



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

**INCORPORACIÓN DE CENIZA DE CASCARA DE ARROZ  
PARA INCREMENTAR EL CBR EN EL AFIRMADO, JAÉN  
2021**

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

**AUTORES:**

Guerrero Estela, José Reiner (ORCID: 0000-0002-5238-7441)

Vergara Becerra, Elvis (ORCID: 0000-0001-8384-6957)

**ASESOR:**

Ing. Walter Guevara Bustamante (ORCID: 0000-0002-2150-2785)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de infraestructura vial

**MOYOBAMBA - PERÚ**

**2021**

## DEDICATORIA

En primer lugar, a Dios, por darme la vida, fortaleza y los conocimientos para seguir adelante, con responsabilidad y honradez en mi vivir cotidiano.

A mis padres Vergara Carranza, Demostenes y Becerra Cortéz, Berbelina por haberme forjado como una persona llena en valores y virtudes, cada uno de mis logros los debo a ustedes entre el más importante este.

A todos mis docentes que estuvieron en este largo recorrido del camino profesional brindándome sus enseñanzas, experiencias y conocimientos para ser un gran profesional.

**Vergara Becerra, Elvis**

A Dios todo poderoso que me da las fuerzas para seguir adelante en esta meta que me he propuesto.

A mis queridos padres Guerrero Villegas, Hector y Estela Estela, Elvira por haberme forjado que han apoyado en cada momento.

**Guerrero Estela, José Reiner.**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradecer a nuestro asesor Ing. Walter Guevara Bustamante, gracias a sus enseñanzas y su constante asesoramiento he logrado desarrollar un buen trabajo de tesis.

A mis padres y Hermanos que, gracias a sus consejos, su constante apoyo económico - moral y a su gran esfuerzo por sacarme adelante y verme realizado como un buen profesional, son ellos los que me inspiran día a día a ser mejor persona y cumplir todos mis proyectos propuestos.

A mis docentes de la carrera de Ingeniería Civil, quienes en las aulas se esforzaron por entregarnos lo mejor de sus conocimientos para fortalecer nuestro aprendizaje y a la vez por su paciencia, esmero y dedicación en nuestra formación profesional.

**Elvis Vergara Becerra.**

A Dios, a mi asesor Ing. Walter Guevara Bustamante, mis Padres y Hermanos, por su cariño y palabras de aliento para seguir adelante y alcanzar una meta más en mi vida que me enseñaron valores y ser perseverante en cada obstáculo que se presente en mi vida.

**Guerrero Estela, José Reiner.**

## ÍNDICE

<b>DEDICATORIA.....</b>	<b>2</b>
<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>3</b>
<b>Índice de tablas.....</b>	<b>5</b>
<b>Índice de figuras .....</b>	<b>6</b>
<b>I. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>II. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>5</b>
2.1. Antecedentes .....	5
2.2. Bases Teóricas .....	8
2.3. Enfoques Conceptuales .....	18
<b>III.METODOLOGÍA .....</b>	<b>19</b>
3.1. Tipo Y Diseño de Investigación .....	19
3.2. Variables y operacionalización .....	20
3.3. Población, Muestra Y Muestreo .....	21
3.4. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos. ....	23
3.5. Procedimientos .....	23
3.6. Métodos de análisis de datos .....	26
3.7. Aspectos éticos .....	30
<b>IV. RESULTADOS .....</b>	<b>31</b>
<b>V. DISCUSIONES .....</b>	<b>41</b>
<b>VI. CONCLUSIONES .....</b>	<b>43</b>
<b>VII. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>43</b>
<b>REFERENCIAS.....</b>	<b>45</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>54</b>

Anexo 01: Matriz de consistencia

Anexo 02: Validación de instrumentos

Anexo 03: Diseño de mezcla

Anexo 04: Determinación de resistencia a la compresión

Anexo 05: Certificación de calibración

Anexo 06: Ficha Turnitin

## Índice de tablas

Tabla N° 01. Estructura típica de pavimentos.....	18
Tabla N° 02. Incorporación % CCA vs observaciones del CBR en el afirmado.....	20
Tabla N° 03. Variables y operacionalización.....	22
Tabla N° 04. Parámetros del modelo obtenido.....	27
Tabla N° 05. Análisis granulométrico por tamizado MTC E-107/ASTM D-422/ NTP 339.128.....	31
Tabla N° 06. Límites de consistencia MTC E-110 /NTP 339.129/ ASTM D-4318...	32
Tabla N° 07. Límites de consistencia MTC E-111 /NTP 339.129/ ASTM D-4318...	33
Tabla N° 08. Índice de Plasticidad.....	34
Tabla N° 09. Relación –Humedad (Proctor Modificado) MTC E-115 /ASTM D-1557.....	35
Tabla N° 10. CBR MTC E-132 / ASTM D-1883.....	36
Tabla N° 11. Comparación de las cuatro pruebas.....	37
Tabla N°12. ANOVA para el incremento del CBR por Ceniza de cascara de arroz.....	40

## Índice de figuras

Figura N° 01. Figura 01: Composición química de la CCA.....	10
Figura N° 02. Granulometría del material fino.....	12
Figura N° 03. Ejes equivalentes.....	14
Figura N° 04. Espesor de capas de revestimiento granular.....	15
Figura N° 05. Catálogo de capas de afirmado (Revestimiento Granular).....	16
Figura N° 06. Estructura típica de un pavimento .....	17
Figura N° 07. Comparación de los porcentajes de cada tipo de material obtenido....	31
Figura N° 08. Comparación de los porcentajes de CCA y su límite líquido.....	32
Figura N° 09. Comparación de los porcentajes de CCA y su límite plástico.....	33
Figura N° 10. Comparación de los porcentajes de CCA y su índice de plasticidad...	34
Figura N° 11. Comparación de los porcentajes de CCA y su MDS Y OCH.....	35
Figura N° 12. Comparación de los porcentajes de CCA y el CBR Obtenido.....	36
Figura N° 13. CBR Obtenidos de acuerdo al porcentaje de Ceniza Incorporado.....	37
Figura 14: Análisis de costos unitarios por m3 de afirmado sin incorporación de CCA...	38
Figura 15. Análisis de costos unitarios por m3 de afirmado con incorporación de 2% CCA.....	39
Figura 16. Análisis de costos unitarios por m3 de afirmado con incorporación de 4% CCA.....	39
Figura 17. Análisis de costos unitarios por m3 de afirmado con incorporación de 6% CCA.....	40

## RESUMEN

El presente estudio titulado incorporación de ceniza de cascara de arroz para incrementar el CBR en el afirmado, Jaén 2021. Tuvo como objetivo proponer la incorporación de ceniza de cascara de arroz para el incremento del CBR en el afirmado, Jaén 2021. Se obtuvo como muestreo la elaboración de los 04 CBR y 04 Proctor modificado 01 con el material natural (muestra patrón 0%) y 03 con adición de ceniza de cascara de arroz con los porcentajes de 2%, 4% y 6%. Los resultados obtenidos fueron que la dosificación adecuada de ceniza de cascara de arroz en el afirmado, para este ensayo de laboratorio como resultado se optó por el porcentaje de 4% de ceniza como punto óptimo de diseño, con un CBR al 100% de la densidad media seca de 76.92% según la tabla de resumen de ensayos de CBR en laboratorio. Finalmente se concluye que existe influencia de la incorporación de ceniza de cascara de arroz en el afirmado. Puesto que el valor-P de la razón-F es menor que 0.05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre la media de Resistencia del afirmado entre un nivel de Ceniza de cascara de arroz y otro, con un nivel del 95.0% de confianza.

PALABRAS CLAVES: cascara de arroz, afirmado, CBR

## ABSTRACT

The present study entitled incorporation of rice husk ash to increase the CBR in the affirmed, Jaén 2021. Its objective was to propose the incorporation of rice husk ash for the increase of the CBR in the affirmed, Jaén 2021. It was obtained as a sampling the elaboration of 04 CBR and 04 modified Proctor 01 with the natural material (standard sample 0%) and 03 with the addition of rice husk ash with the percentages of 2%, 4% and 6%. The results obtained were that the adequate dosage of rice husk ash in the affirmed, for this laboratory test as a result, the percentage of 4% ash was chosen as the optimum design point, with a CBR at 100% of the density.dry mean of 76.92% according to the CBR laboratory test summary table. Finally, it is concluded that there is influence of the incorporation of rice husk ash in the affirmation. Since the P-value of the F-ratio is less than 0.05, there is a statistically significant difference between the mean of resistance of the affirmed between one level of rice husk ash and another, with a level of 95.0% confidence.

KEYWORDS: rice husk, affirmed, CBR

## I. INTRODUCCIÓN

A nivel internacional, se han escrito artículos en Brasil sobre la reacción de la ceniza de arroz con sílice alcalina, lo que significa que muchos de estos y otros métodos utilizan mineral, hormigón y cemento (Cataño, Guzmán, & Perpiñan, 2021, p. 02).

El problema de la actividad humana a resolver en los países en desarrollo es hacer frente al daño a gran escala causado por la industria y la agricultura, que es una parte significativa del daño conocido como biomasa, eventualmente en renovaciones y edificios (Garzón & Lugo, 2019, p.26).

En la actualidad, los desechos orgánicos no se cuidan adecuadamente, pero se eliminan en la basura o en el exterior, donde solo pueden interactuar con el medio ambiente. Estos restos agrícolas como viene a ser la cascarilla de arroz entre más desechos se están estudiando en muchos países de Latinoamérica y Asia (principales productores de arroz) y ¿qué beneficios se pueden derivar de estos residuos para ser utilizados en proyectos de construcción? En particular, puede reducir el impacto ambiental causado por los grandes fabricantes de cemento (Flores, 2020, p. 03).

En este caso, la migración y el transporte son un problema importante debido al costo de gestión (Rivera, Aguirre, & Mejía, 2020, p. 203).

Los suelos arcillosos son un hidrato hecho de silicato de aluminio y se caracteriza por una alta resistencia a la tracción, es decir, un espesor mínimo de 0,075 mm. En Perú, este tipo de suelo se encuentra en el norte y noreste (Escobar, Quispe, Quispe, & Arana, 2020, p. 01). Este tipo de suelo no es apto para su uso como cimentación o soporte para obras de edificación, puentes, carreteras, etc. Por lo tanto, la forma más segura es reemplazar tales diseños con materiales fuertes y eficientes. Por ello, es necesario introducir algo nuevo que pueda mejorar el suelo de una forma adecuada para la obra de pavimentación de la carretera (Giaccio, Torrijos, & Zerbino, 2017, p. 24). Esto no solo debe poder sostener el paisaje, sino que también debe ser económica y ambientalmente viable (Aliaga & Badajos, 2018, p.01).

En el norte de Perú, es el principal productor de arroz, por lo que hay mucho lujo en su producción, lo más importante es el arroz en la industria de la molienda del arroz. Generalmente, estos residuos se almacenan en rellenos sanitarios porque tienen un alto impacto ambiental y se utilizan idealmente como herramienta de reparación (Giaccio, Torrijos, & Zerbino, 2017, p.23).

La región de Piura, donde más del 80% de los caminos al sector agrícola están sin pavimentar y en condiciones de tráfico inseguras (Arevalo & López, 2020, p. 01). Esto puede ser un problema para quienes lo rodean, ya que no permite conexiones entre regiones, reduce las oportunidades de acceso a recursos para mejorar los medios de vida y se convierte en un problema social. Además, la presencia de arcilla en el Perú se da en los bosques del norte y nacionales, por lo que los materiales hechos para los viajeros como la grava y la arena están menos disponibles y requieren precios más altos. Por este motivo, la ceniza de cascarilla de arroz se encuentra cerca de zonas productoras de residuos, por lo que es importante evaluarla como la mejor opción para pequeños caminos rurales con poco tráfico (Martinez, 2018, p.8). En la ciudad de Moyobamba a nivel nacional, la porción de suelo de CL utiliza 6%, 15%, ML 6% cemento y 10% cáscara de cemento puzolánico tipo I y cáscara de arroz.

Actualmente, en el rubro de la construcción a nivel local no se cuenta con información que se referencia a la incorporación de C.C.A. para desarrollar el CBR del afirmado, es lo que permitirá realizar una investigación en la que se pueda evaluar los materiales, dentro de la normativa del (MTC). Ciudad de Jaén en la mayoría de los casos los colectores y avenidas son afectados por la formación relacionada a la zona y al tipo de las avenidas, por tal motivo el estudio pretende solucionar la problemática de las avenidas y calles que mayormente carecen de pavimentos y de un buen afirmado, mediante la incorporación de ceniza de cascara de arroz propia de la industria de la zona que podría valer como fuente de estabilización para mejorar el incremento del CBR en el afirmado.

El problema se formuló de la siguiente manera ¿Cuál es el efecto de la incorporación de ceniza de cascara de arroz para el incremento del CBR en el afirmado, Jaén 2021? El cual desprende los siguientes problemas específicos ¿Cuáles serán los resultados de la Granulometría del Afirmado?, ¿Cuál es el CBR en el afirmado, sin incorporación de ceniza de cáscara de arroz?, ¿Cuál es el incremento del CBR en el afirmado, con incorporación de 2%, 4% y 6% de ceniza de cascara de arroz?, ¿Cuál es la dosificación adecuada de ceniza de cáscara de arroz en el afirmado?, ¿Cuáles son los porcentajes de variación al incorporar ceniza de cascara de arroz en el afirmado?, ¿Cuál es el costo unitario por metro cubico del afirmado con incorporación 0%, 2%, 4%, 6% de ceniza de cáscara de arroz?.

Mientras, la hipótesis fue, H1: Existe un efecto de la incorporación de ceniza de cascara de arroz para el incremento del CBR en el afirmado, Jaén, Al Analizar la Granulometría del Afirmado tendrá una variación en su clasificación, Al determinar el CBR en el afirmado, sin afiliación de ceniza de cáscara de arroz cumplirá según establecido en la normativa, Al adicionar ceniza de cáscara de arroz a los de 2%, 4% y 6% incrementará el CBR en el afirmado, Se determinará el porcentaje adecuado de CCA en el afirmado, Al adicionar ceniza de cáscara de arroz se obtendrá porcentajes aceptables para mejorar el afirmado, El costo unitario de un metro cubico del afirmado con incorporación 0%, 2%, 4%, 6% de CCA en el incremento del CBR, será beneficioso y rentable en el campo de la construcción

Por lo tanto, la Justificación teórica, revisión de los principios utilizados para la futura implementación del proyecto con incorporación de CCA, en función del uso de las normas y reglamentos vigentes en temas de afirmados aptos para el diseño de pavimentos u otros. Justificación metodológica, pretende utilizar el proceso como guía para el desarrollo de la incorporación de ceniza de cascara de arroz. Justificación práctica es apropiado ya que se usa la ceniza de CCA que es un subproducto en la producción de ladrillos para lograr un CBR optimo que no permita desgastes o deformaciones inadmisibles por acción de uso, una vez compactado presente las propias propiedades mecánicas que lo forman apto

como un buen afirmado. Justificación por conveniencia, el propósito es asegurar la adecuación y aumentar el flujo de crecimiento económico y satisfacer las necesidades de la población. Al encontrar alternativas como la incorporación de ceniza de cascara de arroz al afirmado, que permita mejorar la capacidad de soporte de los suelos y cuidar el medio ambiente. Justificación social este proyecto tiene importancia ya que aportara mejoras en la sociedad contribuyendo con el uso de la ceniza de cascara de arroz, el cual debe ser utilizado de manera directa en el afirmado generando mejor calidad, durabilidad y un aporte económico en la ejecución de proyectos.

El objetivo general fue proponer la incorporación de ceniza de cascara de arroz para el incremento del CBR en el afirmado, Jaén 2021. El cual desprende los siguientes objetivos específicos (a) Analizar la Granulometría del Afirmado. (b) Establecer el CBR en el afirmado, sin incorporación de ceniza de cáscara de arroz. (c) Determinar el incremento del CBR en el afirmado, con incorporación de 2%, 4% y 6% de ceniza de cáscara de arroz. (d) Analizar la dosificación adecuada de ceniza de cáscara de arroz en el afirmado. (e) Definir el porcentaje de variación al incorporar ceniza de cascara de arroz en el afirmado. (f) Calcular el costo unitario por metro cubico del afirmado con incorporación 0%, 2%, 4%, 6% de Ceniza de cáscara de arroz.

## II. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Antecedentes

Palma, Cervera & Arenas (2017) El diseño de la investigación fue no experimental de tipo descriptivo. Como resultado, una mezcla que contiene un 45% de CBR natural molido comienza a pasar, pero por debajo del precio es completamente inútil ya que el CBR de una mezcla de gran valor en términos de CBR requiere más material molido. Finalmente, se concluyó que el vínculo de compresión máxima de la capa superior de la capa de la cantera La Esmeralda aumentó el CBR de 20% a 25% de su estado original y fue 50% de la capa por encima del 50% del apósito.

Carvajal, Rincón & zarate (2018) Como resultado, el material probado con INVE-218 (el ángel mencionado anteriormente) trabajó fuertemente a una tasa del 13%, de los valores máximos permitidos en las pruebas INVE 311,155), INVE-126 (límite plástico) e INVE. Resultó ser el 50%. Actúa como un límite de agua de casi el 28%, el 40% es la mayor donación según la norma INVE 311 y el material es NP. Finalmente, concluyó que La muestra tiene una resistencia natural del 11.45%, la cual mejora de manera significativa cuando se le adiciona CCA, pasando a una resistencia de 55.16% al proporcionar un 5% del material en ceniza de cascarilla de arroz, esto demuestra que la ceniza de cascarilla de arroz mejora las propiedades físicomecánicas del material, y con 20% de material reciclado brinda un mejoramiento en la resistencia del suelo pasando de un 11.45% a una resistencia del 119.91%.

Rincón & Cortes (2020) en su El resultado es un tamaño de partícula de menos de 6 y un tamaño de partícula de menos de 1. Por lo tanto, se supone que el tamaño de partícula no está distribuido uniformemente. Finalmente, el suelo afirmado se clasifica como suelos A-2-6, los cuales son aptos para grava y arena arcillosa, según AASHTO, y como arena con grava baja y polvo fino, según SUCS, un D60. Se puede concluir que la

hay. Por tanto,  $C_u$  (coeficiente de curvatura) es 281,87 y  $C_c$  (coeficiente de curvatura) es 1,31.

Laguna y Chacón (2020) La cantidad de resultados agregados a la muestra se obtuvo en la prueba California Support Rating (CBR), que se inició en 0% y comenzó a estudiar la resistencia con una mayor intensidad de estrés (psi). CBR es del 18% al 34%. Finalmente, se concluyó que el valor óptimo de CCC para maximizar la presión intracraneal (ICR) era un aumento del 257%, lo que equivale al 10% de la prueba en el caso de la frecuencia del pulso 25.

Gabriel (2020) El diseño de la investigación fue no experimental de tipo correlacional. Esto se debe a un aumento de CBR de 72.30% que sirve para aumentar la resistencia del suelo fangoso a ejercer presión sobre la superficie de la carretera, con la adición del suelo de ceniza de arroz reciclada con mejor humedad. También se puede concluir que no se produjo. La absorción de humedad a una capacidad de secado moderada añade que la adición del material en cuestión proporciona una fuerte resistencia y estabilidad. Finalmente se concluye que un 2% adicional de ceniza de cascara de arroz y un retorno del 1% eran beneficiosos para fortalecer la resistencia, estabilidad y elasticidad de la arcilla y aumentar la resistencia del sitio.

Pacheco (2019) La dosis a utilizar se determinó a partir de los resultados de la prueba CBR en la mina "La Victoria", que se mezcló con extra (10%, 30%, 50%) respectivamente. Por supuesto, la aplicación complementaria aumenta en fuerza. Finalmente, se concluyó que el tinte fue tratado con derivados de cloruro de calcio ( $\text{CaCl}_2$ ). Esta es una adición peruana que se incluye en la lista de ajustadores. A lo largo de la prueba CBR, las muestras mostraron que se utilizaron diferentes dosis del 10%, 30% y 50% y no todas respondieron igual.

Lujerio (2018) El diseño de la investigación fue experimental de tipo descriptivo. Como resultado, la relación CBR promedio es 42.49 y, cuando se combina cemento con CBCA 51.73 y 46.87, es más alta que el suelo y de acuerdo con la norma MTC, y estos valores se pueden entender menos. No es necesario ajustarlo. Finalmente, se encontró que la resistencia a la tracción (CBR) del 100% C-1 fue 42.49, la prueba de cemento fue 51.73% y la prueba CBCA fue 46.86%, incrementándose en 21% y 10%, respectivamente. Concluí que estaba concentrado. Debajo. modelo Thearfin carrier (CBR) del 95% del suelo estándar C-1 fue el suelo estándar 20, 25 en la prueba de cemento y el 25% y 14% del suelo estándar en la prueba con CBCA 22.83.

Cubas y Falen (2017) La muestra fue de los suelos utilizados del Distrito de Pimentel y Lambayeque. En los resultados obtenidos de bajas temperaturas con la adición de 14% 1,69% DC a la constante del suelo, la temperatura máxima se registró en 4,00% + 7%. Para estructura normal (0% CC), un aumento del 7% en el suelo muestra una disminución óptima en la concentración ósea, dada la alta cantidad de cenizas de carbón para asegurar la formación de contenido de cemento. Finalmente, concluye que la ceniza de carbono 2 (CC-M2) es la más adecuada para el cultivo y la arena y la arena debido al alto contenido de silicio (CaO) asociado con la producción de metales con altas concentraciones de cemento.

Cubas (2019) El mejor aumento en el contenido de agua se obtuvo para proporcionar un 5,35% para productos estandarizados. Se añadió caucho al 6,30%, 6,65% y 7,45% del 3%, 5% y 7%, respectivamente. Finalmente, se concluyó que la resistencia a la tracción positiva del material se determinó combinando caucho de varias concentraciones (3%, 5% y 7%) con los siguientes valores: 55.63% en la muestra estándar, 16.50% 3% para confirmación, 13,91% para confirmación del 5%, 8,80% para confirmación del 7%.

Benel (2019) Este es el resultado de prestar atención al mayor porcentaje de humedad del suelo. Esto se debe a que cuanto mayor es la higroscopicidad, menos eficaz es el refuerzo de fibra de yute. Finalmente, alcanza 101%, 110%, 113% en peso de hilo de cáñamo con un valor CBR declarado del material A-1 de 0.5%, 0.75%, 1% mineral fortificado "Bazán". Sequedad media al 6% de humedad.

## 2.2. Bases Teóricas

**Las cáscaras de arroz**, que se denominan "paja", se obtienen generalmente de la piel que separa las cáscaras de arroz del arroz en sí. Las cáscaras de arroz están muy sucias porque se puede decir que son muy graves debido a la humillación natural y artificial. Por lo tanto, es difícil de usar porque no es adecuado para su uso en animales (Sedapal, 2017, p.03).

A diferencia de la ceniza volcánica, la ceniza volcánica no se desperdicia ni es rentable (para fines agrícolas o industriales), pero produce grandes ladrillos que se encuentran en la naturaleza y generalmente se utilizan como minerales. Son los datos históricos más antiguos sobre lo que ahora se puede conocer como elemento con propiedades puzolánicas y, como puede ver, los romanos han encontrado su aplicación en la arquitectura. Muestras obtenidas de la calcinación de cestas, industrial y técnica (Villavicencio, 2010, p.07).

Las cascarillas de arroz tienen un alto contenido de dióxido de silicio ( $\text{SiO}_2$ ), son corrosivos y no producen nutrientes porque no se usan adecuadamente para producir valor, pero en materia gris se pueden usar como carpetas.

A lo largo de nuestra historia, diseñadores y arquitectos se ha buscado soluciones técnicas específicas para llevar a cabo sus trabajos de construcción. Los romanos usaban la puzolana como mineral adicional en la purificación del hormigón. La puzolana se toma de un pueblo llamado Pozzuoli al pie del Vesubio y es un volcán, suave y ligero. Además, utilizan aditivos naturales como leche, sangre y grasas animales para mejorar la capacidad de la mezcla en cemento y mortero (M.T.C., 2013, p.06).

Actualmente, el sector de la construcción en Perú produce cemento puzolánico, pero las puzolanas no se utilizan comúnmente como el salvado de arroz o la ceniza volcánica (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2019, p.08).

Residuos del proceso de quemado de la cascarilla de arroz, para que sea tan puzolana, debe haber control para quemarla. La temperatura debe superar los 700g °C. En lo opuesto, la sílice se hinchará y perderá su nivel efectivo. Por supuesto, la temperatura y el tiempo de combustión es un factor importante en la producción de ceniza de cáscara de arroz, ya que solo la seda amorfa tiene estas propiedades. Sigue una de sus primordiales propiedades: la agregación (o puzolana) necesita la existencia de hidróxido de calcio (es mencionar, clínker de cemento hidratado) para mejorar las características del cemento. Por sí sola, esta función de puzolana no se puede realizar, ni a un nivel que no sea trascendental visto de forma funcional (Ministerio de Economía y Finanzas, 2015, p.12).

Después de quemarse, la ceniza puede quemarse por completo y volverse gris, violeta o blanca, según el nivel de contaminación y la temperatura. En condiciones de combustión al aire libre o de combustión débil, la ceniza es menos eficaz debido a las malas condiciones minerales. Las cenizas de cascarilla de arroz son negras porque contienen carbono. Cuando se usa en grandes cantidades, se vuelve casi negro.

La temperatura natural la cascarilla de arroz puede causar problemas en el hormigón debido a sus propiedades constituyentes. Además, antes de usar La cascarilla de arroz, se debe colocar a una temperatura de 400-800 ° C. Esto da ceniza de arroz (CCA) y se introduce cuando la sílice es difícil de reaccionar a altas temperaturas. El proceso de obtención de CCA es una fuente de producción de energía, porque la combustión del contenido de celulosa y lignina tiene menor impacto ambiental, pero la contaminación es causada por el almacenamiento o no entrega de CCA (Aliaga, 2018, p. 26).

<b>Propiedades Físicas de la Ceniza de Cascara de Arroz</b>		
<b>Componente</b>	<b>Formula</b>	<b>Pocentaje en Masa</b>
<b>dióxido de silicio</b>	<b>SiO<sub>2</sub></b>	<b>80.3</b>
<b>Oxido de Aluminio</b>	<b>Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	<b>0.75</b>
<b>Oxido Ferrico</b>	<b>Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub></b>	<b>0.02</b>
<b>Oxido de Calcio</b>	<b>CaO</b>	<b>0.71</b>

*Fuente: Molino cereales del llano, 2018*

Figura 01: Composición química de la CCA.

El peso y densidad de los sacos de arroz, conlleva costos de almacenamiento y transporte excesivos para la industria, limitando su uso en la preparación de grandes cantidades de pienso. El contenido de humedad de las cáscaras de arroz cuando se retiran de las cáscaras de arroz varía del 5% al 40% después de salir al aire libre (cuando no llueve, la temperatura es del 10% debido a los productos químicos) (Reglamento Nacional de Edificaciones - RNE, 2010, párr. 10).

Entre sus ventajas como material de construcción, podemos mencionar:

- Muy alto contenido de cenizas ( $\pm 20\%$ , que no se inflama fácilmente con kilogramos de material).
- Alto contenido en sílice (90%). -Estructura de sílice (estructura alveolar con grandes áreas especiales).
- Material ligero.

El hormigón que contiene cascarilla de arroz (CCA) durante un período de 14 días mostró un aumento de resistencia en comparación con el hormigón estándar, con un valor alto de 6,77% con una mezcla de 5% de CCA y un aumento de 17,35% con una mezcla de 10% de CCA 245. kai kg / cm<sup>2</sup> .

Los mayores productores del mundo son arroz, trigo y maíz. Los desechos de esta lista son enormes y plantean grandes problemas de almacenamiento y procesamiento. Por esta razón, desarrolló su investigación como un resumen en el código de construcción (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018, p.05).

Las puzolánicas es de material alumino-silíceos, estas tienen una reacción al contacto con la humedad y con el apoyo de la temperatura suelen actuar con altas propiedades cementantes. (Norma ASTM C 618 p. 01).

**El afirmado.** Es una capa sólida de un terreno compactada de un material granular, que soporta cargas y esfuerzos, también funciona como una superficie de rodaduras en caminos y sobre estas se pueden cimentar. (MTC, 2014, p.23):

Carretera sin pavimentar hecha de un revestimiento de piedra natural rugosa, de hasta 75 mm de tamaño, sacudida o recogida a mano. (MTC, 2014, p.07).

El afirmado será pobre, si no existe una buena combinación de estos tres tamaños (MTC, 2014, p. 10).

El afirmado requiere una relación de retroceso para soportar la carga. De manera similar, "llenar los espacios entre piedras y dar estabilidad a la capa requiere una proporción gradual de arena según el tamaño y una proporción de resina fina para combinar con el material de la capa". (MTC, 2014, p. 123).

Las propiedades que debe de requerir el afirmado se describe en el Manual, cabe indicar que no todos los materiales afirmados son el mismo, para ver el material sea de calidad se tienen que determinar mediante ensayos (MTC, 2014, p. 123).

Para mezclar y utilizar las sustancias identificadas, el gradiente de las sustancias definidas se utiliza como punto de referencia y punto de partida. (MTC, 2014, p. 12).

Figura 02. Gradación del material de afirmado

PORCENTAJE QUE PASA DEL TAMIZ	GRADACIÓN C	GRADACIÓN D	GRADACIÓN E	GRADACIÓN F
50 mm ( 2" )				
37.5 mm ( 1½" )				
25 mm ( 1" )	100	100	100	100
19 mm ( ¾" )				
12.5 mm ( ½" )				
9.5 mm ( 3/8" )	50 - 85	60 - 100		
4.75 mm ( N° 4 )	35 - 65	50 - 85	55 - 100	70 - 100
2.36 mm ( N° 8 )				
2.0 mm ( N° 10 )	25 - 50	40 - 70	40 - 100	55 - 100
4.25 um ( N° 40 )	15 - 30	25 - 45	20 - 50	30 - 70
75 um ( N° 200 )	5 - 15	5 - 20	6 - 20	8 - 25
<b>Índice de Plasticidad</b>	<b>4 - 9</b>	<b>4 - 9</b>	<b>4 - 9</b>	<b>4 - 9</b>
<b>Límite Líquido</b>	<b>Máx. 35%</b>	<b>Máx. 35%</b>	<b>Máx. 35%</b>	<b>Máx. 35%</b>
<b>Desgaste Los Ángeles</b>	<b>Máx. 50%</b>	<b>Máx. 50%</b>	<b>Máx. 50%</b>	<b>Máx. 50%</b>
<b>CBR [referido al 100% de la Máxima densidad seca y una penetración de carga de 0.1" (2.5mm)]</b>	<b>Min. 40%</b>	<b>Min. 40%</b>	<b>Min. 40%</b>	<b>Min. 40%</b>

Fuente: Ministerio de Transporte y Comunicaciones (2014, p. 124)

Para el dimensionamiento “de los espesores de la capa de afirmado se adoptará cualquier método que satisfaga los requerimientos del proyecto, el cual será aprobada por la entidad contratante o administradora y reportado al órgano normativo del MTC” (MTC, 2014, p. 119).

$$E = [219 - 211 \times (\log_{10} \text{CBR}) + 58 \times (\log_{10} \text{CBR})^2] \times \log_{10} (\text{Nrep}/120)$$

Donde:

E= espesor de la capa de afirmado en mm.

