



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**Aplicación de cenizas de carbón procedentes de ladrilleras  
artesanales, para el mejoramiento de la subrasante, AA.HH.**

**Los Ángeles, Lurigancho-Chosica, 2020.**

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

**AUTORES:**

Arias Manrique, Gerson Tedy (ORCID: [0000-0002-1955-0091](https://orcid.org/0000-0002-1955-0091))

Ramos Javier, Ricardo Jefferson (ORCID: [0000-0003-3811-7944](https://orcid.org/0000-0003-3811-7944))

**ASESOR:**

Mg. Tacza Zevallos John Nelinho (ORCID: [0000-0002-1763-9375](https://orcid.org/0000-0002-1763-9375))

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de infraestructura vial

**LIMA – PERÚ**

**2020**

## **Dedicatoria**

El presente trabajo va dedicado a mi madre Norma, que día a día luchó para que pueda salir adelante, y pueda formarme como profesional; a mi abuela Leonilda que siempre estuvo junto a mí en mis largas noches de estudio y a toda mi familia. A mis asesores que en base a sus conocimiento y experiencia me orientaron y me brindaron su apoyo incondicional para ejecutar de una manera excepcional el presente trabajo.

## **Agradecimiento**

Agradecer a Dios por brindarme la fortaleza de seguir adelante en mi carrera universitaria, a la Universidad César Vallejo por formarme académicamente a lo largo de todos estos años y de manera especial a los asesores por su apoyo en la presente investigación.

## Índice de contenidos

Dedicatoria .....	ii
Agradecimiento .....	iii
Índice de contenidos .....	iv
Índice de tablas .....	v
Índice de figuras .....	vii
Índice de abreviaturas .....	viii
Resumen .....	ix
Abstract.....	x
<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>1</b>
<b>II. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>9</b>
<b>III. METODOLOGÍA.....</b>	<b>42</b>
3.1 Tipo y diseño de investigación .....	43
3.2 Variables y operacionalización .....	44
3.3 Población, muestra, muestreo, unidad de análisis .....	44
3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	46
3.5 Procedimientos .....	49
3.6 Método de análisis de datos.....	52
3.7 Aspectos éticos .....	52
<b>IV. RESULTADOS .....</b>	<b>53</b>
<b>V. DISCUSIÓN.....</b>	<b>82</b>
<b>VI. CONCLUSIONES.....</b>	<b>88</b>
<b>VII. RECOMENDACIONES .....</b>	<b>90</b>
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>92</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>102</b>

## Índice de tablas

Tabla 1. Eficiencia de combustión en combustibles típicos.....	28
Tabla 2. Poderes Caloríficos típicos.....	29
Tabla 3. Composición química de cenizas de carbón expresada como óxidos...	30
Tabla 4. Composición química de ceniza de carbón expresada como elemento .	31
Tabla 5. Categorías de la subrasante .....	33
Tabla 6. Clasificación de la subrasante .....	35
Tabla 7. Clasificación de suelos según tamaños de partículas. ....	37
Tabla 8. Clasificación de índice de plasticidad .....	39
Tabla 9. Número de puntos de investigación de acuerdo al tipo de vía .....	45
Tabla 10. Formatos utilizados por antecedentes para dar validez. ....	47
Tabla 11. Normas utilizadas en los formatos estandarizados .....	48
Tabla 12. Validez de instrumentos .....	48
Tabla 13. Método del Alfa de Cronbach .....	49
Tabla 14. Rangos del Alfa de Cronbach.....	49
Tabla 15. Ensayos realizados por cada calicata .....	50
Tabla 16. Coordenadas UTM de la zona de estudio .....	54
Tabla 17. Ubicación y coordenadas UTM de cada calicata.....	55
Tabla 18. Gradación de ceniza de carbón.....	55
Tabla 19. Peso unitario de ceniza de carbón. ....	56
Tabla 20. Resumen de resultados de ensayos del suelo patrón. ....	57
Tabla 21. Resumen de resultados de granulometría.....	57
Tabla 22. Resultados experimentales de límites de consistencia en C-1.....	58
Tabla 23. Resultados experimentales de límites de consistencia en C-2.....	59
Tabla 24. Resultados experimentales de límites de consistencia en C-3.....	60
Tabla 25. Resultados experimentales de OCH y MDS en C-1. ....	62
Tabla 26. Resultados experimentales de OCH y MDS en C-2.....	63
Tabla 27. Resultados experimentales de OCH y MDS en C-3.....	64
Tabla 28. Resumen de resultados de C.B.R. al 95% de la M.D.S. en C-1.....	66
Tabla 29. Resumen de resultados de C.B.R. al 95% de la M.D.S. en C-2.....	67
Tabla 30. Resumen de resultados de C.B.R. al 95% de la M.D.S. en C-3.....	67

Tabla 31. Discusión del Índice de Plasticidad con el Manual de carreteras del MTC .....	83
Tabla 32. Discusión del Índice de Plasticidad con Mamani y Yataco (2017) .....	84
Tabla 33. Discusión del OCH/MDS con Mamani y Yataco (2017).....	85
Tabla 34. Discusión del OCH/MDS con Goñas (2019).....	85
Tabla 35. Discusión del CBR con Manual de carreteras – sección suelos y pavimentos, y Norma C.E. 010 – Pavimentos Urbanos (Anexo B).....	87
Tabla 36. Discusión del CBR al 95% MDS con Pérez (2014) .....	87
Tabla 37. Discusión del CBR al 95% MDS con Cabrera y Paredes (2018).....	87

## Índice de figuras

Figura 1: Ladrillera de Huachipa, Lima-Perú.....	29
Figura 2. Cenizas de carbón - Ladrillera de Huachipa .....	31
Figura 3. Cuchara de Casagrande .....	38
Figura 4. Elementos para el ensayo de Proctor .....	40
Figura 5. Esquema del procedimiento experimental. ....	51
<i>Figura 6. Ubicación de la zona de estudio .....</i>	<i>54</i>
<i>Figura 7. Ensayo de Proctor Modificado en C-1.....</i>	<i>63</i>
<i>Figura 8. Ensayo de Proctor Modificado para C-2.....</i>	<i>64</i>
<i>Figura 9. Ensayo de Proctor Modificado C-3 patrón.....</i>	<i>65</i>
<i>Figura 10. Prueba de normalidad para IP + 5% de ceniza.....</i>	<i>69</i>
<i>Figura 11. Prueba T de Student para IP + 5% de ceniza .....</i>	<i>70</i>
<i>Figura 12. Prueba de normalidad para IP + 10% de ceniza.....</i>	<i>70</i>
<i>Figura 13. Prueba T de Student para IP + 10% de ceniza .....</i>	<i>71</i>
<i>Figura 14. Prueba de normalidad para IP + 15% de ceniza.....</i>	<i>72</i>
<i>Figura 15. Prueba U de Mann Whitney para IP + 15% de ceniza .....</i>	<i>72</i>
<i>Figura 16. Prueba de normalidad para OCH + 5% de ceniza .....</i>	<i>73</i>
<i>Figura 17. Prueba T de Student para OCH + 5% de ceniza.....</i>	<i>74</i>
<i>Figura 18. Prueba de normalidad para OCH + 10% de ceniza .....</i>	<i>75</i>
<i>Figura 19. Prueba T de Student para OCH + 10% de ceniza.....</i>	<i>75</i>
<i>Figura 20. Prueba de normalidad OCH + 15% de ceniza.....</i>	<i>76</i>
<i>Figura 21. Prueba T de Student para OCH + 15% de ceniza.....</i>	<i>76</i>
<i>Figura 22. Prueba de normalidad para CBR + 5% de ceniza.....</i>	<i>78</i>
<i>Figura 23. Prueba T de Student para CBR + 5% de ceniza .....</i>	<i>78</i>
<i>Figura 24. Prueba de normalidad para CBR + 10% de ceniza.....</i>	<i>79</i>
<i>Figura 25. Prueba T de Student para CBR + 10% de ceniza .....</i>	<i>80</i>
<i>Figura 26. Prueba de normalidad para CBR + 15% de ceniza.....</i>	<i>80</i>
<i>Figura 27. Prueba T de Student para CBR + 15% de ceniza .....</i>	<i>81</i>

# Índice de abreviaturas

AA. HH: Asentamiento Humano

AASHTO: American Association of State Highways and Transportation Officials

ASTM: American Society for Testing and Materials

CBR: California Bearing Ratio

CPC: Concejo Privado de Competitividad

INACAL: Instituto Nacional de Calidad

IP: Índice de Plasticidad

FEM: Foro Económico Mundial

LP: Limite Plástico

LL: Limite Líquido

MDS: Máxima Densidad Seca

MEF: Ministerio de Economía y Finanzas

MTC: Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú

NTP: Norma Técnica Peruana

OCDE: Organización para la Cooperativa y el Desarrollo Económico

OCH: Optimo Contenido de Humedad

PNIC: Plan Nacional de Infraestructura para la Competitividad

WEF: World Economic Forum

SPSS: Statistical Package for the Social Sciences

SUCS: Sistema Unificado de Clasificación de Suelos

## Resumen

El objetivo de la presente tesis fue determinar el mejoramiento de la subrasante del AA. HH Los Ángeles, Lurigancho Chosica; al aplicarle cenizas de carbón (C.C.), procedentes de ladrilleras artesanales. Esta investigación fue del tipo aplicada debido a que se buscó la aplicación práctica usando conocimientos ingenieriles. Para cumplir los objetivos se utilizó un diseño cuasi-experimental, lo cual implicó realizar los ensayos de laboratorio a muestras obtenidas de 3 calicatas para luego ser comparadas con muestras añadidas con cenizas de carbón en tres diferentes porcentajes (5%,10%,15%). Se plasmó un alcance explicativo y enfoque cuantitativo, ya que se buscó interpretar el comportamiento físico-mecánico de la ceniza en el mejoramiento de la subrasante y asimismo poder cuantificar dicho mejoramiento. Los resultados de límites de consistencia en las tres calicatas muestran que, al adicionar los diferentes porcentajes de C.C., hubo reducciones en promedio de 31.1%, 71.0% y 100% respecto a los resultados iniciales de las muestras de suelo. Con respecto a los ensayos de proctor modificado (OCH/MDS) se pudo observar que no hubo cambios significativos al comparar las muestras con tratamiento y las muestras sin tratamiento. Los resultados de los ensayos de C.B.R realizados a las muestras sin tratamiento y muestras con tratamiento mostraron aumentos porcentuales significativos. Finalmente se llegó a la conclusión que el índice de plasticidad tuvo una reducción de hasta el 100% cuando se le adicionó el 15% de ceniza de carbón. Por otra parte, se concluyó que no hubo una reducción del óptimo contenido de humedad (OCH) para llegar a la máxima densidad seca (MDS), los resultados mostraron aumentos mínimos de 0.81% y máximos de 16.10% respecto a la muestra patrón. Finalmente, después de analizar los datos de C.B.R. a las muestras del grupo patrón y experimental, se pudieron observar aumentos porcentuales que iban de un 7.27% hasta un 141.18%, lo cual hace que la hipótesis planteada se llegue a cumplir y además coloca al suelo en la categoría de S3: subrasante buena, según las normas de Ministerio de Transportes y comunicaciones (MTC) y según la norma C.E 010 Pavimentos urbanos lo clasifican como un suelo de subrasante buena ( $8\% < \text{CBR} < 17\%$ ).

**Palabras clave:** Ceniza de carbón, Índice de plasticidad, Óptimo contenido de Humedad y Resistencia C.B.R.

# Abstract

The objective of this thesis was to determine the improvement of the AA subgrade. HH Los Angeles, Lurigancho Chosica; by applying coal ashes (C.C.), from artisan brickyards. This research was of the applied type because the practical application was sought using engineering knowledge. To meet the objectives, a quasi-experimental design was used, which involved carrying out laboratory tests on samples obtained from 3 test pits and then comparing them with samples added with coal ash in three different percentages (5%, 10%, 15%). ). An explanatory scope and quantitative approach were captured, since the aim was to interpret the physical-mechanical behavior of the ash in the improvement of the subgrade and also to be able to quantify said improvement. The results of consistency limits in the three test pits show that, when adding the different percentages of C.C., there were reductions in average of 31.1%, 71.0% and 100% with respect to the initial results of the soil samples. Regarding the modified proctor assays (OCH / MDS), it was observed that there were no significant changes when comparing the samples with treatment and the samples without treatment. The results of C.B.R assays performed on untreated samples and treated samples showed significant percentage increases. Finally, it was concluded that the plasticity index had a reduction of up to 100% when 15% of coal ash was added. On the other hand, it was concluded that there was no reduction in the optimal moisture content (OCH) to reach the maximum dry density (MDS), the results showed minimum increases of 0.81% and maximum of 16.10% compared to the standard sample. Finally, after analyzing the C.B.R. data on the samples of the standard and experimental group, percentage increases ranging from 7.27% to 141.18% could be observed, which means that the hypothesis proposed is fulfilled and also places the soil in the S3 category: good subgrade, according to the regulations of the Ministry of Transport and Communications (MTC) and according to the CE 010 standard. Urban pavements classify it as a good subgrade soil (8% < CBR < 17%).

