.0 142.6
2.5	142.0	631.30	91.0	414.59	48.0 231.88
3.2	189.0	831.0	127.0	567.6	76.0 350.9
3.8	231.0	1009.5	168.0	741.8	90.0 410.3
5.08	297.0	1289.9	216.0	945.7	120.0 537.8
7.6	360.0	1557.6	287.0	1247.4	165.0 729.0
10.16	408.0	1761.6	349.0	1510.9	180.6 795.3
12.7	456.0	1965.5	397.0	1714.8	202.1 886.7
Carga [%]	631.3 kgf. [46.4%]		414.59 kgf. [30.5%]		231.88 kgf. [17%]



RELACIÓN DE SOPORTE - CBR [ASTM D-1883]-EXPERIMENTAL 5%

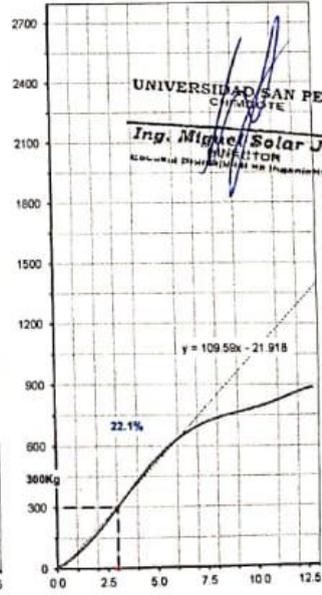
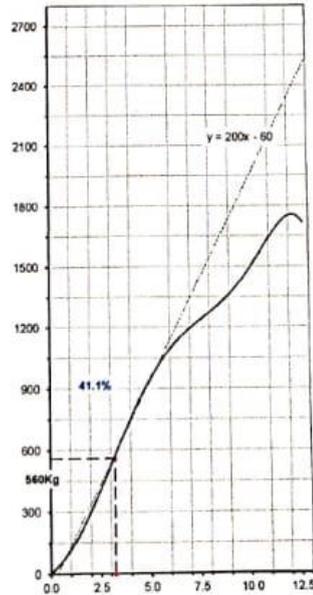
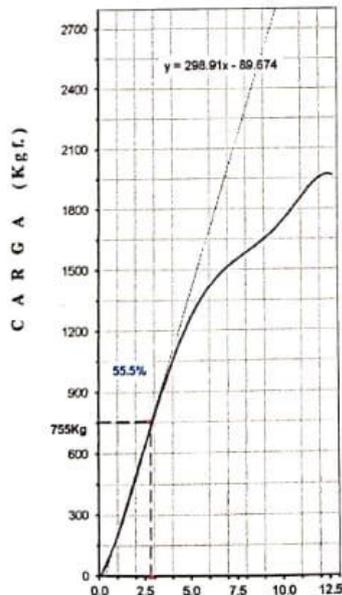
TEMA: EVALUACIÓN DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE (CBR) DEL	MÉTODO DE COMPACTACIÓN (ASTM D-1557)	C
AFIRMACIÓN DE LA CANTERA: SOL DE HUARMEY MEDIANTE LA ADICIÓN DE CENIZA DE	MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm ³)	2.070
CASCARA DE ARROZ	ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	8.4
SOLICITA: KEVIN ALEXIS CENZARIO HUAYLAS	CBR AL 100% DE LA M D S (%)	55.5
MATERIAL: AFIRMACIÓN	CBR AL 95% DE LA M D S (%)	34.3
CANTERA: SOL DE HUARMEY	RET. ACUM. 3/4": 20% 3/8": 0 N°4: 0 N°200: 0	
UBICACIÓN: HUARMEY-HUARMEY-ANCASH	SUCS: LL: -- IP: -- Q ₁ : --	
FECHA: 10-Ago-2022	AABHTO: EMBEBIDO: 1 día EXPANSIÓN: 1.8 %	
	ABSORCIÓN: 3.0 % HUMEDAD DE PENETRACIÓN: 11.4 %	



- EC = 56 GOLPES (21.7 Kg-cm/cm³)

- EC = 25 GOLPES (12.3 Kg-cm/cm³)

- EC = 12 GOLPES (6.1 Kg-cm/cm³)



PENETRACIÓN (mm)