CBR= valor del CBR de la sub rasante.

Nrep=número de repeticiones de EE para carril de diseño.

Entonces es posible observar el espesor de aserción recomendado, que tiene en cuenta los rieles de CBR > 6% a CBR > 30% y el tráfico hasta 300.000 iteraciones de eje equivalentes. (MTC, 2014, p.119).

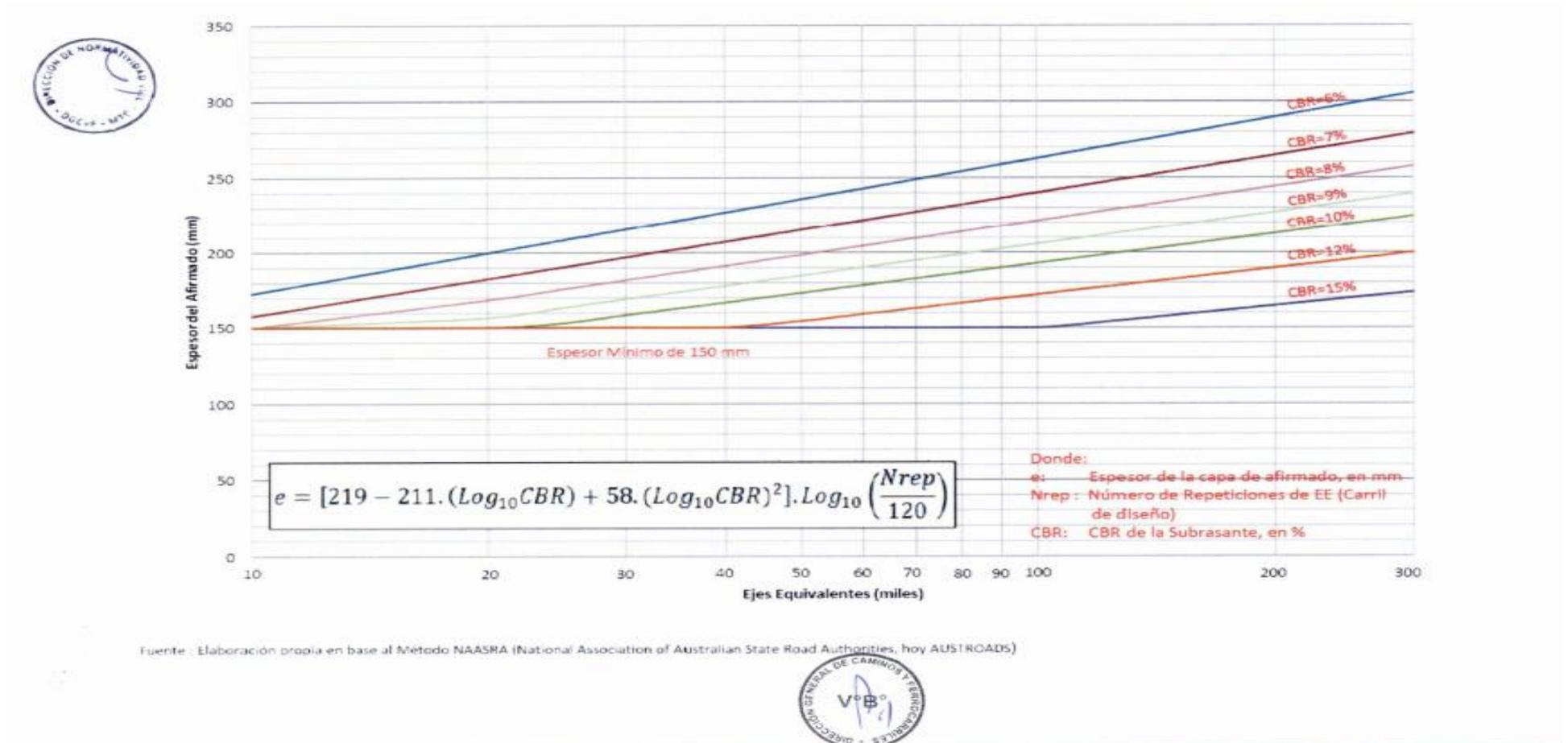
Figura 03. Ejes equivalentes



CBR % Diseño	EJES EQUIVALENTES																		
	10,000	20,000	25,000	30,000	40,000	50,000	60,000	70,000	75,000	80,000	90,000	100,000	110,000	120,000	130,000	140,000	150,000	200,000	300,000
	ESPESOR DE MATERIAL DE AFIRMADO (mm)																		
6	200	200	250	250	250	250	250	250	300	300	300	300	300	300	300	300	300	300	350
7	200	200	200	200	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	300	300	300
8	150	200	200	200	200	200	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	250	300
9	150	200	200	200	200	200	200	200	200	200	250	250	250	250	250	250	250	250	250
10	150	150	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	250	250	250	250	250
11	150	150	150	150	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	250	250
12	150	150	150	150	150	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
13	150	150	150	150	150	150	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
14	150	150	150	150	150	150	150	150	150	200	200	200	200	200	200	200	200	200	200
15	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	200	200	200	200	200	200	200
16	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	200	200	200	200
17	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	200	200
18	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	200
19	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
20	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
21	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
22	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
23	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
24	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
25	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
26	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
27	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
28	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
29	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
30	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150
> 30 *	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150	150

Fuente: Ministerio de Transporte y Comunicaciones (2014, p. 120).

Figura 04. Espesor de capa de revestimiento granular



Fuente: Ministerio de Transporte y Comunicaciones (2014, p. 111).

Figura 05. Catálogo de capas de afirmado (Revestimiento Granular).

**CATALOGO DE CAPAS DE AFIRMADO (REVESTIMIENTO GRANULAR)  
PERIODO DE 10 AÑOS**

EE CBR %	Tnp1	Tnp2	Tnp3	Tnp4	
	< 25,000	25,001-75,000	75,001-150,000	150,001-300,000	
6% < CBR < 10%	CBR < 6%	25cm 	30cm 	30cm 	35cm 
	CBR 6%-8%	25cm 	30cm 	30cm 	35cm 
	CBR 8%-10%	20cm 	25cm 	25cm 	30cm 
10% < CBR < 20%	CBR 10%-12%	20cm 	20cm 	25cm 	25cm 
	CBR 12%-20%	15cm 	20cm 	20cm 	20cm 
20% < CBR < 30%	CBR 20%-30%	15cm 	15cm 	15cm 	15cm 
	CBR > 30%	15cm 	15cm 	15cm 	15cm 

Afirmado

**Fuente: Elaboración propia en base a ecuación NAASRA.**

**Nota:**

- (\*) Espesor y tipo de estabilización de suelos serán definidos en estudios específicos.
- EE: Rango de Tráfico en Número de Repeticiones de Ejes Equivalentes en el carril y periodo de diseño.
- Evaluaciones superficiales del pavimento: Inventario de Condición, se efectúa al menos una vez cada año.
- En la etapa de Operación y Conservación vial, efectuar Perfilado periódicamente por lo menos una vez cada año y control de polvo mediante riego de agua, asfalto, cloruro, aditivos químicos u otros.



Fuente: Ministerio de Transporte y Comunicaciones (2014, p. 122).

**Las capas de pavimentos son:**

**Capa de rodadura** - - Es un tramo de pavimento revestido con asfalto (flexible) u hormigón de cemento Portland (duro) o cantos rodados (losas de hormigón crudo), cuya finalidad es mantener el tráfico directo. (MTC, 2014, p.21).

**Base** - Esta es la capa bajo el proceso de abrasión, su función principal es mantener, distribuir y transferir la carga generada por el tráfico. Esta capa está hecha de material granular ( $\text{CBR} \geq 80\%$ ) o tratada con asfalto, cal o de hormigón. (MTC, 2014, p.21).

**Subbase** - Se trata de una capa de material de precisión con un espesor de diseño que actúa contra la suela y el par. Asimismo, se utiliza como capa de drenaje para controlar las características del flujo de agua. (MTC, 2014, p.21).

El análisis estructural de un nuevo revestimiento de suelo requiere un dimensionamiento previo. Es el grosor de las capas que lo componen. En las estructuras existentes, el espesor de la capa se determina mediante inspección y exploración directa, roscado, relleno o extracción de muestras. (Rodríguez y Pallares (2005), p.28).

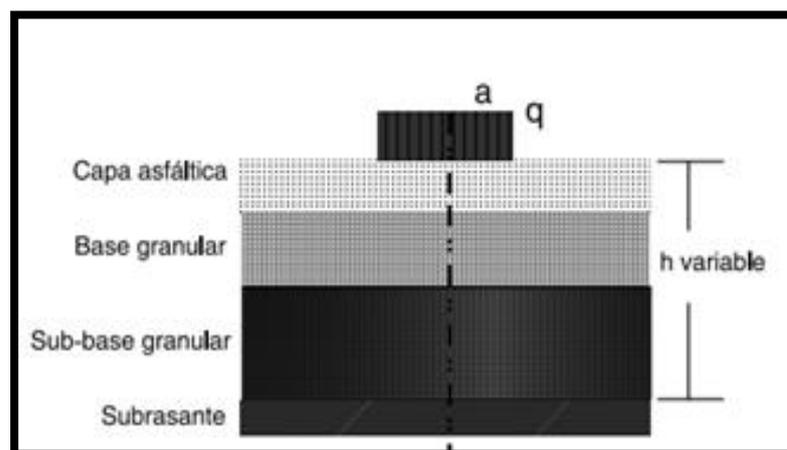


Figura 06. Estructura típica de un pavimento

En el gráfico 06, sintetiza una composición de pavimento clásica, en un “modelo de esta clase desarrollado con ANSYS tienen la posibilidad de añadirse capas y variar la magnitud de los espesores y tipos de material, si el analista así lo requiere”. El modelo en desarrollo representa solo la mitad derecha empleando una formulación axisimétrica bidimensional del problema de esfuerzo-deformación (Rodríguez & Pallares, 2005, p. 28).

La línea de color rojo representa el eje de la simetría para la carga y el dominio circular de magnitud  $q$  y radio  $a$ . En cuanto a la condición de unión en las interfaces puede optarse como compatibilidad no ligada o ligada, de acuerdo con la experiencia o con los materiales del analista en proyectos similares (Rodríguez & Pallares, 2005 p. 28).

**Tabla 01.** Estructura típica de un pavimento.

Capa	Espesor (cm)
asfáltica	10
Base	20
Sub – base	30
Subrasante	70

Fuente: (Rodríguez y Pallares (2005), p.28) Desarrollo de un modelo de elementos finitos para el diseño racional de pavimentos.

### 2.3. Enfoques Conceptuales

#### **Agregado**

“Los materiales particulados de composición mineral, como arena, grava, escoria y piedra triturada, se utilizan en una variedad de combinaciones de tamaños. ” (MTC glosario de términos, 2013, p.03).

#### **Cantera**

El suelo natural es un material adecuado para su uso en la construcción para la reparación, rehabilitación y mantenimiento de carreteras". (MTC glosario de términos, 2013, p.06).

**Capacidad de Carga del Terreno:** La carga del terreno es la fortaleza admisible de la cimentación del suelo cuyo factor es dar seguridad al análisis que se va efectuar.

**Carretera Afirmada:**

“En si es la vía o la capa de rodadura, tiene uno o más capas de afirmado según el estudio o ensayo que se efectuó” (MTC glosario de términos, 2013, p.07).

**CBR**

“Determina la resistencia que va soportar el suelo, esta se puede medir por las fuerzas” (MTC, 2013, p.07).

**PROCTOR MODIFICADO**

El ensayo ocupa procedimientos para la compactación siendo usado en el Laboratorio, ya que con esto se determinará la conexión entre el contenido de agua y peso. (MTC E 115-2000 p.01).

### **III. METODOLOGÍA**

#### **3.1. Tipo Y Diseño de Investigación**

El estudio es de tipo de investigación aplicada incluyendo la que tiene como justificación adelantos y productos tecnológicos (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014, p. 42).

El estudio de seguimiento de este estudio es un tipo aplicable porque los experimentos se realizan en grupos de pares para comparar las interacciones de la absorción de cenizas de la cáscara de arroz y probar las diferencias significativas en el aumento de la tolerancia a las afirmaciones.

## Diseño de Investigación

Se ejecutará el diseño experimental, procesar dos o más variables independientes e incluir dos o más niveles o métodos que existen en cada variable independiente (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014, p.148).

La presente investigación tuvo un diseño experimental, con un enfoque cuantitativo, porque se realizará el experimento al comparar la interacción de la incorporación de ceniza de cascara de arroz y el incremento del CBR en el afirmado.

**Tabla 02.** Incorporación % CCA vs Observaciones del CBR en el afirmado

Ci	Resistencia del afirmado
Ceniza de cascara de arroz (0%)	$O1 = \begin{cases} x1 \\ x2 \\ x3 \end{cases}$
Ceniza de cascara de arroz (2%)	$O2 = \begin{cases} x4 \\ x5 \\ x6 \end{cases}$
Ceniza de cascara de arroz (4%)	$O3 = \begin{cases} x7 \\ x8 \\ x9 \end{cases}$
Ceniza de cascara de arroz (6%)	$O4 = \begin{cases} x10 \\ x11 \\ x12 \end{cases}$

Fuente: Elaboración Propia 2021

Ci: % de ceniza.

Oi: total de Xi observaciones de resistencia de afirmado.

### 3.2. Variables y operacionalización

➤ **Independiente**

Incorporación de ceniza de cascara de arroz.

➤ **Dependiente**

Incremento del CBR en el afirmado.

➤ **Matriz de operacionalización**

### **3.3. Población, Muestra Y Muestreo**

#### **Población**

"Es un universo estadístico, conceptualizado como un conjunto finito o infinito de elementos, organismos o cosas con las mismas características que se pueden observar mediante las técnicas empleadas". (Valderrama, 2018, p.182).

Tuvo como población la pavimentación a nivel de afirmado de las calles de la ciudad de Jaén.

#### **Muestra**

"Se representa en su forma originaria a la población o universo que poseen las mismas características sin cambiar ninguna población, al que se aplican técnicas de muestreo apropiadas". (Valderrama, 2018, p.184).

Para llevar a cabo la investigación se tuvo en cuenta la pavimentación a nivel de afirmado de la calle Pedro Cornejo Neira del sector Morro Solar Cuadra 1 y 2.

#### **Muestreo**

"Es el desarrollo que obtendrá la población calculando los parámetros y cuantificar en valores numéricos siendo así se llega a comprobar entre lo cierto y lo falso de la hipótesis" (Valderrama, 2018, p.188).

En esta investigación se obtuvo como muestreo la elaboración de los 04 CBR y 04 Proctor modificado 01 con el material natural (0%) y 03 con adición de ceniza de cascara de arroz con los porcentajes de 2%, 4% y 6%.

**Tabla 03. Variables y Operacionalización.**

Variables	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
<p><b>V.I</b> Incorporación de ceniza de cascaras de arroz</p>	<p><b>Cenizas de cascara de arroz.</b> - Es el residuo de la calcinación de la cáscara de arroz; para que sea tan puzolana, debe haber control para quemarla. (Ministerio de Economía y Finanzas, 2015 p.12).</p>	<p>La ceniza de la cascara de arroz tiene un alto contenido de sílice que también está presente en el cemento.</p>	<p>%de la ceniza de cascara de arroz.</p>	<p>Proporciones de 2% 4% 6% De cenizas de cascarás de arroz</p>	<p>%</p>
<p><b>V.D</b> Incremento del CBR en el afirmado.</p>	<p><b>Grado de compactación de afirmado.</b> - Debe poseer una apropiada cantidad de material fino cohesivo que posibilite mantener las partículas aglutinadas, funciona como superficie de rodadura en carreteras y en caminos que no se encuentren pavimentados. El afirmado consiste en una compactada capa de material procesado o material granular material (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2014).</p>	<p>Para el diseño se usará el material de afirmado de cantera con la adición de cenizas de cascará de arroz, en proporciones variables.</p>	<p>Propiedades mecánicas y físicas</p>	<p>Guía del MTC CBR Proctor modificado</p>	<p>Kg/cm3 %</p>

Fuente: Elaboración propia 2021

### **3.4. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos.**

#### **Técnicas**

Observación. - Mire directamente la imagen para ver la diferencia obvia (Bernal, 2010, p. 195).

En esta investigación se utilizará la observación como técnica para comparar los datos de la interacción la incorporación de ceniza de cascará de arroz y el incremento del CBR en el afirmado.

#### **Instrumentos de recolección de datos**

Ficha de datos. – Hoja de recolección de datos donde se tomará registro con apoyo de equipos para tal efecto (Bernal, p.2010, 259).

Para este proyecto de tesis se utilizó como instrumento la hoja de datos, lo que hizo posible ingresar los datos del CBR en el afirmado.

### **3.5. Procedimientos**

Se recolectaron datos y se realizó cada prueba de laboratorio para lograr los resultados obtenidos en este estudio y se prepararon muestras con diferentes proporciones de melaza. Dado que se sabe que el área de prueba es capaz de realizar orificios de prueba, se utiliza un orificio manual con una profundidad de 1,50 m para obtener las muestras necesarias para la prueba de laboratorio.

#### **Análisis granulométrico por tamizado ASTM-D6913-N.P.T.339.128**

Esta prueba determina el porcentaje de suelo natural que pasa el tamiz de 0.075 mm (# 200).

Se prepara un ensayo, a ello se lo registra el peso en las fichas, para luego proceder al lavado en el N° 200, con mucho H<sub>2</sub>O, para luego secar la muestra para tamizar finalmente se determina el peso que se logra retener.

## **Determinación del contenido de humedad ASTM-D4959-N.P.T.339.127**

Este ensayo se realiza con el fin de ver la abundancia o cantidad de agua presente el suelo.

Registrando así el peso del recipiente para luego colocar la muestra y se encuentra el peso de la muestra húmeda, se anota el valor, una vez seca en el horno se registra el peso seco.

## **Límites de Atterberg**

Se utilizan para clasificar suelos.

## **Límite Líquido ASTM D-4318-N.T.P.339.129**

Se define la humedad de un suelo para ver cómo se porta un material plástico.

La muestra utilizada fue una muestra seca, pasada a través de un tamiz de malla N° 40.

Se tomaron muestras, se mezclaron con agua con una espátula durante aproximadamente 10 min, y una porción de la muestra se colocó con un vaso Casa Grande para la determinación del límite de líquido.

## **Límite plástico ASTM D-4318-N.T.P.339.129**

Este es el porcentaje de H<sub>2</sub>O, que pasó a través del tamiz de malla # 40 cuando el suelo está en un estado plástico y semisólido.

La muestra se mezcla con agua hasta que sea adecuada para realizar la prueba, se toma una porción de la muestra y se enrolla sobre una superficie plana y lisa con la ayuda de los dedos. El procedimiento es el siguiente: Repetir al menos dos veces para humedad media.

### **Índice de plasticidad ASTM D-4318-N.T.P.339.129**

Esto se deriva de la diferencia entre los límites de líquido y plástico e indica un cambio en la plasticidad del suelo. El índice de plasticidad es el límite LL - LP.

### **Clasificación del suelo natural**

El suelo se clasifica para determinar sus propiedades y estimar su comportamiento.

Clasificación utilizando el sistema AASHTO y un sistema integrado para encarnar e identificar los tipos de suelo.

### **Ensayo del Proctor modificado ASTM D-1557 MTC E-115**

Procediendo por el tamiz N°4, registrando cantidades de agua para obtener contenidos diferentes, registrando así el peso del molde, se apisona suavemente antes de la compactación para que este no esté suelto, se compacta 5 capas y cada capa 56 golpes, luego se removi6 el molde se retira una pequeña masa para poder determinar su contenido de agua.

Por último, se dibuja la curva de compactación y se determina su contenido óptimo de humedad y se determina la máxima densidad seca.

### **Valor relativo soporte (CBR) ASTM D-1883**

Se determina la capacidad de carga del suelo (CBR). Este ensayo fue hecho de acuerdo a las normas y procedimientos correspondientes para una buena compactación.

En este procedimiento, el valor de soporte se toma de una fracción mixta de la misma unidad de masa y contenido de humedad que se espera que esté en el campo.

Humedad óptima: 13,70%. Analice la muestra con la humedad óptima encontrada en la prueba Proctor modificada.

### **Ensayo de hinchamiento:**

Se coloca 3 moldes ya equipados adentro del tanque con agua para dejarlo así 4 días y se registra las lecturas de expansión cada 24h.

### Ensayo de carga penetración:

Retirar todo el molde del tanque, dejamos que escurra el molde por unos 15min.

Determinando la nueva densidad de humedad, donde se tuvo que dibujar 3 curvas de esfuerzo de deformación correspondiendo a cada muestra del molde. El índice de diseño CBR es el valor más bajo obtenido con una densidad seca máxima de 95%.

### 3.6. Métodos de análisis de datos

**Modelos de dos factores-tratamiento.** – Continuaremos usando un diseño completamente aleatorizado utilizando los dos factores de procesamiento  $T\alpha$  y  $T\beta$  en los niveles  $I$  y  $J$ , y asumiremos que la interacción entre estos dos factores es distinta de cero. Como se explicó en la sección anterior, es necesario reproducir el experimento para estimar este modelo. Si repite el experimento  $K$  veces, encontrará  $K$  unidades experimentales en cada celda (procesamiento).  $ij$ .

**Modelo matemático.** - Los modelos matemáticos asociados al tratamiento de diseños de dos factores con interacción y replicación son:

Para cada  $i = 1, \dots, I, j = 1, \dots, J, k = 1, \dots, K$  se tiene el siguiente modelo:

$$\underbrace{Y_{ijk}}_{\text{aleatorio}} = \overbrace{\mu + \alpha_i + \beta_j}^{\text{determinista}} + \underbrace{\varepsilon_{ijk}}_{\text{aleatorio}}, \forall i, j, k. \quad (5.22)$$

Se verifica que  $\sum_{i=1}^I (\alpha\beta)_{ij} = \sum_{j=1}^J (\alpha\beta)_{ij} = 0$ , para  $i = 1, \dots, I; j = 1, \dots, J$ .

✚  $\varepsilon_{ijk}$  es el error experimental o perturbación, son variables aleatorias independientes idénticamente distribuidas (i.i.d.) con distribución  $N(0, \sigma^2)$ .

Por lo tanto, los parámetros de este modelo son:

**Tabla 04.** Parámetros del Modelo Obtenido

Parámetros	Número
$\mu$	1
$\alpha_i$	$I - 1$
$\beta_j$	$J - 1$
$(\alpha\beta)_{ij}$	$(I - 1)(J - 1)$
$\sigma^2$	1
Total	$IJ + 1$

Elaboración Propia 2021

Siendo  $n = IJK$  el número de observaciones.

No se sabe que el modelo de interacción de diseño, experiencia, gestión e interacción de dos factores sea un modelo bidimensional completo o un modelo ANOVA bidireccional, el experimento modelado es:

$$\underbrace{Y_{ijt}}_{\text{aleatorio}} = \overbrace{\mu + \alpha_i + \beta_j}^{\text{determinista}} + \underbrace{\varepsilon_{ijt}}_{\text{aleatorio}}, \forall i, j, k. \quad (5.23)$$

Con  $\varepsilon_{ijk}$  v.a. independientes con distribución  $N(0, \sigma^2)$ .

**Utilice el modelo de efectos principales solo si está seguro de que no hay interacciones entre los factores.**

Si no tiene una comprensión razonable de la interacción, debe elegir el modelo completo. La razón es que el efecto principal de adivinar cuando la interacción no se juzga mal puede resultar confuso debido al aumento artificial del error experimental.

Esta estrategia a seguir es:

1. Si se sospecha una interacción, el efecto de la interacción se prueba primero en un modelo 2D completo.
2. Esta no es bueno cambiar el molde por efectos a cabo que uno este seguro que no hay existencia de una interacción.

Otra posibilidad es observar la diferencia de niveles de un elemento y mantener fijo el nivel del otro. En este caso, la conclusión es cierta para la situación particular estudiada.

### Estimación de los parámetros.

Los parámetros del modelo se obtienen con el método de mínimos cuadrados, que es una técnica basada en la minimización de la suma de cuadrados de los residuos.

$$(\hat{\mu}, \hat{\alpha}_i, \hat{\beta}_j, \hat{\alpha}\hat{\beta}_{ij}) = \frac{1}{IJK} \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K (Y_{ijk} - (\hat{\mu} - \hat{\alpha}_i - \hat{\beta}_j - \hat{\alpha}\hat{\beta}_{ij}))^2$$

(5.24)

Proporcionando estos siguientes estimadores:

$$\hat{\mu} = \bar{Y} \dots = \frac{1}{IJK} \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K Y_{ijk},$$

$$\hat{\alpha}_i = \hat{Y}_{i..} - \hat{Y}_{...}, \quad i = 1, \dots, I. \quad \text{con} \quad \hat{Y}_{i..} = \frac{1}{JK} \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K Y_{ijk},$$

$$\hat{\beta}_j = \hat{Y}_{.j.} - \hat{Y}_{...}, \quad j = 1, \dots, J. \quad \text{con} \quad \hat{Y}_{.j.} = \frac{1}{JK} \sum_{i=1}^I \sum_{k=1}^K Y_{ijk},$$

$$\begin{aligned}(\widehat{\alpha\beta})_{ij} &= \hat{Y}_{ij\dots} - \hat{Y}_{i..} - \hat{Y}_{.j.} + \hat{Y}_{\dots}, \quad i = 1, \dots, I, \quad j = 1, \dots, J, \quad \text{con } \hat{Y}_{ij.} \\ &= \frac{1}{K} \sum_{k=1}^K Y_{ijk},\end{aligned}$$

La predicción para el cuadro  $ij$  es una medida de los valores en el cuadro, por lo que se ve así:

$$\hat{Y}_{ij} = \hat{\mu} + \hat{\alpha}_i + \hat{\beta}_j + (\widehat{\alpha\beta})_{ij} = \hat{Y}_{ij.}, \quad i = 1, \dots, I, \quad j = 1, \dots, J. \quad (5.25)$$

Los residuos, diferencia entre lo observado y la predicción,

$$e_{ijk} = y_{ijk} - \hat{y}_{ij.}$$

Los residuos verifican la siguiente restricción (la suma de los residuos en cada casilla es cero).

$$\sum_{k=1}^K e_{ijk} = 0, \quad i = 1, \dots, J,$$

Por lo tanto, cada celda tiene un residuo independiente de  $(K-1)$  y el número de grados de libertad es  $[(K-1)] \wedge IJ$ . Al igual que con el modelo investigado anteriormente, la varianza residual se utiliza como estimador de varianza. Este estimador viene dado por

$$\hat{s}_R^2 = \frac{1}{(K-1)IJ} \sum_{i=1}^I \sum_{j=1}^J \sum_{k=1}^K e_{ijk}^2 = \frac{SCR}{(I-1)(J-1)} \quad (5.26)$$

### **3.7. Aspectos éticos**

El presente proyecto de tesis se elaboró respetando las normas internacionales ISO 690-1 y 690-2, es decir todas las informaciones y referencias establecidas en esta investigación son claramente citadas respetando la propiedad de los autores, el contenido es veraz y confiable, por lo tanto, todos los datos adquiridos en laboratorios son verdaderos ya que todos tendrán la certificación respectiva teniendo un CRI (conducta responsable de investigación) por parte del autor. Los investigadores de este proyecto tienen la responsabilidad de respetar la veracidad de todos los resultados, la exactitud de la información obtenida, los datos experimentales establecidos por los estándares y los investigadores, manteniendo la autenticidad de la investigación proporcionada de los que participan en esta encuesta.

#### IV. RESULTADOS

La presente Investigación desarrollada obtuvimos estos resultados de los ensayos, con finalidad de llegar cumplir cada objetivo propuesto, los cuales serán detallados a continuación.

##### 4.1. Análisis Granulométrico Incorporando el 0%, 2%, 4% y 6% CCA

Esta prueba determina el porcentaje de suelo que pasa por los distintos tamices utilizados en cada prueba. MTC E107 / ASTM D22 / NTP339.128

Análisis de tamiz

**Tabla 05.** Análisis granulométrico por tamizado MTC E-107/ASTM D-422/ NTP 339.128.

ANÁLISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO			
%	GRAVA	ARENA	FINOS
0%	46.20	38.28	15.52
2%	44.07	39.20	16.73
4%	41.00	40.91	18.09
6%	41.65	39.97	18.38

Fuente: Elaboración propia 2021.

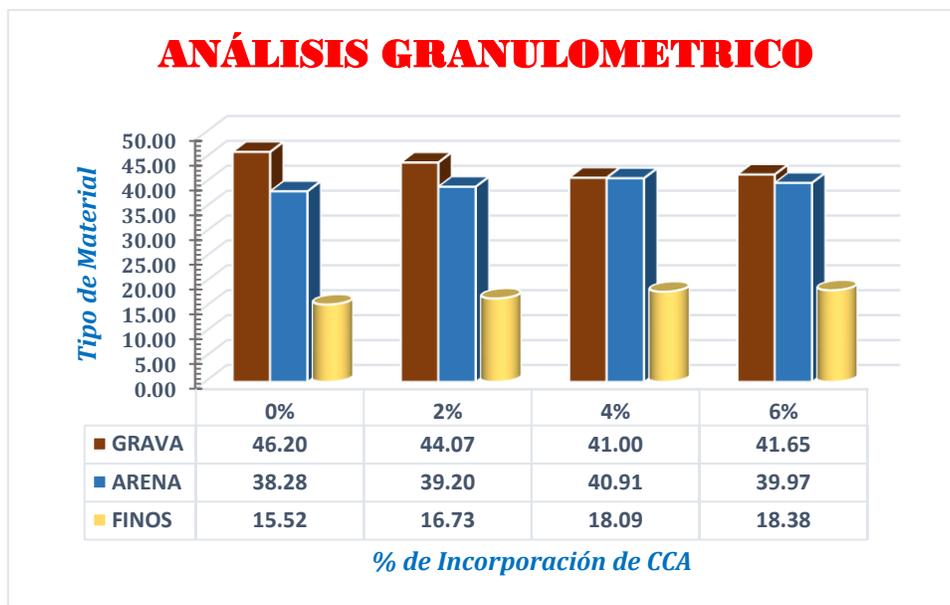


Figura 07: Comparación de los porcentajes de cada tipo de material Obtenido.