**Keywords:** Coal ash, Plasticity index, Optimum Moisture content and C.B.R. Resistance.

# **I. INTRODUCCIÓN**

Este capítulo describe una realidad problemática; tanto a nivel internacional como a nivel nacional, que se viene generando por la ausencia de obras de infraestructura vial pavimentadas y no pavimentadas, ocasionalmente esto surge debido a la existencia de suelos cohesivos que se caracterizan por poseer una baja capacidad portante. Teniendo muy en cuenta que las obras viales son de gran importancia para el desarrollo de los países y en base a que las propiedades físico mecánicas que tienen los suelos cohesivos no cumplen con los requerimientos mínimos para ser aplicadas como subrasante para obras viales, se ha propuesto la utilización de un residuo; denominado ceniza de carbón, para el mejoramiento de estas propiedades con el fin de alcanzar los requerimientos mínimos especificados por el Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC). La ceniza de carbón proviene de las ladrilleras artesanales, es el residuo creado después de realizar el proceso de combustión del carbón de piedra para la quema de ladrillos, este residuo se ubica en la zona baja de los hornos y no posee un uso específico, por lo general es derivado hacia rellenos sanitarios. Las justificaciones plasmadas en este capítulo se enfatizan más en los aspectos económicos y ambientales, en el sentido de que se promueve la reutilización de material; como lo es la ceniza de carbón, que ya ha culminado su vida útil después del proceso de combustión en las ladrilleras y de haberse convertido en un residuo, para implementarse como un aditivo que mejorará las propiedades físico mecánicas de los suelos cohesivos; así mismo al culminar su uso es derivado hacia los rellenos sanitarios, por ende su costo de adquisición será mínimo en comparación de otros aditivos utilizados para el mismo fin. En base a ello, la presente tesis busca determinar el efecto de las cenizas de carbón, procedentes de ladrilleras artesanales para el mejoramiento de subrasante de suelo cohesivo en el AAHH Los Ángeles, ubicado en el distrito de Lurigancho Chosica, teniendo como meta a su vez determinar en cuánto disminuye el índice de plasticidad, en cuanto disminuye el óptimo contenido de humedad para alcanzar la máxima densidad seca y en cuánto mejora la capacidad de soporte (CBR) de la subrasante. Así mismo las hipótesis que se plantean proyectan un incremento en la capacidad de soporte y en la disminución del índice de plasticidad del suelo.

En el mundo, la infraestructura vial es uno de los pilares fundamentales para el desarrollo de los países, según el Concejo Privado de Competitividad - CPC (2019),

menciona que el Foro Económico Mundial más conocido como el World Economic Forum (WEF) emite reportes anualmente de índices de competitividad global, en el cual el Perú ocupa el puesto 65 de 141 países evaluados hasta el 2019. De esto se confirma que hay una brecha económica que cubrir para llegar a ser un país de los niveles de primer mundo. (ver anexo N°11)

Realmente las vías influyen en todo lo que nosotros hacemos de manera cotidiana para transportarnos; es decir, simplifican el desplazamiento de los pobladores desde un punto hacia otro de una manera más rápida. Muchos de estos pobladores son agricultores, ganaderos, etc.; estas vías ayudan a una mejor comercialización de sus mercancías llegando así a más ciudades. De esto se establece la gran necesidad de comunicación e integración de pueblos, anexos, distritos, provincias, regiones y sectores; por medio de la construcción de obras viales, siendo estas de diferentes categorías, pero cumpliendo el mismo propósito de unirnos como sociedad. Por ende, repercute en el desarrollo del país tanto en el aspecto económico como social.

El Plan Nacional de Infraestructura para la Competitividad (2018), menciona que tenemos una medición a corto plazo en la cual existe un vacío de infraestructuras de accesos básicos de 117.183 millones de soles, proyectada en una medición de 5 años. Esto refiere a que, para obtener los niveles de infraestructura de accesos básicos en el Perú, con las características geográficas y socio-económicas que posee; debe requerir el monto de inversión anteriormente descrito. Plasmándolo en porcentajes, se distribuye en un vacío del 31% en el sector de transportes, consecutivamente lo sigue el sector saneamiento, luego sector salud, sector telecomunicaciones, etc. (ver anexos). Del mismo modo tenemos una medición a largo plazo en la cual existe un vacío de infraestructuras de accesos básicos de 363.452 millones de soles, proyectada en una medición de 20 años. Esto refiere a que para obtener los niveles de infraestructura de accesos básicos como los tienen la agrupación de países mejores desarrollados como lo es la Organización para la Cooperativa y el Desarrollo Económico (OCDE), debe requerir el monto de inversión anteriormente descrito. Plasmándolo en porcentajes, se distribuye en un vacío del 44% en el sector de transportes, consecutivamente lo sigue el sector saneamiento, luego sector salud, agua, etc. (ver anexo N°11).

Ramos (2014), nos menciona que la ejecución de vías terrestres (carretera, pista, etc.), son consideradas como actividades que inciden e impactan en la elaboración de obras de infraestructura y que también son uno de los ámbitos que aporta de manera más efectiva y competente en la situación de vida de las poblaciones. En la actualidad se vienen ejecutando carreteras pavimentadas y carreteras a nivel de afirmado, para el crecimiento de toda la sociedad. (...) En algunas carreteras de bajo volumen de tránsito (las no pavimentadas), se detectan suelos cohesivos y por lo tanto posee una baja capacidad de soporte teniendo una subrasante del tipo S0 o S1, con un CRB que va por debajo del 6% requiriendo pasar por un proceso de mejoramiento o estabilización.

El Ministerio de Transporte y Comunicaciones – sección suelos y pavimentos (2014), exige que, al encontrarse con una subrasante baja en capacidad portante, se debe reemplazar dicho material o estabilizarlo con otro material que cumpla con sus parámetros establecidos, una de las maneras más conocidas de mejorar la subrasante es añadiendo: cal, escoria, cemento, cloruro de sodio, cloruro de magnesio, cloruro de calcio, geosintéticos. Cada uno de estos es evaluado y aplicado según el diseño de vía que tendrá y el tipo de suelo que posee. La operatividad óptima en un extenso periodo de tiempo; de las obras de infraestructura vial, se someterá en base a la particularidad de los suelos adyacentes. Es por ello que, por décadas se ha venido enfocando la necesidad de mejorar dichos suelos, utilizando una infinidad de técnicas para su estabilización, aplicando materiales variados tales como: cemento, cal, polímeros, aditivos, enzimas, emulsiones, etc.

Se sabe muy bien que en nuestro país no todas las vías mantienen un buen estado, la gran mayoría tienen muchos problemas en el suelo de la subrasante, debido a suelos blandos y al alto contenido de humedad que hay por el clima. Por tal motivo se han ido diseñando diversos métodos para poder disminuir estos problemas; unas de las alternativas propuestas en los últimos años es el añadir ceniza de carbón proveniente de termoeléctricas o ladrilleras artesanales con el fin de mejorar el suelo de la subrasante, enfocándose principalmente en su resistencia.

Soriano (2012), menciona que el Perú posee aproximadamente 2000 hornos en las ladrilleras artesanales. Al realizar la etapa de ignición (quema), genera un residuo

llamado ceniza de madera. Estas mismas se clasifican en 02 grupos: las cenizas volantes (poseen dimensiones muy finas las cuales priman en el aire) y las cenizas de fondo (poseen dimensiones más pesadas y voluminosas que las cenizas volantes).

En el Perú, se cuenta con numerosas ladrilleras empíricas y artesanales, las cuales utilizan el carbón de piedra, el aserrín, cascara de café, abono, entre otras; para pasar por una etapa de combustión en los hornos, con el fin de realizar la fabricación de ladrillos. Una vez realizado el proceso de combustión, a los residuos sobrantes se les conoce con el nombre de cenizas de fondo y/o cenizas volantes. Estas cenizas comúnmente son eliminadas en vertederos o rellenos sanitarios, trasladándolas en volquetes de manera informal generando polución de partículas y ocasionando así mayor contaminación. En la actualidad se está promoviendo la reutilización de las cenizas volantes conjuntamente con otros residuos industriales, tratando de enfocarse cada vez más en ejecutar construcciones sostenibles. Una de las aplicaciones de estos residuos que se ha procedido a examinar en las últimas décadas es en la estabilización y mejoramiento de suelos de baja capacidad portante, mejorando sus propiedades físico-mecánicas para la construcción de carreteras.

El Asentamiento Humano (AA. HH) “Los Ángeles” ubicado en el sector Huachipa, es una zona con vías sin pavimentar. Estas vías se encuentran en estado de trocha, en temporada de lluvia se vuelven intransitables por la formación de charcos de lodos, del mismo modo los pobladores se ven afectados por el polvo que se levanta a consecuencia de los fuertes vientos y el tránsito de vehículos, además del deterioro del paisaje urbanístico.

Mediante la observación directa logramos identificar material cohesivo en la zona de estudio, es por ello que para su mejoramiento surgió la necesidad de utilizar las cenizas de carbón; que viene a ser los residuos del carbón de piedra luego de pasar por un proceso de combustión en las ladrilleras artesanales. Para examinar la conducta del suelo se extraen muestras en campo, las cuales serán incorporadas con el aditivo que viene a ser la ceniza de carbón en diversos porcentajes y luego se procederá a analizar el comportamiento; es decir, como han variado sus propiedades físico mecánicas antes y después de la adición del aditivo.

Como justificación teórica; se plantea implementar un proceso alternativo de mejoramiento de suelos, aplicando diversos porcentajes de cenizas de carbón en base al peso del suelo, mediante los ensayos en laboratorio se determinará si influye o no como aditivo para mejoramiento. De ser favorable la investigación, ayudará a los ingenieros a optar por este sostenible proceso, del mismo modo servirá como antecedente para futuras investigaciones.

Como justificación social; este estudio se lleva a cabo con el objetivo de dar una solución alternativa factible para los diversos problemas que actualmente tienen las subrasantes de vías sin pavimentar, tales como la inadecuada resistencia mecánica de las mismas y sus características físicas. Estas factibles soluciones de mejoramiento de suelos nos permitirán disminuir problemas que podrían presentarse en una futura pavimentación y atenuar pérdidas económicas. De igual manera, para poder conseguir mejorar las vías, realizaremos los pertinentes estudios de mecánica de suelos para poder obtener mayor información de la que ya tenemos acerca del tipo de suelo del lugar a estudiar, una vez conseguidos los estudios, se llevaran a cabo un análisis para poder determinar las cantidades de ceniza de carbón necesarias, para finalmente hacer ensayos especiales y cuantificar el mejoramiento.

Como justificación económica; esta investigación va muy relacionada al aspecto económico ya que resulta muy satisfactorio la mejora de la subrasante con la incorporación de ceniza de carbón que provienen de las ladrilleras artesanales, debido a que este material se encuentra en gran abundancia cerca de la zona de estudio al ser desechado en grandes cantidades, su aprovechamiento en el mejoramiento de la subrasante impactaría en la disminución de costos que tendría la construcción de vías pavimentadas, optando por este nuevo método. Del mismo modo, al mejorar el suelo existente, se descartaría el uso de material de préstamo (afirmado) lo cual demanda un nuevo costo.

Como justificación ambiental; para esta investigación, el tema ambiental es muy importante ya que estamos proponiendo la reutilización de un residuo del carbón mineral procedentes de ladrilleras artesanales (las cenizas), de esta manera ya no se acumularían en vertederos y rellenos sanitarios. Al proponer la utilización de estas cenizas para mejorar una vía no pavimentada, estaríamos reduciendo la

utilización de materiales de préstamo provenientes de canteras, reduciendo también la explotación de las mismas.

Teniendo en cuenta todo lo expuesto anteriormente se abordó el problema general y los específicos de la presente investigación. El problema general de la investigación fue ¿Cuál es el efecto al aplicar las cenizas de carbón, procedentes de ladrilleras artesanales, en el mejoramiento de la subrasante, en el AAHH Los Ángeles, Lurigancho Chosica- 2020? Los problemas específicos de la investigación fueron los siguientes:

- **PE1:** ¿En cuánto disminuye el índice de plasticidad de la subrasante del AAHH Los Ángeles, Lurigancho Chosica cuando agregamos cenizas de carbón, procedentes de ladrilleras artesanales?
- **PE2:** ¿En cuánto disminuye el óptimo contenido de humedad para alcanzar la máxima densidad seca de la subrasante, del AAHH Los Ángeles, Lurigancho Chosica cuando agregamos cenizas de carbón, procedentes de ladrilleras artesanales?
- **PE3:** ¿En cuánto aumenta la capacidad de soporte (C.B.R.) de la subrasante, del AAHH Los Ángeles, Lurigancho Chosica cuando agregamos cenizas de carbón, procedentes de ladrilleras artesanales?

El objetivo general fue determinar los efectos de la aplicación de la ceniza de carbón, procedentes de ladrilleras artesanales en el mejoramiento de la subrasante en el AAHH Los Ángeles, Lurigancho Chosica. Los objetivos específicos fueron los siguientes:

- **OE1:** Calcular en cuanto disminuye el índice de plasticidad de la subrasante, en el AAHH Los Ángeles, Lurigancho Chosica cuando agregamos cenizas de carbón, procedentes de ladrilleras artesanales.
- **OE2:** Calcular en cuanto disminuye el óptimo contenido de humedad para alcanzar la máxima densidad seca de la subrasante, del AAHH Los Ángeles, Lurigancho Chosica cuando agregamos cenizas de carbón, procedentes de ladrilleras artesanales.
- **OE3:** Calcular en cuanto aumenta la capacidad de soporte (C.B.R.) de la subrasante, del AAHH Los Ángeles, Lurigancho Chosica cuando agregamos cenizas de carbón, procedentes de ladrilleras artesanales.