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
Chimbote
Ing. Miguel Solar Jara
MAGISTER
Escuela de Ingeniería Civil



PROCTOR MODIFICADO- EXPERIMENTAL 8%

NORMA ASTM D- 1557/ MTC E 115

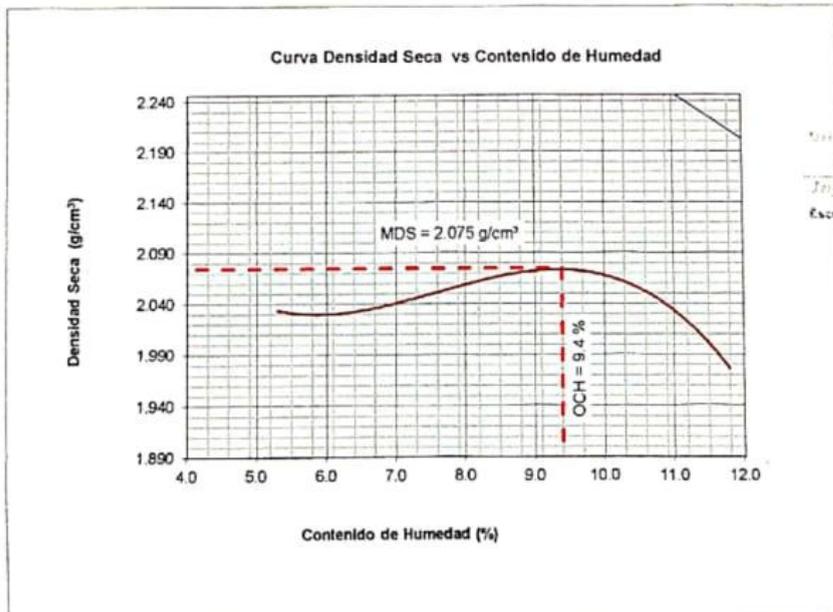
SOLICITA : KEVIN ALEXIS CENZARIO HUALCAS
 TESIS : EVALUACION DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE (CBR) DEL AFIRMADO DE LA CANTERA
 SOL DE HUARMEY MEDIANTE LA ADICION DE CENIZA DE CASCARA DE ARROZ
 MATERIAL : AFIRMADO
 FECHA : 10-08-2022

Metodo Compactación:	"C"	Número de Golpes		56
Energía de Compactación Standar	27.7 Kg.cm / cm ²			
01 - Peso Suelo Humedo + Molde (g)	7455	7630	7750	7607
02 - Peso del Molde (g)	2605.0	2605.0	2605.0	2605.0
03 - Peso Suelo Humedo (g)	4850.0	5025.0	5145.0	5002.0
04 - Volumen del Molde (cm ³)	2264.0	2264.0	2264.0	2264.0
05 - Densidad Suelo Humedo (g/cm ³)	2.142	2.220	2.273	2.209
06 - Tarro N°	01	02	03	04
07 - Peso suelo humedo + tarro (g)	540.0	500.0	470.0	606.0
08 - Peso suelo seco + tarro (g)	523.0	478.0	446.0	562.0
09 - Peso del agua (g)	17.0	22.0	24.0	44.0
10 - Peso del tarro (g)	200.0	198.0	198.0	189.0
11 - Peso suelo seco (g)	323.0	280.0	248.0	373.0
12 - Contenido de Humedad (%)	5.3	7.9	9.7	11.8
13 - Densidad del Suelo Seco (g/cm ³)	2.034	2.057	2.072	1.976

Contenido Optimo Humedad **9.4 %** Densidad Seca Maxima, **2.075 g/cm³**

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
CHIMBOTE

Ing. Miguel Solar Jara
DIRECTOR
Laboratorio Profesional de Ingeniería Civil



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
CHIMBOTE

Ing. Miguel Solar Jara
DIRECTOR
Escuela Profesional de Ingeniería Civil



**RELACIÓN DE SOPORTE - CBR- EXPERIMENTAL 8%
NORMA ASTM D- 1883**

SOLICITA : KEVIN ALEXIS CENZARIO HUALCAS
 TESIS : EVALUACION DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE (CBR) DEL AFIRMADO DE LA CANTERA
 SOL DE HUARMEY MEDIANTE LA ADICION DE CENIZA DE CASCARA DE ARROZ
 CANTERA : SOL DE HUARMEY
 MATERIAL : AFIRMADO
 LUGAR : HUARMEY-HUARMEY-ANCASH
 FECHA : 10/08/2022