**Interpretación:** De la tabla N° 05, de acuerdo a los resultados de los ensayos de análisis granulométrico se determinó la cantidad de cada tipo de material presente lo que nos permitió clasificar según **SUCS** un tipo de suelo **GM** correspondiente a un suelo de grava limosa y Sub-Grupo: Gravas limosas, mezcla – arena - limo. Finalmente se puede determinar que al incorporar cada incremento de ceniza los finos tienden a subir.

**LÍMITES DE CONSISTENCIA ATTERBERG INCORPORANDO el 0%, 2%, 4% y 6% CCA.**

✓ **Límite Líquido**

**Tabla 06.** Límites de consistencia MTC E-110 /NTP 339.129/ ASTM D-4318.

<b>LIMITE LIQUIDO</b>	
<b>0%</b>	<b>23.28</b>
<b>2%</b>	<b>29.37</b>
<b>4%</b>	<b>34.03</b>
<b>6%</b>	<b>44.84</b>

Fuente: Elaboración propia 2021.

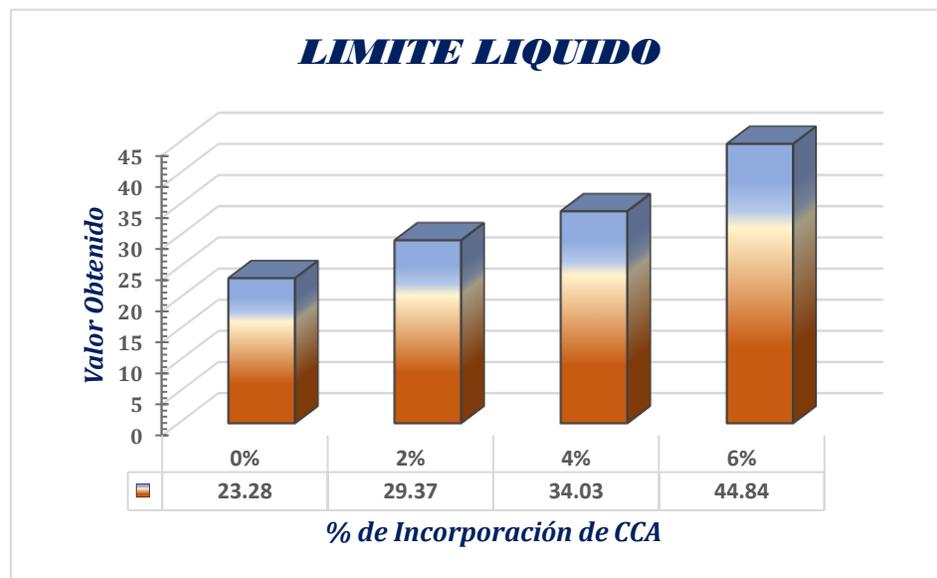


Figura 08: Comparación de los porcentajes de CCA y su límite líquido.

**Interpretación:** De la tabla N° 06, de acuerdo a los resultados del ensayo LL se determinó el contenido de humedad expresando en porcentaje. Finalmente se puede determinar que al incorporar cada % de CCA el límite líquido es mayor.

✓ **Límite Plástico e Índice de Plasticidad.**

**Tabla 07.** Límites de consistencia MTC E-111 /NTP 339.129/ ASTM D-4318.

<b>LIMITE PLASTICO</b>	
<b>0%</b>	<b>19.43</b>
<b>2%</b>	<b>23.34</b>
<b>4%</b>	<b>28.1</b>
<b>6%</b>	<b>39.35</b>

Fuente: Elaboración propia 2021.

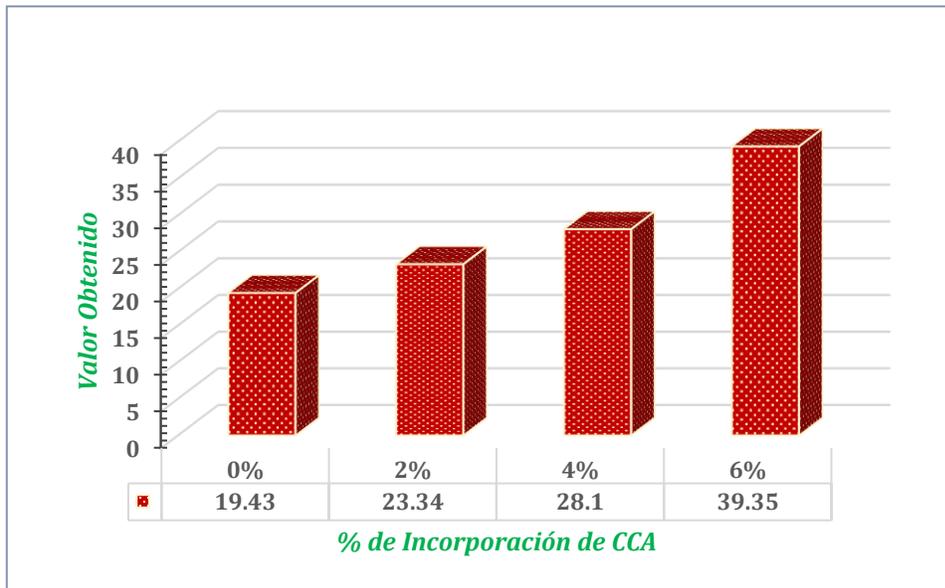


Figura 09: Comparación de los porcentajes de CCA y su límite plástico.

**Interpretación:** De la tabla N° 07, de acuerdo a los resultados de los ensayos de LP se puede determinar que al incorporar cada porcentaje de CCA el límite plástico es mayor.

**Tabla 08.** Índice de Plasticidad

<b>INDECE DE PLASTICIDAD</b>	
<b>0%</b>	<b>3.85</b>
<b>2%</b>	<b>6.03</b>
<b>4%</b>	<b>5.93</b>
<b>6%</b>	<b>5.49</b>

Fuente: Elaboración propia 2021.

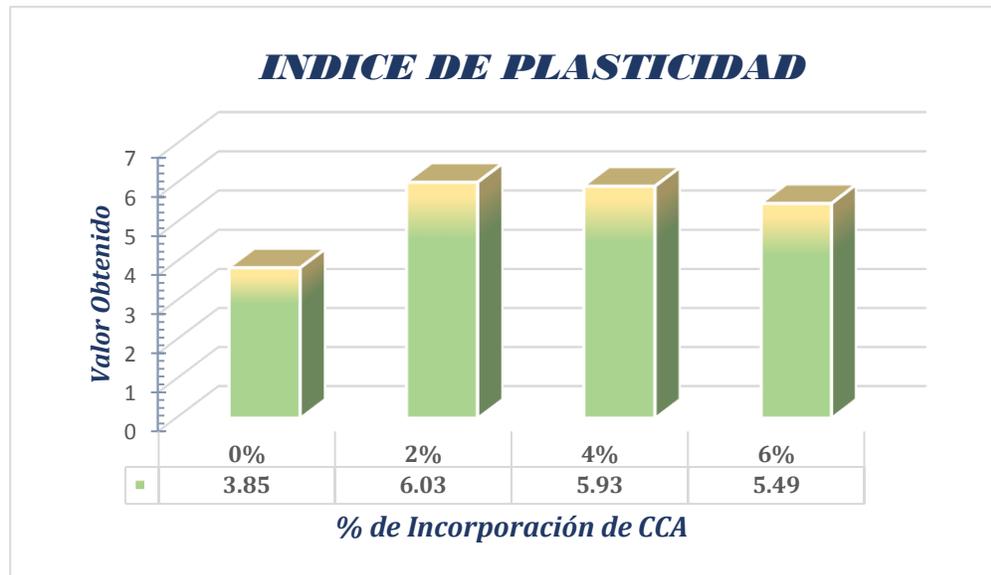


Figura 10: Comparación de los porcentajes de CCA y su índice de plasticidad.

**Interpretación:** De la tabla N° 08, de acuerdo a los resultados de los ensayos del LL y LP se obtiene el IP por ello se puede determinar que al incorporar cada porcentaje de ceniza este tiende a variar.

**4.2. RELACION DENSIDAD/HUMEDAD (PROCTOR) INCORPORANDO el 0%, 2%, 4% y 6% CCA**

**Tabla 09.** Proctor Modificado MTC E-115 / ASTM D-1557.

PROCTOR MODIFICADO				
	0%	2%	4%	6%
<b>MDS</b>	2.12	2.12	2.06	2.06
<b>OCH</b>	8.28	9.42	9.76	10.85

Fuente: Elaboración propia 2021.

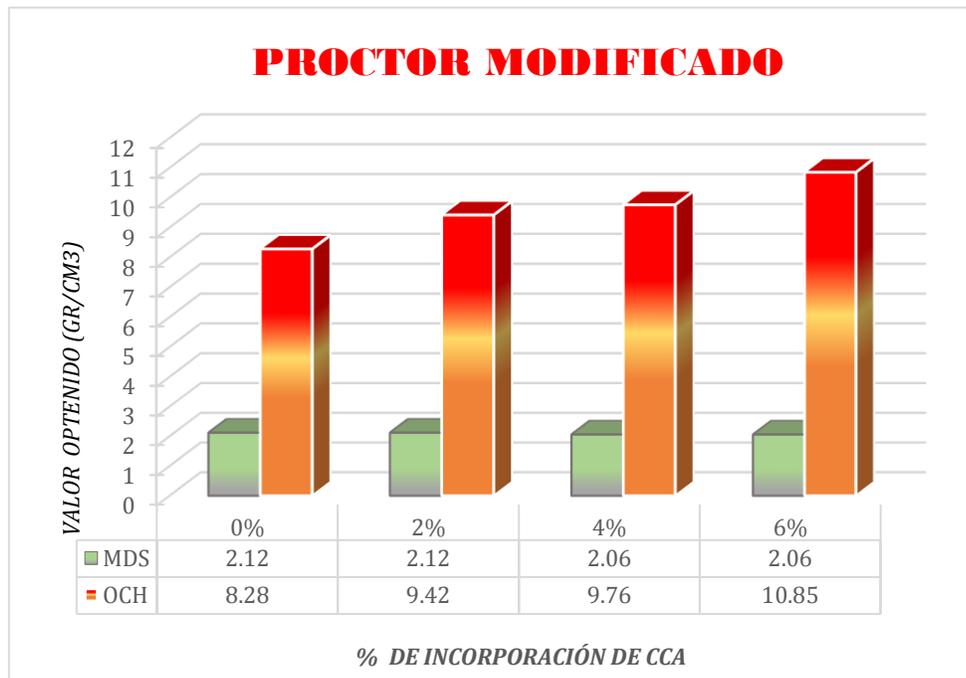


Figura 11: Comparación de los porcentajes de CCA y su MDS Y OCH

**Interpretación:** De la tabla N° 09, de acuerdo a los resultados del ensayo del Proctor nos permitirá obtener su MDS y OCH. Finalmente se puede determinar que al incorporar la ceniza su MDS y OCH tienden a variar respectivamente.

**4.3. RELACION SOPORTE CALIFORNIA - CBR INCORPORANDO el 0%, 2%, 4% y 6% CCA**

**Tabla 10.** CBR MTC E-132 / ASTM D-1883.

CBR - AL 100%				
	0%	2%	4%	6%
100%	63.91	69.16	76.92	52.83

Fuente: Elaboración propia 2021.

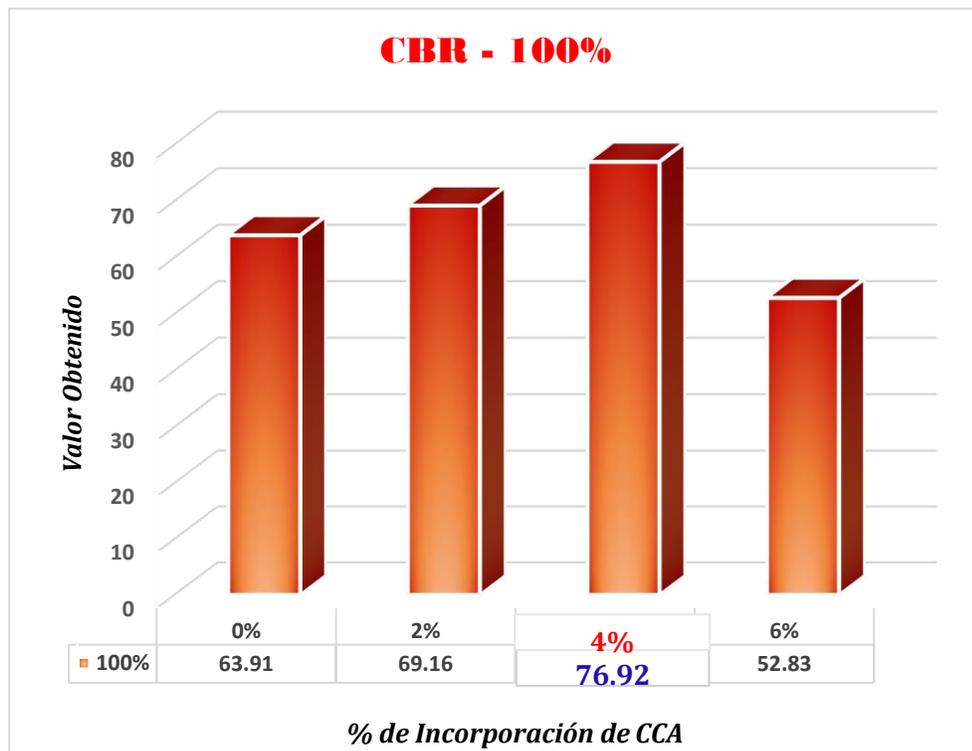


Figura 12: Comparación de los porcentajes de CCA y el CBR Obtenido.

**Interpretación:** De la tabla N° 10, de acuerdo a los resultados de los ensayos de CBR nos permitirá obtener el esfuerzo del suelo. Finalmente se puede determinar que al incorporar cada % de ceniza de CCA el CBR tienen a variar, siendo el porcentaje ideal óptimo de diseño el 4% de CCA lo que nos permite alcanzar un CBR al 100% de 76.92 con una MDS= 2.06 y OCH= 9.76 con una variación del 13.01% de la muestra patrón cuyo valor de CBR al 100% es de 63.91 con una MDS= 2.12 y OCH= 8.28.

**Tabla 11. Comparación de las cuatro pruebas**

Valor	Muestra Patrón (0%)	2% de CCA	4% de CCA	6% de CCA
C.B.R. al 100% de la M.D.S A 0.1"	63.91%	69.16%	76.92%	52.83%
C.B.R. al 95% de la M.D.S A 0.1"	41.30%	44.80%	46.35%	40.08%
C.B.R. al 100% de la M.D.S A 0.2"	70.24%	72.07%	89.21%	68.67%
C.B.R. al 95% de la M.D.S A 0.2"	42.10%	46.80%	50.80%	44.00%

Fuente: Elaboración propia 2021.

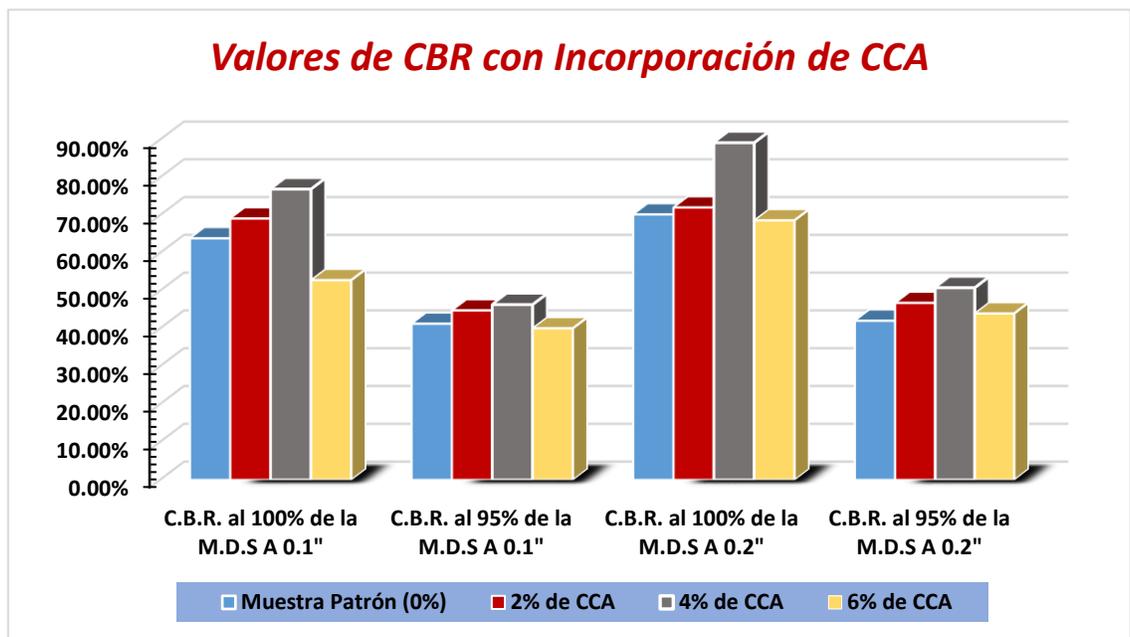


Figura 13: CBR Obtenidos de acuerdo al porcentaje de Ceniza Incorporado.

**Interpretación:** De la tabla N° 11, Se determinó el CBR del suelo natural obteniendo un CBR al 95% de la M.D.S A 0.1 un 41.30% y de la M.D.S A 0.2 un 42.10%. Asimismo, de la M.D.S A 0.1 un 63.91% y de la M.D.S A 0.2 un 70.24%. Igualmente, la resistencia del afirmado en un pavimento urbano, con incorporación de 2%, 4% y 6% de ceniza de cascara de arroz. Se determinó el CBR del suelo con incorporación del 2% de ceniza obteniendo un CBR al

95% de la M.D.S A 0.1 un 44.80% y de la M.D.S A 0.2 un 46.80%. Asimismo un CBR al 100%, de la M.D.S A 0.1 un 69.16% y de la M.D.S A 0.2 un 72.07%. Además, se determinó el CBR del suelo con incorporación del 4% de ceniza obteniendo un CBR al 95% de la M.D.S A 0.1 un 46.35% y de la M.D.S A 0.2 un 50.80%. Asimismo un CBR al 100%, de la M.D.S A 0.1 un 76.92% y de la M.D.S A 0.2 un 89.21%. Asimismo, se determinó el CBR del suelo con incorporación del 6% de ceniza obteniendo un CBR al 95% de la M.D.S A 0.1 un 40.08% y de la M.D.S A 0.2 un 44.00%. Asimismo, un CBR al 100%, de la M.D.S A 0.1 un 52.83% y de la M.D.S A 0.2 un 68.67%.

El ensayo de laboratorio tiene como conclusión que el porcentaje de 4% de ceniza siendo óptimo para el diseño, cuando la densidad seca de CBR fue de 100, la media fue de 76,92%, según un resumen de las pruebas de laboratorio de CBR.

### **Análisis de Costos Unitarios con el Afirmado Natural y la Incorporación de 2%, 4% y 6% CCA.**

Partida	AFIRMADO NATURAL		Costo unitario directo por : m3				56.13
Rendimiento	m3/DIA	MO. 450.0000	EQ. 450.0000				
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.	
<b>Mano de Obra</b>							
0101010003	OPERARIO	hh	2.0000	0.0356	23.44	0.83	
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.0178	18.53	0.33	
0101010005	PEON	hh	2.0000	0.0356	16.76	0.60	
						<b>1.76</b>	
<b>Materiales</b>							
02070400010008	AFIRMADO DE CANTERA	m3		1.0000	50.00	50.00	
0207070001	AGUA PUESTA EN OBRA	m3		0.0828	5.00	0.41	
						<b>50.41</b>	
<b>Equipos</b>							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	1.76	0.05	
03011000060002	RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 7-9 ton	hm	1.0000	0.0178	160.00	2.85	
03012000010001	MOTONIVELADORA 130 - 135 HP	hm	0.0401	0.0007	240.00	0.17	
03012200050001	CAMION CISTERNA (2,500 GLNS.)	hm	0.5000	0.0089	100.00	0.89	
						<b>3.96</b>	

Figura 14: Análisis de costos unitarios por m3 de afirmado sin incorporación de CCA.

Partida	AFIRMADO NATURAL + 2% CCA		Costo unitario directo por : m3				55.49
Rendimiento	m3/DIA	MO. 450.0000	EQ. 450.0000				
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.	
<b>Mano de Obra</b>							
0101010003	OPERARIO	hh	2.0000	0.0356	23.44	0.83	
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.0178	18.53	0.33	
0101010005	PEON	hh	2.0000	0.0356	16.76	0.60	
						<b>1.76</b>	
<b>Materiales</b>							
02070400010008	AFIRMADO DE CANTERA	m3		0.9800	50.00	49.00	
02070400010009	CENIZA DE CASCARA DE ARROZ	m3		0.0200	15.00	0.30	
0207070001	AGUA PUESTA EN OBRA	m3		0.0942	5.00	0.47	
						<b>49.77</b>	
<b>Equipos</b>							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	1.76	0.05	
03011000060002	RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 7-9 ton	hm	1.0000	0.0178	160.00	2.85	
03012000010001	MOTONIVELADORA 130 - 135 HP	hm	0.0401	0.0007	240.00	0.17	
03012200050001	CAMION CISTERNA (2,500 GLNS.)	hm	0.5000	0.0089	100.00	0.89	
						<b>3.96</b>	

Figura 15: Análisis de costos unitarios por m3 de afirmado con incorporación de 2% CCA.

Partida	AFIRMADO NATURAL + 4% CCA		Costo unitario directo por : m3				54.81
Rendimiento	m3/DIA	MO. 450.0000	EQ. 450.0000				
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.	
<b>Mano de Obra</b>							
0101010003	OPERARIO	hh	2.0000	0.0356	23.44	0.83	
0101010004	OFICIAL	hh	1.0000	0.0178	18.53	0.33	
0101010005	PEON	hh	2.0000	0.0356	16.76	0.60	
						<b>1.76</b>	
<b>Materiales</b>							
02070400010008	AFIRMADO DE CANTERA	m3		0.9600	50.00	48.00	
02070400010009	CENIZA DE CASCARA DE ARROZ	m3		0.0400	15.00	0.60	
0207070001	AGUA PUESTA EN OBRA	m3		0.0976	5.00	0.49	
						<b>49.09</b>	
<b>Equipos</b>							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	1.76	0.05	
03011000060002	RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 7-9 ton	hm	1.0000	0.0178	160.00	2.85	
03012000010001	MOTONIVELADORA 130 - 135 HP	hm	0.0401	0.0007	240.00	0.17	
03012200050001	CAMION CISTERNA (2,500 GLNS.)	hm	0.5000	0.0089	100.00	0.89	
						<b>3.96</b>	

Figura 16: Análisis de costos unitarios por m3 de afirmado con incorporación de 4% CCA.

Partida	AFIRMADO NATURAL + 6% CCA				Costo unitario directo por : m3		54.16
Rendimiento	m3/DIA	MO. 450.0000	EQ. 450.0000				
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.
<b>Mano de Obra</b>							
0101010003	OPERARIO		hh	2.0000	0.0356	23.44	0.83
0101010004	OFICIAL		hh	1.0000	0.0178	18.53	0.33
0101010005	PEON		hh	2.0000	0.0356	16.76	0.60
							<b>1.76</b>
<b>Materiales</b>							
02070400010008	AFIRMADO DE CANTERA		m3		0.9400	50.00	47.00
02070400010009	CENIZA DE CASCARA DE ARROZ		m3		0.0600	15.00	0.90
0207070001	AGUA PUESTA EN OBRA		m3		0.1085	5.00	0.54
							<b>48.44</b>
<b>Equipos</b>							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		3.0000	1.76	0.05
03011000060002	RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 7-9 ton		hm	1.0000	0.0178	160.00	2.85
03012000010001	MOTONIVELADORA 130 - 135 HP		hm	0.0401	0.0007	240.00	0.17
03012200050001	CAMION CISTERNA (2,500 GLNS.)		hm	0.5000	0.0089	100.00	0.89
							<b>3.96</b>

Figura 17: Análisis de costos unitarios por m3 de afirmado con incorporación de 6% CCA.

### Prueba de hipótesis de los grupos

**Tabla12.** ANOVA para el incremento del CBR por Ceniza de cascara de arroz

<i>Anotación</i>	<i>Sumatoria de Cuadrados</i>	<i>Gl</i>	<i>Cuadrado Medio</i>	<i>Valor-P</i>
Entre grupos	33.4425	3	11.1475	0.048
Intra grupos	3839.42	8	479.927	
Total (Corr.)	3872.86	11		

Fuente: Elaboración propia 2021.

Dado que el valor P del número F es inferior a 0,05, existe una diferencia estadísticamente significativa entre la fuerza media de las afirmaciones entre este nivel de CCA y el nivel de confianza de 95,00.

## V. DISCUSIONES

El en presente estudio se evaluó el afirmado de cantera del distrito de Jaén provincia de Cajamarca, se apreció un suelo granulado de grava o arena de granulometría media con un importante porcentaje de finos, también se obtuvo la curva granulométrica.

Palma, Cervera & Arenas (2017) en su tesis titulada Caracterización y mejoramiento del material de afirmado para Terraplén de la Cantera Recebera La Esmeralda ubicada en el kilómetro 7 vía Totumo. Obtuvo como resultado que para superar el CBR del material natural, se requiere más del 45% de material triturado, pero por el costo que demanda la trituración es completamente inútil ya que para aumentar el CBR de una mezcla este requiere más material triturado. A comparación de nuestro estudio la CCA tiene un costo mínimo pues se obtiene gratuitamente, pero existe una inversión en el traslado desde el lugar de calcinación de la CCA (hornos artesanales de fabricación de ladrillos), hasta el lugar donde se ejecutará el proyecto, lo que nos generara un beneficio económico rentable.

Carvajal, Rincón & zarate (2018) en su tesis titulada Mejoramiento del material de afirmado de la cantera la Esmeralda mediante la adición de ceniza de cascarilla de arroz y material reciclado de escombro. Tuvo como objetivo mejorar el material de afirmado de la Cantera la Esmeralda ubicada en el kilómetro 7 vía el Totumo en el municipio de Ibagué departamento del Tolima, mediante la adición de ceniza de cascara de arroz y material de reciclado de escombro. Finalmente, concluyó que La muestra tiene una resistencia natural del 11.45%, la cual mejora de manera significativa cuando se le adiciona CCA, pasando a una resistencia de 55.16% al proporcionar un 5% del material en ceniza de cascarilla de arroz, esto demuestra que la ceniza de cascarilla de arroz mejora las propiedades físicomecánicas del material y con un 20% de material reciclado brinda un mejoramiento de la resistencia del suelo pasando de un 11.45% a una resistencia del 119.91%. De acuerdo a nuestra

investigación, el incremento del CBR en el afirmado, con incorporación de 0%, 2%, 4% y 6% de ceniza de cascara de arroz, con incorporación del 0% de ceniza obteniendo un CBR al 100% de 63.91%; con incorporación del 2% de ceniza obteniendo un CBR al 100% de 69.16%; con incorporación del 4% de ceniza obteniendo un CBR al 100% 76.92% y finalmente con incorporación del 6% de ceniza obteniendo un CBR al 100% de 52.83%. A comparación con nuestro estudio la dosificación adecuada, aceptable y recomendable a la población en general de CCA como punto óptimo de diseño es el 4% con en el que se obtiene un incremento del CBR en el afirmado respecto a la muestra patrón de 13.01%; lo que discrepa del porcentaje 5% como ideal segun mencionado en su estudio de investigación Carvajal, Rincón & zarate (2018).

## VI. CONCLUSIONES

Al incorporar ceniza de cascara de arroz, se incrementó sustancialmente el CBR, llegando a obtener un CBR al 100% de 76.92 al incorporar un 4% como dosificación adecuada.

Se determinó de acuerdo a su análisis granulométrico que la muestra patrón y el 2% de CCA tienen una gradación "B" y el 4% y 6% de CCA tienen una gradación "D" cumpliendo con los parámetros establecidos en la normativa, también se determinó según la clasificación SUCS como un suelo GM.

Se determinó el CBR del afirmado natural obteniendo un CBR al 95% de 41.30% y asimismo un CBR al 100% de 63.91%.

Se determinó el incremento del CBR en el afirmado con incorporación del 2% de ceniza obteniendo un CBR al 95% de 44.80% y un CBR al 100% de 69.16%; con incorporación del 4% de ceniza obteniendo un CBR al 95% de 46.35% y un CBR al 100% de 76.92%; con incorporación del 6% de ceniza obteniendo un CBR al 95% de 40.08% y un CBR al 100% de 52.83%.

Esta prueba de laboratorio mostró una cantidad adecuada de ceniza de cáscara de arroz, por lo que de acuerdo con la tabla de resumen de laboratorio con el 4% de CCA se obtuvo un CBR de 76,92% y esta proporción de cenizas se seleccionó como el punto de diseño óptimo.

Existe influencia de la incorporación de ceniza de cascara de arroz en el afirmado. Puesto que el porcentaje del CBR varía en un 20.35%, con respecto a la muestra patrón.

El costo unitario por metro cúbico de afirmado de la muestra patrón es de S/.56.13 y el costo unitario con el porcentaje óptimo de 4% es de S/.54.81, lo que implicaría que al usar la CCA es más rentable puesto que nos permite incrementar el CBR del afirmado y economizar gastos en los proyectos.

## **VII. RECOMENDACIONES**

Se recomienda utilizar la ceniza de cascara de arroz con la dosificación adecuada en diferentes tipos de proyectos ya que esto nos permite incrementar significativamente el CBR del afirmado, por ende tener una mejor duración.

Se recomienda analizar la granulometría del suelo al incorporar ceniza de cascara de arroz u otro tipo de cenizas en un afirmado ya sea para rasante o subrasante, porque de ello depende saber qué tipo suelo se está trabajando.

Indagar primeramente la conducta en su estado natural del afirmado, para luego realizar las comparaciones al agregarlo otro tipo de material en diferentes proporciones que pretenda mejorar su CBR.

Se recomienda generar una interpretación acorde, sobre la incorporación de cada porcentaje de material adicionado como alternativas que permita mejorar el CBR del afirmado.

Se recomienda generar un análisis sobre el porcentaje óptimo de diseño al incorporar cenizas u otros productos desechables como alternativas que permitan incrementar y mejorar el CBR del afirmado.

Se recomienda usar la ceniza de cascara de arroz, ya que se obtienen un porcentaje de incremento favorable en el CBR del afirmado.

Recomendamos a las instituciones públicas y privadas usar las CCA con su porcentaje óptimo al 4%, como nueva alternativa de incrementar el CBR del afirmado en la ejecución de sus proyectos, porque tiene un bajo costo.

## REFERENCIAS

**Aliaga, Juan y Badajos, Daniel. 2018.** *Adición de cenizas de cascarilla de arroz para el diseño de concreto  $f'c$  210kg/cm<sup>2</sup>, Atalaya, Ucayali – 2018.* s.l. : Universidad César Vallejo, 2018.