La hipótesis general fue que la aplicación de las cenizas de carbón, procedentes de ladrilleras artesanales, tendrá un efecto favorable en el mejoramiento de la subrasante, en el AAHH Los Ángeles, Lurigancho Chosica- 2020. Las hipótesis específicas fueron las siguientes:

- **HE1:** La adición de cenizas de carbón, procedentes de ladrilleras artesanales, disminuye entre un 20% a un 100% el valor del índice de plasticidad de la subrasante, del AAHH Los Ángeles, Lurigancho Chosica-2020.
- **HE2:** La adición de cenizas de carbón, procedentes de ladrilleras artesanales, no disminuye entre un 5% a un 20% el valor del óptimo contenido de humedad para alcanzar la máxima densidad seca de la subrasante, del AAHH Los Ángeles, Lurigancho Chosica- 2020.
- **HE3:** La adición de cenizas de carbón, procedentes de ladrilleras artesanales, incrementa más del 100% el valor inicial de la capacidad de soporte (CBR) de la subrasante, del AAHH Los Ángeles, Lurigancho Chosica- 2020.

## **II. MARCO TEÓRICO**

Este capítulo describe las investigaciones tanto a nivel nacional como internacional, que se han venido realizando con respecto a la aplicación de las cenizas de carbón para el mejoramiento de las propiedades físico mecánicas de los suelos, como también su aplicación en diversos aspectos de la ingeniería. A nivel internacional se encontraron las siguientes investigaciones: en el país de Ecuador, Edwin Cañar en el 2017 realizó un “Análisis comparativo de la resistencia al corte y la estabilización de suelos arenosos finos y arcillosos con ceniza de carbón”; así mismo en Brasil, Louise Erasmi en el 2011 realizó un “Análisis mecánico y ambiental de mezclas de ceniza de carbón mineral con el suelo para capas de base de pavimentos”; de igual forma, Moussaoui Raja en el 2019 publicó un artículo llamado “Lime Treatment of Coal Bottom Ash for Use in Road Pavements: Application to El Jadida Zone in Morocco”; también Leonardo Behak y Washington Peres en el 2008 investigaron sobre “Characterization of a material comprised of sandy soil, rice husk ash and potentially useful lime in pavements”; por otro lado en Australia, Rkein Mohamad en el 2015 realizó una investigación sobre "Study on Utilization of Fly Ash as a replacement of Cement and Fine Aggregates in Concrete"; Nooka Shashank y Vaddeti Chakravarthi en el 2015 publicó su investigación de “Characterization of fly ash for their effective management”; entre otros autores internacionales.

SOLORZANO, C; ZAMBRANO, D; VACCA, H y JARRAHONDO, J. (2019). En su artículo titulado “Degradación del módulo resiliente, debido a residuos producto de combustión de carbón, en arcillas de baja plasticidad”. Tuvo como objetivo medir el efecto de la presencia de diferentes proporciones de residuos producto de combustión de carbón (RPCC) provenientes de una central termoeléctrica sobre el módulo resiliente ( $M_r$ ) de un suelo fino (SF) tipo arcilla de baja plasticidad, sin la adición de cementantes o estabilizantes adicionales. Previa caracterización física, química y mineralógica de los materiales, se obtuvo el módulo resiliente para SF y RPCC y para mezclas en peso entre 10%, 20% y 40% de RPCC. Con estos resultados, se comparó el comportamiento físico y mecánico de los materiales específicamente la variación de propiedades índice, clasificación USCS, densidad máxima seca y degradación del módulo resiliente. Este estudio resaltó la fuerte dependencia del módulo resiliente con respecto al contenido de agua del suelo debido al carácter parcialmente saturado inherente a los materiales.

THENOUX, Guillermo y CARRILLO Héctor (2005). En su artículo llamado "Evaluación del Uso de las Cenizas FBC (Combustión de Lecho Fluido) como Estabilizador de Materiales Granulares". Su objetivo fue hacer un estudio sobre la factibilidad de poder aplicar cenizas FBC (combustión lecho fluido) que son extraídas de la planta Petropower para estabilizar suelos en la construcción de caminos. Este trabajo logro determinar que las cenizas de FBC tienen un mayor contenido de cal en su composición por lo que le permite mejorar las características de los suelos finos tales como la arcilla. La aplicación de la ceniza FBC logra mejorar la capacidad de soporte de la subrasante y con ello optimizar el desempeño de las capas estructurales, los resultados hallados indican que la adición de estas cenizas puede llegar a mejorar hasta 3 veces la resistencia a la compresión no confinada en el suelo y mejoran su estabilidad bajo agua, se cree que esta ceniza se podría llegar a aplicar en caminos forestales.

ALTHEMAN, D; FERREIRA, G; MONTINI, M; GALLO, J y ROCHA, A (2017). Publicaron un artículo llamado "Evaluation of coal fly ash in cementitious matrices". Mencionan que la adición de cenizas, inicialmente clasificadas como residuos en matrices de cemento, es esencial para cumplir con los requisitos de la Política Nacional de Residuos Sólidos. Sin embargo, se deben buscar tecnologías que permitan tales aplicaciones, especialmente cuando el material tiene una actividad puzolánica adecuada. El objetivo de este estudio fue verificar la actividad puzolánica de las cenizas volantes de la quema de carbón, del proceso de fabricación de aluminio, como la mezcla de minerales en morteros y concreto convencional. Para ello, se realizó la caracterización fisicoquímica de la muestra de cenizas y el comportamiento mecánico de la dosificación de mezcla de mortero y ensayos de hormigón utilizados comercialmente. Los resultados mostraron que la ceniza en la evaluación tiene puzolanidad como estándares relevantes empleados y cuando se insertó en las matrices cementosas estudiadas, mostró el rendimiento esperado para este tipo de adición (mayor resistencia mecánica a edades más avanzadas).

MISRA, Anil (2005). En su artículo denominado "Crushed Aggregates from Class C Fly Ash. University of Missouri, Kansas City". Tuvo como objetivo hacer una evaluación de todos los agregados de las cenizas volantes que pertenecen a la

clase C. Se realizaron una gran variedad de ensayos de laboratorio para poder definir las propiedades físicas de estos agregados, además de la forma de la textura, la forma de la partícula, la humedad, gravedad específica, solides y durabilidad. Las propiedades de estos materiales fueron estudiadas para su uso en la ingeniería como material de base de los pavimentos y terraplén. Asimismo, se evaluó su comportamiento en la compactación y su relación de rodamiento CBR. Los resultados de esta investigación mostraron que estas cenizas de clase C pueden ser usadas en bases de carreteras y relleno de terraplenes, además de que su densidad es baja, por lo que sería considerada como un material ligero de base o sub base. Los valores de CBR encontrados están en el rango de 40-90, esto dependería del contenido de humedad de compactación.

CAÑAR, Edwin (2017). En su tesis para obtener el título de ingeniero civil titulada "Análisis comparativo de la resistencia al corte y estabilización de suelos arenosos finos y arcillosos combinados con ceniza de carbón". Ambato - Ecuador. Sustentada en la Universidad Técnica de Ambato. Se realizó una investigación de carácter exploratoria, descriptiva, explicativa del tipo experimental. Su objetivo principal fue estabilizar 02 tipos de suelos con características distintas, añadiendo en cada una la ceniza de carbón como aditivo, y mediante pruebas en el laboratorio calcular su resistencia al corte y su capacidad de soporte. Para la investigación se mezcló la ceniza de carbón en 03 proporciones de 20%, 23% y 25%. Como conclusión se obtuvo que al añadir ceniza de carbón en suelos expansivos (suelos arcillosos) estas impactan favorablemente, creando un volumen compacto y aumentando el grado de compactación; por ende, mejorando su resistencia al corte y su CBR. En suelos arcillosos y arenosos mejora las propiedades físicas, disminuyendo en las arcillas su humedad y en las arenas aumenta su compactibilidad, pero para esto necesita de porcentajes elevados de ceniza de carbón. Los suelos arcillosos al mezclarse con el 25% de ceniza de carbón mejora la resistencia de un 9.10% hasta 11.20%, aunque esta capacidad de soporte alcanzada no es la idónea para ser empleada como material de subrasante. Los suelos arenosos, al combinarse con el 25% de ceniza de carbón, aumenta su CBR en un 4.6%, de una resistencia inicial de 15.0% aumentó hasta un 19.60%, categorizándose como una subrasante buena. La ceniza de carbón al mezclarse con suelos arcillosos y arenosos reduce su humedad, expansión y plasticidad. Realizando el comparativo se concluye que la

aplicación de estas cenizas lleva a cabo los objetivos trazados, favoreciendo de una forma positiva a los suelos arenosos finos. Así mismo ERASMI, Louise (2011). En su tesis para obtener el título de ingeniero civil titulada "Análisis mecánico y ambiental de mezclas de ceniza de carbón mineral con el suelo para capas de base de pavimentos" Río de Janeiro - Brasil. Sustentada en la -Universidad Católica de Río de Janeiro. La presente tesis tuvo como objetivo principal calcular la aplicabilidad de las cenizas de carbón proveniente de centrales termoeléctricas, como base de carreteras. El tipo de suelo estudiado fue un suelo limo arenoso, las mezclas con inserción de cenizas presentaron una conducta mecánica de acorde a la exigencia de un pavimento de bajo tráfico. El producto final obtenido demuestra que el suelo en estudio; al ser mezclado con la ceniza volante y el previo curado, incrementa significativamente el módulo de resiliencia, lo que resulta en una disminución del grosor de la capa base en comparación con el suelo puro al mismo nivel. El producto final de la mezcla con la ceniza de fondo, muestra resultados favorables, aumentando el valor del módulo de resiliencia, aunque en menos que las cenizas volantes. El uso positivo de ambos tipos de cenizas de carbón (de fondo y volantes) son factibles para en empleo en capas de base de pavimentos de carreteras, del mismo modo ayuda a minimizar los problemas actuales de eliminación de residuos (cenizas) en vertederos.

PILAR, Ronaldo; APARECIDA; Rudiele; JOAO; Agostinho y LONGUINI, Wellington (2016). En su artículo llamado "Avaliação de pastas de cimento Portland contendo cinza pesada moída". En este trabajo, se evalúa la influencia de la incorporación de cenizas pesadas molidas, obtenidas de la combustión de carbón mineral, en pastas de cemento Portland. Las cenizas pesadas se incorporaron a las pastas de cemento en tres distribuciones granulométricas diferentes y se dosificaron los contenidos de sustitución al cemento, en volumen, de 10%, 30% y 50%. Las pastas se dosificaron con dos relaciones agua / aglutinante, en masa, de 0,35 y 0,40. Las primeras edades fueron investigadas por calorimetría isotérmica. Después de someterse a un curado húmedo, las pastas se probaron por termogravimetría, residuo insoluble y resistencia mecánica a la compresión durante las edades de 7, 28 y 91 días de hidratación. Se observó un aumento en el grado de hidratación para las pastas producidas con cenizas pesadas molidas, independientemente de la finura y el contenido incorporado. El aumento en el calor liberado y la resistencia a

la compresión, junto con la reducción en el porcentaje de residuos insolubles, llevaron a la conclusión de que las cenizas molidas pesadas mostraron, simultáneamente, actividad química y física junto con la hidratación del cemento. Los resultados sugieren que la ceniza pesada molida puede reemplazar hasta un 50% del volumen de cemento Portland sin reducir la resistencia mecánica después de 91 días de hidratación.

Del mismo modo RAJA, Moussaoui [et al.] (2019). Lime Treatment of Coal Bottom Ash for Use in Road Pavements: Application to El Jadida Zone in Morocco. En este artículo científico se ve la aplicación destacada de las cenizas de fondo de una central térmica las cuales se trataron con cal y arena. Esto mejora ciertas características del material que conducen a un uso potencial en una subbase en la construcción de carreteras. Los resultados obtenidos en este estudio muestran que, a pesar de su baja densidad, el Botton Ash (BA “ceniza de fondo”) estudiado tiene propiedades interesantes que pueden usarse para promover su valor en la ingeniería vial, particularmente en la capa de cimentación. De acuerdo con el rendimiento obtenido después del tratamiento de BA con cal y arena, proponemos su uso como material vial en los caminos rurales de la ciudad de El Jadida en Marruecos. En la propuesta estructura del pavimento, utilizamos el TBA como capa de base en lugar del UGF2 (granulado no tratado para la capa de base tipo 2). Esta valorización permite, por un lado, proporcionar una red de caminos rurales ecológicos más baratos y, por otro lado, encontrar una solución sostenible para el relleno sanitario del BA. Asimismo, BEHAK, Leonardo y PERES, Washington (2008). Characterization of a material comprised of sandy soil, rice husk ash and potentially useful lime in pavements. Este artículo científico nos muestra una investigación en la que podemos ver una caracterización de una mezcla de ceniza de cascara de arroz y cal con suelo arenoso. Esta investigación tuvo como principal objetivo estudiar ciertas propiedades físicas y mecánicas de las mezclas, tomando en cuenta hallar una solución factible y económica para vías pavimentadas de bajo volumen de tráfico y dar solución al gran problema ambiental de contaminación generadas en los botaderos donde termina la ceniza y otros residuos. El suelo arenoso usado en esta investigación proviene de las zonas de Montevideo. La ceniza de cascara de arroz del estudio fue recolectada de hornos de las plantas de parboilización ubicadas en la ciudad de Treinta y tres. Se lleva a cabo un análisis

de la incidencia de las diferentes mezclas de suelo con ceniza de cascara de arroz y cal en la composición química a través de ensayo de difractogramas con rayos-x, factores óptimos en la compactación, CBR, compresión no confinada, durabilidad y tracción diametral.