Características						
Numero de Molde	1		2		3	
Numero de Capas	5		5		5	
Numero de Golpe	56		25		12	
Energía Compactación [kg-cm]/cm ³	27.7		12.2		6.1	
Densidad Seca [CBR]						
01 - Peso suelo humedo + molde (g)	8,822.0		8,708.0		8,644.0	
02 - Peso del molde (g)	4,137.4		4,153.6		4,140.5	
03 - Peso suelo humedo (g)	4,684.6		4,554.4		4,503.5	
04 - Volumen de molde, cm ³	2,150.000		2,127.000		2,121.090	
05 - Densidad suelo humedo (g/cm ³)	2.179		2.141		2.123	
06 - Tarro N°	0.0		0.0		0.0	
07 - Peso suelo humedo + tarro (g)	450.0		430.0		412.0	
08 - Peso suelo seco + tarro (g)	438.0		418.0		400.0	
09 - Peso del agua (g)	12.0		12.0		12.0	
10 - Peso del tarro (g)	198.0		200.0		202.0	
11 - Peso suelo seco (g)	240.0		218.0		198.0	
12 - Contenido de humedad (%)	5.0		5.5		6.1	
13 - Densidad del suelo seco (g/cm ³)	2.075		2.030		2.002	
Absorción						
Numero de molde	1		2		3	
01 - Peso suelo humedo antes (g)	4,684.6		4,554.4		4,503.5	
02 - Peso suelo embebido + molde (g)	8,911.2		8,811.6		8,767.1	
03 - Peso del molde (g)	4,137.4		4,153.6		4,140.5	
04 - Peso suelo embebido (g)	4,773.8		4,658.0		4,626.6	
05 - Peso del agua absorbida (g)	89.2		103.6		123.1	
06 - Peso del suelo seco (g)	4,461.5		4,316.8		4,246.2	
07 - Absorción de agua (%)	2.0		2.4		2.9	
Penetración						
Factor Anillo: Carga [kgf.] = Lectura Dial * 4.2491345 + 27.92018						
Molde	1 [56 Golpes]		2 [25 Golpes]		3 [12 Golpes]	
PEN. (mm)	Lec. Dial	Carga [Kgf.]	Lec. Dial	Carga [Kgf.]	Lec. Dial	Carga [Kgf.]
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.63	20.0	112.9	15.0	91.7	12.0	78.9
1.3	30.0	155.4	23.0	125.7	18.0	104.4
1.9	45.0	219.1	30.0	155.4	22.0	121.4
2.5	80.0	367.85	35.0	176.64	31.0	159.64
3.2	125.0	559.1	60.0	282.9	45.0	219.1
3.8	183.0	805.5	110.0	495.3	82.0	376.3
5.08	233.0	1018.0	191.0	839.5	114.0	512.3
7.6	302.0	1311.2	244.0	1064.7	144.0	639.8
10.16	426.0	1838.1	272.0	1183.7	181.0	797.0
12.7	504.0	2169.5	344.0	1489.6	275.0	1196.4
Carga [%]	367.85 kgf. [27%]		176.64 kgf. [13%]		159.64 kgf. [11.7%]	