**Alva, Jorge. 1997.** *Suelos y Cimentaciones.* s.l. : Reglamento Nacional de construcciones, 1997.

**Alvarado, Nelzon. 2013.** *Gestión en la producción de agregados para pavimentos, caso Quinua - San Francisco Tramol.* Lima : Universidad Ricardo Palma, 2013.

**Americatv. 2015.** Arequipa: enorme forado en pista recientemente inaugurada. 17 de febrero de 2015.

**ANBariloche. 2018.** Hubo fallas y vuelven a arreglar la Costanera. *ANBariloche.* 29 de mayo de 2018.

**Arevalo, Andy y López, Luis. 2020.** *Adición de ceniza de la cascarilla de arroz para mejorar las propiedades de resistencia del concreto en la región San Martín.* Tarapoto : Universidad Nacional de San Martín, 2020.

**Barrios, Walter. 2007.** *Guía teórica y práctica del curso de pavimentos y mantenimiento de carreteras.* s.l. : Universidad de San Carlos de Guatemala, 2007.

**Benel, Sally. 2019.** *Influencia de la incorporación de fibra de yute en la resistencia mecánica del material de afirmado de la Cantera Bazán" - Cajamarca 2017.* Cajamarca : Universidad Privada del Norte, 2019.

**Bernal, Cesar. 2010.** *Metodología de la investigación: Administración, economía, humanidades y ciencias sociales.* 3. Colombia : Pearson Educación, 2010.

**Calo, Diego. 2012.** *Diseño y construcción de pavimentos de hormigón.* Argentina : Departamento técnico de pavimentos, 2012.

**Carvajal, Nataly, Rincón, David y Zarate, Geraldine. 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*. s.l. : Univesidad Coopertiva de Colombia, 2018.

**Casados, Irving y Mota, Jesús. 2013.** *Características físicas y mecánicas de agregados para pavimentos: Evaluación y verificación de pavimentos de concreto con cemento Portland*. s.l. : Académica Española, 2013.

**Castiblanco, John. 2015.** *Uso de micropavimento para adecuación de vías municipales*. Bogotá : Universidad Militar Nueva Granada, 2015.

**Castro, Axel. 2017.** *Estabilización de suelos arcillosos con ceniza de cascara de arroz para el mejoramiento de subrasante*. s.l. : Universidad Nacional de Ingeniería, 2017.

**Cataño, J., Guzmán, K. y Perpiñan, M. 2021.** *Efecto de la incorporación de cascarilla de arroz sobre las propiedades mecánicas de concretos y bloques de suelo cemento. Una Revisión bloques de suelo cemento. Una Revisión*. s.l. : Universidad Cooperativa de Colombia, 2021. pág. 2.

**Chafloque, Jasmín y Fernández, Edwin. 2020.** *Aplicación de mezcla de cloruro de calcio con material afirmado para mejorar la estabilización de la base en la carretera 7 de agosto. Pimentel - Chiclayo – Lambayeque, 2020*. s.l. : Universidad César Vallejo, 2020.

**Chávez, Camilo y Guerra, Yohana. 2015.** *Producción, propiedades y usos de los residuos de la combustión del carbón de Termotasajero*. s.l. : Universidad Santo Tomás, 2015.

**Contreras, Karlita y Herrera, Víctor. 2015.** *Mejoramiento del agregado obtenido de escombros de la construcción para bases y sub bases de estructura de pavimento en nuevo Chimbote*. s.l. : Universidad Nacional del Santa, 2015.

**Coria, Carlos, Hernández, Roberto y Garnica, Paul. 2018.** *Teorías para calcular esfuerzos, deformaciones y deflexiones en pavimentos flexibles: un enfoque mecanicista*. Mexico : Secretaría de comunicaciones y transportes, 2018.

**Cubas, Alejandro. 2019.** *Resistencia mecánica de un material para afirmado incorporando caucho en diferentes porcentajes.* Cajamarca : Universidad Privada del Norte, 2019.

**Cubas, Kevin y Falen, José. 2017.** *Evaluación de las cenizas de carbón para la estabilización de suelos mediante activación alcalina y aplicación en carreteras no pavimentadas.* Pimentel : Universidad Señor de Sipán, 2017.

**Decreto Supremo N° 001-2010-Vivienda. 2010.** *Norma Técnica CE.010 Aceras y pavimentos .* s.l. : Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2010.

**Diario Correo. 2016.** Huancayo: La Ciudad de los huecos. 16 de mayo de 2016.

**Díaz, Cesar. 2009.** *Naturaleza del concreto.* Lambayeque, Perú : Universidad Pedro Ruiz Gallo, 2009.

**Díaz, Jony, Escobar, Oscar y Olivo, Eduardo. 2009.** *Aplicación de los geosintéticos en la estructura de los pavimentos y en obras de drenaje para carreteras.* s.l. : Universidad De El Salvador, 2009.

**El Peruano. 2018.** Ordenanza que establece la reposición de las vías sujetas a intervención por la ejecución de obras en el distrito. *El Peruano.* 25 de Enero de 2018.

**—. 2006.** Reglamento Nacional de Gestión de Infraestructura Vial. *El Peruano.* 10 de Febrero de 2006.

**Escobar, Juan, y otros. 2020.** *Estabilización de una subrasante arcillosa de baja plasticidad con cenizas de cáscara de arroz.* s.l. : Pontificia Universidad Católica del Perú, 2020.

**Escobar, Luis y Huincho, Jesús. 2017.** *Diseño de pavimento flexible, bajo influencia de parámetros de diseño debido al deterioro del pavimento en Santa Rosa.* Universidad Nacional de Huancavelica : s.n., 2017.

**Esparza, Danae. 2014.** *El diseño del suelo: el papel del pavimento en la creación de la imagen de la ciudad.* s.l. : Universitat de Barcelona, 2014.

*Especificaciones Generales de Construcción de carreteras - Normas de ensayo de materiales para carreteras 2014. Invias. 2014.* 2014, Invias.

*Especificaciones generales para construcción de carreteras y puentes. Ingenieros Consultores de Centro America, S.A. 2001.* 2001, Ministerio de comunicaciones, infraestructura y vivienda.

*Estudio definitivo del mejoramiento de la carretera Huanuco - Conococha, sector: Huanuco - La Union - Huallanca. Ministerio de Transportes y Comunicaciones. 2016.* 2016, Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

**Fernández, M. 2005.** *Hormigón.* Madrid : Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, 2005.

**Flores, Karen. 2020.** *Estabilización de subrasante utilizando puzolánico de cascarilla de arroz y cal para mejorar la capacidad portante, San Martin-2020.* s.l. : Universidad César Vallejo, 2020.

**Gabriel, Henry. 2020.** *Influencia del látex reciclado molido y las cenizas de cáscara de arroz en la resistencia al esfuerzo cortante, humedad óptima y densidad seca máxima de suelos arcillosos a nivel subrasante Lima - Norte 2020.* s.l. : Universidad Privada del Norte, 2020.

**García, María. 2017.** *Efecto de los agregados en el envejecimiento de la mezcla asfáltica.* s.l. : Pontificia Universidad Javeriana, 2017.

**Garnica, Paul y Gómez, José. 2002.** *Mecánica de materiales para pavimentos.* Barcelona : Universitat de Barcelona, 2002.

**Garzón, Néstor y Lugo, Laura. 2019.** *Análisis geomecánico de un material granular estabilizado con ceniza vegetal y cal; para su uso en las vías terciarias del corregimiento de caño chiquit o de caño chiquito en Paz de Ariporaz de Ariporo, Casanare, Casanare.* s.l. : Universidad de la Salle, 2019.

**Giaccio, G., Torrijos, M. y Zerbino, R. 2017.** *Alkali-silica reaction in plain and fibre concretes in field conditions.* s.l. : Springer, 2017.

**Hernández, Roberto, Fernández, Carlos y Baptista, María. 2014.** *Metodología de la investigación*. 6. México : Mcgraw-Hill/Interamericana Editores, S.A., 2014.

**Kosmatka, Steven, Kerkhoff, B y Panarese, W. 2004.** *Diseño y control de mezclas de concreto*. s.l. : Portland Cement Association, 2004.

*La bicicleta como componente integrado del sistema de transporte urbano.*

**Ministerio de Vivienda y Urbanismo. 2015.** 2015, Ministerio de Vivienda y Urbanismo.

**La Prensa. 2016.** Hay 8 baches por cada kilómetro recorrido en Lima. 05 de agosto de 2016.

**Laguna, Oscar y Chacón, José. 2020.** *Análisis comparativo del comportamiento a la resistencia de un suelo fino con adición de ceniza de cascarilla de arroz y ceniza de cascarilla de café*. s.l. : Universidad piloto de Colombia, 2020.

**Lazo, Guillermo. 2020.** *Propuesta de estabilización del terreno de fundación vial conformada por cenizas volcánicas, con el modelo elástico multicapa de burmister para el proyecto carretera Puquina - Omate*. s.l. : Universidad San Ignacio de Loyola, 2020.

**Lujerio, Lisbeth. 2018.** *Efecto de la adición de un 4% de cemento y 1% de ceniza de bagazo de caña de azúcar en la estabilización de los suelos en la carretera de Cantú-Huaraz*. Huaraz : Universidad San Pedro, 2018.

*Manual de carreteras especificaciones técnicas generales para construcción EG - 2013.* **Ministerio de Transportes y Comunicaciones. 2013.** 2013, Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

*Manual de carreteras: Diseño geométrico (MTC) DG – 2018.* **Ministerio de Transportes y Comunicaciones . 2018.** 2018, Civil Geeks.

*Manual para el proyecto, construcción y gestión de pavimentos bicapa de hormigón.*

**Aguado, Antonio, y otros. 2010.** 2010, Gneralitat de Catalunya.

*Manuales de Carreteras. Ministerio de Transportes y Comunicaciones. 2018.* 2018, Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

**Martinez, Alberto. 2018.** *Estabilización de suelos para atenuar efectos de plasticidad del material de sub rasante de la carretera caceres del Perú - Tara distrito de caceres del Perú- Santa Ancash, Ilización de suelos para atenuar efectos de plasticidad del material de subrasante.* Ancash : Universidad Nacional del Santa, 2018.

**Matos, Darwin y Nuñez, Franck. 2018.** *Evaluación del sistema de gestión de pavimentos de la carretera Central (tramo: la Oroya – Concepción “PE003-S”.* Lima : Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas, 2018.

**Ministerio de Transporte y Comunicaciones. 2014.** *Manual de carreteras: Suelos, geología, geotecnia y pavimentos. Sección suelos y pavimentos.* Lima, Perú : s.n., 2014.

**Ministerio de Transportes y Comunicaciones. 2008.** *Manual de especificaciones técnicas generales para construcción de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito (EG-CBT 2008).* Lima, Perú : s.n., 2008.

**Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. 2009.** *Norma técnica de edificación E.060 concreto armado.* s.l. : Lima, Perú, 2009.

**Montejo, Ramal, Raymundo, José y Chávez, Jhonatan. 2019.** *Materiales alternativos para estabilizar suelos: el uso de ceniza de cáscara de arroz en vías de bajo tránsito de Piura.* s.l. : Tzhoecoen, 2019.

**Municipalidad Provincial de Chiclayo. 2018.** *Remisión del Informe de Control Concurrente.* s.l. : Municipalidad Provincial de Chiclayo, 2018.

**Nilson, Arthur. 2001.** *Diseño de estructuras de concreto.* 12. Colombia : McGraw-Hill, 2001.

**Normas CE. 010 Pavimentos Urbanos. Reglamento Nacional de Edificaciones - RNE. 2010.** 2010, Reglamento Nacional de Edificaciones - RNE.

**Observatori de Bioètica i Dret. 1979.** *El Informe Belmont.* Barcelona, España : Universidad de Barcelona, 1979.

**Orozco, Guillermo y Murillo, Juan. 2011.** *Evaluación del comportamiento de una mezcla densa en caliente modificada con ceniza proveniente de locaciones petroleras.* s.l. : Universidad Pontificia Bolivariana, 2011.

**Orozco, Juan, y otros. 2004.** *Sistema de evaluación de pavimentos.* Mexico : Secretaría de comunicaciones y transportes, 2004.

**Pacheco, Sofia. 2019.** *Aplicación del cloruro de calcio con material afirmado para mejorar la estabilización de la base en carreteras no pavimentadas.* Chiclayo : Universidad César Vallejo, 2019.

**Palma, Miguel, Cervera, Miguel y Arenas, Einar. 2017.** *Caracterización y mejoramiento del material de afirmado para terraplén de la cantera recepera La Esmeralda ubicada en el kilómetro 7 vía Totumo.* s.l. : Universidad Cooperativa de Colombia, 2017.

*Pautas metodológicas para el desarrollo de alternativas de pavimentosm en la formulación y evaluación social de proyectos de inversión pública de carreteras.*

**Ministerio de Economía y Finanzas. 2015.** 2015, Ministerio de Economía y Finanzas.

**Pinedo, Fernando. 2017.** *Estudio de los agregados del río de Cumbaza para la construcción de capas de sub base de pavimentos flexibles en la ciudad de Tarapoto.* s.l. : Universidad Nacional de San Martín, 2017.

**Rabanal, Jaime. 2014.** *Análisis del estado de conservación del pavimento flexible de la vía de evitamiento norte, utilizando el método del índice de condición del pavimento.* Cajamarca : Universidad Privada del Noerte, 2014.

**Ramirez, Israel. 2018.** *Estabilización de suelos de la avenida 2 del caserío de Pueblo Libre Nuevo, adicionando 3% y 5% de la ceniza de schinus molle de horno artesanal, Distrito de Pueblo Libre – Huaylas – Ancash.* Caraz : Universidad San Pedro, 2018.

*Resolución Directal. Ministerio de Transportes y Comunicaciones. 2013.* 2013, Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

*Resolución Directoral. Ministerio de Transportes y Comunicaciones. 2013.* 2013, Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

**Reynoso, William y Zelaya, Nixon. 2014.** *Estudio de los agregados de la cantera de Gangari para la elaboración de la mezcla asfáltica para pavimento flexible en la provincia de Huanta.* Hunacavelica : Universidad Nacional de Hunacavelica, 2014.

**Rincón, Leidi y Cortes, Anggie. 2020.** *Análisis de la resistencia a la compresión inconfiada y CBR de un afirmado estabilizado con ceniza de bagazo de caña de azúcar y cal.* Bogotá : Universidad de la Salle, 2020.

**Rivera, Gerardo. 2009.** *Agregado para mortero y concreto.* Colombia : Universidad del Cauca, 2009.

**Rivera, Jhonathan, Aguirre, Ana y Mejía , Ruby. 2020.** *Estabilización química de suelos - Materiales convencionales y activados alcalinamente.* s.l. : Informador Técnico 84(2), 2020.

**Rivera, Rafael y Medina, Lourdes. 2017.** *Influencia de la incorporación de cuatro niveles (1%, 2%, 3% y 4%) de cloruro de calcio en la resistencia mecánica de un material para afirmado.* Cajamarca : Universidad Privada del Norte, 2017.

**Robles, Julián y Sánchez, Juan. 2015.** *Evaluación de pavimentos rígidos mediante la determinación de correlaciones entre el módulo de rotura a la flexión y la resistencia a la compresión para el centro poblado San Cristóbal de Chupán - Huaráz.* Lima : Universidad Ricardo Palma, 2015.

**Rodríguez, Wilson y Pallares, Myriam. 2005.** *Desarrollo de un modelo de elementos finitos para el diseño racional de pavimentos.* s.l. : Tecnura, 2005. págs. 25-37. Vol. 9.

**Romero, Diego. 2018.** *Evaluación del Material de Afirmado, de las Canteras Pampa La Colina - Guadalupito y San Pedrito - Samanco, Con Fines de Pavimentación - Propuesta de Mejoramiento – Ancash - 2018.* s.l. : Universidad César Vallejo, 2018.

*Rotura y reposición de pavimentos y sardineles. Sedapal. 2017.* 2017, Sedapal.

**Salas, Elmer y Pinedo, Adrián. 2018.** *Ceniza de bagazo de caña de azúcar en la estabilización de sub rasante para pavimentos flexibles en el Asentamiento Humano los Conquistadores Nuevo Chimbote-2018.* s.l. : Universidad César Vallejo, 2018.

**Santa Cruz, Nila. 2001.** *Influencia de la cantidad de agregado mas fino que pasa la malla N° 100 en la resistencia mecánica del concreto de baja y mediana resistencia fabricado con cemento tipo I Andino.* Lima : Universidad Nacional de Ingeniería, 2001.

**Saura, Pedro y Ábalo, José. 2019.** *Las infraestructuras españolas se deterioran por falta de inversión pública.* s.l. : El Pais, 2019.

*Servicios de conservación de calzada en afirmado y pavimnto básico sector: Silvia - Llochegua de mantenimiento rutinario de la carretera pavimentada Silvia - Canayre de la Unidad Zonal XIV Ayacucho - Provias Nacional. Ministerio de Transportes y Comunicaciones. 2019.* 2019, Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

**Suárez, Andrés y Vera, Jonathan. 2017.** *Caracterización físico mecánica y mineralógica de los agregados extraídos del depósito acopios en sopó cundinamarca para su uso en pavimentos.* (Tesis de pregrado, Universidad Santo Tomás, Bogotá-Colombia) : s.n., 2017.

**Universidad Mayor de San Simón. 2004.** *Pavimentos.* s.l. : Universidad Mayor de San Simón, 2004.

**Uribe, Marco. 2016.** *Curso Regional de Geotecna y Pavimientos.* s.l. : Asociación Mexicana de Ingeniería de Vías Terrestres A.C, 2016.

**Valeriano, Wilbert y Catacora, Adhemir. 2017.** *Comnportamiento del diseño de mezcla asfáltica tibia, con adición de zeolita para la pavimentación de la ciudad de Juliaca.* Universidad Nacional del Altiplano : Puno, 2017.

## ANEXOS

### ANEXO 01. Matriz de Consistencia

MATRIZ DE CONSISTENCIA				
“INCORPORACIÓN DE CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ PARA INCREMENTAR EL CBR EN EL AFIRMADO, JAÉN 2021”				
Formulación del problema	Objetivo	Hipótesis	Variables y dimensiones	Marco metodológico
<p><b>Problema.</b></p> <p>¿Cuál es el efecto de la incorporación de ceniza de cascara de arroz para el incremento del CBR en el afirmado, Jaén 2021?</p> <p><b>Problema Específico.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- ¿Cuáles serán los resultados de la Granulometría del Afirmado?</li> <li>- ¿Cuál es el CBR en el afirmado, sin incorporación de ceniza de cascara de arroz?</li> <li>- ¿Cuál es el incremento del CBR en el afirmado, con incorporación de 2%, 4% y 6% de ceniza de cascara de arroz?</li> <li>- ¿Cuál es la dosificación adecuada de ceniza de</li> </ul>	<p><b>Objetivo general.</b></p> <p>Proponer la incorporación de ceniza de cascara de arroz para el incremento del CBR en el afirmado, Jaén 2021.</p> <p><b>Objetivos específicos</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Analizar la Granulometría del Afirmado.</li> <li>- Determinar el CBR en el afirmado, sin incorporación de ceniza de cascara de arroz.</li> <li>- Determinar el incremento del CBR en el afirmado, con incorporación de 2%, 4% y 6% de ceniza de cascara de arroz.</li> <li>- Analizar la dosificación adecuada de ceniza de cascara de arroz en el afirmado.</li> <li>- Determinar el porcentaje de variación al incorporar</li> </ul>	<p><b>Hipótesis General.</b></p> <p>Existe un efecto de la incorporación de ceniza de cascara de arroz para el incremento del CBR en el afirmado, Jaén.</p> <p><b>Hipótesis Específica.</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>- Al analizar la Granulometría del Afirmado tendrá una variación en su clasificación.</li> <li>- Al determinar el CBR en el afirmado, sin incorporación de ceniza de cascara de arroz cumplirá según establecido en la normativa.</li> <li>- Al adicionar ceniza de cascara de arroz a los de 2%, 4% y 6% incrementará el CBR en el afirmado.</li> </ul>	<p><b>Variable Independiente:</b></p> <p>Incorporación de ceniza de cáscaras de arroz.</p> <p><b>Variable dependiente:</b></p> <p>Incremento del CBR en el afirmado.</p>	<p><b>Tipo de investigación:</b></p> <p>Aplicada</p> <p><b>Diseño de investigación:</b></p> <p>Experimental con enfoque cuantitativo.</p> <p><b>Población:</b></p> <p>La investigación tuvo como población la pavimentación a nivel de afirmado en las calles de la ciudad de Jaén.</p> <p><b>Muestra:</b></p> <p>La muestra que se tuvo en cuenta para llevar a cabo la investigación fue la pavimentación a nivel de afirmado de la calle Pedro Cornejo Neira del sector Morro Solar Cuadra 1 y 2.</p> <p><b>Muestreo</b></p> <p>En el presente proyecto de investigación se obtuvo como muestreo la elaboración de los 04 CBR y 04 Proctor modificado 01 con el material natural (0%) y 03 con adición de ceniza de cascara de arroz con los porcentajes de 2%, 4% y 6%.</p>

<p>cáscara de arroz en el afirmado?</p> <p>- ¿Cuáles son los porcentajes de variación al incorporar ceniza de cascara de arroz en el afirmado?</p> <p>- ¿Cuál es el costo unitario por metro cubico del afirmado con incorporación 0%, 2%, 4%, 6% de Ceniza de cáscara de arroz?</p>	<p>ceniza de cascara de arroz en el afirmado.</p> <p>- Determinar el costo unitario de un metro cubico del afirmado con incorporación 0%, 2%, 4%, 6% de Ceniza de cáscara de arroz en el incremento del CBR.</p> <p>-</p>	<p>- Se determinará el porcentaje adecuado de ceniza de cáscara de arroz en el afirmado.</p> <p>- Al adicionar ceniza de cáscara de arroz se obtendrá porcentajes aceptables para mejorar el afirmado.</p> <p>- El costo unitario de un metro cubico del afirmado con incorporación 0%, 2%, 4%, 6% de Ceniza de cáscara de arroz en el incremento del CBR, será beneficioso y rentable en el campo de construcción.</p>		<p><b>Instrumentos</b></p> <p>Para este proyecto de tesis se utilizó como instrumento la hoja de datos, lo que hizo posible ingresar los datos del CBR en el afirmado.</p>
--	---	---	--	--

Fuente: Elaboración propia 2021.

## ANEXO 02

### INFORME DE OPINIÓN SOBRE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

#### I. DATOS GENERALES

Apellidos y nombres del experto: Guevara Bustamante Walter.  
 Institución donde labora : Cesar Vallejo.  
 Especialidad : Mg. En Ingeniería Civil.  
 Instrumento de evaluación : Ensayo Granulométrico, Ensayo de Límites, Ensayo de Proctor Modificado y Ensayo de CBR.  
 Autor (s) del instrumento (s) : Guerrero Estela José Reiner, Vergara Becerra Elvis

#### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

MUY DEFICIENTE (1) DEFICIENTE (2) ACEPTABLE (3) BUENA (4) EXCELENTE (5)

CRITERIOS	INDICADORES	1	2	3	4	5
CLARIDAD	Los ítems están redactados con lenguaje apropiado y libre de ambigüedades acorde con los sujetos muestrales.				X	
OBJETIVIDAD	Las instrucciones y los ítems del instrumento permiten recoger la información objetiva sobre la variable: Incorporación de ceniza de cascara de arroz en todas sus dimensiones en indicadores conceptuales y operacionales.					X
ACTUALIDAD	El instrumento demuestra vigencia acorde con el conocimiento científico, tecnológico, innovación y legal inherente a la variable: Incorporación de ceniza de cascara de arroz.					X
ORGANIZACIÓN	Los ítems del instrumento reflejan organicidad lógica entre la definición operacional y conceptual respecto a la variable, de manera que permiten hacer inferencias en función a las hipótesis, problema y objetivos de la investigación.					X
SUFICIENCIA	Los ítems del instrumento son suficientes en cantidad y calidad acorde con la variable, dimensiones e indicadores.					X
INTENCIONALIDAD	Los ítems del instrumento son coherentes con el tipo de investigación y responden a los objetivos, hipótesis y variable de estudio.					X
CONSISTENCIA	La información que se recoja a través de los ítems del instrumento, permitirá analizar, describir y explicar la realidad, motivo de la investigación.					X
CÓHERENCIA	Los ítems del instrumento expresan relación con los indicadores de cada dimensión de la variable: Incorporación de ceniza de cascara de arroz.					X
METODOLOGÍA	La relación entre la técnica y el instrumento propuestos responden al propósito de la investigación, desarrollo tecnológico e innovación.					X
PERTINENCIA	La redacción de los ítems concuerda con la escala valorativa del instrumento.					X
<b>PUNTAJE TOTAL</b>						

(Nota: Tener en cuenta que el instrumento es válido cuando se tiene un puntaje mínimo de 41; sin embargo, un puntaje menor al anterior se considera al instrumento no válido ni aplicable)

#### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

*EL INSTRUMENTO ES VÁLIDO, PUEDE SER APLICADO.*

PROMEDIO DE VALORACIÓN:

  
**Walter Guevara Bustamante**  
 ING. CIVIL  
 R. CIP. 157674

Moyobamba, 22 de julio de 2021

## ANEXO 03

### INFORME DE OPINIÓN SOBRE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

#### I. DATOS GENERALES

Apellidos y nombres del experto: Tepe Atoche Victor Manuel.  
 Institución donde labora : Cesar Vallejo – Chiclayo PFA  
 Especialidad : Mg. En Docencia Universitaria.  
 Instrumento de evaluación : Ensayo Granulométrico, Ensayo de Límites, Ensayo de Proctor Modificado y Ensayo de CBR.  
 Autor (s) del instrumento (s) : Guerrero Estela José Reiner, Vergara Becerra Elvis

#### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

MUY DEFICIENTE (1) DEFICIENTE (2) ACEPTABLE (3) BUENA (4) EXCELENTE (5)

CRITERIOS	INDICADORES	1	2	3	4	5
CLARIDAD	Los ítems están redactados con lenguaje apropiado y libre de ambigüedades acorde con los sujetos muestrales.				X	
OBJETIVIDAD	Las instrucciones y los ítems del instrumento permiten recoger la información objetiva sobre la variable: Incorporación de ceniza de cascara de arroz en todas sus dimensiones en indicadores conceptuales y operacionales.					X
ACTUALIDAD	El instrumento demuestra vigencia acorde con el conocimiento científico, tecnológico, innovación y legal inherente a la variable: Incorporación de ceniza de cascara de arroz.					X
ORGANIZACIÓN	Los ítems del instrumento reflejan organicidad lógica entre la definición operacional y conceptual respecto a la variable, de manera que permiten hacer inferencias en función a las hipótesis, problema y objetivos de la investigación.					X
SUFICIENCIA	Los ítems del instrumento son suficientes en cantidad y calidad acorde con la variable, dimensiones e indicadores.					X
INTENCIONALIDAD	Los ítems del instrumento son coherentes con el tipo de investigación y responden a los objetivos, hipótesis y variable de estudio.					X
CONSISTENCIA	La información que se recoja a través de los ítems del instrumento, permitirá analizar, describir y explicar la realidad, motivo de la investigación.					X
COHERENCIA	Los ítems del instrumento expresan relación con los indicadores de cada dimensión de la variable: Incorporación de ceniza de cascara de arroz.				X	
METODOLOGÍA	La relación entre la técnica y el instrumento propuestos responden al propósito de la investigación, desarrollo tecnológico e innovación.					X
PERTINENCIA	La redacción de los ítems concuerda con la escala valorativa del instrumento.					X
<b>PUNTAJE TOTAL</b>						<b>48</b>

(Nota: Tener en cuenta que el instrumento es válido cuando se tiene un puntaje mínimo de 41; sin embargo, un puntaje menor al anterior se considera al instrumento no válido ni aplicable)

#### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

EL INSTRUMENTO ES VÁLIDO, PUEDE SER APLICADO

PROMEDIO DE VALORACIÓN: 48

Moyobamba, 22 de julio de 2021

  
 Victor Manuel Tepe Atoche  
 INGENIERO CIVIL  
 CIP. 84752

## ANEXO 04

### INFORME DE OPINIÓN SOBRE INSTRUMENTO DE INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA

#### I. DATOS GENERALES

Apellidos y nombres del experto: Samillán Farro Ramón de Jesús  
 Institución donde labora : Gerente "VALENCIE SAC".  
 Especialidad : Mg. En Ingeniería Civil con Mención en Estructuras.  
 Instrumento de evaluación : Ensayo Granulométrico, Ensayo de Límites, Ensayo de Proctor Modificado y Ensayo de CBR.  
 Autor (s) del instrumento (s) : Guerrero Estela José Reiner, Vergara Becerra Elvis

#### II. ASPECTOS DE VALIDACIÓN

MUY DEFICIENTE (1) DEFICIENTE (2) ACEPTABLE (3) BUENA (4) EXCELENTE (5)

CRITERIOS	INDICADORES	1	2	3	4	5
CLARIDAD	Los ítems están redactados con lenguaje apropiado y libre de ambigüedades acorde con los sujetos muestrales.				X	
OBJETIVIDAD	Las instrucciones y los ítems del instrumento permiten recoger la información objetiva sobre la variable: Incorporación de ceniza de cascara de arroz en todas sus dimensiones en indicadores conceptuales y operacionales.				X	
ACTUALIDAD	El instrumento demuestra vigencia acorde con el conocimiento científico, tecnológico, innovación y legal inherente a la variable: Incorporación de ceniza de cascara de arroz.					X
ORGANIZACIÓN	Los ítems del instrumento reflejan organicidad lógica entre la definición operacional y conceptual respecto a la variable, de manera que permiten hacer inferencias en función a las hipótesis, problemas y objetivos de la investigación.					X
SUFICIENCIA	Los ítems del instrumento son suficientes en cantidad y calidad acorde con la variable, dimensiones e indicadores.					X
INTENCIONALIDAD	Los ítems del instrumento son coherentes con el tipo de investigación y responden a los objetivos, hipótesis y variable de estudio.					X
CONSISTENCIA	La información que se recoja a través de los ítems del instrumento, permitirá analizar, describir y explicar la realidad, motivo de la investigación.					X
COHERENCIA	Los ítems del instrumento expresan relación con los indicadores de cada dimensión de la variable: Incorporación de ceniza de cascara de arroz.					X
METODOLOGÍA	La relación entre la técnica y el instrumento propuestos responden al propósito de la investigación, desarrollo tecnológico e innovación.				X	
PERTINENCIA	La redacción de los ítems concuerda con la escala valorativa del instrumento.					X
<b>PUNTAJE TOTAL</b>					47	

(Nota: Tener en cuenta que el instrumento es válido cuando se tiene un puntaje mínimo de 41; sin embargo, un puntaje menor al anterior se considera al instrumento no válido ni aplicable)

#### III. OPINIÓN DE APLICABILIDAD

EL INSTRUMENTO ES VÁLIDO, PUEDE SER APLICADO

PROMEDIO DE VALORACIÓN:

47

*Samillán*  
 Ramón De Jesús Samillán Farro

INGENIERO CIVIL  
 CIP. 74056

Moyobamba, 22 Julio del 2021

## ANEXO 05. INFORME DE LABORATORIO DE SUELOS

### INFORME DE LABORATORIO DE SUELOS



**TESIS**

:

**"INCORPORACIÓN DE CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ PARA  
INCREMENTAR EL CBR EN EL AFIRMADO, JAÉN 2021".**

**SOLICITANTE :**

**GUERRERO ESTELA, JOSE REINER.**

**VERGARA BECERRA, ELVIS.**

**UBICACIÓN :**

**DISTRITO DE JAÉN, PROVINCIA DE JAÉN, DEPARTAMENTO DE  
CAJAMARCA.**

## 1. GENERALIDADES

### 1.1. INTRODUCCIÓN.

Los alumnos José Reiner Guerrero Estela y Elvis Vergara Becerra, en la búsqueda de saber el CBR y el Proctor Modificado a la incorporación de ceniza de cascara de arroz para incrementar el CBR en el afirmado, Jaén 2021. Para ejecutar sus trabajos.