CAMACHO, Javier; REYES, Oscar; MAYORGA, Catalina y NÉNDEZ, Dolly (2006). En su investigación titulada "Evaluación de aditivos usados en el tratamiento de arcillas expansivas". Su objetivo fue utilizar tres aditivos (cal, cenizas volantes y aceite sulfonado) para disminuir las propiedades de una arcilla altamente expansiva (bentonita), con el fin de determinar las ventajas técnicas de cada alternativa bajo las mismas condiciones y ensayo. Para tal fin la bentonita se mezcló con diferentes concentraciones de aditivo y se realizaron ensayos de caracterización física y mecánica que permitieron analizar el comportamiento de cada uno. Se encontró que las cenizas volantes requieren ser adicionadas en cantidades excesivas para lograr disminución del potencial de expansión a valores admisibles. Con la cal se encontró un valor óptimo del 10% ya que logró una reducción considerable en las propiedades expansivas de la bentonita. Los resultados obtenidos con el aceite sulfonado evidenciaron que la estabilización electroquímica que lleva a cabo, requiere de factores ambientales favorables para desarrollar su efecto.

A su vez RKEIN, Mohamad (2015). En su tesis para obtener el título de ingeniero civil titulada "Study on Utilization of Fly Ash as a replacement of Cement and Fine Aggregates in Concrete." Faculty of Engineering – Australia. El objetivo principal de esta investigación es determinar la viabilidad del uso de cenizas volantes como reemplazo del cemento y el agregado fino en el concreto y sus efectos sobre las propiedades mecánicas del concreto. Esta investigación presenta los resultados de una investigación experimental llevada a cabo para evaluar las propiedades mecánicas (trabajabilidad y resistencia a la compresión) de mezclas de concreto en las cuales el agregado fino (arena) y el cemento fueron reemplazados parcialmente con cenizas volantes. Tanto el agregado fino como el cemento fueron reemplazados por cinco porcentajes (10%, 20%, 30%, 40% y 50%) de cenizas volantes en peso. Se realizaron pruebas para determinar las propiedades del hormigón fresco (trabajabilidad) y se determinó la resistencia a la compresión a los 7, 28 y 56 días. Los resultados de las pruebas indican una mejora significativa en

las propiedades de resistencia del concreto simple mediante la inclusión de cenizas volantes como reemplazo parcial de agregado fino (arena) o cemento y pueden usarse efectivamente en estructuras de concreto. A su vez SHASHANK, Nooka y CHAKRAVARTHI, Vaddeti (2015) En su tesis titulada “Characterization of fly ash for their effective management” cuyo objetivo principal fue caracterizar las cenizas volantes para su manejo y utilización efectivos. Dentro de su objetivo principal tuvo los objetivos secundarios tales como determinar la producción de cenizas volantes, utilización de cenizas volantes, métodos de eliminación, caracterización de la ceniza volante en sus propiedades físicas y químicas y su utilización efectiva de la ceniza volante. Las conclusiones que tuvo esta investigación fueron que la ceniza volante pertenece a la categoría Clase F que actúa como puzolánica en la naturaleza, por lo que necesita una sustancia alcalina para convertirse en el fortalecimiento, además se descubrió que el contenido de humedad de las muestras era de alrededor del 0.155%, lo que indica que se ha evacuado toda la humedad y que son adecuadas para los trabajos de construcción. B.E, Na Jin (2010) En su tesis titulada “Fly Ash Applicability in Pervious Concrete” la cual tuvo como objetivo principal investigar los efectos sobre las importantes propiedades de ingeniería del hormigón permeable con el uso de cenizas volantes. Las propiedades físicas examinadas incluyen resistencia a la compresión y permeabilidad del hormigón permeable. Se analizarán los parámetros que afectan la resistencia y la conductividad hidráulica del concreto permeable. También se discutió el uso potencial de concreto permeable que contiene una gran porción de cenizas volantes. Finalmente, esta investigación tuvo como conclusión que la existencia de cenizas volantes influyó en el aumento de la resistencia a la compresión del hormigón permeable a lo largo del período de curado. En comparación con la mezcla de concreto con 2% de cenizas volantes, la mezcla en la cual el 32% del cemento fue reemplazado por cenizas volantes tuvo una menor tasa de crecimiento de la resistencia a la compresión en el primer período de curado de 21 días; mientras que tenía una tasa más alta después de eso. Esto indicó que las cenizas volantes ayudaron a aumentar la resistencia a la compresión en la vejez del hormigón permeable. MEJIA, Johanna; RODRIGUEZ, Erick y GUTIERREZ, Ruby (2014), Potential Utilization of a Low Quality-Fly Ash as an Aluminosilicate Source in the Production of Geopolymers. El presente artículo científico hizo un resumen

de materiales geopoliméricos hacen uso de ceniza volante de origen colombiano. Se tomaron en cuenta diferentes tipos de activación de la ceniza volante por medio de ajustes de módulos de  $\text{Na}_2\text{O}/\text{SiO}_2$  y  $\text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ , asimismo la incidencia de la aplicación de dos fuentes de calcio: una escoria de tipo granular de horno alto y un cemento portland tipo I. El efecto de las reacciones desarrolladas después de la activación alcalina de la ceniza se evaluó llevando a cabo una calorimetría isotérmica, de acuerdo a esto los sistemas que presentan un alto grado de alcalinidad muestran un mayor desprendimiento de calor y un más alto nivel de disolución de la fuente primaria. La adición de fuente de calcio modifica el desarrollo de reacción y características de los materiales formados después de la activación. El aumento en la reacción molecular  $\text{SiO}_2 / \text{Al}_2\text{O}_3$  nos produjo materiales con una resistencia a la compresión por encima de 77%. En líneas generales, la adición de una fuente de calcio al sistema mejora el desempeño mecánico en todas las edades de curado en estudio. Los resultados nos muestran que hay un gran potencial de aprovechamiento de ceniza para desarrollar cementos con resistencia a 28 días de curado superiores a los 50 MPa. A su vez, MANGI, Sajjad; IBRAHIM, Haziman; JAMALUDDIN, Norwati y ARSHAD, Mohd (2019) Performances of concrete containing coal bottom ash with different fineness as a supplementary cementitious material exposed to seawater. El objetivo de este estudio es evaluar el desempeño de hormigón que contiene cenizas de fondo de carbón (CBA) con diferente finura como cemento adicional material (SCM) expuesto al agua de mar. Este estudio consideró un 10% de CBA molido como SCM en concreto. El CBA original se molió en un molino de bolas durante 20 y 30 h, para obtener una finura de partículas diferente. Inicialmente todas las muestras se curaron en agua normal durante 28 días para lograr la resistencia deseada y luego la mitad de las muestras fueron trasladados al agua de mar por otros 28, 56, 90 y 180 días y otros especímenes se mantuvieron en agua normal. La finura de las partículas de la influencia de CBA en el desempeño del concreto se evaluó en términos variaciones de peso, resistencia a la compresión y permeabilidad al cloruro. Resultados experimentales demostraron que la resistencia del concreto con CBA de finura 3836  $\text{cm}^2 / \text{g}$  (tipo A) ofrece alrededor de 11.9% y 8.5% más que la mezcla de control en agua y agua de mar respectivamente a los 180 días. Posteriormente, la resistencia del hormigón con la finura de CBA de 3895  $\text{cm}^2 / \text{g}$  (tipo B) produce aproximadamente 12.7% y

5.8% más que la mezcla de control en agua y agua de mar, respectivamente, a los 180 días. Sin embargo, también se detectó que el concreto con CBA-tipo-A y CBA-tipo-B exhibe alrededor de 45.4% y 42.4% de reducción en la penetración de cloruro en comparación con el control mezclado a los 180 días. Por lo tanto, se concluyó que el rendimiento de fuerza de CBA-tipo-B es superior a la mezcla de control a los 28 días. Sin embargo, CBA-tipo-A ofrece mejores rendimientos a edades posteriores de 90 y 180 días, Por lo tanto, se sugiere CBA-tipo-A para los estudios futuros, en base a los rendimientos de fuerza y resistencia a la penetración de cloruros. Este estudio fomenta el uso de CBA molido en concreto como SCM en tanto normal como en ambiente marino. PUSHKAR, Svetlana (2019). Life-Cycle Assessment of the Substitution of Sand with Coal Bottom Ash in Concrete: Two Concrete Design Methods. Este artículo nos explica el desarrollo de evaluaciones del ciclo de vida (LCA) para evaluar el reemplazo de arena con cenizas de fondo de carbón (CBA) en concreto. El CBA es un subproducto de la producción de electricidad alimentada con carbón. La arena se reemplazó con CBA en proporciones de 0, 25, 50, 75 y 100% en peso, y los concretos resultantes se indicaron como CBA0, CBA25, CBA50, CBA75 y CBA100, respectivamente. Se utilizaron dos métodos de diseño de mezclas de concreto (que dieron como resultado diferentes calidades de componentes de las mezclas de concreto). MANGI, Sajjad; HAZIMAN, Mohd; JAMALUDDIN, Norwati y ARSHAD Mohd (2018). Short-term effects of sulphate and chloride on the concrete containing coal bottom ash as supplementary cementitious material. Este artículo científico se centró en la influencia de las cenizas de fondo de carbón molido en el rendimiento de resistencia del concreto expuesto al ambiente de sulfato y cloruro. En este estudio, el cemento portland ordinario se reemplazó con 10% de cenizas de carbón por peso de cemento y se usó la misma proporción de agua a ligante de 0.5 en todas las mezclas de concreto. El CBA original se molió inicialmente durante 2 h en la máquina de Los Ángeles. Posteriormente, después de pasar de un tamiz de 300 micras, se molió durante 20 h más en un molino de bolas para obtener tamaños de partículas similares a los del cemento Portland normal. Después del desmoldeo, las muestras se sumergieron en agua durante el período de curado de 28 días. Posteriormente, las muestras se cambiaron en soluciones de sulfato de sodio al 5% (Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) y cloruro de sodio al 5% (NaCl) para períodos de curado adicionales de

28, 56 y 90 días. Los efectos a corto plazo del sulfato y el cloruro en el concreto se evaluaron en términos de cambio de peso, variación en la resistencia a la compresión y grado de daño. Se observó que la adición de CBA en concreto da un desarrollo significativo en la resistencia a la compresión, alrededor de 11.32% y 13.92% mayor resistencia que la de la mezcla de control en agua y solución de  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  al 5% respectivamente en el período de exposición de 90 días. Sin embargo, el desarrollo de la resistencia a la compresión en la solución de  $\text{NaCl}$  al 5% fue más lento, se observó una disminución de alrededor del 6,87% en el concreto que contiene CBA en el período de exposición de 90 días en comparación con la mezcla de control. Este estudio sugiere que el 10% de CBA como material cementoso suplementario en el concreto podría reducir los efectos negativos de las sales de sulfato y cloruro. El resultado de este estudio indicó que la aplicación de CBA molido como material cementoso suplementario en concreto aumenta la resistencia contra ambientes agresivos. LEE, Kyung; YANG, Keun; MUN, Hyun y TUAN, Nguyen (2019). Effect of Sand Content on the Workability and Mechanical Properties of Concrete Using Bottom Ash and Dredged Soil - based Artificial Lightweight Aggregates. Este artículo científico tuvo como objetivo examinar la trabajabilidad y diversas propiedades mecánicas del concreto utilizando agregados livianos artificiales producidos a partir de cenizas de fondo expandidas y suelo dragado. Quince mezclas de concreto se clasificaron en tres grupos con respecto a las resistencias a la compresión diseñadas correspondientes a 18 MPa, 24 MPa y 35 MPa. En cada grupo, los agregados finos livianos fueron reemplazados usando arena natural de 0 a 100% en un intervalo de 25%. Así, la densidad del hormigón osciló entre 1455 y 1860 kg / m<sup>3</sup>. Con base en el análisis de regresión utilizando datos de prueba, se propuso un modelo confiable para aclarar la menor resistencia a la edad temprana y las mayores ganancias de resistencia a largo plazo del concreto agregado ligero (LWAC) en comparación con las predicciones del modelo fib. El modelo propuesto también indica que se requiere una relación agua-cemento más baja con la disminución del contenido de arena natural para lograr la resistencia a la compresión diseñada del concreto. El uso parcial de arena natural es favorable para mejorar la capacidad de resistencia a la tracción, la resistencia a la fricción por corte y el comportamiento de unión con una barra de refuerzo de LWAC. El modelo fib sobreestima la resistencia a la tracción directa, la resistencia

de la unión y la cantidad de deslizamiento en la tensión de unión máxima de LWAC. Por lo tanto, es necesario considerar la densidad del concreto como un factor crítico junto con su resistencia a la compresión para evaluar racionalmente las diversas propiedades mecánicas de LWAC. Así mismo BELIZARIO, German y HUAQUISTO, Samuel [et al.] (2018). Use of the flying ash in the dosing of the concrete as a substitute for the cement. Este estudio tuvo como objetivo principal fue estudiar la dosificación de mezclas entre concreto con la adición de ceniza volante de tal forma que la resistencia a la compresión no disminuya y ayude a la reducción de la contaminación del medio ambiente. La técnica desarrollada en este estudio es el concreto normal con la adición de cuatro porcentajes diferentes de ceniza volante (2.5%, 5%, 10% y 15%) para roturas de 7, 14, 28 y 90 días. Según los resultados obtenidos nos muestran que a los 28 días se consiguen resistencias de hasta 221kg/cm<sup>2</sup> para concretos normales, para un concreto con la adición de 2.5% de ceniza volante se obtuvo 223kg/cm<sup>2</sup>, para un 5% 231kg/cm<sup>2</sup>, para un 10% 200kg/cm<sup>2</sup> y finalmente para un 15% de ceniza volante se obtuvo 192kg/cm<sup>2</sup>. Finalmente se tuvo como conclusión que la se puede llegar a usar la ceniza volante como reemplazante del cemento en un rango menor al 10%, si sobrepasamos ese valor la resistencia del concreto disminuye, por lo cual puede disminuir la resistencia y desfavorecer los controles de calidad.