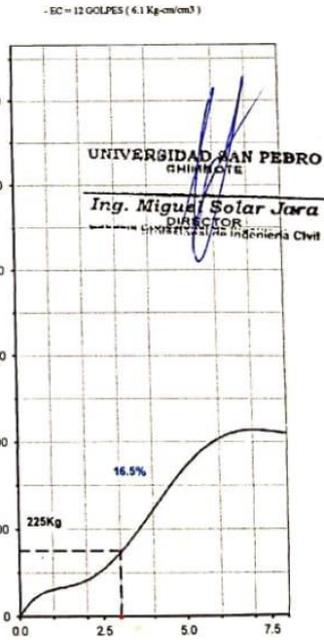
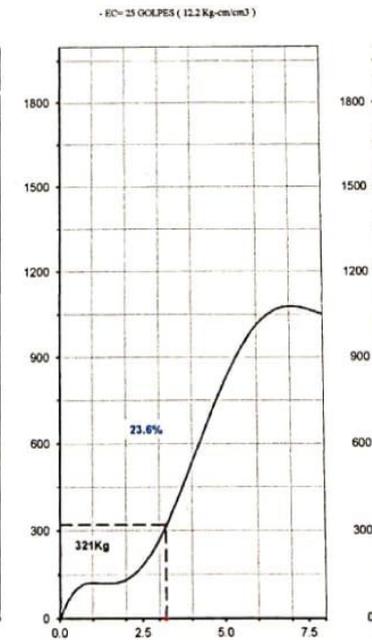
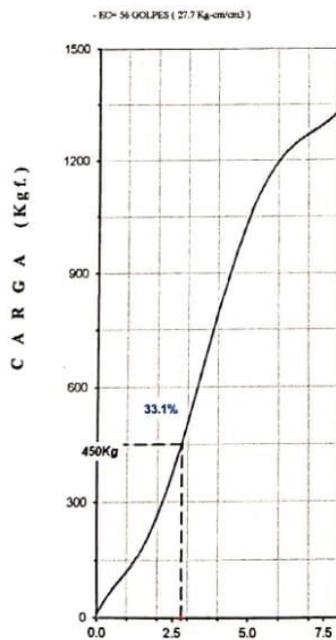
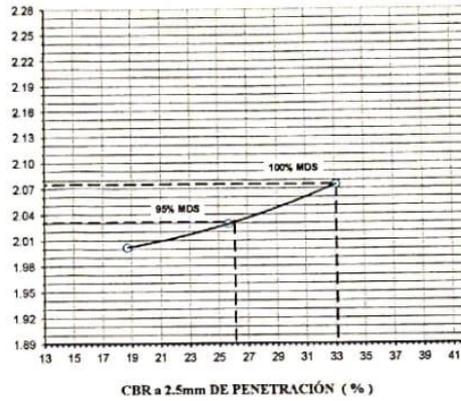
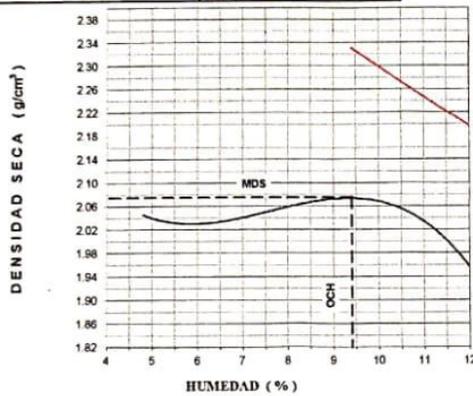
UNIVERSIDAD SAN PEDRO
CHIMBOTE

Ing. Miguel Solar Jara
DIRECTOR
LABORATORIO DE INGENIERIA CIVIL



RELACIÓN DE SOPORTE - CBR [ASTM D-1883]- EXPERIMENTAL 8%

TESIS : EVALUACION DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE (CBR) DEL	MÉTODO DE COMPACTACIÓN (ASTM D-1557)	C
AFIRMADO DE LA CANTERA: SOL DE HUARMEY MEDIANTE LA ADICION DE CENIZA DE	MÁXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm ³)	2.075
CASCARA DE ARROZ	ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	9.4
SOLICITA : KEVIN ALEXIS CENZARID HUASCAS	CBR AL 100% DE LA M D S (%)	33.1
MATERIAL : AFIRMADO	CBR AL 95% DE LA M D S (%)	28.1
CANTERA : SOL DE HUARMEY	SUCS : LL : .. IP : .. G _s : ..	
UBICACIÓN : HUARMEY-HUARMEY-ANCASH	AASHTO : EMBEBIDO : 4 días EXPANSIÓN :	
FECHA : 10 Ago 2022	ABSORCIÓN : 2.0 % HUMEDAD DE PENETRACIÓN :	11.4 %



P E N E T R A C I Ó N (m m)

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
CHIMBOTE
Ing. Miguel Solar Jara
DIRECTOR
LABORATORIO DE INGENIERÍA CIVIL

PANEL FOTOGRAFICO

UBICACIÓN DE CANTERA

CANTERA SOL DE HUARMEY

Distrito : Huarmey.