Ante lo manifestado, los alumnos garantizando, en términos de seguridad principalmente ha solicitado al laboratorio MAGMA SERVICIOS GENERALES DE INGENIERIA S.A.C. la realización del presente estudio de ingeniería, el cual es de carácter definitivo.

El presente estudio de mecánica de suelos tiene por finalidad investigar las condiciones geométricas del suelo, del terreno de la capa de rodadura ubicado en la calle Pedro Comejo Neira del sector Morro Solar Cuadra 1 y 2.

### 1.2. OBJETIVOS

El presente estudio de mecánica de suelos tiene los siguientes objetivos:

- Determinar el incremento del CBR en el afirmado incorporando ceniza de cascara de arroz al 0%, 2%, 4% y 6%.
- Medir la resistencia (CBR) al esfuerzo cortante del afirmado para poder evaluar la calidad del material al emplearlo como capa de rodadura.
- Establecer el contenido de humedad óptima y su máxima densidad seca del afirmado (Proctor Modificado).
- Determinar la influencia de la incorporación de ceniza de cascara de arroz en el afirmado.

### 1.3. METODOLOGÍA

Con el propósito de cumplir con los objetivos hasta el nivel requerido, se desarrolló las siguientes actividades.

- Visita de campo, se efectuó un recorrido de la cuadra 1 y 2 de la calle Pedro Comejo Neira, donde se ubica la investigación, observándose la mayor cantidad posible de parámetros geométricos, que pudieran afectar la investigación a proyectar.



- Trabajos de campo y laboratorio, con el propósito de conocer la influencia de la ceniza de cascara de arroz en el afirmado.
- Se extrajeron muestras representativas del afirmado de cantera para llevar al laboratorio.
- Ceniza de cascara de arroz, se extrajeron muestras representativas de los hornos de las ladrilleras artesanales para llevar al laboratorio.
- Análisis e interpretación de la información procesada.
- Elaboración de las recomendaciones correspondientes.

#### 1.4. TIPO DE ESTUDIO

El presente estudio es de tipo de "investigación" y las recomendaciones dadas son suficientes para la planeación de la parte constructiva de la investigación.

Además, las recomendaciones vertidas en este estudio son solo para los fines de la presente investigación; para otras estructuras tomara el presente informe con carácter de antecedentes o referencia.

#### 1.5. NORMATIVIDAD

En el presente estudio, está regido conforme a la actual normativa técnica CE 0.10 Pavimento Urbano y E.050 – suelos y cimentaciones.

#### 1.6. PARTICIPANTES

En el presente estudio elaborado por los tesisistas, han participado el ingeniero Luis G. Meléndez Tuesta y el técnico operador de laboratorio Juanito H. Soberón Herrera, en calidad de instructores.

#### 1.7. UBICACIÓN DEL ESTUDIO

El proyecto se ubica en el distrito de Jaén provincia de Jaén departamento de Cajamarca entre las coordenadas E = 742986.76 N = 9368003.35 y cota 729 m.s.n.m.

- o Dirección : Calle Pedro Cornejo Neira cuadra 01 y 02
- o Distrito : Jaén
- o Provincia : Jaén
- o Departamento : Cajamarca





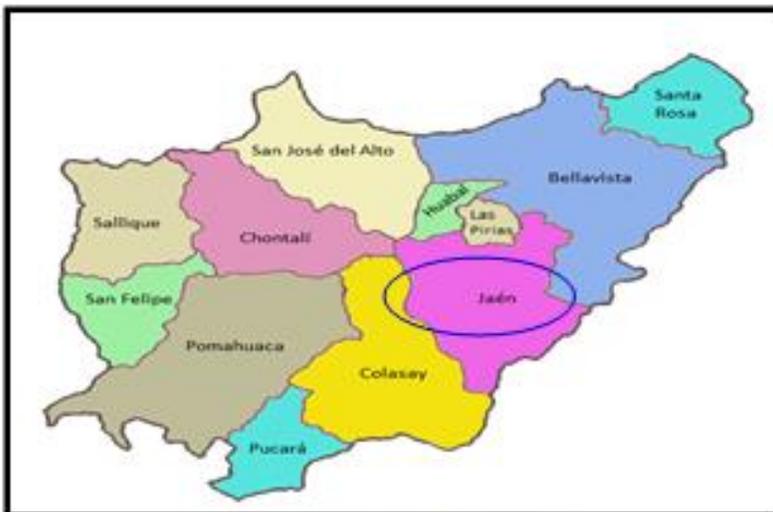
FOTOGRAFÍA 01: Mapa político del Perú



FOTOGRAFÍA 02: Mapa del departamento de Cajamarca

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO  
MAGMA SERVICIOS GENERALES DE INGENIERIA S.A.S.C.  
ING. G. MELANDEZ  
ING. G. MELANDEZ

MAGMA SERVICIOS GENERALES DE INGENIERIA S.A.S.C.  
ING. G. MELANDEZ  
ING. G. MELANDEZ



FOTOGRAFÍA 03: Mapa de la provincia de Jaén



FOTOGRAFÍA 04: Vista Aérea del distrito de Jaén

JUAN LUIS LABORATORIO  
DE MECÁNICA DE SUELOS  
*Juan Luis*  
CALLE SUCRETA N° 1008  
JAÉN - PERÚ

MAGMA SERVICIOS GENERALES  
DE INGENIERÍA S.A.S.  
NG. 00116. MELANDEZ PÉREZ  
GENÉTICO



FOTOGRAFÍA 05: Ubicación de la calle en estudio

## 1.8. CLIMATOLOGÍA E HIDROLOGÍA

La mayor cantidad de datos respecto a este punto se tiene, deriva de los datos recogidos en las estaciones meteorológicas del SENAMHI (Jaén, centro poblado La Cascarilla)

### a. Clima

En Jaén, los veranos son largos, muy calientes y nublados y los inviernos son cortos, cómodos, secos y mayormente despejados. Durante el transcurso del año.

### b. Precipitación

Las mayores precipitaciones se encuentran entre los meses de setiembre hasta mayo precipitación promedio es de 56 milímetro. La probabilidad de días mojados en Jaén varía considerablemente durante el año. (Datos SENAMHI).

### c. Temperatura

La temperatura generalmente varía de 17 °C a 32 °C y rara vez baja a menos de 15 °C o sube a más de 35 °C.



#### d. Vientos

La velocidad promedio del viento por hora en Jaén tiene variaciones estacionales considerables en el transcurso del año. La parte más ventosa del año dura 3.8 meses, del 4 de junio al 29 de setiembre, con velocidades promedio del viento de más de 10.9 kilómetros por hora. El día más ventoso del año es el 1 de agosto, con una velocidad promedio del viento de 13.5 kilómetros por hora.

El tiempo más calmado del año dura 8.2 meses, del 29 de setiembre al 4 de junio. El día más calmado del año es el 3 de diciembre, con una velocidad promedio del viento de 8.3 kilómetros por hora.

## 2. MATERIALES

### ✦ Afirmado.

Consiste en una capa compactada de material granular o procesada, con gradación específica que soporta directamente las cargas y esfuerzos del tránsito. La cual debe conservar cantidades apropiada de material fino cohesivo que admitan mantener aglutinadas las partículas.

### ✦ Cenizas de cascara de arroz.

Es el residuo de la calcinación de la cáscara de arroz.

## 3. ENSAYOS DEL LABORATORIO

De las muestras obtenidas se efectuaron los análisis siguientes

Análisis granulométrico por tamizado - MTC E-107/ASTM D-422/ NTP

Límites de consistencia - MTC E-110, 111/NTP 339.129/ ASTM D-4318

Relación soporte California - CBR MTC E-132/ASTM D-1883

Proctor Modificado - MTC E-115/ASTM D-1577, D 698/AASHTO T-180.



LABORATORIO  
DE MECÁNICA DE SUELOS  
ING. H. SOTOCA HERRERA  
LICENCIADO EN INGENIERÍA



MAGMA SERVICIOS GENERALES  
DE INGENIERÍA S.A.C.  
ING. G. BALBUENA  
INGENIERO EN INGENIERÍA  
GERENTE TÉCNICO

## **ENSAYOS DE MECANICA DE SUELOS**

**PROYECTO: INCORPORACIÓN DE CENIZA DE CASCARA DE ARROZ  
PARA INCREMENTAR EL CBR EN EL AFIRMADO, JAÉN 2021  
JAÉN - JAÉN - CAJAMARCA**

**SOLICITA:**

- ❖ **JOSÉ REINER GUERRERO ESTELA**
- ❖ **ELVIS VERGARA BECERRA**

**ELABORADO POR:**



**JAEN MAYO DEL 2021**

# Material Natural + 0% de CCA



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS							
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO							
(MTC E-107 / ASTM D-422 / NTP 339.128)							
<b>PROYECTO</b> : INCORPORACIÓN DE CENIZA DE CASCARA DE ARROZ PARA INCREMENTAR EL CBR EN EL AFIRMADO, JAÉN 2021							
<b>SOLICITA</b> : JOSÉ REINER GUERRERO ESTELA							
<b>UBICACIÓN</b> : ELVIS VERGARA BECERRA							
<b>MATERIAL</b> : DISTRITO JAÉN - PROVINCIA JAÉN - DEPARTAMENTO CAJAMARCA							
<b>PK / MUESTRA</b> : AFIRMADO CON MATERIAL NATURAL							
<b>TCO. RESPONSABLE:</b> J. Soberón H.							
<b>ING. RESPONSABLE:</b> L. Meléndez T.							
<b>FECHA MUESTREO:</b> 13/05/2021							
<b>FECHA EJECUCIÓN:</b> 15/05/2021							
DATOS DE LA MUESTRA							
Tamiz ASTM	Abertura (mm.)	Peso Retenido	Porcentaje de Retenido		Porcentaje que Pasa	Espec. Técnica	Descripción de la Muestra
			Parcial	Acumulado			
4"	101.600						Terreno Natural
3 1/2"	88.900						Material para Afirmado - Gradación B - "A-2"
3"	76.200						CARACTERÍSTICAS
2 1/2"	63.500						% Grava = 46.2 %
2"	50.800				100.0	100	% Arena = 38.3 %
1 1/2"	38.100	305.0	4.1	4.1	95.9		% Fino N°200 = 15.5 %
1"	25.400	523.0	7.10	11.2	88.80	75	95
3/4"	19.050	466.0	6.33	17.5	82.47		CLASIFICACION
1/2"	12.700	632.0	8.55	26.11	73.89		Límite Líquido : 23.28
3/8"	9.525	403.0	5.47	31.56	68.42	45	Límite Plástico : 19.43
1/4"	6.350	616.0	8.36	39.94	60.06		Índice de Plasticidad : 3.85
No. 4	4.750	461.0	6.26	46.20	53.80	30	60
No. 8	2.360	89.16	9.59	55.8	44.21		CLASIFICACION AASHT : A-1-b (0)
No. 10	2.000	20.30	2.16	58.0	42.03	20	45
No. 16	1.190	53.96	5.61	63.8	36.22		CLASIFICACION SUCS : GM
No. 20	0.834	33.90	3.65	67.4	32.57		Gravas limosas, mezcla grava-arena-limo
No. 30	0.600	29.12	3.13	70.6	29.44		
No. 40	0.420	30.16	3.25	73.8	26.19	15	30
No. 50	0.300	34.65	3.73	77.5	22.46		
No. 60	0.250	32.56	3.50	81.0	18.96		
No. 80	0.177	9.16	0.99	82.0	17.97		
No. 100	0.149	22.74	2.45	84.5	15.52	5	15
No. 200	0.075	144.25	15.52	100.0			
-200							

El gráfico muestra una curva granulométrica que comienza en 0% para aberturas de 0.075 mm y 0.15 mm, y alcanza el 100% de material que pasa a través de una abertura de 2.0 mm. La curva se encuentra dentro del huso de gradación B especificado en la norma ASTM D-422.

**OBSERVACIONES:** La curva obtenida encaja en el huso de la gradación "B", con la franja granulométrica A-2.  
(Fuente EET Para Construcciones Manual de Carreteras MTC), por lo tanto el material ensayado **SICUMPLE** como material para afirmado.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
MAGMA S.A.C.  
ING. JOSÉ REINER GUERRERO ESTELA  
ING. ELVIS VERGARA BECERRA

MAGMA SERVICIOS GENERALES DE INGENIERIA S.A.C.  
ING. LUIS G. MELÉNDEZ TRESTA  
GERENTE TÉCNICO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS	
LÍMITES DE CONSISTENCIA (MTC E-110, 111 / NTP 339.129 / ASTM D-4318)	
PROYECTO	: INCORPORACIÓN DE CENIZA DE CASCARA DE ARROZ PARA INCREMENTAR EL CBR EN EL AFIRMADO, JAÉN 2021
SOLICITA	: JOSÉ REINER GUERRERO ESTELA
	: ELVIS VERGARA BECERRA TCO. RESPONSABLE: J. Soberón H.
UBICACIÓN	: DISTRITO JAEN - PROVINCIA JAEN - DEPARTAMENTO CAJAMARCA ING. RESPONSABLE: L. Meléndez T.
MATERIAL	: AFIRMADO CON MATERIAL NATURAL FECHA MUESTREO: 13-05-2021
PK / MUESTRA	: C-01 M-01 FECHA EJECUCIÓN: 15-05-2021

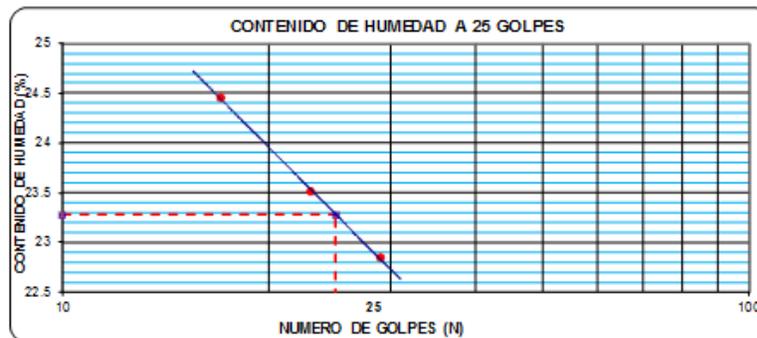
**DATOS DE LA MUESTRA**

**DE TERMINACION DE LIMITE LIQUIDO**

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	MUESTRAS		
Nº CAPSULA	ID	4	71	72
TARA + SUELO HUMEDO	(g)	33.63	30.60	30.56
TARA + SUELO SECO	(g)	28.30	26.01	26.64
PESO DE AGUA	(g)	5.33	4.59	3.92
TARA	(g)	6.50	6.49	9.48
PESO DEL SUELO SECO	(g)	21.80	19.52	17.16
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	24.45	23.51	22.84
NUMERO DE GOLPES		17	23	29

**DETERMINACION DE LIMITE PLASTICO**

DESCRIPCIÓN	UNIDAD	MUESTRAS		
Nº TARRO	ID	16		
TARA + SUELO HUMEDO	(g)	13.35		
TARA + SUELO SECO	(g)	12.19		
TARA	(g)	6.22		
PESO DEL AGUA	(g)	1.18		
PESO DEL SUELO SECO	(g)	5.97		
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	19.43		



**CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA**

LIMITE LIQUIDO (%)	23.28
LIMITE PLASTICO (%)	19.43
INDICE DE PLASTICIDAD (%)	3.85

OBSERVACIONES:



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS								
RELACION DENSIDAD/HUMEDAD (PROCTOR)								
(MTC E-115, E 116 / ASTM D-1557, D 698 / AASHTO T-180)								
PROYECTO	: INCORPORACIÓN DE CENIZA DE CASCARA DE ARROZ PARA INCREMENTAR EL CBR EN EL AFIRMADO, JAÉN 2021							
SOLICITA	: JOSÉ REINER GUERRERO ESTELA			TCO. RESPONSABLE: J. Soberón H.				
	: ELVIS VERGARA BECERRA			ING. RESPONSABLE: L. Meléndez T.				
UBICACIÓN	: DISTRITO JAEN - PROVINCIA JAEN - DEPARTAMENTO CAJAMARCA			FECHA MUESTREO: 13/05/2021				
MATERIAL	: AFIRMADO CON MATERIAL NATURAL			FECHA EJECUCIÓN: 15/05/2021				
PK / MUESTRA	: C-01 M - 01							
DATOS DE LA MUESTRA								
Muestra N° 1	Diametro Molde	6"	Volumen Molde	2060	m3	N° de capas	5	
	Método	C	Peso Molde	6994	gr.	N° de golpes	56Glp.	
ENSAYOS N°		1	2	3	4			
Peso Suelo + Molde	gr.	11,382	11,538	11,712	11,684			
Peso Suelo Humedo Compactado	gr.	4,388	4,544	4,718	4,690			
Peso Volumetrico Humedo	gr.	2,130	2,206	2,250	2,277			
Recipiente Numero		12	13	14	15			
Peso Suelo Humedo + Tara	gr.	116,18	118,38	119,39	117,82			
Peso Suelo Seco + Tara	gr.	112,32	112,65	111,85	108,62			
Tara	gr.	15,93	18,10	19,16	18,10			
Peso del agua	gr.	3,88	5,73	7,54	9,20			
Peso del Suelo Seco	gr.	96,39	94,55	92,69	90,52			
Contenido de agua	%	4,00	6,06	8,13	10,16			
Densidad Seca del Suelo	gr/cc	2,048	2,080	2,118	2,067			
RESULTADOS								
Densidad Máxima Seca		2,118	(gr/cm3)	Humedad óptima				8,28
RELACION HUMEDAD - DENSIDAD SECA								

LABORATORIO  
DE MECÁNICA DE SUELOS  
JOSÉ REINER GUERRERO ESTELA  
INGENIERO EN GEOTECNIA

MAGMA SERVICIOS GENERALES  
DE INGENIERIA S.A.C.  
ING. LUIS G. MELÉNDEZ TRESTI  
GERENTE TÉCNICO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS														
RELACION SOPORTE CALIFORNIA - CBR														
(MTC E-132 / ASTM D-1883)														
PROYECTO	: INCORPORACIÓN DE CENIZA DE CASCARA DE ARROZ PARA INCREMENTAR EL CBR EN EL AFIRMIADO, JAEN 2021													
SOLICITA	: JOSÉ REINER GUERRERO ESTELA													
	: ELVIS VERGARA BECERRA													
UBICACIÓN	: DISTRITO JAEN - PROVINCIA JAEN - DEPARTAMENTO CAJAMARCA						T.C.O. RESPONSABLE: J. Soberón H.							
MATERIAL	: AFIRMIADO CON MATERIAL NATURAL						ING. RESPONSABLE: L. Meléndez T.							
PK / MUESTRA	: C-01 M-01						FECHA MUESTREO: 13/05/2021							
							FECHA EJECUCIÓN: 15/05/2021							
DATOS DE LA MUESTRA														
CALCULO DEL CBR														
Molde N°	11				12				13					
Capas N°	5				5				5					
Golpes por capa N°	56				25				12					
Condición de la muestra	NO SATURADO		SATURADO		NO SATURADO		SATURADO		NO SATURADO		SATURADO			
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	9702.0		9768.0		9678.0		9766.0		9452.0		9577.0			
Peso de molde (g)	4880.00		4880.00		4883.00		4983.00		4964.00		4964.00			
Peso del suelo húmedo (g)	4822.00		4888.00		4695.00		4783.00		4488.00		4613.00			
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2104.90		2104.90		2104.94		2104.94		2086.78		2086.78			
Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	2.291		2.322		2.230		2.272		2.151		2.211			
Tara (N°)	8		11		5		13		7		16			
Peso suelo húmedo + tara (g)	116.84		123.48		117.96		115.20		121.47		115.46			
Peso suelo seco + tara (g)	109.25		113.73		110.28		104.32		113.42		103.48			
Tara (g)	18.54		19.36		18.83		18.10		18.64		18.64			
Peso de agua (g)	7.55		9.75		7.68		10.88		8.05		11.98			
Peso de suelo seco (g)	90.75		94.37		91.45		86.22		94.78		84.84			
Contenido de humedad (%)	8.32		10.33		8.40		12.52		8.49		14.12			
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	2.115		2.105		2.058		2.018		1.982		1.937			
EXPANSION														
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION				
				mm	%		mm	%		mm	%			
15/05/21	15:30	0	5.32	0.000	0.000	7.58	0.000	0.000	15.13	0.000	0.000			
16/05/21	15:30	24	5.74	0.420	0.361	8.05	0.470	0.404	15.68	0.550	0.473			
17/05/21	15:30	48	5.86	0.540	0.464	8.25	0.670	0.576	15.80	0.670	0.576			
18/05/21	15:30	72	5.93	0.610	0.525	8.30	0.720	0.619	15.90	0.770	0.662			
19/05/21	15:30	96	5.93	0.610	0.525	8.33	0.750	0.645	15.93	0.800	0.688			
PENETRACION														
PENETRACION	CARGA		MOLDE N°		M-11		MOLDE N°		M-12		MOLDE N°		M-13	
	STAND.	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	
mm	pulg.	Kg/cm <sup>2</sup>	Dial (kgf)	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	%	Dial (kgf)	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	%	Dial (kgf)	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	%
0.000	0.000		0	0			0	0			0	0		
0.635	0.025		124.4	6.3			99.9	5.1			78.5	4.0		
1.270	0.050		393.6	20.1			322.2	16.4			157.0	8.0		
1.905	0.075		622.0	31.7			513.9	26.2			323.3	16.5		
2.540	0.100	70.31	882.1	44.9	-	63.9	727.1	37.0	-	52.7	460.9	23.5	-	33.4
3.810	0.150		1217.5	62.0			973.8	49.6			575.1	29.3		
5.080	0.200	105.46	1454.1	74.1	-	70.2	1160.4	59.1	-	56.1	683.2	34.8	-	33.0
6.350	0.250		1826.5	82.9			1370.5	69.8			818.8	41.7		
7.620	0.300		1838.6	93.7			1592.8	81.1			935.1	47.6		
10.160	0.400		2075.1	105.7			1721.3	87.7			1050.3	53.5		
12.700	0.500		2257.7	115.0			1786.5	91.0			1155.3	58.9		
<b>OBSERVACIONES:</b>														

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
MAGMA SERVICIOS GENERALES DE INGENIERIA S.A.C.  
ING. JOSÉ REINER GUERRERO ESTELA

MAGMA SERVICIOS GENERALES DE INGENIERIA S.A.C.  
ING. LUIS G. MELÉNDEZ TRISTE  
GERENTE TÉCNICO

**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS**

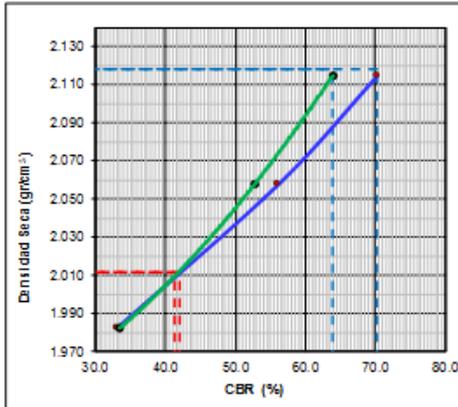
**RELACION SOPORTE CALIFORNIA - CBR  
(MTC E-132 / ASTM D-1883)**

PROYECTO : INCORPORACIÓN DE CENIZA DE CASCARA DE ARROZ PARA INCREMENTAR EL CBR EN EL AFIRMADO, JAÉN 2021  
 SOLICITA : JOSÉ REINER GUERRERO ESTELA  
 : ELVIS VERGARA BECERRA  
 UBICACIÓN : DISTRITO JAÉN - PROVINCIA JAÉN - DEPARTAMENTO CAJAMARCA  
 MATERIAL : AFIRMADO CON MATERIAL NATURAL  
 PK / MUESTRA : C-01M-01

TCO. RESPONSABLE: J. Soberón H.  
 ING. RESPONSABLE: L. Meléndez T.  
 FECHA MUESTREO: 13/05/2021  
 FECHA EJECUCIÓN: 18/05/2021

**DATOS DE LA MUESTRA**

**REPRESENTACION GRAFICA DEL CBR**



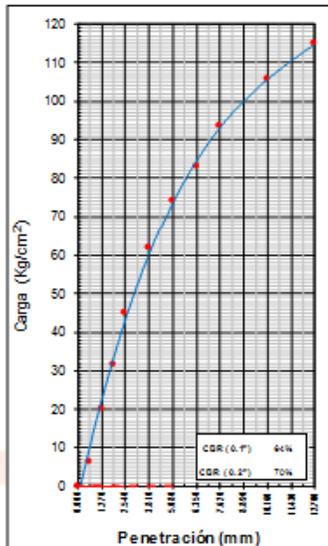
METODO DE COMPACTACION	: AASHTO T-180
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm <sup>3</sup> )	: 2.118
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	: 8.28
95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm <sup>3</sup> )	: 2.012

**RESULTADOS:**

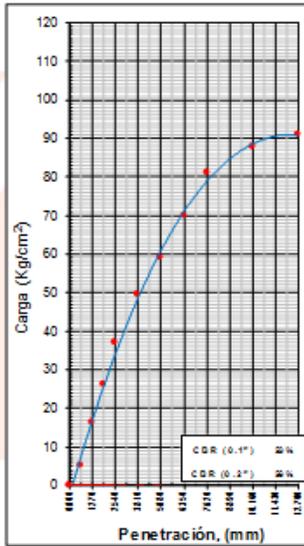
Valor de C.B.R. a 100% de la M.D.S. a 0.1"	= 63.91 %
Valor de C.B.R. a 95% de la M.D.S. a 0.1"	= 41.30 %
Valor de C.B.R. a 100% de la M.D.S. a 0.2"	= 70.24 %
Valor de C.B.R. a 95% de la M.D.S. a 0.2"	= 42.10 %

**OBSERVACIONES:**

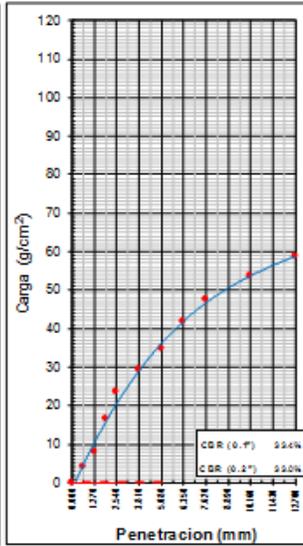
EC = 56 GOLPES



EC = 25 GOLPES



EC = 12 GOLPES



**OBSERVACIONES:** *El valor de CBR obtenido para el CBR a 0.1\"/>*

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
 JUANITO H. SOBERÓN HERRERA  
 TÉCNICO LABORATORISTA

MAGMA SERVICIOS GENERALES DE INGENIERIA S.A.C.  
 ING. LUIS G. MELENDEZ TUESTA  
 GERENTE TÉCNICO

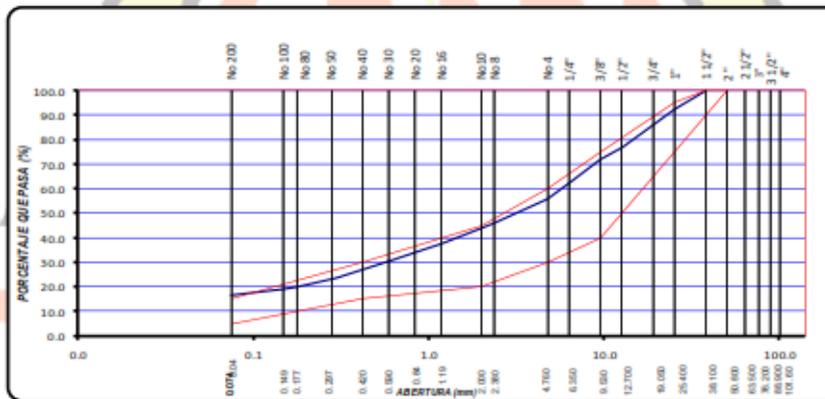
# Material Natural + 2% de CCA



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS	
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (MTC E-107 / ASTM D-422 / NTP 339.128)	
PROYECTO	: INCORPORACIÓN DE CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ PARA INCREMENTAR EL CBR EN EL AFIRMADO, JAÉN 2021
SOLICITA	: JOSÉ REINER GUERRERO ESTELA
UBICACIÓN	: JAÉN - JAÉN - CAJAMARCA
MATERIAL	: AFIRMADO CON 2% DE CENIZA DE ARROZ
PK / MUESTRA	: C-01 M - 01
TCO. RESPONSABLE:	J. Soberón H.
ING. RESPONSABLE:	L. Meléndez T.
FECHA MUESTREO:	13/05/2021
FECHA EJECUCIÓN:	15/05/2021

**DATOS DE LA MUESTRA**

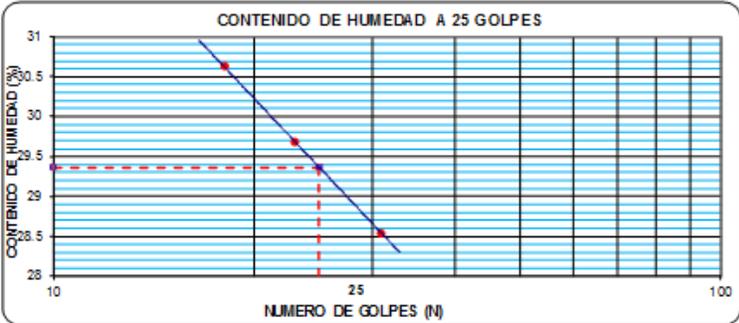
Tamiz ASTM	Abertura (mm.)	Peso Retenido	Porcentaje de Retenido		Porcentaje que Pasa	Espec. Técnica	Descripción de la Muestra	
			Parcial	Acumulado				
4"	101.600						Terreno Natural	
3 1/2"	88.900						Material para Afirmado - Gradación B - "A-2"	
3"	76.200						<b>CARACTERÍSTICAS</b>	
2 1/2"	63.500						% Grava = 44.1 %	
2"	50.800				100	100	% Arena = 39.2 %	
1 1/2"	38.100				100.0		% Fmo N°200 = 16.7 %	
1"	25.400	519.0	7.35	7.4	92.62	75	95	<b>CLASIFICACION</b>
3/4"	19.050	464.0	6.60	14.0	86.02			Límite Líquido : 29.37
1/2"	12.700	639.0	9.09	23.07	76.93			Límite Plástico : 23.34
3/8"	9.525	346.0	4.92	27.99	72.01	40	75	Índice de Plasticidad : 6.03
1/4"	6.350	676.0	9.62	37.61	62.39			CLASIFICACION AASHTO : A-2-4 (0)
No. 4	4.760	454.0	6.46	44.07	55.93	30	60	CLASIFICACION SUCS : GM
No. 8	2.360	88.82	9.94	54.0	45.99			Gravas / limosas, mezcla grava-arena-limo
No. 10	2.000	19.63	2.20	56.2	43.79	20	45	
No. 16	1.190	54.48	6.09	62.3	37.70			
No. 20	0.854	34.02	3.61	66.1	33.89			
No. 30	0.600	26.27	3.16	69.3	30.73			
No. 40	0.420	29.96	3.35	72.6	27.36	15	30	
No. 50	0.300	34.24	3.63	76.5	23.55			<b>PESO DEL MATERIAL</b>
No. 80	0.177	32.66	3.66	80.1	19.89			Peso Inicial (gr) : 7029.0
No. 100	0.149	8.33	0.93	81.0	18.96			Peso Fracción Fmo (gr) : 500.00
No. 200	0.075	19.94	2.23	83.3	16.73	5	15	
-200		149.63	16.74	100.0				



**OBSERVACIONES:** La curva obtenida encaja en el hueco de la gradación "B", con la franja granulométrica A-2.  
(Fuente EE.TT Para Construcciones Manual de Carreteras MTC), por lo tanto el material ensayado SÍ CUMPLE como material para afirmado.