MENENDEZ, Esperanza; ALVARO, María; ARGUIZ, Cristina; PARRA, José y MORAGUES, Amparo [et al.] (2013). Characterization of bottom ashes from coal pulverized power plants to determine their potential use feasibility. El presente artículo científico analiza las propiedades físicas y químicas de las cenizas de fondo y las volantes que provienen de dos centrales termoeléctricas con el fin de hacer una comparación entre ellas y llevar a cabo un análisis de su potencial utilización en la adición del cemento. Se ha llegado también a estudiar las propiedades mecánicas de morteros hechos con cemento y diferentes porcentajes de ceniza de fondo y volante como sustituto del cemento. Los resultados de este estudio muestran que los dos tipos de cenizas tienen una conformación química muy parecida. Los resultados de resistencia a compresivo a los 28 días de las mezclas con un 25% y 10% cumplían con la normativa europea y no se encontraba diferencias entre las cenizas volantes y de fondo que viene de ambas centrales termoeléctricas. GIL, Tomas; LOPEZ, Oscar; VICENTE, Rafael y VERDU, Amparo

(2017). Inerting and valorization of fly ash from solid urban waste for cement mortar production. Este artículo amplía los resultados de investigaciones previas sobre la inertización de cenizas volantes de residuos sólidos urbanos y su encapsulación en matrices de mortero. Dada la composición heterogénea del MSWIFA, se decidió replicar el proceso de inertización utilizando  $\text{NaHCO}_3$  para demostrar su eficacia. Los resultados son concluyentes, reduciendo el contenido de cloruro en cerca del 99%. THOMAS, Michael (2007). Optimizing the Use of Fly Ash in Concrete. Este artículo discute el impacto de la ceniza volante en las propiedades de hormigón con el fin de optimizar el nivel de cenizas volantes utilizadas para una aplicación dada. La cantidad óptima de cenizas volantes varía no solo con la aplicación, sino también con la composición y proporciones de todos los materiales en la mezcla de concreto (especialmente la ceniza volante), las condiciones durante la colocación (especialmente temperatura), construcción práctica (por ejemplo, acabado y curado) y la exposición a condiciones. Por lo tanto, el contenido óptimo de cenizas volantes variará caso por caso. Los contenidos de cenizas volantes de hasta 50% pueden ser adecuados para la mayoría los elementos, proporcionaron los requisitos de fortaleza del proyecto que a temprana edad se puede cumplir y siempre que se pueda asegurar un curado en húmedo adecuado. JOSEPH, Aneeta; SNELLINGS, Ruben; VAN DEN HEEDE, Philip (2018). The Use of Municipal Solid Waste Incineration Ash in Various Building Materials: A Belgian Point of View. Este artículo discutió el potencial de utilización de las cenizas de MSWI en una variedad de campos, varios obstáculos que impiden la utilización y varias opciones de procedimientos de tratamiento que podrían superar estos obstáculos. La composición de las cenizas depende del desperdicio de entrada, el tipo de incinerador y los parámetros del proceso, y esto varía espacial y temporalmente; no obstaculiza su utilización en uno de los diversos campos potenciales de aplicación. PRIETO, Laura; MONTAÑO, Andrés; PARRA, Alejandro (2018). Evaluación Mecánica y Ambiental del Uso de Ceniza Volante con Activación Alcalina como Alternativa de Reemplazo Total del Cemento en la Elaboración de Tabletas Prefabricadas. Esta investigación estuvo orientada en la inclusión de la ceniza volante con activación alcalina como reemplazante del cemento portland para la fabricación de tabletas prefabricadas. Para el desarrollo de este experimento se realizó una caracterización física y química de los materiales,

determinación de la relación óptima ceniza volante/alcalino y ensayos de carácter mecánico para obtener el módulo de rotura y la resistencia a la compresión. El estudio consiguió demostrar que la aplicación de ceniza volante producida en la quema del carbón colombiano puede ser activada alcalinamente y conseguir similares resistencias a la compresión y flexión que las tabletas prefabricadas realizadas con cemento portland. MISRA, Anil (2000). En su artículo titulado "Utilization of Western Coal Flay Ash in Construction of Hightways in the Midwest". Se estudiaron los comportamientos de los suelos arcillosos estabilizados con cenizas volantes obtenidas de la ciudad de Kansas. En esta investigación se presentaron informes de resultados de laboratorio de suelos arcillosos. Se logró encontrar un retraso en la compactación, lo cual es un factor que controla la estabilidad del suelo. También se encontró que características en la estabilización dependen de la plasticidad del suelo. Se pudo concluir que la duración de la estabilización con cenizas volantes depende del curado con su método de desarrollo. También se concluyó que se deben de establecer pruebas de lixiviación con respecto a la ceniza

A **nivel nacional** tenemos a Lux Mamani y Alejandro Yataco que publicaron la tesis "Estabilización de suelos arcillosos aplicando ceniza de madera de fondo, producto de ladrilleras artesanales en el departamento de Ayacucho"; también a Cubas, Kevin y Falen, José en el 2016 publicaron su tesis de "Evaluación de las cenizas de carbón para la estabilización de suelos mediante activación alcalina y aplicación en carreteras no pavimentadas", Así mismo Maluquiz, Adelino y Zegarra, Jean en el 2017 publicaron una investigación sobre el "Uso de cenizas volantes de carbón para mejorar la subrasante en la Av. San Josemaría Escrivá de Balaguer [Progresiva: 2+880-3+880] Piura-Piura-Piura", también Vásquez, Alexander en el 2018 investigaron sobre la "Capacidad de soporte al estabilizar el suelo de la vía cascajal con adición de carbón y cal a nivel de subrasante", de igual forma Pérez, Carolina en el 2014 publicó su tesis sobre la "Estabilización de suelos arcillosos con cenizas de carbón para su uso como subrasante mejorada", así mismo Castro, Axel en el 2017 publicó sobre la "Estabilización de suelos arcillosos con ceniza de cascara de arroz para el mejoramiento de subrasante", entre otros.

GOÑAS, Olger (2019). En su tesis para obtener el título de ingeniero civil titulada "Estabilización de suelos con cenizas de carbón para su uso como subrasante mejorada". Chachapoyas - Perú. Sustentada en la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas. Se realizó una investigación de carácter descriptiva, explicativa del tipo experimental. Su objetivo principal fue evaluar la influencia que tiene un subproducto obtenido de la quema de carbón mineral provenientes de la ciudad de Chachapoyas en el mejoramiento de las propiedades mecánicas de muestras de suelo. Este estudio tomo muestra de suelos de 2 calles a las cuales se le hicieron estudios de granulometría, límites de consistencia, Proctor modificado y capacidad de soporte (CBR). Los resultados mostraron que el incremento de la capacidad de soporte de los suelos; en los que se vinieron realizando los estudios, tienen una relación directamente proporcional con la adición de ceniza de carbón, llegando a la conclusión que sí hay un mejoramiento en la capacidad portante de los suelos tipo OH y CH, pero no cumplen con las exigencias del manual de carreteras, suelo, geología, geotecnia y pavimentos.

MAMANI, Lux y YATACO, Alejandro (2017). En su tesis para obtener el título de ingeniero civil titulada "Estabilización de suelos arcillosos aplicando ceniza de madera de fondo, producto de ladrilleras artesanales en el departamento de Ayacucho". Sustentada en la Universidad San Martín de Porres. Realizó una investigación aplicada, cuantitativa, descriptiva y experimental. Teniendo como objetivo principal el estudiar la incidencia de las cenizas de madera de fondo, provenientes de ladrilleras de origen artesanal, en la estabilización de suelos arcillosos. Concluyendo que en el Perú se produce 53.500 toneladas de ceniza de fondo procedente de la incineración en los hornos artesanales para la fabricación de ladrillos, estas cenizas no tienen un uso adecuado; por ende, en su mayoría son llevados hacia rellenos sanitarios, contaminando el medio ambiente durante su traslado. En los ensayos de límite de consistencia se notó que la aplicación de ceniza de fondo, con relación al suelo arcilloso, reduce el índice de plasticidad y aumenta la gravedad específica de los sólidos, favoreciendo así a las propiedades físicas del suelo. En el ensayo de proctor modificado; de acuerdo a las mezclas de arcilla - ceniza de fondo, se notó que disminuye la humedad óptima del suelo. En el ensayo de consolidación unidimensional; en la combinación de arcilla - ceniza; curado a 7 días, reduce la deformación del suelo y aumenta el esfuerzo de

preconsolidación, mejorando el asentamiento del suelo e incrementado su resistencia. En los ensayos de corte directo (ensayo mecánico), en la combinación de arcilla-ceniza curado a 7 días y 14 días, aumenta los indicadores de resistencia al corte, como: esfuerzo al corte, ángulo de fricción interna y cohesión, comprobando así la eficiente aplicación de las cenizas. Por ende, se concluye que la aplicación de cenizas de madera de fondo en suelos arcillosos, optimiza su comportamiento físico - mecánico. Así mismo CUBAS, Kevin y FALEN, José (2016). En su tesis para obtener el título de ingeniero civil titulada "Evaluación de las cenizas de carbón para la estabilización de suelos mediante activación alcalina y aplicación en carreteras no pavimentadas" Pimentel - Perú. Sustentada en la Universidad Señor de Sipán. Realizó una investigación cuantitativa cuasi - experimental. Teniendo como objetivo principal la evaluación de la adición de cenizas de carbón vegetal en la estabilización de suelos usando activación alcalina, para lo cual se ejecutaron y analizaron los ensayos de proctor estándar y deformaciones unitarias de los suelos de Lambayeque y Pimentel. Mediante calicatas se obtuvieron muestras las cuales fueron añadidas con cenizas de carbón en porcentajes de 7%, 14% y 21%, curados y fallados a 7 días y en distintos ambientes. Como conclusión se dio que el uso de cenizas de carbón (CC) y el uso de hidróxido de sodio (NaOH) presentan las siguientes reacciones al combinarse con el terreno: en suelos arenosos mejora significativamente la resistencia en un 7%, en suelos con característica de arena fina, reduce la resistencia mecánica; no obstante, disminuye el levantamiento de polvo, por ende, el costo de mantenimiento. Llegando a la conclusión de que la CC - NaOH cumplen la función de estabilizar suelos arenosos pobremente graduados con arcilla, ayudando a la mejora de la subrasante. De igual manera MALUQUIS, Adelino y ZEGARRA, Jean (2017). En su tesis para obtener el título de ingeniero civil titulada "Uso de cenizas volantes de carbón para mejorar la subrasante en la Av. San Josemaría Escrivá de Balaguer [Progresiva: 2+880-3+880] Piura-Piura-Piura". Sustentada en la Universidad Cesar Vallejo. Realizó una investigación experimental, tipo aplicada, enfoque cuantitativo y a nivel exploratorio. Cuyo objetivo fue determinar cómo influye; en las características mecánicas, físicas y químicas, la adición de cenizas volantes de carbón y la adición de cemento portland. Realizando estudios de mecánica de suelos se obtuvo del terreno natural lo siguiente: máxima densidad

seca (MDS) 1.932 gr/cm<sup>3</sup>, óptimo contenido de humedad (OCH) 11.65%, ensayo de california Bearing ratio (CBR) al 95% de la MDS a 0.1" igual a 1.69%, siendo categorizada como una SUBRASANTE INADECUADA. Al añadir cemento en un 2% y ceniza volante de carbón en un 15%, se alteró la subrasante de la siguiente manera: la MDS se redujo a 1.840 gr/cm<sup>3</sup>, el OCH aumentó a 14.61% y el CBR al 95% de la MDS a 0.1" aumentó hasta 21.5 %, pasando a la categoría de subrasante muy buena. Dando como conclusión que las cenizas volantes de carbón y el cemento, succionan más cantidad de agua, las cenizas afectan positivamente como aditivo en las propiedades expansivas y cohesivas de las arcillas disminuyendo su índice de plasticidad, e incrementando su capacidad de soporte (CBR) en un 19,9% pasando de ser una subrasante inadecuada a una subrasante muy buena. A su vez VÁSQUEZ, Alexander (2018) En su tesis titulada: "Capacidad de soporte al estabilizar el suelo de la vía cascajal con adición de carbón y cal a nivel de subrasante" para obtener el título de ingeniero civil. Universidad San Pedro. En la ciudad de Chimbote-Perú. Se realizó un diseño a nivel exploratorio. Su objetivo principal es evaluar el efecto del carbón mineral y la cal como estabilizante de una subrasante de suelo limoso, para mejorar las propiedades físicas y mecánicas. El carbón mineral fue extraído de la cantera "La Galgada" y fue activado mecánicamente para reducir sus dimensiones y sea posible mezclarse con la cal y el suelo. Se trabajó con porcentajes de 4% de cal y 7% de carbón mineral con respecto al peso de la muestra del suelo a evaluar. Este suelo; mediante las calicatas, se clasificó como limoso (A-4) según su clasificación AASHTO y su correlación en la clasificación SUCS es del tipo ML (Limo baja plasticidad arenosa). Dando como conclusión en los ensayos de CBR patrón al 100% para las 3 calicatas de: 16.2%, 15.4% y 14.0% (respectivamente). Aplicando los porcentajes anteriormente mencionado de carbón mineral y cal, los ensayos de CBR aumentaron a: 29.0%, 35.3% y 32.2% (respectivamente). Por ende, la adición de 7% de carbón y 4% de cal, logra estabilizar el suelo limoso de la subrasante de la vía Cascajal Km15 a Km16. De igual manera PEREZ, Carolina (2014). En su tesis para obtener el título de ingeniero civil titulada "Estabilización de suelos arcillosos con cenizas de carbón para su uso como subrasante mejorada" Lima - Perú. Sustentada en la Universidad Nacional de Ingeniería. Tuvo como objetivo estudiar el comportamiento de las cenizas volantes, las cuales fueron obtenidas de una