Provincia : Huarmey.

Departamento : Ancash.

Zona : Costa.

COORDENADAS:

E =812938.78m S= 8886506.92m

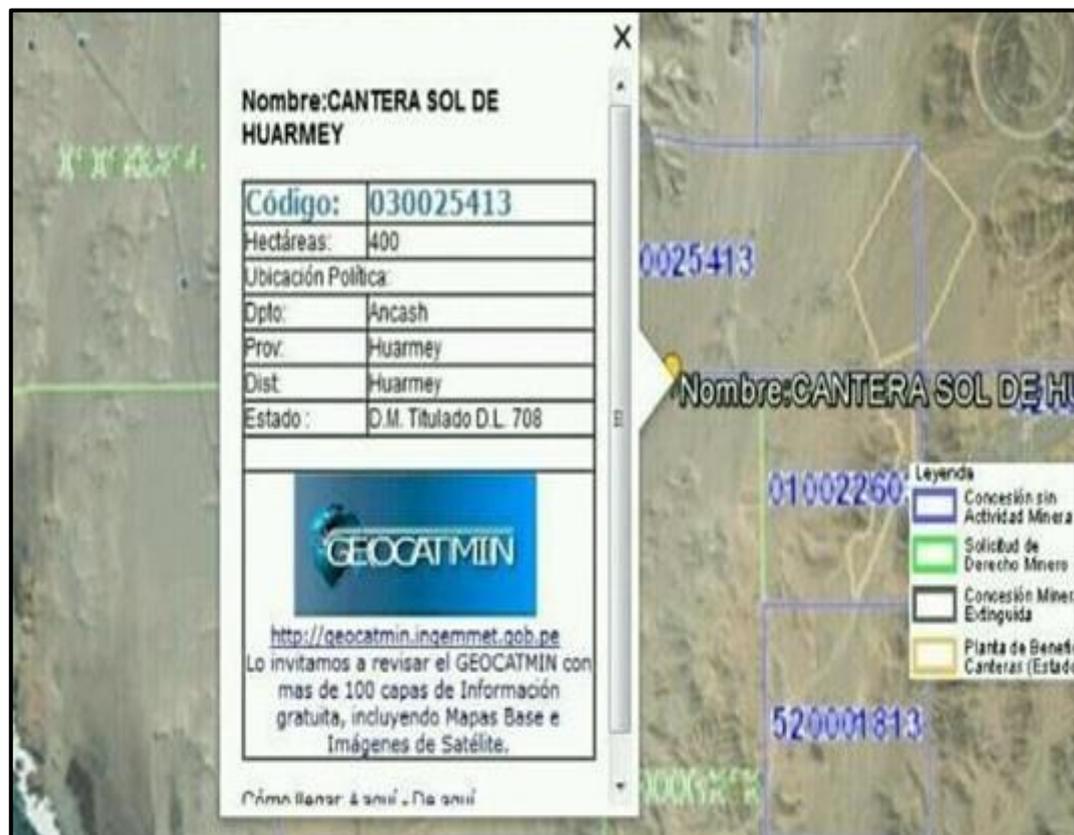


Figura 29: Ubicación Google Earth

ACCESIBILIDAD:

Para llegar a Huarmey se toma la panamericana Sur, la distancia desde la ciudad de Chimbote a Huarmey es de 141 km y la duración del viaje en automóvil es de 1h 45 min aproximadamente.