LABORATORIO  
DE MECÁNICA DE SUELOS  
JOSÉ REINER GUERRERO ESTELA  
INGENIERO EN INGENIERÍA

MAGMA SERVICIOS GENERALES  
DE INGENIERIA S.A.C.  
ING. LUIS G. MELÉNDEZ TOSTI  
GERENTE TÉCNICO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS						
LÍMITES DE CONSISTENCIA						
(MTC E-110, 111 / NTP 339.129 / ASTM D-4318)						
PROYECTO	: INCORPORACIÓN DE CENIZA DE CASCARA DE ARROZ PARA INCREMENTAR EL CBR EN EL AFIRMADO, JAÉN 2021					
SOLICITA	: JOSÉ REINER GUERRERO ESTELA					
	: ELVIS VERGARA BECERRA				TCO. RESPONSABLE:	J. Soberón H.
UBICACIÓN	: JAÉN - JAÉN - CAJAMARCA				ING. RESPONSABLE:	L. Meléndez T.
MATERIAL	: AFIRMADO CON 2% DE CENIZA DE ARROZ					
PK / MUESTRA	: C-01 M - 01				FECHA MUESTREO:	13-05-2021
					FECHA EJECUCIÓN:	15-05-2021
DATOS DE LA MUESTRA						
DETERMINACION DE LIMITE LIQUIDO						
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	MUESTRAS				
Nº CAPSULA	ID	2	71	72		
TARA + SUELO HUMEDO	(g)	32.08	28.93	25.69		
TARA + SUELO SECO	(g)	26.12	23.83	21.46		
PESO DE AGUA	(g)	5.96	5.10	4.23		
TARA	(g)	6.66	6.65	6.64		
PESO DEL SUELO SECO	(g)	19.46	17.18	14.82		
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	30.63	29.69	28.54		
NUMERO DE GOLPES		18	23	31		
DETERMINACION DE LIMITE PLASTICO						
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	MUESTRAS				
Nº TARRO	ID	13				
TARA + SUELO HUMEDO	(g)	13.13				
TARA + SUELO SECO	(g)	11.90				
TARA	(g)	6.63				
PESO DEL AGUA	(g)	1.23				
PESO DEL SUELO SECO	(g)	5.27				
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	23.34				
						
CON STANTES FISICAS DE LA MUESTRA						
LIMITE LIQUIDO (%)	29.37					
LIMITE PLASTICO (%)	23.34					
INDICE DE PLASTICIDAD (%)	6.03					
OBSERVACIONES:						

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
ELVIS VERGARA BECERRA  
INGENIERO EN CIENCIAS  
INGENIERO EN MECÁNICA DE SUELOS

MAGMA SERVICIOS GENERALES DE INGENIERIA S.A.C.  
ING. LUIS G. MELÉNDEZ TRIESTI  
GERENTE TÉCNICO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS	
RELACION DENSIDAD/HUMEDAD (PROCTOR)	
(MTCE-115, E 116 / ASTM D-1557, D 698 / AASHTO T-180)	
PROYECTO	: INCORPORACIÓN DE CENIZA DE CASCARA DE ARROZ PARA INCREMENTAR EL CBR EN EL AFIRMADO, JAÉN 2021
SOLICITA	: JOSÉ REINER GUERRERO ESTELA
	: ELVIS VERGARA BECERRA
UBICACIÓN	: JAÉN - JAÉN - CAJAMARCA
MATERIAL	: AFIRMADO CON 2% DE CENIZA DE ARROZ
PK / MUESTRA	: C-01M - 01
	TCO. RESPONSABLE: J. Soberón H.
	ING. RESPONSABLE: L. Meléndez T.
	FECHA MUESTREO: 13/05/2021
	FECHA EJECUCIÓN: 15/05/2021

**DATOS DE LA MUESTRA**

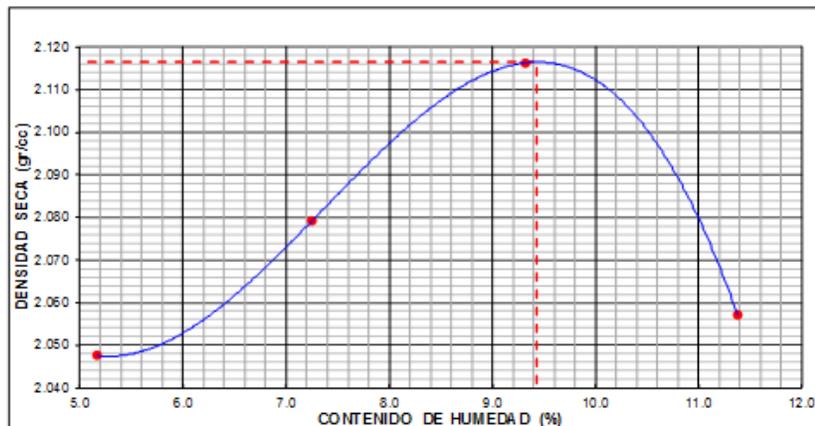
Muestra N° 1	Diámetro Molde Mébdo	6"	Volumen Molde	2060	m3.	N° de capas	5
		C	Peso Molde	6994	gr.	N° de golpes	56 Gp.

ENSAYOS N°		1	2	3	4
Peso Suelo + Molde	gr.	11,430	11,588	11,760	11,714
Peso Suelo Humedo Compactado	gr.	4,438	4,594	4,768	4,720
Peso Volumetrico Humedo	gr.	2,153	2,230	2,314	2,291
Recipiente Numero		12	13	14	15
Peso Suelo Humedo + Tara	gr.	115,23	117,17	119,77	115,41
Peso Suelo Seco + Tara	gr.	110,35	110,47	111,19	105,47
Tara	gr.	15,93	18,10	19,16	18,10
Peso del agua	gr.	4,88	6,70	8,58	9,94
Peso del Suelo Seco	gr.	94,42	92,37	92,03	87,37
Contenido de agua	%	5,17	7,25	9,32	11,38
Densidad Seca del Suelo	gr/cc	2,048	2,079	2,116	2,057

**RESULTADOS**

Densidad Máxima Seca	2,116	(g r/cm3)	Humedad óptima	9,42
----------------------	-------	-----------	----------------	------

**RELACION HUMEDAD - DENSIDAD SECA**



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
ING. JOSÉ REINER GUERRERO ESTELA  
ING. ELVIS VERGARA BECERRA

MAGMA SERVICIOS GENERALES DE INGENIERIA S.A.C.  
ING. LUIS G. MELENDEZ TRESTI  
GERENTE TÉCNICO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS															
RELACION SOPORTE CALIFORNIA - CBR															
(MTC E-132 / ASTM D-1883)															
<b>PROYECTO</b> : INCORPORACIÓN DE CENIZA DE CASCARA DE ARROZ PARA INCREMENTAR EL CBR EN EL AFIRMIADO, JAÉN 2021															
<b>SOLICITA</b> : JOSÉ REINER GUERRERO ESTELA															
<b>UBICACIÓN</b> : JAÉN - JAÉN - CAJAMARCA															
<b>MATERIAL</b> : AFIRMIADO CON 2% DE CENIZA DE ARROZ															
<b>PK / MUESTRA</b> : C-01.M-01															
TCO. RESPONSABLE: J. Sobrón H															
ING. RESPONSABLE: L. Meléndez T.															
FECHA MUESTREO: 13/05/2021															
FECHA EJECUCIÓN: 19/05/2021															
DATOS DE LA MUESTRA															
CALCULO DEL CBR															
Molde Nº	5			6			7								
Capas Nº	5			5			5								
Golpes por capa Nº	56			25			12								
Condición de la muestra	NO SATURADO		SATURADO		NO SATURADO		SATURADO		NO SATURADO		SATURADO				
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	8995.0		9028.0		8750.0		8833.0		8770.0		8892.0				
Peso de molde (g)	4076.00		4076.00		3993.00		3993.00		4202.00		4202.00				
Peso del suelo húmedo (g)	4919.00		4952.00		4757.00		4840.00		4568.00		4690.00				
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2132.66		2132.66		2114.28		2114.28		2086.79		2086.79				
Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	2.307		2.322		2.250		2.269		2.189		2.247				
Tara (Nº)	68		5		64		7		3		11				
Peso suelo húmedo + tara (g)	120.05		100.16		121.98		113.76		115.75		115.65				
Peso suelo seco + tara (g)	110.95		91.75		112.85		102.55		106.73		103.74				
Tara (g)	15.40		18.83		19.59		18.64		18.98		19.36				
Peso de agua (g)	9.10		8.41		9.13		11.21		9.02		11.91				
Peso de suelo seco (g)	95.55		72.92		93.26		83.91		87.75		84.38				
Contenido de humedad (%)	9.52		11.53		9.79		13.36		10.28		14.11				
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	2.106		2.082		2.049		2.019		1.985		1.969				
EXPANSION															
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION					
				mm	%		mm	%		mm	%				
15/05/21	15:30	0	6.99	0.000	0.000	7.78	0.000	0.000	0.37	0.000	0.000				
16/05/21	15:30	24	7.05	0.060	0.052	7.88	0.100	0.086	0.50	0.130	0.112				
17/05/21	15:30	48	7.28	0.290	0.249	7.94	0.160	0.138	0.56	0.190	0.163				
18/05/21	15:30	72	7.40	0.410	0.353	7.98	0.200	0.172	0.60	0.230	0.198				
19/05/21	15:30	96	7.48	0.490	0.421	8.00	0.220	0.189	0.62	0.250	0.215				
PENETRACION															
PENETRACION		CARGA		MOLDE Nº		M-05		MOLDE Nº		M-06		MOLDE Nº		M-07	
		STAND.	CARGA	CORRECCION	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION						
mm	pulg.	Kg/cm <sup>2</sup>	Dial (kgf)	Kg/cm <sup>2</sup>	%	Dial (kgf)	Kg/cm <sup>2</sup>	%	Dial (kgf)	Kg/cm <sup>2</sup>	%	Dial (kgf)	Kg/cm <sup>2</sup>	%	
0.000	0.000		0	0		0	0		0	0		0	0		
0.635	0.025		135.6	6.9		117.3	6.0		98.9	5.0					
1.270	0.050		485.4	24.7		360.0	18.3		265.1	13.5					
1.905	0.075		736.2	37.5		574.1	29.2		396.7	20.2					
2.540	0.100	70.31	954.5	48.6	-	69.2	762.8	38.9	-	55.3	505.8	25.8	-	36.6	
3.810	0.150		1321.6	67.3			1044.2	53.2		665.9	33.9				
5.080	0.200	105.46	1491.9	76.0	-	72.1	1291.8	62.8	-	59.5	774.0	39.4	-	37.4	
6.350	0.250		1686.6	85.9			1373.6	70.0		860.6	43.8				
7.620	0.300		1845.7	94.0			1484.7	75.6		927.9	47.3				
10.160	0.400		1974.2	100.6			1629.5	83.0		1029.9	52.5				
12.700	0.500		2042.5	104.1			1725.4	87.9		1116.6	56.9				
<b>OBSERVACIONES:</b>															



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
JUANITO H. SOBRÓN HERRERA  
GERENTE TÉCNICO



MAGMA SERVICIOS GENERALES DE INGENIERIA S.A.C.  
NG. LUIS G. MELÉNDEZ TESTI  
GERENTE TÉCNICO

<b>LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS</b>	
<b>RELACION SOPORTE CALIFORNIA - CBR</b> <b>(MTC E-132 / ASTM D-1883)</b>	
<b>PROYECTO</b> : INCORPORACIÓN DE CENIZA DE CASCARA DE ARROZ PARA INCREMENTAR EL CBR EN EL AFIRMAO, JAÉN 2021	
<b>SOLICITA</b> : JOSÉ REINER GUERRERO ESTELA	
: ELVIS VERGARA BECERRA	
<b>UBICACIÓN</b> : JAÉN - JAÉN - CAJAMARCA	<b>TCO. RESPONSABLE:</b> J. Soberón H.
<b>MATERIAL</b> : AFIRMAO CON 2% DE CENIZA DE ARROZ	<b>ING. RESPONSABLE:</b> L. Meléndez T.
<b>PK / MUESTRA</b> : C-01 M-01	<b>FECHA MUESTREO:</b> 13/05/2021
	<b>FECHA EJECUCIÓN:</b> 18/05/2021
<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>	
<b>REPRESENTACION GRAFICA DEL CBR</b>	
<p>Gráfico de densidad seca (g/cm³) vs CBR (%). El eje Y muestra densidad seca de 1.980 a 2.120 g/cm³. El eje X muestra CBR (%) de 35.0 a 75.0. Una línea azul muestra la curva de densidad seca. Una línea roja horizontal está en 2.011 g/cm³, que se proyecta hacia abajo a 45.0% CBR y hacia arriba a 69.16% CBR.</p>	<b>METODO DE COMPACTACION</b> : AASHTO T-180 <b>MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)</b> : 2.116 <b>OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)</b> : 9.42 <b>95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)</b> : 2.011
	<b>RESULTADOS:</b> Valor de CBR al 100% de la M.D.S. a 0.1" = 69.16 % Valor de CBR al 95% de la M.D.S. a 0.1" = 44.80 % Valor de CBR al 100% de la M.D.S. a 0.2" = 72.07 % Valor de CBR al 95% de la M.D.S. a 0.2" = 46.80 % <b>OBSERVACIONES:</b> ..... ..... .....
<b>EC= 56 GOLPES</b>	<b>EC= 25 GOLPES</b>
<p>Gráfico de carga (Kg/cm²) vs Penetración (mm) para EC=56 golpes. El eje Y muestra carga de 0 a 110 Kg/cm². El eje X muestra penetración de 0.000 a 12.700 mm. La curva muestra un CBR(0.1") de 69% y un CBR(0.2") de 72%.</p>	<p>Gráfico de carga (Kg/cm²) vs Penetración (mm) para EC=25 golpes. El eje Y muestra carga de 0 a 110 Kg/cm². El eje X muestra penetración de 0.000 a 12.700 mm. La curva muestra un CBR(0.1") de 69% y un CBR(0.2") de 60%.</p>
	<b>EC= 12 GOLPES</b>
	<p>Gráfico de carga (Kg/cm²) vs Penetración (mm) para EC=12 golpes. El eje Y muestra carga de 0 a 110 Kg/cm². El eje X muestra penetración de 0.000 a 12.700 mm. La curva muestra un CBR(0.1") de 69% y un CBR(0.2") de 57.6%.</p>
<b>OBSERVACIONES:</b> .....	

MAGMA S.A.C. LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
 JOSÉ REINER GUERRERO ESTELA  
 INGENIERO EN MECÁNICA DE SUELOS Y CONCRETO

MAGMA SERVICIOS GENERALES DE INGENIERIA S.A.C.  
 ING. LUIS G. MELÉNDEZ TRIESTI  
 GERENTE TÉCNICO

# Material Natural + 4% de CCA

LA INGENIERÍA  
EN EL PERÚ  
MAGMA  
SERVICIOS GENERALES DE INGENIERÍA S.A.C.  
CALLE LAMBAYEQUE N° 170 - 172  
JAÉN

MAGMA SERVICIOS GENERALES  
DE INGENIERÍA S.A.C.  
ING. JORGE ANTONIO ROSA  
GERENTE TÉCNICO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS							
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO							
(MTC E-107 / ASTM D-422 / NTP 339.128)							
<b>PROYECTO</b> : INCORPORACIÓN DE CENIZA DE CASCARA DE ARROZ PARA INCREMENTAR EL CBR EN EL AFIRMADO, JAÉN 2021							
<b>SOLICITA</b> : JOSÉ REINER GUERRERO ESTELA							
<b>UBICACIÓN</b> : JAÉN - JAÉN - CAJAMARCA							
<b>MATERIAL</b> : AFIRMADO CON 4% DE CENIZA DE ARROZ							
<b>PK / MUESTRA</b> : C-01 M - 01							
<b>TCO. RESPONSABLE</b> : J. Soberón H.							
<b>ING. RESPONSABLE</b> : L. Meléndez T.							
<b>FECHA MUESTREO</b> : 13/05/2021							
<b>FECHA EJECUCIÓN</b> : 15/05/2021							
<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>							
Tamiz ASTM	Abertura (mm.)	Peso Retenido	Porcentaje de Retenido		Porcentaje que Pasa	Espec. Técnica	Descripción de la Muestra
			Parcial	Acumulado			
4"	101.600						Terreno Natural
3 1/2"	89.000						Material para Afirmado - Gradación D - "A-2"
3"	76.200						<b>CARACTERÍSTICAS</b>
2 1/2"	63.500						% Grava = 41.0 %
2"	50.800					100	% Arena = 48.9 %
1 1/2"	38.100				100.0		% Fino N°200 = 18.1 %
1"	25.400	272.0	4.70	4.7	95.30	100	<b>CLASIFICACION</b>
3/4"	19.000	297.0	5.13	9.8	90.17		Limite Líquido : 34.03
1/2"	12.700	515.0	8.89	18.72	81.28		Limite Plástico : 28.10
3/8"	9.525	306.0	6.08	25.38	74.62	00	Indice de Plasticidad : 5.93
1/4"	6.350	539.0	9.90	34.05	65.92		<b>CLASIFICACION AASHTO</b> : A-1-b (0)
No. 4	4.750	366.0	6.32	41.00	59.00	50	<b>CLASIFICACION SUCS</b> : GM
No. 8	2.360	72.12	6.51	49.5	50.49		
No. 10	2.000	16.79	1.98	51.5	48.51	40	
No. 16	1.190	51.37	6.06	57.6	42.45		
No. 20	0.834	33.55	3.96	61.5	38.49		Gravas limosas, mezcla grava-arena-limo
No. 30	0.600	30.06	3.55	65.1	34.84		
No. 40	0.420	32.49	3.93	68.9	31.11	23	
No. 50	0.300	30.34	4.32	73.4	26.59	45	
No. 80	0.177	38.89	4.59	78.0	22.00		<b>PESO DEL MATERIAL</b>
No. 100	0.149	10.09	1.19	79.2	20.81		Peso Inicial (gr) : 5793.0
No. 200	0.075	23.06	2.72	81.9	18.09	8	Peso Fracción Fino (gr) : 500.00
-200		153.22	18.00	100.0		15	

**Observaciones:** La curva obtenida encaja en el hueco de la gradación "D", con la franja granulométrica A-2.  
(Fuente EE.TT Para Construcciones Manual de Carreteras MTC), por lo tanto el material ensayado SÍ CUMPLE como material para afirmado.

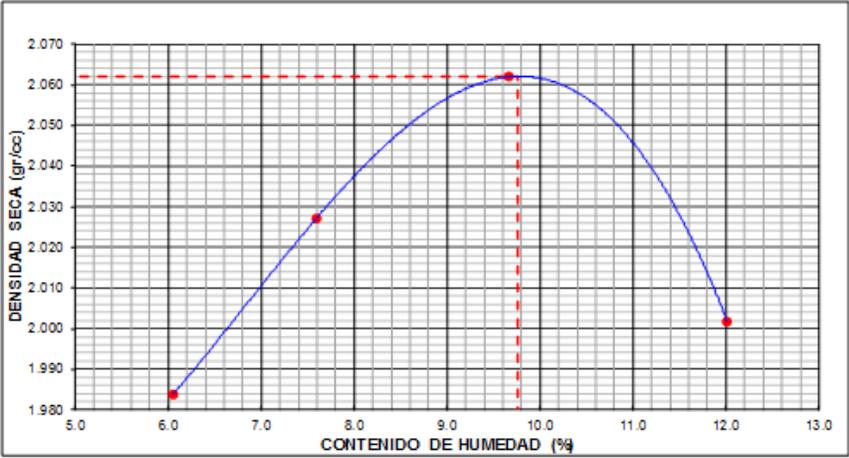
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
ING. JUANITO H. SOBERÓN HERRERA  
GERENTE TÉCNICO

MAGMA SERVICIOS GENERALES DE INGENIERIA S.A.C.  
ING. LUIS G. MELÉNDEZ TRIESTI  
GERENTE TÉCNICO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS					
LÍMITES DE CONSISTENCIA					
(MTC E-110, 111 / NTP 339.129 / ASTM D-4318)					
PROYECTO	INCORPORACIÓN DE CENIZA DE CASCARA DE ARROZ PARA INCREMENTAR EL CBR EN EL AFIRMADO, JAÉN 2021				
SOLICITA	JOSÉ REINER GUERRERO ESTELA				
	ELVIS VERGARA BECERRA			TCO. RESPONSABLE:	J. Soberón H.
UBICACIÓN	JAÉN - JAÉN - CAJAMARCA			ING. RESPONSABLE:	L. Meléndez T.
MATERIAL	AFIRMADO CON 4% DE CENIZA DE ARROZ			FECHA MUESTREO:	13-05-2021
PK / MUESTRA	C-01 M-01			FECHA EJECUCIÓN:	15-05-2021
DATOS DE LA MUESTRA					
DETERMINACION DE LIMITE LIQUIDO					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	MUESTRAS			
Nº CAPSULA	ID	5	71	72	
TARA+ SUELO HUMEDO	(g)	30.00	29.06	25.70	
TARA+ SUELO SECO	(g)	23.80	23.83	21.46	
PESO DE AGUA	(g)	6.20	5.23	4.24	
TARA	(g)	6.33	8.64	8.63	
PESO DEL SUELO SECO	(g)	17.47	15.19	12.83	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	35.49	34.43	33.05	
NUMERO DE GOLPES		18	23	31	
DETERMINACION DE LIMITE PLASTICO					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	MUESTRAS			
Nº TARRO	ID	14			INDICE: INDICE
TARA+ SUELO HUMEDO	(g)	13.17			
TARA+ SUELO SECO	(g)	11.72			
TARA	(g)	6.56			
PESO DEL AGUA	(g)	1.45			
PESO DEL SUELO SECO	(g)	5.16			
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	28.10			
CON CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA					
LIMITE LIQUIDO (%)	34.03				
LIMITE PLASTICO (%)	28.10				
INDICE DE PLASTICIDAD (%)	5.93				
OBSERVACIONES:					

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
ELVIS VERGARA BECERRA  
INGENIERO H. SOBERÓN HERRERA  
INGENIERO LA. CASTELLANO

MAGMA SERVICIOS GENERALES DE INGENIERIA S.A.C.  
ING. LUIS G. MELÉNDEZ TRISTE  
GERENTE/TECNICO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS							
RELACION DENSIDAD/HUMEDAD (PROCTOR)							
(MTC E-115, E 116 / ASTM D-1557, D 698 / AASHTO T-180)							
<b>PROYECTO</b>		INCORPORACIÓN DE CENIZA DE CASCARA DE ARROZ PARA INCREMENTAR EL CBR EN EL AFIRMADO, JAÉN 2021					
<b>SOLICITA</b>		: JOSÉ REINER GUERRERO ESTELA			TCO. RESPONSABLE: J. Soberón H.		
		: ELVIS VERGARA BECERRA			ING. RESPONSABLE: L. Meléndez T.		
<b>UBICACIÓN</b>		: JAÉN - JAÉN - CAJAMARCA			FECHA MUESTREO: 13/05/2021		
<b>MATERIAL</b>		: AFIRMADO CON 4% DE CENIZA DE ARROZ			FECHA EJECUCIÓN: 15/05/2021		
<b>PK / MUESTRA</b>		: C-01 M - 01					
DATOS DE LA MUESTRA							
Muestra N° 1	Diámetro Molde Método	6"	Volumen Molde	2060	m3.	N° de capas	5
		C	Peso Molde	6994	gr.	N° de golpes	56 Glp.
<b>ENSAYOS Nº</b>			1	2	3	4	
Peso Suelo + Molde		gr.	11,328	11,487	11,652	11,613	
Peso Suelo Humedo Compactado		gr.	4,334	4,493	4,658	4,619	
Peso Volumetrico Humedo		gr.	2,104	2,181	2,261	2,242	
Recipiente Numero			2	3	4	5	
Peso Suelo Humedo + Tara		gr.	121.10	116.60	117.34	113.20	
Peso Suelo Seco + Tara		gr.	115.24	109.71	108.66	103.08	
Tara		gr.	18.42	18.98	18.82	18.83	
Peso del agua		gr.	5.86	6.89	8.68	10.12	
Peso del Suelo Seco		gr.	96.82	90.73	89.84	84.25	
Contenido de agua		%	6.05	7.59	9.66	12.01	
Densidad Seca del Suelo		gr/cc	1.984	2.027	2.062	2.002	
RESULTADOS							
Densidad Máxima Seca			2.062	(gr/cm3)	Humedad óptima		9.76
RELACION HUMEDAD - DENSIDAD SECA							
							

LABORATORIO  
DE MECÁNICA DE SUELOS  
*J. Soberón*  
ING. JOSÉ REINER GUERRERO ESTELA  
SECCION LABORATORISTA

MAGMA SERVICIOS GENERALES  
DE INGENIERIA S.A.C.  
*L. Meléndez*  
ING. LUIS G. MELÉNDEZ TRIESTI  
GERENTE/TECNICO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS															
RELACION SOPORTE CALIFORNIA - CBR															
(MTC E-132 / ASTM D-1883)															
PROYECTO		INCORPORACIÓN DE CENIZA DE CASCARA DE ARROZ PARA INCREMENTAR EL CSR EN EL AFIRMIADO, JAÉN 2021													
SOLICITA		: JOSÉ REINER GUERRERO ESTELA													
		: ELVIS VERGARA SECERRA													
UBICACIÓN		: JAÉN - JAÉN - CAJAMARCA										TCO. RESPONSABLE: J. Sobelán H.			
MATERIAL		: AFIRMIADO CON 4% DE CENIZA DE ARROZ										ING. RESPONSABLE: L. Meléndez T.			
PK / MUESTRA		: C-01 M-01										FECHA MUESTREO: 13/05/2021			
												FECHA EJECUCIÓN: 15/05/2021			
DATOS DE LA MUESTRA															
CALCULO DEL CBR															
Molde Nº	1			2			3								
Capas Nº	5			5			5								
Golpes por capa Nº	56			25			12								
Condición de la muestra	NO SATURADO		SATURADO		NO SATURADO		SATURADO		NO SATURADO		SATURADO				
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	9810.0		9878.0		8685.0		8830.0		8175.0		8353.0				
Peso de molde (g)	5022.00		5022.00		4158.00		4158.00		3768.00		3768.00				
Peso del suelo húmedo (g)	4788.00		4856.00		4527.00		4672.00		4407.00		4585.00				
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2123.06		2123.06		2104.94		2104.94		2132.66		2132.66				
Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	2.255		2.287		2.151		2.201		2.066		2.150				
Tara (Nº)	1			3			12			17					
Peso suelo húmedo + tara (g)	113.23			105.88			112.80			120.18					
Peso suelo seco + tara (g)	105.45			95.02			105.41			108.21					
Tara (g)	17.63			18.98			15.93			18.47					
Peso de agua (g)	7.78			10.96			7.39			11.97					
Peso de suelo seco (g)	87.82			76.04			89.48			90.30					
Contenido de humedad (%)	8.96			14.28			8.25			13.34					
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	2.072		2.001		1.987		1.958		1.897		1.841				
EXPANSION															
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION					
				mm	%		mm	%		mm	%				
15/05/21	15:30	0	5.35	0.000	0.000	5.94	0.000	0.000	9.57	0.000	0.000				
16/05/21	15:30	24	5.55	0.200	0.172	6.41	0.470	0.404	15.07	5.500	4.729				
17/05/21	15:30	48	5.66	0.310	0.267	6.45	0.510	0.439	15.07	5.500	4.729				
18/05/21	15:30	72	5.67	0.320	0.275	6.48	0.540	0.464	15.08	5.510	4.738				
19/05/21	15:30	96	5.68	0.330	0.284	6.48	0.540	0.464	15.13	5.560	4.781				
PENETRACION															
PENETRACION		CARGA		MOLDE Nº		M-01		MOLDE Nº		M-02		MOLDE Nº		M-03	
		STAND.		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
mm	puñg.	Kg/cm <sup>2</sup>	Dial (kgf)	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	%	Dial (kgf)	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	%	Dial (kgf)	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	%	
0.000	0.000		0	0			0	0			0	0			
0.635	0.025		153.0	7.8			106.1	5.4			43.8	2.2			
1.270	0.050		431.3	22.0			306.9	15.6			122.4	6.2			
1.905	0.075		756.6	38.5			521.1	26.5			212.1	10.8			
2.540	0.100	70.31	1061.5	54.1	-	76.9	746.4	38.0	-	54.1	362.0	18.4	-	26.2	
3.810	0.150		1526.5	77.8			984.0	50.1			480.3	24.5			
5.080	0.200	105.46	1846.7	94.1	-	89.2	1247.1	63.5	-	60.2	605.7	30.9	-	29.3	
6.350	0.250		2122.0	108.1			1321.6	67.3			661.8	33.7			
7.620	0.300		2289.3	116.6			1382.7	70.4			716.9	36.5			
10.160	0.400		2568.7	130.9			1412.3	72.0			816.8	41.6			
12.700	0.500		2950.0	150.3			1432.7	73.0			916.7	46.7			
OBSERVACIONES:															