central termoeléctrica de Ilo - Perú, producto de un proceso de incineración que le realizan al carbón. Este comportamiento a estudiar será con relación a su aplicabilidad como material estabilizante en suelos arcillosos con foco a ser utilizada como capa de subrasante del pavimento. En base a los ensayos realizados se dio como conclusión que es factible su uso como estabilizador, presentando una mayor resistencia en la mezcla final. Las pruebas se realizaron en 2 escenarios: [Escenario 1] Para suelo arcilloso en estado natural: Ensayo para ver sus propiedades físicas (análisis de granulometría por tamizado y por hidrómetro, límites de consistencia, contenido de humedad), sus propiedades mecánicas (proctor modificado, CBR), límites de contracción, gravedad específica, materia orgánica y composición química. [Escenario 2] Para la ceniza volante: Ensayo para ver sus propiedades físicas, propiedades mecánicas (proctor modificado), límites de contracción, gravedad específica, materia orgánica, composición química, ensayos de fluorescencia de rayos X de energía y dispersión, tanto para la ceniza como para la arcilla. Las pruebas fueron empleadas tanto en suelo arcilloso en estado natural como en la combinación de suelo arcilloso y ceniza volante de proporciones de 20%, 40% y 100%. Esta última presentó un comportamiento mecánico eficiente, en base a los requisitos que se necesita para una vía de bajo volumen de tráfico. La proporción adecuada de ceniza volante añadida con arcilla es del 20% para mejorar la resistencia y comportamiento del suelo. Esto puede aplicarse para subrasante mejorada de pavimento de alto tránsito vehicular o como un pavimento de bajo tránsito vehicular. Al ser un material contaminante, su reutilización ayuda a minimizar su presencia en vertederos y/o rellenos sanitarios. También CASTRO, Axel (2017). En su tesis para obtener el título de ingeniero civil titulada "Estabilización de suelos arcillosos con ceniza de cascara de arroz para el mejoramiento de subrasante" Lima - Perú. Sustentada en la Universidad Nacional de Ingeniería. Esta tesis buscaba determinar la utilización de la ceniza de cascara de arroz como estabilizante de suelos arcillosos ubicados a nivel de subrasante en una vía no pavimentada. Después de diversos ensayos y estudios se llegó a concluir que el valor de la resistencia C.B.R en dos combinaciones propuestas en el estudio. Por otro lado, las mezclas de ceniza de cascara de arroz, suelo arcilloso y cal nos da resultados más elevados de resistencia C.B.R. Con un nivel de compactación al 100% se vio un aumento de 5% hasta un 38.5%, esto se traduce

en un aumento de hasta 6 veces. Estos resultados se obtuvieron con la incorporación de un 20% de ceniza. Según estos resultados el suelo estabilizado con ceniza de cascara de arroz muestran alteraciones muy convenientes, los cuales hacen factible su uso a nivel de subrasante. Por otro lado, se pudo ver que los cambios más importantes se produjeron cuando se combina el suelo arcilloso con ceniza de cascara de arroz y cal porque las mezclas de suelo arcilloso con ceniza de cascara de arroz tienden a no formar materiales cementosos o cementantes debido a que hay una presencia de sílice con limitada cantidad de calcio en el suelo. Debido a esto se puede concluir que la ceniza de cascara de arroz obtendrá resultados más óptimos cuando incluimos agentes secundarios. Por otro lado, CABRERA, José y PAREDES, Jerry (2018) En su tesis para obtener el título de ingeniero civil titulada “Estabilización de suelos con cenizas de carbón mineral con fines de pavimentación en el centro poblado de cascajal izquierdo, provincia de Santa -Ancash – 2018”. Entre sus objetivos estuvo la determinación de la influencia de la adición de cenizas de carbón mineral para la estabilización de suelos sin pavimentar en el Centro poblado Cajascal Izquierdo de la provincia de Santa -Ancash. Por otra parte, uno de sus objetivos la de hallar la composición química de la ceniza de carbón mineral y el tipo de suelo de la zona de estudio haciendo uso de la clasificación AASHTO. Con la adición de 10% y 4.8% de cenizas se analizó las propiedades físico-mecánicas del suelo en estudio. Al final, una de las conclusiones más importantes conseguidas en esta investigación fue que la incorporación de un 3% no influyó significativamente en las características físicas tales como el índice de plasticidad, llegando a no variar y manteniendo si mismo valor inicial. Con respecto al CBR se pudo observar que tampoco hubo cambio en este valor ya que no tiende a disminuir ni a aumentar la capacidad de soporte. Por otro lado, con la incorporación de un 8%, hubo ciertas modificaciones físicas tales como reducir su IP y de la misma manera aumentando su resistencia CBR a un 11%. Finalmente, la adición de 10% de ceniza tiende a quitarle toda la plasticidad al suelo y su resistencia CBR aumenta a un 13% pasando de una subrasante regular a una buena, siendo algo muy favorable para vías que serán pavimentadas en un futuro. Sobre los conceptos asociados a la presente investigación parten desde definir en qué consisten las ladrilleras artesanales, los residuos que generan y sus propiedades físico-químicas, del mismo modo se definen conceptos sobre suelos

cohesivos, la definición de la subrasante y los requerimientos básicos que se necesitan cumplir, de igual manera se describe los ensayos que se le ejecutan a los suelos para clasificarlos y categorizarlos en base a sus resultados. Ahora se hablará sobre conceptos importantes que nos ayudarán a la siguiente investigación, se comienza con la variable independiente.

Según la Guía de buenas prácticas para ladrilleras artesanales (2010), menciona que las ladrilleras artesanales poseen un sistema de obtención de ladrillos rudimentario, que no siempre califican como organismos empresariales, sino como lugares que generan trabajo de subsistencia. En el proceso constructivo; para realizar la cocción, usan como combustible artículos plásticos, llantas usadas, troncos y ramas de árboles, hojas de eucaliptos, cascaras de café y cascaras de arroz, aserrín (viruta de madera), petróleo disel, petróleo y carbón de piedra (antracita y bituminoso). (p. 12)

*Tabla 1. Eficiencia de combustión en combustibles típicos*

<b>COMBUSTIBLE</b>	<b>EFICIENCIA</b>
Carbón antracita	89.36%
Carbón bituminoso	87.42%
Residual N°6	85.95%
Diesel N° 2	84.95%
Propano	83.45%
Gas natural	81.30%
Metano	81.20%

*Fuente: Ministerio de la producción. Guía de buenas prácticas para ladrilleras artesanales, PRODUCE (2010).*



*Figura 1: Ladrillera de Huachipa, Lima-Perú*

*Fuente: Propia (2020).*

El carbón de piedra posee dos presentaciones para su aplicación: La primera tiene la forma de briquetas, las cuales son colocadas en la zona inferior de los hornos para el encendido del mismo. La segunda forma es molida y se añade entre cada capa de ladrillos. Así mismo la Guía de buenas prácticas para ladrilleras (2019), menciona que “en el Perú, en la actualidad el carbón de piedra existente es incierto. En Arequipa, Cusco y Piura el combustible utilizado es cisco de carbón antracítico y en Ayacucho es el carbón semi bituminoso, con poderes caloríficos típicos de 26 mil kJ/kg y 17 mil kJ/kg respectivamente. Los carbones nacionales poseen un 0.5% de azufre como máximo, siendo este porcentaje muy bajo. Al realizar la prueba de combustión en Arequipa, se contempló un buen comportamiento del carbón proveniente del Alto Chicama en el Dto. de la Libertad” (p. 11).

*Tabla 2. Poderes Caloríficos típicos*

<b>Poderes Caloríficos típicos en KJ/Kg de algunos combustibles utilizados en hornos de la actividad ladrillera</b>	
Cáscara de arroz	13 300
Algarrobo	15 500
Eucalipto	18 000
Carbón bituminoso	17 000
Carbón antracítico	26 000

*Fuente: Ministerio de la producción. Guía de buenas prácticas para ladrilleras artesanales, PRODUCE (2010).*

El carbón al ser explorado, suele poseer minerales que no generan combustión tales como las arcillas y otras impurezas. Al pasar a la etapa de combustión, en el fondo del horno se genera un desperdicio, el cual se denomina ceniza, de la cual gran parte depende principalmente de la proporción de materiales no combustibles que tiene el carbón en su situación natural. Debido a sus propiedades físico - químicas, la ceniza puede ser empleada como materia prima para la fabricación de

distintos productos a utilizar en el negocio de la construcción; para la fabricación de cemento, elementos de concreto, ladrillos, suelos artificiales y pavimentos.

Según Kana y Malaga (2019), describen las propiedades físicas del carbón de la siguiente manera:

“a) color: el carbón de piedra presenta un color oscuro pardo, por otro lado, la antracita es de un color negro

b) textura: contiene textura terrosa y angulosa, y al aplicarle poca presión tienden a desmoronarse, debido a las pequeñas fracturas que posee

c) dureza: presenta una dureza débil con cierta tendencia a fracturarse, según la escala de Christian Mohs se clasifica como máximo número dos

d) densidad: A más antigüedad la densidad es mayor” (p. 10).

Así mismo describe sobre sus propiedades mecánicas, que se encuentran formadas por un contenido de 85% de Sílice, alúmina, magnesio, óxido de hierro y cal con ciertas cantidades de óxido de sodio, óxido de azufre y potasio. Del mismo modo posee propiedades puzolánicas.

*Tabla 3. Composición química de cenizas de carbón expresada como óxidos*

<b>Composición química</b>	<b>Resultado (%)</b>	<b>Método utilizado</b>
Trióxido de Aluminio (Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	51.49	
Dióxido de Silicio (SiO <sub>2</sub> )	29.604	
Oxido de Potasio (K <sub>2</sub> O)	9.608	
Trióxido de Hierro (Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> )	3.908	
Dióxido de titanio (TiO <sub>2</sub> )	1.496	Espectrometría de Fluorescencia de Rayos X
Oxido de Calcio (CaO)	1.339	
Pentóxido de Fosforo (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	1.294	
Trióxido de azufre (SO <sub>3</sub> )	1.129	
Pentóxido de Vanadio (V <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	0.095	
Oxido de Cobre (CuO)	0.037	

*Fuente: Vásquez (2018).*

Tabla 4. Composición química de ceniza de carbón expresada como elemento

Composición química	Resultado (%)	Método utilizado
Silicio, Si	37.71	Espectrometría de Fluorescencia de Rayos X
Aluminio, Al	31.448	
Azufre, S	12.846	
Potasio, K	5.285	
Hierro, Fe	5.196	
Calcio, Ca	3.297	
Titanio, Ti	2.796	
Fosforo, P	1.138	
Cobre, Cu	0.147	
Vanadio, V	0.138	

Fuente: Vásquez (2018).

La ceniza de carbón de piedra es el desperdicio que queda después de realizar la combustión del mismo carbón, estas cenizas son sustancias inorgánicas, de muy pequeñas dimensiones y se ubican dentro de los hornos artesanales.



Figura 2. Cenizas de carbón - Ladrillera de Huachipa

Fuente: Propia (2019).

Al referirse de las cenizas volantes, para Pérez (2014), menciona que “al realizar el proceso de combustión al carbón pulverizado, se genera un residuo (polvo fino) el cual se le denomina ceniza volante, este producto está compuesto de aluminio,

silicio, otros óxidos y álcalis, cabe recalcar que son de naturaleza puzolánica. [...] este material ha sido aplicado principalmente en la estabilización de suelos reemplazando a la cal o al cemento, mejorando las propiedades puzolánicas del suelo” (p. 33). Cuando se inicia el proceso de combustión en el carbón, influyen bastante los minerales no combustibles que hay dentro de él; y sus reacciones, ya que en esos residuos se ubica su composición mineralógica y química.

Así mismo se le conoce como ceniza de fondo al material restante (residuo) de la combustión realizada al carbón pulverizado, estos residuos son de mayores dimensiones que las cenizas volantes; por ende, poseen un mayor peso lo cual los ubica en la zona baja del horno.

Según Mamani y Yataco (2017), “se le denomina ceniza de fondo a la parte gruesa de las cenizas de carbón y madera. Esta abarca la mayor cantidad de cenizas en hasta un 60%, las cuales también contienen impurezas minerales contenidas en el combustible. Las cenizas de fondo, como su nombre lo dicen, suelen ubicarse en la cama inferior del horno debido a que caen por su dimensión y peso y en la caída se separan mecánicamente” (p. 36).