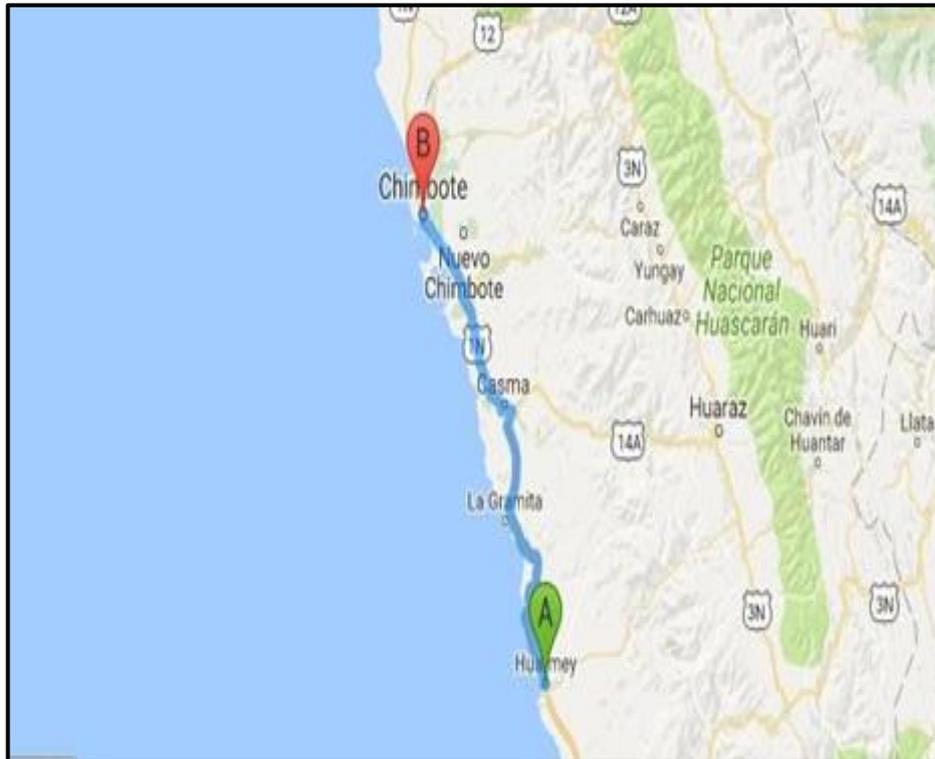


Figura 30: Accesibilidad a la Cantera Sol de Huarmey



Figura 31: Obtención del afirmado



Figura 32: Obtención de la cáscara de arroz de la molinera Zavaleta Cambio Puente