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
ING. ELVIS VERGARA SECERRA  
SOLICITANTE: MANTO H. SOBERÓN HERRERA  
SEÑOR LACOMARISTA

MAGMA SERVICIOS GENERALES DE INGENIERIA S.A.C.  
ING. LUIS G. MELÉNDEZ TUESTI  
GERENTE TÉCNICO

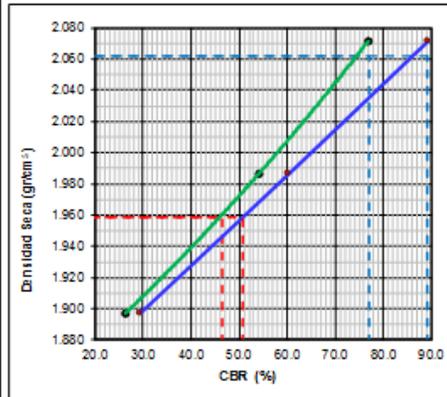
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS**

**RELACION SOPORTE CALIFORNIA - CBR  
(MTC E-132 / ASTM D-1883)**

PROYECTO	: INCORPORACIÓN DE CENIZA DE CASCARA DE ARROZ PARA INCREMENTAR EL CBR EN EL AFIRMADO, JAÉN 2021	TCO. RESPONSABLE:	: J. Soberón H.
SOLICITA	: JOSÉ REINER GUERRERO ESTELA	ING. RESPONSABLE:	: L. Meléndez T.
	: ELVIS VERGARA BECERRA	FECHA MUESTREO:	: 13/05/2021
UBICACIÓN	: JAÉN - JAÉN - CAJAMARCA	FECHA EJECUCIÓN:	: 19/05/2021
MATERIAL	: AFIRMADO CON 4% DE CENIZA DE ARROZ		
PK / MUESTRA	: C- 01 M- 01		

**DATOS DE LA MUESTRA**

**REPRESENTACION GRAFICA DEL CBR**



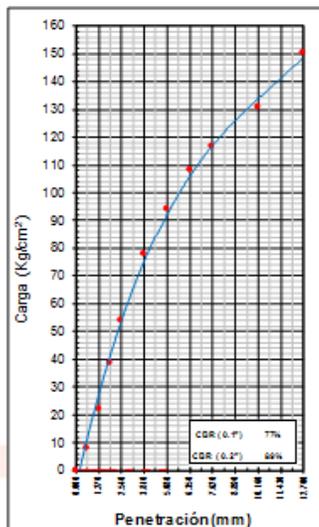
METODO DE COMPACTACION	: AASHTO T-180
MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)	: 2.062
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	: 9.76
95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³)	: 1.959

**RESULTADOS:**

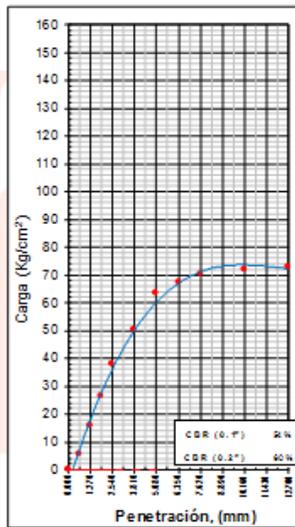
Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. a 0.1"	=	76.92 %
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. a 0.1"	=	46.35 %
Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. a 0.2"	=	89.21 %
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. a 0.2"	=	50.80 %

**OBSERVACIONES:**

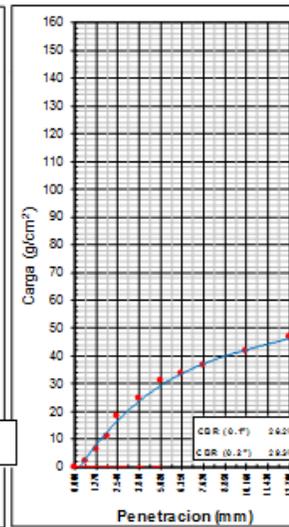
EC = 56 GOLPES



EC = 25 GOLPES



EC = 12 GOLPES



**OBSERVACIONES:** El ensayo se realizó en el laboratorio de suelos de la Universidad de Jaén, España, el día 13 de mayo de 2021. Los resultados obtenidos son los que se muestran en el presente informe.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
JOSÉ REINER GUERRERO ESTELA  
INGENIERO TÉCNICO

MAGMA SERVICIOS GENERALES DE INGENIERIA S.A.C.  
ING. LUIS G. MELÉNDEZ TESTA  
GERENTE TÉCNICO

# Material Natural + 6% de CCA



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS							
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO							
(MTC E-107 / ASTM D-422 / NTP 339.128)							
<b>PROYECTO</b> : INCORPORACIÓN DE CENIZA DE CASCARA DE ARROZ PARA INCREMENTAR EL CBR EN EL AFIRMADO, JAEN 2021							
<b>SOLICITA</b> : JOSE REINER GUERRERO ESTELA							
<b>UBICACIÓN</b> : ELVIS VERGARA BECERRA							
<b>MATERIAL</b> : JAEN - JAEN - CAJAMARCA							
<b>PK / MUESTRA</b> : AFIRMADO CON 6% DE CENIZA DE ARROZ							
<b>PK / MUESTRA</b> : C-01 M-01							
<b>DATOS DE LA MUESTRA</b>							
Tamiz ASTM	Abertura (mm.)	Peso Retenido	Porcentaje de Retenido		Porcentaje que Pasa	Espec. Técnica	Descripción de la Muestra
			Parcial	Acumulado			
4"	101.600						Terreno Natural
3 1/2"	88.900						Material para Afirmado - Gradación D - "A-2"
3"	76.200						<b>CARACTERÍSTICAS</b>
2 1/2"	63.500						% Grava = 41.7 %
2"	50.800				100.0	100	% Arena = 48.0 %
1 1/2"	38.100	140.0	2.7	2.7	97.3		% Fno N°200 = 18.4 %
1"	25.400	257.0	4.76	7.5	92.54	100	<b>CLASIFICACION</b>
3/4"	19.050	297.0	5.50	13.0	87.04		Limite Líquido : 44.84
1/2"	12.700	417.0	7.73	20.69	79.31		Limite Plástico : 39.35
3/8"	9.525	299.0	5.54	26.23	73.77	65	Indice de Plasticidad : 5.49
1/4"	6.350	510.0	9.45	35.68	64.32		<b>CLASIFICACION AASHTO</b> : A-1-b (0)
No. 4	4.760	322.0	5.97	41.65	58.35	50	<b>CLASIFICACION SUCS</b> : GM
No. 8	2.360	81.75	9.54	51.2	48.81		Gravas limosas, mezcla grava-arena-limo
No. 10	2.000	17.85	2.66	53.3	46.73	40	
No. 16	1.190	51.33	5.99	59.3	40.74		
No. 20	0.834	32.30	3.77	63.0	36.97		
No. 30	0.600	27.26	3.16	66.2	33.79		
No. 40	0.420	29.05	3.39	69.6	30.40	25	
No. 50	0.300	34.36	4.01	73.6	26.39	43	
No. 80	0.177	35.50	4.14	77.6	22.25		
No. 100	0.149	9.15	1.07	78.6	21.18		
No. 200	0.075	23.97	2.80	81.6	18.35	8	
-200		157.45	16.37	100.0		13	<b>PESO DEL MATERIAL</b>
							Peso Inicial (gr) : 5397.0
							Peso Fracción Fno (gr) : 500.00

**OBSERVACIONES:** La curva obtenida encaja en el hueco de la gradación "D", con la franja granulométrica A-2.  
(Fuente EET Para Construcción Manual de Carreteras MTC, por lo tanto el material ensayado SÍ CUMPLE como material para afirmado)

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
ING. JOSÉ H. SOBERÓN HERRERA  
GERENTE TÉCNICO

MAGMA SERVICIOS GENERALES DE INGENIERIA S.A.C.  
ING. LUIS G. MELÉNDEZ REYES  
GERENTE TÉCNICO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS					
LÍMITES DE CONSISTENCIA					
(MTC E -110, 111 / NTP 339.129 / ASTM D-4318)					
PROYECTO	: INCORPORACIÓN DE CENIZA DE CASCARA DE ARROZ PARA INCREMENTAR EL CBR EN EL AFIRMADO, JAÉN 2021				
SOLICITA	: JOSÉ REINER GUERRERO ESTELA				
	: ELVIS VERGARA BECERRA			TCO. RESPONSABLE:	: J. Soberón H.
UBICACIÓN	: JAÉN - JAÉN - CAJAMARCA			ING. RESPONSABLE:	: L. Meléndez T.
MATERIAL	: AFIRMADO CON 6% DE CENIZA DE ARROZ			FECHA MUESTREO:	: 13-05-2021
PK / MUESTRA	: C- 01 M - 01			FECHA EJECUCIÓN:	: 15-05-2021
DATOS DE LA MUESTRA					
DE TERMINACION DE LIMITE LIQUIDO					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	MUESTRAS			
Nº CAPSULA	ID	10	71	72	
TARA+ SUELO HUMEDO	(g)	28.74	25.14	21.54	
TARA+ SUELO SECO	(g)	21.51	19.22	16.85	
PESO DE AGUA	(g)	7.23	5.92	4.69	
TARA	(g)	6.16	6.15	6.14	
PESO DEL SUELO SECO	(g)	15.35	13.07	10.71	
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	47.10	45.29	43.79	
NUMERO DE GOLPES		17	23	30	
DETERMINACION DE LIMITE PLASTICO					
DESCRIPCIÓN	UNIDAD	MUESTRAS			
Nº TARRO	ID	21			
TARA+ SUELO HUMEDO	(g.)	15.85			
TARA+ SUELO SECO	(g.)	14.04			
TARA	(g.)	9.44			
PESO DEL AGUA	(g.)	1.81			
PESO DEL SUELO SECO	(g.)	4.60			
CONTENIDO DE HUMEDAD	(%)	39.35			
					
CONSTANTES FISICAS DE LA MUESTRA					
LIMITE LIQUIDO (%)	44.84				
LIMITE PLASTICO (%)	39.35				
INDICE DE PLASTICIDAD (%)	5.49				
OBSERVACIONES:					

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
JUANITO H. SOBERÓN HERRERA  
INGENIERO

MAGMA SERVICIOS GENERALES DE INGENIERIA S.A.C.  
ING. LUIS G. MELÉNDEZ TUESTI  
GERENTE TÉCNICO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS							
RELACION DENSIDAD/HUMEDAD (PROCTOR)							
(MTC E-115, E 116 / ASTM D-1557, D 698 / AASHTO T-180)							
PROYECTO	: INCORPORACIÓN DE CENIZA DE CASCARA DE ARROZ PARA INCREMENTAR EL CBR EN EL AFIRMADO, JAÉN 2021						
SOLICITA	: JOSÉ REINER GUERRERO ESTELA						
UBICACIÓN	: ELVIS VERGARA BECERRA			TCO. RESPONSABLE: J. Soberón H.			
MATERIAL	: JAÉN - JAÉN - CAJAMARCA			ING. RESPONSABLE: L. Meléndez T.			
PK / MUESTRA	: AFIRMADO CON 0% DE CENIZA DE ARROZ			FECHA MUESTREO: 13/05/2021			
	: C- 01 M - 01			FECHA EJECUCIÓN: 15/05/2021			
DATOS DE LA MUESTRA							
Muestra N° 1	Diametro Molde	6"	Volumen Molde	2060	m3.	N° de capas	5
	Método	C	Peso Molde	6994	gr.	N° de golpes	56Glp.
ENSAYOS N°		1	2	3	4		
Peso Suelo + Molde	gr.	11,378	11,524	11,692	11,666		
Peso Suelo Humedo Compactado	gr.	4,384	4,530	4,698	4,672		
Peso Volumetrico Humedo	gr.	2,128	2,199	2,281	2,288		
Recipiente Numero		13	14	15	16		
Peso Suelo Humedo + Tara	gr.	114.30	117.69	114.65	115.74		
Peso Suelo Seco + Tara	gr.	108.58	109.89	105.43	104.86		
Tara	gr.	18.10	19.16	18.10	18.54		
Peso del agua	gr.	5.72	7.80	9.22	10.88		
Peso del Suelo Seco	gr.	90.48	90.73	87.33	86.22		
Contenido de agua	%	6.32	8.60	10.56	12.62		
Densidad Seca del Suelo	gr/cc	2.002	2.025	2.063	2.014		
RESULTADOS							
Densidad Máxima Seca	2.064	(gr/cm3)	Humedad óptima	10.85			
RELACION HUMEDAD - DENSIDAD SECA							

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
ING. JOSÉ REINER GUERRERO ESTELA  
ING. JOSÉ REINER GUERRERO ESTELA

MAGMA SERVICIOS GENERALES DE INGENIERIA S.A.C.  
ING. LUIS G. MELÉNDEZ TRUJILLO  
GERENTE TÉCNICO

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS															
RELACION SOPORTE CALIFORNIA - CBR															
(MTC E-132 / ASTM D-1883)															
PROYECTO	: INCORPORACIÓN DE CENIZA DE CASCARA DE ARROZ PARA INCREMENTAR EL CBR EN EL AFIRMADO, JAÉN 2021														
SOLICITA	: JOSÉ REINER GUERRERO ESTELA														
	: ELVIS VERGARA SECERRA														
UBICACIÓN	: JAÉN - JAÉN - CAJAMARCA			T.C.O. RESPONSABLE: J. Soberón H.											
MATERIAL	: AFIRMADO CON 6% DE CENIZA DE ARROZ			ING. RESPONSABLE: L. Meléndez T.											
PK / MUESTRA	: C-01 M-01			FECHA MUESTREO: 13/05/2021											
				FECHA EJECUCIÓN: 15/05/2021											
DATOS DE LA MUESTRA															
CALCULO DEL CBR															
Molde Nº	10		14		16										
Capas Nº	5		5		5										
Golpes por capa Nº	56		25		12										
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO									
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	9775.00	9810.00	9550.00	9629.00	8790.00	8910.00									
Peso de molde (g)	5000.00	5000.00	4944.00	4944.00	4294.00	4294.00									
Peso del suelo húmedo (g)	4775.00	4810.00	4606.00	4685.00	4496.00	4616.00									
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2104.94	2104.94	2104.92	2104.92	2094.07	2094.07									
Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	2.268	2.285	2.188	2.226	2.147	2.204									
Tara (Nº)	5	1	7	15	9	4									
Peso suelo húmedo + tara (g)	113.85	108.02	116.51	114.25	107.48	113.53									
Peso suelo seco + tara (g)	104.94	96.14	108.06	102.45	98.79	101.23									
Tara (g)	18.83	17.63	18.64	18.10	18.71	18.82									
Peso de agua (g)	8.91	11.88	8.45	11.80	8.69	12.30									
Peso de suelo seco (g)	86.11	78.51	89.42	84.35	80.08	82.41									
Contenido de humedad (%)	10.35	15.13	9.45	13.99	10.85	14.93									
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	2.056	1.985	1.999	1.953	1.937	1.918									
EXPANSION															
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION					
				mm	%		mm	%		mm	%				
15/05/21	15:30	0	6.39	0.000	0.000	7.54	0.000	0.000	6.16	0.000	0.000				
16/05/21	15:30	24	6.55	0.160	0.138	7.56	0.020	0.017	6.47	0.310	0.267				
17/05/21	15:30	48	6.64	0.250	0.215	7.58	0.040	0.034	6.59	0.430	0.370				
18/05/21	15:30	72	6.70	0.310	0.267	7.70	0.160	0.136	6.70	0.540	0.464				
19/05/21	15:30	96	6.73	0.340	0.292	7.73	0.190	0.163	6.74	0.580	0.499				
PENETRACION															
PENETRACION		CARGA		MOLDE Nº		M-10		MOLDE Nº		M-14		MOLDE Nº		M-16	
		STAND.	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION			
mm	pulg.	Kg/cm <sup>2</sup>	Dial (kgf)	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	%	Dial (kgf)	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	%	Dial (kgf)	Kg/cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	%	
0.000	0.000		0	0			0	0			0	0			
0.635	0.025		117.3	6.0			105.0	5.4			85.7	4.4			
1.270	0.050		289.6	14.8			215.2	11.0			182.5	9.3			
1.905	0.075		511.9	26.1			424.2	21.6			373.2	19.0			
2.540	0.100	70.31	729.1	37.1	-	52.8	633.2	32.3	-	45.9	479.3	24.4	-	34.7	
3.810	0.150		1134.9	57.8			869.8	44.3			646.5	32.9			
5.080	0.200	105.46	1421.5	72.4	-	68.7	1131.9	57.7	-	54.7	768.9	39.2	-	37.1	
6.350	0.250		1639.7	83.5			1478.6	75.3			866.8	44.2			
7.620	0.300		1800.8	91.7			1692.7	86.2			951.4	48.5			
10.160	0.400		2080.2	106.0			1828.4	93.1			1082.9	55.2			
12.700	0.500		2567.8	120.6			1881.4	95.8			1197.2	61.0			
<b>OBSERVACIONES:</b>															

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
ING. ANÍTO H. SOBERÓN HERRERA  
DIRECTOR TÉCNICO

MAGMA SERVICIOS GENERALES DE INGENIERIA S.A.C.  
ING. LUIS G. MELÉNDEZ TRUJILLO  
GERENTE TÉCNICO

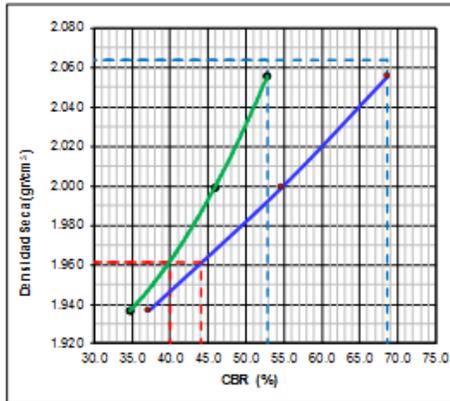
**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS**  
**RELACION SOPORTE CALIFORNIA - CBR**  
**(MTC E-132 / ASTM D-1883)**

**PROYECTO** : INCORPORACIÓN DE CENIZA DE CASCARA DE ARROZ PARA INCREMENTAR EL CBR EN EL AFIRMADO, JAÉN 2021  
**SOLICITA** : JOSÉ REINER GUERRERO ESTELA  
: ELVIS VERGARA BECERRA  
**UBICACIÓN** : JAÉN - JAÉN - CAJAMARCA  
**MATERIAL** : AFIRMADO CON 6% DE CENIZA DE ARROZ  
**PK / MUESTRA** : C-01M-01

**TCO. RESPONSABLE**: J. Soberón H.  
**ING. RESPONSABLE**: L. Méndez T.  
**FECHA MUESTREO**: 13/05/2021  
**FECHA EJECUCIÓN**: 19/05/2021

**DATOS DE LA MUESTRA**

**REPRESENTACION GRAFICA DEL CBR**



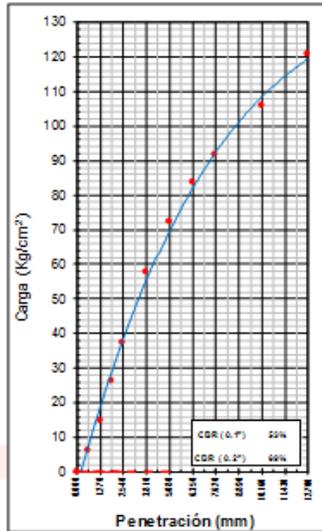
<b>METODO DE COMPACTACION</b>	: AASHTO T-180
<b>MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm<sup>3</sup>)</b>	: 2.064
<b>OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)</b>	: 10.85
<b>95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm<sup>3</sup>)</b>	: 1.961

**RESULTADOS:**

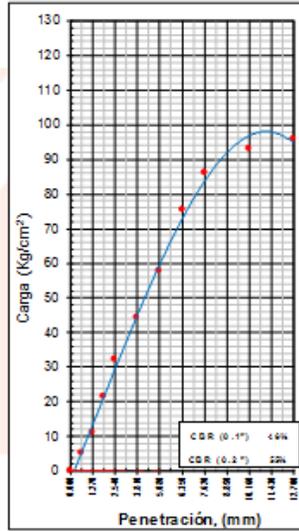
Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. a 0.1"	= 52.83 %
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. a 0.1"	= 40.08 %
Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. a 0.2"	= 68.67 %
Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. a 0.2"	= 44.00 %

**OBSERVACIONES:**

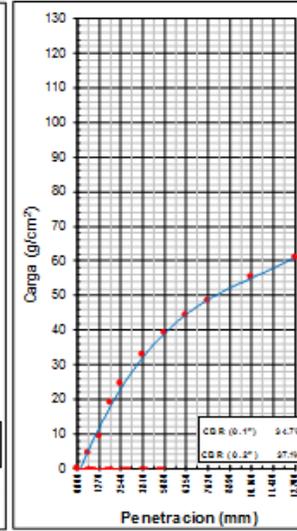
**EC = 56 GOLPES**



**EC = 25 GOLPES**



**EC = 12 GOLPES**



**OBSERVACIONES:**

El valor de CBR obtenido es de 52.83% a 0.1\"/>

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
ING. JUANITO H. SOBERÓN HERRERA  
REG. Nº 14318

MAGMA SERVICIOS GENERALES DE INGENIERIA S.A.C.  
ING. LUIS G. MÉNDEZ TRIESTI  
GERENTE TÉCNICO

**Tabla 01. RESUMEN DE RESULTADOS DE LABORATORIO**

Muestra	Granulometría (%) < 3"			Límite de Atterberg			Proctor		CBR		Clasificación	
	Grava	Arena	Finos	LL	LP	IP	MDS	OCH	100%	95%	SUCS	AASHTO
M1 0%	46.20	38.28	15.52	23.28	19.43	3.85	2.12	8.28	63.91	41.30	GM	A-1-b(0)
M2 2%	44.07	39.20	16.73	29.37	23.34	6.03	2.12	9.42	69.16	44.80	GM	A-2-4(0)
M3 4%	41.00	40.91	18.09	34.03	28.10	5.93	2.06	9.76	76.92	46.35	GM	A-1-b(0)
M4 6%	41.65	39.97	18.38	44.84	39.35	5.49	2.06	10.85	52.83	40.08	GM	A-1-b(0)

Fuente: Elaboración propia 2021.

#### 4. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

- ✓ El presente estudio de Mecánica de Suelos tiene carácter Descriptivo para los intereses de la investigación "INCORPORACIÓN DE CENIZA DE CASCARA DE ARROZ PARA INCREMENTAR EL CBR EN EL AFIRMADO, JAÉN 2021" las recomendaciones realizadas son adecuadas para la planificación de la parte constructiva de la Investigación.
- ✓ Al incrementar proporciones de ceniza de cascara de arroz al afirmado este tiende a variar su CBR natural.
- ✓ De la clasificación del afirmado se obtuvo un GM, lo que corresponde a una mezcla de grava-arena-limo.
- ✓ El estudio de suelos es válido solo para la presente Investigación.
- ✓ Se sugiere realizar todos los ensayos correspondientes de acuerdo a las normas especificadas.
- ✓ De los porcentajes de la mezcla



LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS  
MAGMA SERVICIOS GENERALES DE INGENIERÍA S.A.S.  
CARLOS G. RUIZ  
GERENTE TÉCNICO



MAGMA SERVICIOS GENERALES DE INGENIERIA S.A.S.  
NO. 0001 G. RUIZ GERENTE TÉCNICO

**TABLA 02. COMPARACIÓN DE LAS CUATRO PRUEBAS**

Valor	Muestra Patrón (0%)	2% de CCA	4% de CCA	6% de CCA
<b>C.B.R. al 100% de la M.D.S A 0.1*</b>	63.91%	69.16%	76.92%	52.83%
<b>C.B.R. al 95% de la M.D.S A 0.1*</b>	41.30%	44.80%	46.35%	40.08%
<b>C.B.R. al 100% de la M.D.S A 0.2*</b>	70.24%	72.07%	89.21%	68.67%
<b>C.B.R. al 95% de la M.D.S A 0.2*</b>	42.10%	46.80%	50.80%	44.00%

Fuente: Elaboración propia 2021.

**Interpretación:** La dosificación adecuada de ceniza de cascara de arroz en el afirmado, es la del 4% de ceniza como punto óptimo de diseño, con un CBR al 100% de la densidad máxima seca cuyo valor obtenido es de 76.92%.



## PANEL FOTOGRÁFICO



**FOTOGRAFIA N° 06:** Apreciación del horno donde se realiza el quemado del ladrillo artesanal con cascara de arroz de donde obtiene la ceniza.



**FOTOGRAFIA N° 07:** Ceniza de cascara de arroz obtenido después del quemado del ladrillo artesanal.

LABORATORIO  
DE MECÁNICA DE SUELOS  
*Alfonso*  
INGENIERO EN INGENIERÍA  
CIVIL Y GEOTÉCNICA

MAGMA SERVICIOS GENERALES  
DE INGENIERÍA S.A.S.  
ING. CARLOS WILSON JIMÉNEZ  
GERENTE TÉCNICO



FOTOGRAFÍA N° 08: Apreciación del acopio de afirmado en la Cantera Olano.



FOTOGRAFÍA N° 09: Extracción de la muestra "material de afirmado".



FOTOGRAFÍA N° 10: Determinación del % de humedad natural del afirmado



FOTOGRAFÍA N° 11: realizando el respectivo secado de las muestras en el horno.

LABORATORIO  
DE MECÁNICA DE SUELOS  
MAGMA  
S.A.C. - SUCURSAL SUCRE  
CALLE LAMBAYEQUE N° 170 - 172 - JAÉN

MAGMA SERVICIOS GENERALES  
DE INGENIERÍA S.A.C.  
ING. JORGE MELÉNDEZ BUSTI  
GERENTE TÉCNICO



**FOTOGRAFÍA N° 14:** Realizando el tamizado correspondiente de la muestra para el ensayo granulométrico.



**FOTOGRAFÍA N° 15:** Realizando el peso correspondiente del material retenido en cada tamiz.

LABORATORIO  
DE MECÁNICA DE SUELOS  
*[Signature]*  
MAGMA SERVICIOS GENERALES  
DE INGENIERÍA S.A.C.

MAGMA SERVICIOS GENERALES  
DE INGENIERÍA S.A.C.  
MAG. LUIS G. MALINDO PÉREZ  
GERENTE TÉCNICO



**FOTOGRAFÍA N° 16:** Realizando el pesado de la muestra más tara en la balanza gramera.



**FOTOGRAFÍA N° 17:** Realizando el Lavado de la muestra pasado en la malla N° 200.

LABORATORIO  
DE MECÁNICA DE SUELOS  
MAGMA S.A.S  
CALLE LAMBAYEQUE N° 170-172  
JAÉN

MAGMA SERVICIOS GENERALES  
DE INGENIERÍA S.A.S  
MAG. G. BALBUENA PASTI  
GERENTE TÉCNICO



FOTOGRAFÍA N° 18: Realizando la trituración de la muestra.



FOTOGRAFÍA N° 19: Realizando el tamizado del suelo en la malla N° 200.



**FOTOGRAFÍA N° 20:** Material del suelo más la ceniza de cascara de arroz con el 2%, 4% y 8%. Para los ensayos de límite líquido y limite plástico.



**FOTOGRAFÍA N° 21:** Incorporación del agua para ensayos de limite líquido y limite plástico con la incorporación del 2%, 4% y 8%.



**FOTOGRAFIA N° 22:** Colocando la muestra húmeda en la Copa de Casagrande para determinación su límite líquido.



**FOTOGRAFIA N° 23:** Utilizando el scanalador para dividir la muestra contenida en la Copa de Casagrande.



**FOTOGRAFIA N° 24:** Realizando el peso de la muestra más la tara en la balanza gramera.



**FOTOGRAFIA N° 25:** Realizando el límite plástico con cada una de las muestras del suelo con 0%, 2%, 4% y 6% de ceniza de cascara de arroz.

LABORATORIO  
DE MECÁNICA DE SUELOS  
MAGMA  
SERVICIOS GENERALES DE INGENIERÍA S.A.S

MAGMA SERVICIOS GENERALES  
DE INGENIERÍA S.A.S.  
ING. JORGE ARIAS  
GERENTE TÉCNICO



FOTOGRAFÍA N° 26: Se realizó el peso correspondiente del límite plástico más la tara en la balanza electrónica.



FOTOGRAFÍA N° 27: Realizando el tamizado del material de afirmado por la malla 3/4" para luego realizar los ensayos del Proctor Modificado y el CBR.

LABORATORIO  
DE MECÁNICA DE SUELOS  
MAGMA  
ING. GUSTAVO BALBUENA  
2022/11/14

MAGMA SERVICIOS GENERALES  
DE INGENIERIA S.A.S.  
ING. GUSTAVO BALBUENA  
GERENTE TÉCNICO



**FOTOGRAFÍA N° 28:** Material de afirmado tamizado, incorporado ceniza de cascara de arroz con porcentajes de 0%, 2%, 4% y 6% para obtener el contenido óptimo de humedad en el ensayo de Proctor Modificado.



**FOTOFOTOGRAFÍA N° 29:** Realizando el ensayo de Proctor Modificado proporcionando golpes con el martillo para compactar la muestra.





**FOTOGRAFÍA N° 32:** Realizando el ensayo de CBR proporcionando su número golpes correspondientes con el martillo para compactar la muestra.



**FOTOGRAFÍA N° 33:** Realizando el pesado de la muestra compactada más el molde.

LABORATORIO  
DE MECÁNICA DE SUELOS  
*Alfonso*  
ING. CIVIL Y AMBIENTAL  
INGENIERO TÉCNICO

MAGMA SERVICIOS GENERALES  
DE INGENIERÍA S.A.C.  
ING. CIVIL Y AMBIENTAL  
INGENIERO TÉCNICO



**FOTOGRAFIA N° 34:** Acondicionando las pesas a los moldes, para luego sumergirlas en el agua.



**FOTOGRAFIA N° 35:** Realizando la primera lectura con el Dial para medir el hinchamiento, luego sumergirlo en el agua.

LABORATORIO  
DE MECÁNICA DE SUELOS  
MAGMA  
INGENIERÍA S.A.S.  
CALLE 170 - 172 JAÉN

MAGMA SERVICIOS GENERALES  
DE INGENIERÍA S.A.S.  
ING. GUSTAVO ANTONIO PÉREZ  
GERENTE TÉCNICO



**FOTOGRAFÍA N° 36:** Realizando las lecturas con el Dial para medir el hinchamiento.



**FOTOGRAFÍA N° 37:** Moldes retirados del tanque de agua, para luego realizar el ensayo de penetración en la prensa de CBR.



FOTOGRAFIA N° 38: Realizando el ensayo de penetración CBR con las incorporaciones de ceniza de cascara de arroz al 0%, 2%, 4% y 6%.