Ahora se detallará sobre la **variable dependiente**, para comenzar la subrasante, para Rondón y Reyes (2015), “es la cara de un camino terminado (terracería), por otro lado, la rasante es la superficie por la cual se desplazan los vehículos, y normalmente se encuentra en paralelo a la subrasante y se ubica por encima de ella, está formada por una serie de líneas rectas con sus respectivas pendientes, y unidades de una pendiente a otra por curvas verticales tangentes a ellas. Las pendientes, siguiendo el sentido del kilometraje, serán ascendentes o descendente, las primeras se consideran positivas y las segundas se marcan con signo negativo. La subrasante se realiza en el trazo definitivo, procurando compensar las excavaciones y los rellenos, pero se debe de tener en cuenta no superar pendientes establecidas para la vía que se va a construir” (p. 415). Según el Ministerio de transportes y comunicaciones – sección suelos y pavimentos (2014), “la subrasante viene a ser una superficie terminada que forma parte de la vía con respecto a excavaciones para movimiento de tierras, sobre la cual se sitúa la estructura del afirmado o pavimento. Podríamos afirmar que la subrasante va a quedar debajo de la conformación de nuestro pavimento y llega a ser parte de la vía que se proyecta

realizar en un terreno nivelado. La subrasante es la capa que se encuentra en la parte superior del terraplén o parte del fondo excavado del terreno natural, el cual se encargara de soportar el peso de nuestro pavimento, y está conformado por material compactado, que además poseen características aceptables para que en un futuro no haya inconvenientes por efecto del tránsito” (p. 20). Así mismo el Ministerio de trasportes y comunicaciones – sección suelos y pavimentos (2014), también menciona que “dentro de lo que podemos considerar como material apto para la conformación de la subrasante suelos, estos tendrían que tener CBR > 6%. Si se obtiene un CBR menor (no estaría dentro de la categoría de subrasante), se tendrá que considerar la etapa de la estabilización de suelos, para el cual se elegirá una de las diversas soluciones de acuerdo al tipo de suelo, tales como la estabilización” (p. 40). Las características más importantes para analizar en una subrasante son las propiedades físicas (límites de consistencia, granulometría, contenido de agua, densidad), propiedades muy ligadas al tema de rigidez (CBR, módulo resiliente, módulo de elasticidad), adicionalmente propiedades hidráulicas (permeabilidad, coeficiente de drenaje y coeficiente de expansión).

Para poder conocer las características físico – mecánicas de lo que vendrían a ser los materiales o suelos que van a formar de la subrasante se tendrán que realizar investigaciones exploratorias llamadas calicatas, estas deben de tener como mínimo 1.5 m de profundidad, esta cantidad de calicatas que se debe realizar es por kilómetro y la cantidad puede variar. Así mismo es considerado material apto para la formación de una subrasante, suelos que posean un CBR > 6%.

*Tabla 5. Categorías de la subrasante*

<b>CATEGORÍAS DE LA SUBRASANTE</b>	<b>CBR</b>
S0: Subrasante Inadecuada	CBR < 3%
S1: Subrasante Insuficiente	De CBR ≥ 3% A CBR <6%
S2: Subrasante Regular	De CBR ≥ 6% A CBR <10%
S3: Subrasante Buena	De CBR ≥ 10% A CBR <20%
S4: Subrasante Muy Buena	De CBR ≥ 20% A CBR <30%
S5: Subrasante Excelente	De CBR ≥ 30%

*Fuente:* Manual de carreteras - sección suelos y pavimentos, MTC (2014).

El Ministerio de transporte y comunicaciones (2014). menciona que “las calicatas se deberán ubicar de manera longitudinal y alternada dentro del ancho de lo que conforma la vía con parámetros relativamente iguales; si es que hubiera fines particulares se llevaran a cabo en sitios específicos de la vía” (p. 26).

El mejoramiento de la subrasante, para Rico y Del Castillo (2005), “se basa en modificar los rasgos distintivos del suelo haciendo una mezcla del suelo con otro material que posee más resistencia o por acción física” (p. 129). Es muy importante conocer el suelo en el que vamos a llevar a cabo el trabajo de investigación, ya que de esta manera se podrá determinar si necesitara una estabilización o un mejoramiento, una vez analizado el suelo se tomará la mejor alternativa para la zona de estudio. Según Rondón y Reyes (2016), mencionan que “normalmente esta capa puede realizarse con materiales para relleno o con escombros. Con respecto a los materiales que forman parte del terraplén, estos podrían servir como los afirmados para nivelar y formar la estructura del pavimento en lugares donde tenemos subrasantes que necesitan alineamiento transversal y longitudinal” (p. 345). Tenemos que elegir el tipo de aditivo, material o relleno que se aplicara para conseguir mejorar el suelo, ya que de eso dependerá la optimización de las características físicas del suelo y también las mecánicas. Podemos entender por mejoramiento de un suelo al mejoramiento de rasgos distintivos de resistencia o rigidez para poder apoyar de manera adecuada las cimentaciones de altas solicitaciones. El suelo debe de conseguir grandes beneficios cuando se consigue mejorarlo ya que se aumentará tanto rasgos mecánicos y físicos como por ejemplo la capacidad portante y será más resistente frente a asentamientos logrando así la mejora sustancial del suelo. Para el Ministerio de transportes y comunicaciones (2014), “el mejoramiento de suelos hace mención la optimización de propiedades físicas de los suelos para fines de pavimentación, por medio de procesos mecanísticos o adicionando ciertos materiales químicos, naturales o de procedencia sintética. Las mejoras normalmente se deben realizar estrictamente en lugares donde el suelo de subrasante sea considerado inadecuado o pobre, normalmente para estos casos se llevan a cabo estabilizaciones con cemento, cal, asfalto y otras combinaciones” (p. 68). El mejoramiento de suelos se puede llevar a cabo mediante diferentes métodos como ya pudimos mencionar, como lo es la

adición de otros elementos para poder conseguir mejores características y así poder lograr que el suelo resulte ser óptimo para su uso como vía.

La clasificación de suelos; cuando se consiguen determinar la mayor cantidad de rasgos que hacen diferenciar nuestros suelos, se podrá conseguir una aproximación confiable del desempeño del suelo, en especial con el conocimiento de ensayos posteriores tales como granulometría, índice de grupo y plasticidad; y luego se continúa con los ajustes para clasificar nuestros suelos. El Ministerio de transportes y comunicaciones (2014), “la clasificación de suelos deberá ser efectuada bajo el sistema de clasificación AASHTO y SUCS. Así mismo la clasificación permitirá conocer el desempeño de suelos desde el punto de vista de la geotecnia” (p. 33).

*Tabla 6. Clasificación de la subrasante*

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

*Fuente: Manual de carreteras - sección suelos y pavimentos, MTC (2014).*

Suelos cohesivos y suelos no cohesivos; para Badillo y Rodríguez (2011), “las características distintivas de los diversos tipos de suelos es la peculiaridad de la cohesión que tienen estos. Por causa de este fenómeno en los suelos, pueden ser encasillados como no cohesivos y cohesivos. Los suelos cohesivos tienen el rasgo distintivo de atracción intermolecular, como las arcillas y limos. Por otra parte, los suelos conocidos como no cohesivos son los formados por partículas de roca que no tienen propiedades cementantes, como la arena y la grava” (p. 26). Nuestro foco

de trabajo son los suelos cohesivos, debido a que son aquellos que dentro de su composición se encuentran arcillas. Química y estructuralmente tienen un enlace de tetraedro y octaedro de sílice, pueden llegar a tener un tamaño de sus partículas de 0.0063mm, esto hace que tenga una gran área; tiene la peculiaridad de absorber una gran cantidad de agua, esto hace que tenga una gran variación en volumen por lo que pueden hincharse y expandirse perdiendo su capacidad de resistencia.

Los ensayos de laboratorio para granulometría; este tipo de análisis tiene como propósito dispersar para poder organizar y clasificar por dimensiones las partículas del suelo. A su vez, este tipo de ensayo nos dará a conocer ciertas propiedades de los suelos, en especial de los gruesos. Asimismo, este tipo de ensayo nos ofrece y expone la separación de partículas del suelo distribuyéndolos por tamaños, esto solo se consigue únicamente realizando un tamizado de las muestras por diferentes mallas dimensionadas reglamentariamente, cada una de estas con diferente diámetro. De esta manera se puede hacer un ordenamiento por medio de la clasificación SUCS o la clasificación AASHTO. Los resultados generan una curva granulométrica que involucra la dimensión de partículas que pasan o quedan retenidas. Según el Ministerio de transportes y comunicaciones (2014), “podemos decir que los ensayos granulométricos forman parte del procedimiento manual y mecánico en la cual se tiene que separar todos los granos de la muestra del suelo y distribuirlo de manera proporcional. Este ensayo tiene como fin establecer las proporciones de las partículas que conforman el suelo y clasificarlos dependiendo de su tamaño” (p. 30). Según Rico y Del Castillo (2005), sostienen que “se puede definir que una distribución granulométrica es la división de diferentes dimensiones de las partículas de los suelos, ya que estos pueden contener diversos componentes combinados; cada partícula puede llegar a ser caracterizados por sus dimensiones, y estas dimensiones están reglamentadas para definir su clasificación por medio de valores mínimos y máximos. En suelos que contienen limos, gravas y arenas con simples estructuras, su caracterización de más relevancia que involucra su resistencia es la angulosidad y compacidad que poseen los granos de este suelo, obviamente los análisis que se realizan por el uso de mallas reglamentadas no tienen la posibilidad de darnos información acerca de los ya mencionados aspectos; no obstante, pueden llegar a una referencia sobre su distribución granulométrica” (p. 24).

*Tabla 7. Clasificación de suelos según tamaños de partículas.*

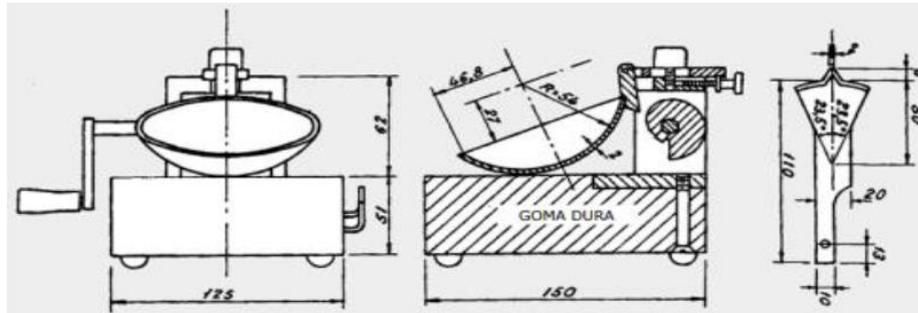
Tipo de Material		Tamaño de partículas
Grava		75mm – 4.75mm
Arena		Arena gruesa: 4.75mm – 2.00mm
		Arena media: 2.00 – 0.425mm
		Arena fina: 0.425mm – 0.075mm
Material Fino	Limo	0.075mm – 0.005mm
	Arcilla	Menor a 0.005mm

*Fuente: Manual de carreteras - sección suelos y pavimentos, MTC (2014).*

Los ensayos de límites de atterberg, la plasticidad, según Badillo y Rodríguez (2011), “una de las propiedades de los suelos es la plasticidad, la cual se le atribuye la capacidad de soportar cargas, pero manteniendo su volumen, sin presentar rebote elástico, agrietamiento y deformación” (p. 127). Para el Ministerio de transportes y comunicaciones (2014), “la plasticidad viene a ser una característica propia de la estabilidad que poseen los suelos con un determinado contenido de humedad, pero teniendo en cuenta que no se llegan a degradar, en ese sentido, la característica de plasticidad va a tener una dependencia exclusivamente de la cantidad de elementos finos que tenga el suelo. Lamentablemente el análisis granulométrico no puede dar una característica muy exacta, por lo que se tienen que utilizar los límites de consistencia o también llamado límites de Atterberg. Los ya mencionados límites consistencia tienen como objetivo establecer el comportamiento del suelo frente a la humedad, en este caso el agua” (p. 31).

El límite líquido; esto hace referencia cuando estamos en el escenario donde un suelo hace una transición del estado semilíquido, a un estado totalmente plástico con la característica que puede llegar a moldearse. A su vez hace mención al contenido de humedad que se encuentra en porcentaje, lo que hace que una muestra de suelo pueda llegar de un estado líquido a un estado plástico. Todo esto se determina con el ensayo de Casagrande. El instrumento de Casagrande posee una base de hule que sostiene una copa de bronce, este ensayo se realiza dando 25 golpes a una altura de 10mm de la base, es recomendable hacer por lo menos 3 pruebas de la misma muestra de suelo. Según Braja (2013), “para poder realizar la determinación de este límite, se debe usar la copa de Casagrande, en la cual se

hace uso una parte de la muestra representativa del suelo que debe haber tenido que pasar por las mallas reglamentarias, esta muestra se coloca en una taza (se debe tener mucho cuidado con la formación de burbujas de aire), luego dividimos el suelo desde el centro de la masa para posteriormente darle 25 golpes que establece el límite líquido” (p. 65).



*Figura 3. Cuchara de Casagrande*

*Fuente: Manual de ensayo de materiales, MTC. (2017).*

El límite plástico, según el Manual de ensayo de materiales, MTC (2017), “el límite plástico hace referencia de la transición de los suelos de un estado plástico a uno semisólido para posteriormente romperse” (p. 31). Para Braja (2013) “este ensayo permite cuantificar la cantidad de agua contenida dentro de la muestra de suelo, lamentablemente para este ensayo no podemos usar moldes de 3mm. La prueba consiste en formar pequeños moldes cilíndricos con el suelo en una lámina de vidrio, tenemos que llegar a formar pequeños cilindros de 3mm. Este ensayo se repite hasta conseguir los cilindros mencionados” (p. 65).

El índice de plasticidad, para el Ministerio de transportes y comunicaciones (2016), “aparte del límite líquido (LL) y límite plástico (LP), un rasgo distintivo a obtener es el índice de plasticidad (IP), que viene a ser el residuo de la resta del LL con el LP. El IP nos va a indicar el intervalo de contenidos de humedad en donde el suelo experimenta consistencia plástica; y facilita categorizar muy bien un suelo. Cuando el IP es elevado, refiere a un suelo muy arcilloso y, por otro lado, cuando el IP es bajo es un distintivo de un suelo pobre en arcilla. En este sentido se puede lograr agrupar a los suelos basándonos en sus índices de plasticidad. Se debe tener mucho cuidado con respecto al contenido de arcilla que se muestra en el suelo, ya

que el alto contenido de la arcilla puede ser muy riesgoso en una subrasante (estructura del pavimento), debido a que tiene una gran sensibilidad al agua” (p.