Figura 33: Limpieza de la cáscara de arroz

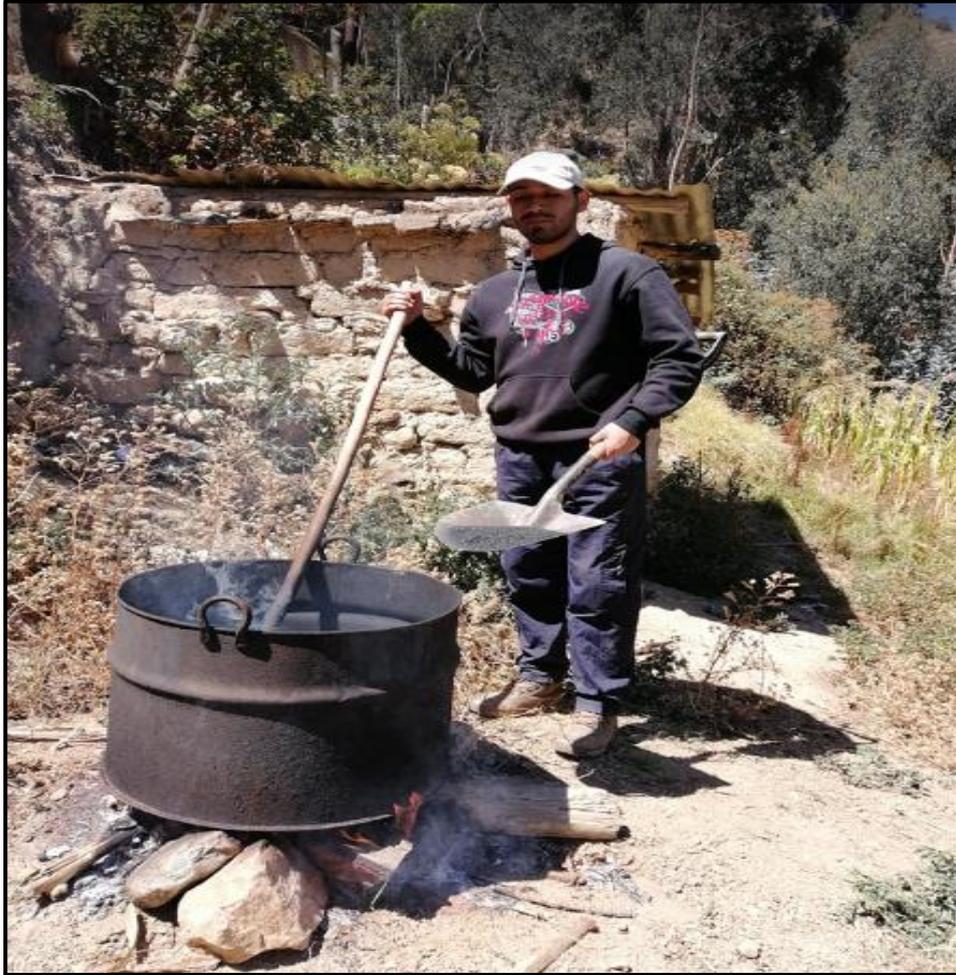


Figura 34: Pre - calcinado de la cáscara de arroz



Figura 35: Moliendo la ceniza de cáscara de arroz (pre - calcinada)



Figura 35: Tamizando la ceniza de cáscara de arroz (pre - calcinada) haciendo uso de la organza



Figura 36: Envasando la ceniza de cáscara de arroz (pre - calcinada) en bolsa hermética para su posterior quemado en el laboratorio de suelos de la USP



Figura 36: Quemado de la ceniza de cáscara de arroz (pre - calcinada) a una temperatura de 300° C

ENSAYO DE GRANULOMETRÍA



Figura 37 y 38: Realizando el Ensayo de Granulometría del afirmado de la cantera Sol de Huarney

ENSAYO DE LÍMITES DE ATTEBERG



Figura 39: Amasando la muestra con agua para poder conseguir una pasta homogénea



Figura 40: Colocando la muestra dentro de la cuchara de casagrande

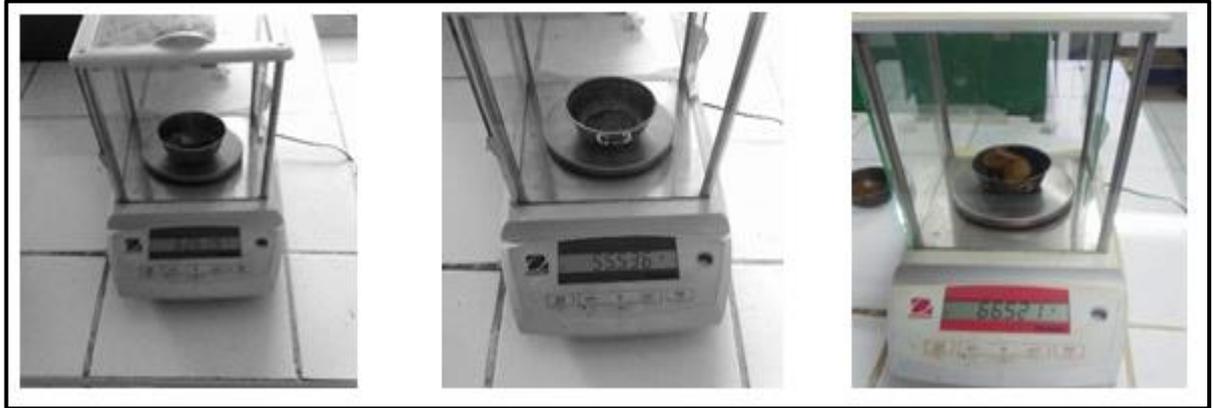


Figura 41: Obteniendo los pesos húmedos de las muestras



Figura 42: Colocando las muestras húmedas en el horno para su respectivo secado



Figura 43: Obteniendo los pesos secos de las muestras

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO



Figura 44: Realizando el tamizado del afirmado



Figura 45: Pesos retenidos en cada tamizado



Figura 45: Realizando el cuarteo del afirmado, cada muestra cuenta con un peso de 6 kg



Figura 46: Separación del afirmado en cinco capas para poder realizar la compactación.



Figura 47: Compactando con el pisón , 56 golpes por capa

ENSAYO DE CBR



Figura 48: Realizando el ensayo de CBR al lado del Ingeniero Urrutia y el Ingeniero Montañés



Figura 49: Colocando los pesos en los moldes para poder calcular la sobrecarga



Figura 50: Realizando el curado de las muestras por un tiempo de 96 horas



Figura 51: Obteniendo las lecturas de dial en la máquina de penetración de CBR