# Registro de la Propiedad Industrial

## Oficina de Signos Distintivos

CERTIFICADO N° 00042358

La Oficina de Signos Distintivos del Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual – INDECOPI, certifica que por mandato de la Resolución N° 010408-2006/OSD - INDECOPI de fecha 07 de Julio de 2006, ha quedado inscrito en el Registro de Marcas de Servicio, el siguiente signo:

Signo :



Distingue : Ensayos de laboratorio de mecánica de suelos y concreto para obras y proyectos de irrigación, hidroenergéticas, viales, edificaciones en general; servicios científicos y tecnológicos así como servicios de investigación y diseño relativos a actividades de ingeniería

Clase : 42 de la Clasificación Internacional.

Solicitud : 0266428-2006

Titular : MAGMA SERVICIOS GENERALES DE INGENIERIA S.A.C.

País : PERU



00000000000000000000

Vigencia : 07 de Julio de 2016

Resolución de G. O. 010 - 2006 Reg. Indecopi

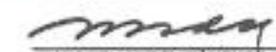
Uso:  
El presente signo es propiedad de la sociedad denominada SERVICIOS GENERALES DE INGENIERIA S.A.C. inscrita en el Registro de Marcas de Servicio de INDECOPI.

**1. ANEXO**  
Las marcas 00042358 y 00042359 de la sociedad SERVICIOS GENERALES DE INGENIERIA S.A.C. inscritas en el Registro de Marcas de Servicio de INDECOPI, se refieren a una misma actividad inscrita en la Clase 42 de la Clasificación Internacional de Marcas de Servicio, y a una misma actividad inscrita en la Clase 42 de la Clasificación Internacional de Marcas de Servicio.

En virtud de haberse cumplido con los requisitos establecidos en el presente procedimiento, se inscriben en el Registro de Marcas de Servicio de INDECOPI las marcas 00042358 y 00042359 de la sociedad SERVICIOS GENERALES DE INGENIERIA S.A.C. inscrita en el Registro de Marcas de Servicio de INDECOPI.

El presente Registro de Marcas de Servicio de INDECOPI, se inscribe en el Registro de Marcas de Servicio de INDECOPI, en virtud de haberse cumplido con los requisitos establecidos en el presente procedimiento, y de haberse inscrito en el Registro de Marcas de Servicio de INDECOPI.

**2. INFORMACIÓN DE CONTACTO DE LA OFICINA DE SIGNOS DISTINTIVOS**  
INDECOPI - Oficina de Signos Distintivos de la Presidencia del Consejo de Ministros, Instituto Nacional de Defensa de la Competencia y de la Protección de la Propiedad Intelectual, Av. José Pardo 1201, Lima, Perú. Teléfono: (51) 1 476 0000. Correo electrónico: [osd@indecopi.gob.pe](mailto:osd@indecopi.gob.pe)

  
**MIGUEL ANGEL SÁNCHEZ**  
**DEL SOLAR QUINONES**  
Jefe de la Oficina  
de Signos Distintivos  
INDECOPI



  
Miguel Ángel Sánchez Torres  
Jefe de la Oficina de Signos Distintivos  
INDECOPI



**LABORATORIO DE METROLOGÍA**  
**CALIDAD Y RESPONSABILIDAD ES NUESTRA MAYOR GARANTÍA**

LABORATORIO S.A.C.

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 106-2020 GLM

Página 1 de 3

FECHA DE EMISIÓN : 2020-07-31

**1. SOLICITANTE** : **MAGMA SERVICIOS GENERALES DE INGENIERIA SAC**

**DIRECCIÓN** : CAL LAMBAYEQUE NRO. SIN SECTOR PUEBLO NUEVO (LAMBAYEQUE 170 Y 172) CAJAMARCA - JAEN

**2. INSTRUMENTO DE MEDICIÓN** : **BALANZA**

MARCA : OHAUS

MODELO : TAJ602

NÚMERO DE SERIE : 7131362056

ALCANCE DE INDICACIÓN : 600 g

DIVISIÓN DE ESCALA / RESOLUCIÓN : 0.01 g

DIVISIÓN DE VERIFICACIÓN ( e ) : 0.1 g

PROCEDENCIA : U.S.A

IDENTIFICACIÓN : NO PRESENTA

TIPO : ELECTRÓNICA

UBICACIÓN : LABORATORIO

FECHA DE CALIBRACIÓN : 2020-07-17

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura  $k=2$ . La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la Incertidumbre en la medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95 %.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

G & L LABORATORIO S.A.C no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

### 3. PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN

Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase I y II; PC - 011 del SNM-INDECOPI, EDICIÓN 4\* - ABRIL, 2010.

### 4. LUGAR DE CALIBRACIÓN

LAB. DE SUELOS Y CEMENTO - MAGMA SERVICIOS GENERALES DE INGENIERIA SAC  
CAL LAMBAYEQUE NRO. SIN SECTOR PUEBLO NUEVO (LAMBAYEQUE 170 Y 172) CAJAMARCA - JAEN



G&L LABORATORIO S.A.C

Av. Miraflores Mz. 2 Lt. 60 Urb. Santa Elisa II Etapa Los Olivos - Lima  
Teléfono: (01) 822 - 5814

Celular: 992 - 302 - 663 / 962 - 227 - 808

Correo: [servicioalcliente@laboratorio.com](mailto:servicioalcliente@laboratorio.com) / [laboratorio@laboratorio@gmail.com](mailto:laboratorio@laboratorio@gmail.com)

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE G&L LABORATORIO S.A.C



**5. CONDICIONES AMBIENTALES**

	Inicial	Final
Temperatura	29.3 °C	29.4 °C
Humedad Relativa	45 %	67 %

**6. TRAZABILIDAD**

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
Patrones de referencia de <b>DM - INACAL</b>	Pesas (exactitud E2)	LM - C - 076 - 2020

**7. OBSERVACIONES**

Para 600 g la balanza indicó 599.97 g. Se ajustó y se procedió a su calibración.  
 Los errores máximos permitidos (emp) para esta balanza corresponden a los emp para balanzas en uso de funcionamiento no automático de clase de exactitud II, según la Norma Metrologica Peruana 004 - 2010, Instrumentos de Pesaje de Funcionamiento no Automático.  
 Se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALIBRADO".

**8. RESULTADOS DE MEDICIÓN**

INSPECCIÓN VISUAL			
AJUSTE DE CERO	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	CURSOR	NO TIENE
PLATAFORMA	TIENE	NIVELACIÓN	TIENE
SISTEMA DE TRABAJO	TIENE		

**ENSAYO DE REPETIBILIDAD**

Medición	Carga L1+ 300.00 g			Carga L2+ 600.00 g		
	kg	Δ L (mg)	E (mg)	kg	Δ L (mg)	E (mg)
1	299.99	5	-11	600.01	6	9
2	299.99	5	-10	600.01	8	7
3	299.99	5	-10	600.01	6	9
4	299.99	5	-11	600.01	7	8
5	299.99	7	-12	600.01	7	8
6	299.99	5	-11	600.01	7	8
7	299.99	5	-11	600.01	7	8
8	299.99	5	-11	600.01	6	9
9	299.99	5	-11	600.01	7	8
10	299.99	5	-10	600.01	6	9
Máxima			2	2		
Error máximo permitido e			500 mg	e	200 mg	







LABORATORIO DE METROLOGÍA  
CALIDAD Y RESPONSABILIDAD ES NUESTRA MAYOR GARANTÍA

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN – LABORATORIO DE FUERZA**  
Calibration Certificate – Laboratory of Force

**OBJETO DE PRUEBA:**

Instrument  
**Rangos**  
Measurement ranges  
**FABRICANTE**  
Manufacturer  
**Modelo**  
Model  
**Serie**  
Identification number  
**Ubicación de la máquina**  
Location of the machine  
**Norma de referencia**  
Norm of used reference  
**Intervalo calibrado**  
Calibrated interval  
**Solicitante**  
Customer  
**Dirección**  
Address  
**Ciudad**  
City  
**PATRON(ES) UTILIZADO(S)**  
Measurement standard  
**Tipo / Modelo**  
Type / Model  
**Rangos**  
Measurement ranges  
**Fabricante**  
Manufacturer  
**No. serie**  
Identification number  
**Certificado de calibración**  
Calibration certification  
**Incertidumbre de medida**  
Uncertainty of measurement  
**Método de calibración**  
Method of calibration  
**Unidades de medida**  
Units of measurement  
**FECHA DE CALIBRACIÓN**  
Date of calibration  
**FECHA DE EXPEDICIÓN**  
Date of issue

**MÁQUINA DE ENSAYOS A COMPRESIÓN**

**50 kN**  
**PINZUAR LTDA.**  
**PS – 25**  
**255**  
LAB. DE SUELOS Y CONCRETO – MAGMA SERVICIOS GENERALES DE INGENIERIA SA  
NTC – ISO 7500 – 1 ( 2007 – 07 – 25 )  
Del 10% al 100% del Rango  
**MAGMA SERVICIOS GENERALES DE INGENIERIA SAC**  
CAL LAMBAYEQUE NRO. 5N SECTOR PUEBLO NUEVO (LAMBAYEQUE 170 Y 172) CAJAMARCA  
JAEN  
T71P / DEF – A  
5 tn  
OHAUS / KELI  
B504530209 / AGB8505  
N° 301 – 2019 GLF  
0.062 %  
Comparación Directa  
Sistema Internacional de Unidades ( SI )  
**2020 – 07 – 17**  
**2020 – 07 – 31**

Pág. 1 de 4

**NÚMERO DE PÁGINAS DEL CERTIFICADO INCLUYENDO ANEXOS**

4

**FIRMAS AUTORIZADAS**

Authorised signatories  
  
Téc. Gilmer A. Huarcay Pognioma  
Responsable de Metrología



**G&L LABORATORIO S.A.C**

Av. Miraflores Mz. E Ll. 80 Urb. Santa Elisa II Etapa Los Olivos – Lima  
Teléfono: (01) 622 – 5814  
Celular: 992 – 302 – 883 / 982 – 227 – 858

Correo: [servicio@gallaboratorio.com](mailto:servicio@gallaboratorio.com) / [laboratorio@gallaboratorio.com](mailto:laboratorio@gallaboratorio.com)

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE G&L LABORATORIO S.A.C



**LABORATORIO DE METROLOGÍA**  
**CALIDAD Y RESPONSABILIDAD ES NUESTRA MAYOR GARANTÍA**

**CERTIFICADO DE CALIBRACION**

**NÚMERO 100-2020 GLF**

**Pág. 2 de 4**

**Método de Calibración:** FUERZA INDICADA CONSTANTE  
**Tipo de Instrumento:** MÁQUINA SEMIAUTOMÁTICA DIGITAL PARA ENSAYOS MARSHALL Y C

**DATOS DE LA CALIBRACION**

**Dirección de la Carga:** COMPRESIÓN **Resolución:** 0.002 kN

Indicación de la Máquina		Series de medición: Indicación del Patrón				
		1 (ASC)	2 (ASC)	2 (DESC)	3 (ASC)	4 (ASC)
%	kN	kN	kN	No Aplica	kN	No Aplica
10	5.00	4.97	4.97		5.03	
20	10.00	9.96	9.97		10.06	
30	15.00	14.96	14.96		15.06	
40	20.00	19.96	19.96		20.06	
50	25.00	24.97	24.95	No Aplica	25.09	No Aplica
60	30.00	29.98	29.95		30.07	
70	35.00	35.00	34.94		35.08	
80	40.00	40.01	39.95		40.09	
90	45.00	45.05	44.94		45.09	
100	50.00	50.15	50.04		50.10	
Indicación después de Carga:		0.00	0.00		0.00	No Aplica

**RESULTADO DE LA CALIBRACION**

Indicación de la Máquina		Errores Relativos Calculados				Resolución Relativa a (%)	Incertidumbre Relativa U± (%) k=2
		Exactitud q (%)	Repetibilidad b (%)	Reversibilidad v (%)	Accesorios Acces. (%)		
%	kN						
10	5.00	0.20	1.20			0.040	0.808
20	10.00	0.03	1.00			0.020	0.644
30	15.00	0.04	0.67			0.013	0.455
40	20.00	0.03	0.50			0.010	0.348
50	25.00	-0.01	0.56	No Aplica	No Aplica	0.008	0.363
60	30.00	0.00	0.40			0.007	0.260
70	35.00	-0.02	0.40			0.006	0.252
80	40.00	-0.04	0.35			0.005	0.225
90	45.00	-0.06	0.33			0.004	0.222
100	50.00	-0.19	0.22			0.004	0.160
Error Relativo de Cero fo (%)		0.00	0.00	0.00	0.00	No Aplica	

Técnico de Calibración: Gilmer Huamán Poquioma

**CONDICIONES AMBIENTALES**

La calibración se realizó bajo las siguientes condiciones ambientales:

Temperatura Mínima: 25.4 °C  
 Temperatura Máxima: 26.6 °C

Humedad Mínima: 50.0 %Hr  
 Humedad Máxima: 67.0 %Hr



G&L LABORATORIO S.A.C

Av. Miraflores Mz. E Lt. 80 Urb. Santa Elisa II Etapa Los Olivos - Lima  
 Teléfono: (01) 522 - 5814  
 Celular: 982 - 302 - 883 / 982 - 227 - 856

Correo: [ventas@gallaboratorio.com](mailto:ventas@gallaboratorio.com) / [laboratorio@gallaboratorio.com](mailto:laboratorio@gallaboratorio.com)

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE G&L LABORATORIO S.A.C



LABORATORIO DE METROLOGÍA  
CALIDAD Y RESPONSABILIDAD ES NUESTRA MAYOR GARANTÍA

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

NÚMERO **100-2020 GLF**

Pág. 3 de 4

### CLASIFICACIÓN DE MÁQUINA DE ENSAYOS A COMPRESIÓN

Errores relativos absolutos máximos hallados					
Exactitud q (%)	Repetibilidad b (%)	Reversibilidad v (%)	Accesorios aces (%)	Cero fe (%)	Resolución a (%) en el 20%
0,19	1,00	No Aplica	No Aplica	0,00	0,020

De acuerdo con los datos anteriores y según las prescripciones de la norma técnica Peruana NTC-ISO 7500-1, la máquina de ensayos se clasifica: **CLASE 2 Desde el 20%**

### MÉTODO DE CALIBRACIÓN

Procedimiento de calibración se realizó por el método de comparación directa utilizando patrones trazables de SI calibrados en las instituciones del LEDI-PUCP tomando como referencia el método descrito en la norma UNE-EN ISO 7500-1 "Verificación Máquinas de Ensayo Uniaxiales Estáticos Parte 1: Máquinas de ensayo de tracción / compresión. Verificación y calibración del sistema de medida de fuerza" – Julio 2006.

### PATRONES DE REFERENCIA

El laboratorio de Metrología de G & L LABORATORIO S.A.C. asegura el mantenimiento y la trazabilidad de nuestra Celda de Carga HBM, #Serie: 87747 con LLF = 0,39, Patrón utilizado Celda de carga de 150 t. con incertidumbre del orden de 0,06 % con INFORME TÉCNICO LEA – PUCP, INF – LE – 191 – 15.

### OBSERVACIONES .

- Se realizó una inspección general de la máquina encontrándose en buen estado de funcionamiento
- Los certificados de calibración sin las firmas no tienen validez .
- El usuario es responsable de la recalibración de los instrumentos de medición. "El tiempo entre las verificaciones depende del tipo de máquina de ensayo, de la norma de mantenimiento y de la frecuencia de uso. A menos que se especifique lo contrario, se recomienda que se realicen verificaciones a intervalos no mayores a 12 meses." (NTC-ISO 7 500-1)
- "En cualquier caso, la máquina debe verificarse si se realiza un cambio de ubicación que requiera desmontaje, o si se somete a ajustes o reparaciones importantes." (NTC-ISO 7 500-1)
- Este certificado expresa fielmente el resultado de las mediciones realizadas. No podrá ser reproducido parcialmente, excepto cuando se haya obtenido permiso previamente por escrito del laboratorio que lo emite.
- Los resultados contenidos en este certificado se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones. El laboratorio que lo emite no se responsabiliza de los perjuicios que puedan derivarse del uso inadecuado de los instrumentos.
- La calibración se realizó bajo condiciones establecidas en la NTC-ISO 7 500 - 1 de 2007, numeral 6,4,2. La cual especifica un intervalo de temperatura comprendido entre 10 °C y 35 °C; con una variación máxima de 2 °C durante cada serie de mediciones.
- Se adjunta al presente certificado la estampilla de calibración No. **100-2020 GLF**

FIRMAS AUTORIZADAS

Téc. Gilmar A. Huamán Poquioma  
Responsable Laboratorio de Metrología



G&L LABORATORIO S.A.C

Av. Miraflores Mz. E Ll. 00 Urb. Santa Elisa II Etapa Los Olivos – Lima  
Teléfono: (01) 622 – 5814  
Celular: 992 – 302 – 663 / 962 – 227 – 858

Correo: [servicioalcliente@laboratorio.com](mailto:servicioalcliente@laboratorio.com) / [laboratorio@laboratorio.com](mailto:laboratorio@laboratorio.com)

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE G&L LABORATORIO S.A.C



**LABORATORIO DE METROLOGÍA**  
**CALIDAD Y RESPONSABILIDAD ES NUESTRA MAYOR GARANTÍA**

LABORATORIO S.A.C.

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN**

**NUMERO** 00-2020 GLT

TABLA DE CALIBRACIÓN

Pág. 4 de 4

Carga en kN =  $A_0 + (A_1 \cdot X) + (A_2 \cdot X^2) + (A_3 \cdot X^3)$ , donde X = Lectura del Dial

$A_0 = 9.67000E-03$

$A_2 = -1.59441E-04$

$A_1 = 1.00555E+00$

$A_3 = 1.69366E-06$

Desvio estandar del ajuste = 0.01622 kN

Lecturas	Carga en kN									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	
10	10.05	11.05	12.06	13.06	14.06	15.06	16.06	17.07	18.07	19.07
20	20.07	21.07	22.07	23.07	24.07	25.08	26.08	27.08	28.08	29.08
30	30.08	31.08	32.08	33.08	34.08	35.08	36.08	37.08	38.08	39.08
40	40.08	41.08	42.09	43.09	44.09	45.09	46.09	47.09	48.10	49.10
50	50.10									

FIRMA AUTORIZADA

Téc. **Orimar A. Huamani Poquioma**  
 Responsable Laboratorio de Metrología



G&L LABORATORIO S.A.C

Av. Miraflores Mz. 2 Lt. 80 Urb. Santa Elisa II Etapa Los Olivos - Lima  
 Teléfono: (01) 622 - 3614

Celular: 992 - 302 - 863 / 962 - 227 - 858

Correo: [ventas@gl.com](mailto:ventas@gl.com) / [laboratorio@gl.com](mailto:laboratorio@gl.com)

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE G&L LABORATORIO S.A.C



## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 103-2020 GLT

Página 1 de 4

Fecha de Emisión : 2020-07-31

**1. SOLICITANTE** : **MAGMA SERVICIOS GENERALES DE INGENIERIA SAC**

**DIRECCIÓN** : CALLABAYQUE NRO. 01 SECTOR PUEBLO NUEVO (LAMBAYEQUE 170 Y 172) CAJAMARCA - JAEN

**2. EQUIPO DE MEDICIÓN:** **HORNO ELÉCTRICO**

**MARCA** : **IDUSEL S.A**  
**MODELO** : HES-20  
**NÚMERO DE SERIE** : 40800005  
**PROCEDENCIA** : NO PRESENTA  
**IDENTIFICACIÓN** : NO PRESENTA  
**UBICACIÓN** : Laboratorio

### Descripción del Termómetro del Equipo

**Tipo** : ANALÓGICO  
**Alcance de Indicación** : 0 °C a 300 °C  
**División de Escala** : 10 °C

**3. FECHA Y LUGAR DE CALIBRACIÓN**

Calibrado el 2020-07-17

La calibración se realizó en el LAB. DE SUELOS, CONCRETO - MAGMA SERVICIOS GENERALES DE INGENIERIA SAC

**4. PROCEDIMIENTO DE CALIBRACIÓN**

La calibración se efectuó por comparación directa con termómetros patrones calibrados que tienen trazabilidad a la Escala Internacional de Temperatura de 1990, se usó el procedimiento PC-016 "Calibración de Medios con Aire como Medio Termostático", edición 2, Junio 2009, del SNM-INDECOPI - Perú.

**5. CONDICIONES DE CALIBRACIÓN**

	Inicial	Final
Temperatura °C	25.4	29.2
Humedad Relativa %RH	48	67

**6. TRAZABILIDAD**

Los resultados de calibración tienen trazabilidad a los patrones nacionales, reportados de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
TOTAL WEIGHT	Termómetro de indicación digital de 10 lecturas	CC - 2505 - 2019

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura  $k=2$ . La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la Incertidumbre en la medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95 %.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

G & L LABORATORIO S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.



GAL LABORATORIO S.A.C

Av. Miraflores Mz. E Lt. 60 Urb. Santa Elisa II Etapa Los Olivos - Lima  
Teléfono: (01) 622 - 5814

Celular: 992 - 302 - 883 / 962 - 227 - 858

Correo: [ventas@gallaboratorio.com](mailto:ventas@gallaboratorio.com) / [laboratorio@gallaboratorio.com](mailto:laboratorio@gallaboratorio.com)

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE GAL LABORATORIO S.A.C



**T. RESULTADOS DE MEDICIÓN**

**TEMPERATURA DE TRABAJO : 110°C ± 10 °C**

Tiempo (min)	Termómetro del equipo (°C)	Indicación termómetros patronas (°C)										T. Prom. (°C)	Tmax-Tmin. (°C)
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
00	110	110.3	109.7	108.8	111.6	111.3	109.1	111.8	112.3	110.8	110.0	110.6	3.5
02	110	110.2	109.7	108.8	111.6	111.3	109.2	111.8	112.6	110.7	110.8	110.7	3.8
04	110	110.3	109.8	108.8	111.7	111.3	109.2	111.8	112.5	110.6	110.5	110.7	3.7
06	110	110.3	109.8	108.7	111.6	111.2	109.3	111.7	112.3	110.6	110.6	110.6	3.6
08	110	110.3	109.9	108.8	111.6	111.2	109.4	111.6	112.4	110.6	110.6	110.6	3.6
10	110	110.4	109.9	108.8	111.5	111.2	109.3	111.7	112.3	110.7	110.7	110.7	3.5
12	110	109.2	108.9	110.4	110.1	113.3	114.1	111.6	104.2	108.2	109.3	109.9	9.9
14	110	109.2	109.4	110.4	110.1	111.6	112.1	111.8	104.4	108.2	109.3	109.7	7.7
16	110	109.2	110.4	110.2	110.4	114.3	111.6	111.8	104.4	108.6	109.5	110.0	9.9
18	110	109.2	110.4	110.2	110.3	113.5	114.2	111.7	104.4	108.6	109.5	110.2	9.8
20	110	109.8	110.7	110.5	110.2	113.4	114.2	111.7	104.5	108.6	109.5	110.3	9.7
22	110	109.4	110.2	110.3	110.3	113.4	114.2	111.6	104.5	108.6	109.5	110.2	9.7
24	110	110.3	109.6	108.6	112.0	111.3	109.4	111.6	112.3	110.6	110.6	110.7	3.7
26	110	110.3	109.6	108.7	111.9	111.3	109.5	111.6	112.4	110.7	110.6	110.7	3.7
28	110	110.2	109.7	108.6	111.8	111.4	109.4	111.6	112.3	110.7	110.6	110.6	3.7
30	110	110.2	109.6	108.6	111.8	111.4	109.4	111.6	112.3	110.7	110.7	110.6	3.7
32	110	110.3	109.7	108.6	111.8	111.4	109.4	111.6	112.3	110.7	110.7	110.7	3.7
34	110	110.4	109.8	108.7	111.7	111.4	109.4	111.6	112.4	110.7	110.6	110.7	3.7
36	110	110.4	109.8	108.7	111.8	111.4	109.4	111.7	112.4	110.7	110.6	110.7	3.7
38	110	110.4	109.8	108.7	111.8	111.3	109.4	111.7	112.4	110.6	110.7	110.7	3.7
40	110	109.4	110.4	110.5	110.3	113.4	114.2	111.6	105.9	109.6	110.5	110.6	8.3
42	110	109.2	110.8	110.2	110.5	113.4	114.1	111.6	106.0	109.7	110.6	110.6	8.1
44	110	109.9	110.3	110.6	110.4	113.4	114.1	111.6	106.0	109.7	110.7	110.7	8.1
46	110	109.5	110.6	110.5	110.8	113.4	114.1	111.7	106.1	109.8	110.7	110.7	8
48	110	109.5	110.4	110.6	110.4	113.5	114.2	111.7	106.1	109.8	110.8	110.7	8.1
50	110	109.5	110.2	110.3	110.5	113.5	114.2	111.7	106.2	109.9	110.9	110.7	8.0
52	110	110.3	109.6	108.6	111.8	111.3	109.3	111.8	112.3	110.6	110.6	110.6	3.7
54	110	110.3	109.6	108.6	111.8	111.6	109.3	111.8	112.6	110.6	110.8	110.7	4
56	110	110.3	109.7	108.6	111.8	111.6	109.3	111.8	112.7	110.6	110.8	110.7	4.1
58	110	110.0	109.6	108.7	111.8	111.7	109.4	111.8	112.6	110.6	110.8	110.7	3.9
60	110	110.4	109.7	108.8	111.8	111.6	109.4	111.8	112.5	110.6	110.7	110.7	3.7
<b>T. PROM.</b>	110	110.0	109.9	109.4	111.2	112.1	111.1	111.7	109.6	110.1	110.4	110.5	
<b>T. MAX</b>	110	110.4	110.8	110.6	112.0	114.3	114.2	111.8	112.7	110.8	110.9		
<b>T. MIN</b>	110	109.2	108.9	108.6	110.1	111.2	109.1	111.6	104.2	108.2	109.3		
<b>DTT</b>	0.1	1.2	1.9	2.0	1.9	3.1	5.1	0.2	8.5	2.6	1.6		

PARÁMETRO	VALOR (°C)	INCERTIDUMBRE EXPANDIDA (°C)
Máxima Temperatura Medida	114.3	0.3
Mínima Temperatura Medida	104.2	0.3
Desviación de Temperatura en el Tiempo	8.5	0.1
Desviación de Temperatura en el Espacio	2.8	0.3
Estabilidad Medida (±)	4.25	0.04
Uniformidad Medida	9.9	0.3

T: PROM: Promedio de la temperatura en una posición de medición durante el tiempo de calibración.  
T. Prom: Promedio de las temperaturas en las diez posiciones de medición en un instante dado.  
T. MAX: Temperatura máxima.  
T. MIN: Temperatura mínima.  
DTT: Desviación de temperatura en el tiempo.





**8. OBSERVACIONES**

Los resultados obtenidos corresponden al promedio de 31 lecturas por punto de medición considerando, luego del tiempo de estabilización.

Las lecturas se iniciaron luego de un precalentamiento y estabilización de 2 min.

El esquema de distribución y posición de los termocoplas calibrados en los puntos de medición se muestra en la página 4.

(\*) Código asignado por G&L LABORATORIO S.A.C

Para la temperatura de 110°C

La calibración se realizó sin carga.

El promedio de temperatura durante la medición fue 110 °C.

Con fines de identificación se colocó una etiqueta autoadhesiva con la indicación "CALIBRADO".

La periodicidad de la calibración depende del uso, mantenimiento y conservación del instrumento de medición.

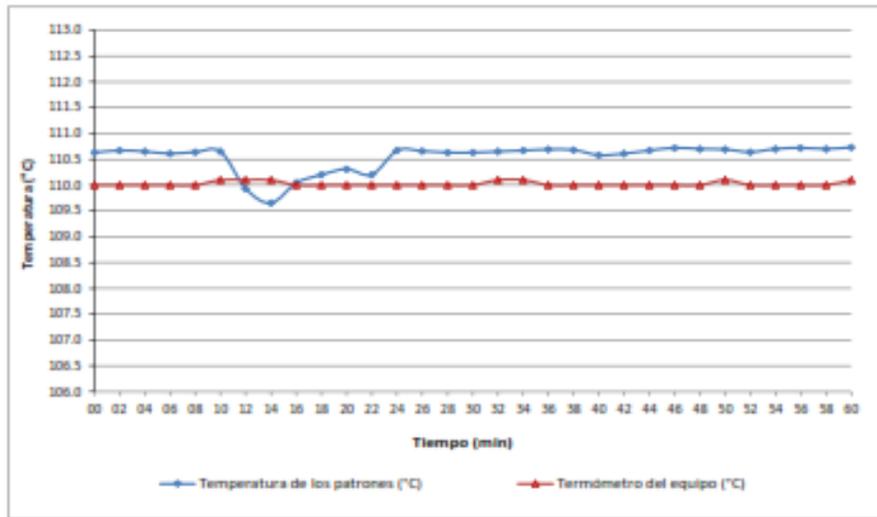
**NOTA:**

Los resultados contenidos en el presente documento son válidos únicamente para las condiciones del equipo durante la calibración. G&L LABORATORIO S.A.C. no se responsabiliza de ningún perjuicio que pueda derivarse del uso inadecuado del objeto calibrado.

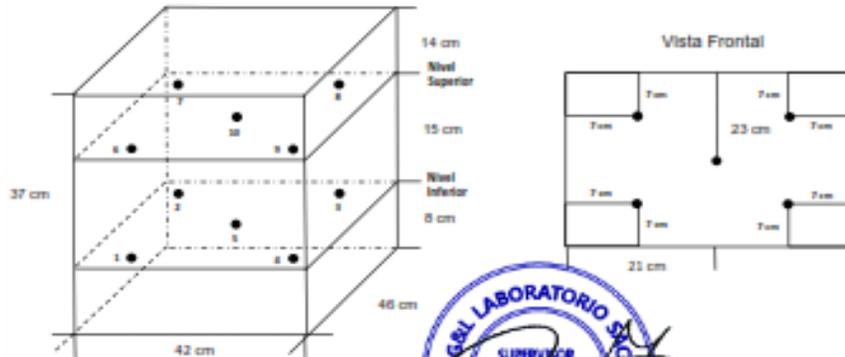
Una copia de este documento será mantenida en archivo electrónico en el laboratorio por un periodo de por lo menos 4 años.



**DISTRIBUCIÓN DE TEMPERATURA EN EL EQUIPO**  
**TEMPERATURA DE TRABAJO 110°C**



**UBICACIÓN DE LOS SENSORES**



Los sensores se colocaron a 6 cm de altura sobre el fondo del equipo.



**G&L LABORATORIO S.A.C.**

Av. Miraflores Mz. E Lt. 80 Urb. Santa Elisa II Etapa Los Olivos - Lima

Teléfono: (01) 622 - 5814

Celular: 992 - 302 - 883 / 962 - 227 - 858

Correo: [servicioalcliente@laboratorio.com](mailto:servicioalcliente@laboratorio.com) / [laboratorio@laboratorio.com](mailto:laboratorio@laboratorio.com)

**PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN LA AUTORIZACIÓN DE G&L LABORATORIO S.A.C.**