31).

$$IP = LL - LP$$

*Tabla 8. Clasificación de índice de plasticidad*

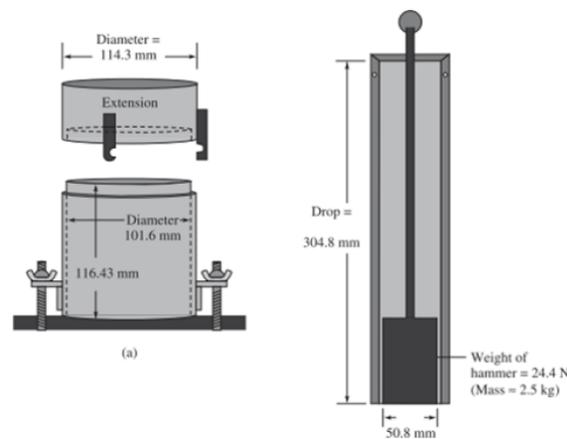
<b>INDICE DE PLASTICIDAD</b>	<b>PLASTICIDAD</b>	<b>CARACTERISTICA</b>
IP > 20	Alta	Suelos muy arcillosos
IP ≤ 20	Media	Suelos arcillosos
IP > 7		
IP < 7	Baja	Suelos poco arcillosos plasticidad
IP = 0	No Plástico (NP)	Suelos exentos de arcilla

*Fuente: Manual de ensayo de materiales, MTC. (2017).*

La humedad natural es la característica imprescindible de los suelos; especialmente de los finos, ya que en base a ella se encuentra relacionada la resistencia de un suelo proyectado como subrasante, estas están asociadas de una manera directa con sus parámetros de humedad y densidad que poseen dichos suelos. Para el Manual de ensayo de materiales, MTC (2016), “este ensayo de humedad natural (HN), será comparado con el resultado del ensayo de proctor modificado que es el que se encarga de encontrar el óptimo contenido de humedad (OCH) del suelo. Luego de ello se obtiene el CBR del suelo analizado. Si por alguna razón, la HN llega a ser igual o menor que el OCH, se optará por realizar una estabilización mecánica del suelo (compactación) adicionando el agua requerida si así fuese. Por otro lado, si es que la HN supera el OCH, se propondrá aumentar la energía de compactación, incorporando aire al suelo o sustituyendo el material saturado” (p. 33). La cantidad de humedad que tiene un suelo se expresa en porcentaje de agua, la cual es calculada por el peso del agua dentro de una muestra de suelo entre el peso del suelo seco, multiplicado por 100. Los resultados pueden ser relativos, ya que están sujetos al estado climatológico y atmosférico que suelen ser variables. Lo recomendable sería que se realice el ensayo e inmediatamente trabajar con los

resultados para poder conseguir datos más confiables a la hora de realizar el estudio.

El ensayo de proctor; este ensayo se realiza mecánicamente o artificialmente, con el fin de que los suelos puedan obtener mejores características para que formen parte de la estructura del pavimento, con el objetivo de que estos resulten duraderos tal cual fueron proyectados. El ensayo de proctor es el ensayo que permite reducir los vacíos existentes en el suelo, lo que nos lleva a una alteración del volumen para un porcentaje de humedad; este proceso de compactación no reduce totalmente los vacíos y no quita toda la humedad, por esta razón un suelo compactado en carreteras también es un suelo parcialmente saturado. Para la compactación del suelo existen dos tipos de ensayos: El primero es el ensayo de proctor estándar; para este proceso los materiales son un molde de 943.3 cm<sup>3</sup> de volumen, diámetro de 101.6mm y se utiliza un pistón de peso 24.5 N, este pistón debe de caer de una altura de 304.8mm. El proceso de prueba consiste en colocar el suelo previamente humedecido en tres capas que ha sido compactada con el pistón a 25 golpes.



*Figura 4. Elementos para el ensayo de Proctor*

*Fuente: Fuente: Manual de ensayo de materiales, MTC. (2017).*

El segundo es el ensayo de proctor modificado; este ensayo es un ensayo mejorado del proctor estándar y esta normado por la Prueba D-1557 de la ASTM y la T-180 de la AASHTO; esta mejora se basa en la inclusión de rodillos y su utilidad en la compactación en campo. En este ensayo se hace uso de un molde de 943.3 cm<sup>3</sup>

de volumen, no obstante, el suelo es compactado en 5 capas de 25 golpes cada una con la ayuda del pistón de 44.5 N a una altura de 457.2 mm.

El ensayo CBR, para el Ministerio de transportes y comunicaciones (2016), “este ensayo se realiza después de haberse agrupado los suelos por el método AASHTO y SUCS, se traza un perfil estratigráfico para cada zona homogénea o área de estudio, por lo cual se tendrá que determinar la planificación de ensayos para definir el CBR que viene a ser la capacidad de soporte del suelo” (p. 35).

### **III. METODOLOGÍA**

### 3.1 Tipo y diseño de investigación

El tipo de investigación es **aplicado**, el principal interés es el de aplicar los conocimientos teóricos obtenidos acerca de la ceniza de carbón para solucionar la realidad de los problemas de baja capacidad que poseen los suelos cohesivos. Para Valderrama (2007), “la investigación científica aplicada busca entender y comprender para crear, construir, cambiar y proceder una realidad; le importa la aplicación de manera inmediata sobre una realidad conocida y concreta” (p. 29).

El enfoque de investigación es **cuantitativo**, debido a que se realizarán diversos ensayos a nuestras variables, de los cuales obtendremos datos cuantificables y en base a esos datos realizaremos las comprobaciones de nuestras hipótesis. Para Ñaupas, Mejía, Novoa y Villagómez (2018), menciona que “el enfoque cuantitativo tiende a caracterizarse por métodos y técnicas cuantitativas por lo que se enfoca en una cuantificación, con lo cual hace uso de magnitudes, medición de unidades de análisis, observación y el muestreo para el tratamiento estadístico. [...] Utiliza la recolección de datos y su respectivo análisis para resolver preguntas de investigación y probar hipótesis formuladas previamente” (p. 97).

El diseño de investigación es **experimental - cuasiexperimental**, esto se realizará para descubrir una teoría en base a la manipulación (adición) en porcentajes de la variable independiente (V.I.) que es la ceniza de carbón, con el objetivo de que llegue a mejorar nuestra variable dependiente (V.D.) que viene a ser el mejoramiento de la subrasante, estos grupos fueron formado antes de iniciar el experimento. Según Hernández, Fernández y Baptista (2014), nos menciona que “los experimentos manipulan tratamientos, estímulos, influencias o intervenciones (denominadas variables independientes) para observar sus efectos sobre otras variables (las dependientes) en una situación de control” (p. 121). Del mismo modo menciona que “los diseños cuasi experimentales tienden a manipular la variable independiente para posteriormente ver su efecto en la dependiente, la diferencia es que estos experimentos con los puros difieren en el grado de seguridad que pueda encontrarse sobre la equivalencia inicial de los grupos. En las investigaciones con diseños cuasi experimentales los grupos no son

elegidos al azar, más bien estos grupos ya están conformados antes del experimento, por lo que pueden llamarse grupos intactos (la razón principal por la que se crean es independiente del experimento) (p. 1151).

### **3.2 Variables y operacionalización**

Para Cortez y Neill (2018), nos mencionan que la operacionalización de variables “es aquel proceso mediante el cual una variable pasa del nivel abstracto a un contexto operativo, a fin de hacer medible a una variable, permitiendo la recolección de información relevante de forma eficaz y eficiente” (p. 104). El proceso de operacionalizar las variables fue enfocado en desglosar cada uno de estos en contextos para poder cuantificar sus datos representativos y obtener resultados para probar las hipótesis planteadas. Esto se inició con la definición conceptual de cada variable, la cual fue obtenida en base a los conocimientos de expertos relacionados al área de estudio. Luego de ello se realizó la definición operacional, que consiste en definir como se operará la medición de las variables de manera individual y en conjunto. Así mismo se realizó el dimensionamiento de cada variable, que consiste en obtener sus propiedades específicas y desglosarlas. De estas mismas se generaron sus indicadores los cuales sirvieron para medir cada dimensión colocada. Estas poseen una escala de medición las cuales fueron colocadas siguiendo de manera ordenada la presencia de un orden, distancia y origen. El cuadro de operacionalización de variables se encuentra adjunto en el Anexo 3.

Variable independiente: Ceniza de carbón

Variable dependiente: Mejoramiento de la subrasante

### **3.3 Población, muestra, muestreo, unidad de análisis**

**La población;** para Carrasco (2006), define que “cuando hablamos de población, nos referimos a un conjunto que engloba a todos los individuos o elementos que se encuentra dentro del espacio en el cual se va a llevar a cabo un trabajo de investigación” (p. 236).

En este sentido, para nuestro trabajo de investigación hemos definido que la población abarca todos **los suelos a nivel de subrasante** (calles) del AA. HH Los Ángeles, distrito de Lurigancho-Chosica.

**La muestra;** según Ñaupas (2014), sostiene que “la muestra está definida por el subconjunto o parte de la población que hayamos seleccionado, este subconjunto tiene rasgos representativos que pueden representar a lo que vendría a ser la población” (p. 246). Nuestra muestra son **los suelos de las vías locales** (calles) llamadas san pedro, los ángeles y colectora, pertenecientes al AA. HH Los Ángeles; en las cuales se ejecutarán calicatas en cada calle para obtener la muestra patrón.

**El muestreo;** para Hernández et al. (2014), “la muestra no probabilística o dirigida es un subgrupo de la población en la que la elección de los elementos no depende de la probabilidad sino de las características de la investigación” (p. 176). Aplicaremos la **muestra no probabilística** por conveniencia. Para obtener el tamaño de la muestra, es decir la cantidad de calicatas a ejecutar, nos hemos apoyado en la norma **CE. 010 pavimentos Urbanos**; en el capítulo 3, ítem 3.2.2, tabla 2, donde señala lo siguiente: se tomará **01 muestra del suelo a cada 3600 m2** si el tipo de vía es local. No obstante, para obtener datos representativos más exactos de dicho suelo y por motivos de investigación, extraeremos 01 calicata por calle.

Tabla 9. Número de puntos de investigación de acuerdo al tipo de vía

<b>Tipo de vía</b>	<b>Número mínimo de puntos de investigación</b>	<b>Área (m2)</b>
Expresas	1 cada	2000
Arteriales	1 cada	2400
Colectoras	1 cada	3000
Locales	1 cada	3600

*Fuente: Reglamento Nacional de Edificaciones – Norma CE.010 (2010).*

**La unidad de análisis;** para Hernández et al. (2018), “es la unidad de la cual se extraerán los datos o la información final. [...] La que al final constituye o produce los datos o información que se examina mediante procedimientos estadísticos” (p. 198).

Muestra de suelo para subrasante

### 3.4 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

La **técnica de recolección de datos** a utilizar fue el **análisis documental**; ya que se recaudó diversos datos y conceptos con referencia al tema de investigación los cuales fueron analíticamente revisados. Así mismo se utilizó la **observación directa**; porque nos permitió analizar una realidad; en nuestro caso el principal problema era la subrasante que poseía un suelo cohesivo; y la observación en gabinete (laboratorio) para recoger los datos obtenido de los ensayos de mecánica de suelos. Una vez efectuada la visita a campo, se procedió mediante la observación de las vías a delimitar el tramo que tomaríamos como muestra para la recolección de datos por medio de la ejecución de 03 calicatas (según el análisis del muestreo no probabilístico expuesto anteriormente en el muestreo). Para poder obtener los datos de las propiedades de las muestras a extraer de las calicatas, se emplearán los siguientes ensayos en laboratorio:

- a. Análisis granulométrico (clasificación del suelo)
- b. Límites de Atterberg (límites líquido y plástico)
- c. Proctor modificado (compactación/contenido de humedad)
- d. Ensayo CBR (relación de soporte)

Los **instrumentos de recolección de datos**; para obtener los valores de cada ensayo de laboratorio, utilizaremos fichas técnicas de ensayos estandarizados (formatos), estos instrumentos de recolección de datos, poseen formatos obtenidos de laboratorios de mecánica de suelos certificados, del mismo modo el diseño de estos formatos fue elaborado en base al ASTM e implementado en las investigaciones de los tesisistas que hemos utilizado como antecedentes para nuestro proyecto (ver tabla 11).

Tabla 10. Formatos utilizados por antecedentes para dar validez.

Tesis	Autores		Formatos		
Estabilización de suelos arcillosos aplicando ceniza de madera, producto de ladrilleras artesanales en el departamento de Ayacucho, Ayacucho-Perú, 2017.	Lux Mamani	Eva y Alejandro Jesús Yataco Quispe.	-Análisis Tamizado	Granulométrico	por
Estabilización de suelos arcillosos con ceniza de cascara de arroz para el mejoramiento de subrasante, Lima-Perú, 2017.	Eddy Teofilo Scipion Piñella		-Análisis Tamizado ASTM D 422	Granulométrico	por
			- Ensayo de Compactación Proctor Modificado ASTM D 1557		
			- Ensayo de Relación de Soporte de California C.B.R. ASTM D 1883		
Capacidad de soporte al estabilizar el suelo de la Vía Cascajal con adición de carbón y cal a nivel de sub rasante, Chimbote-Perú, 2018.	Vásquez Cabrera Alexander Mauricio		-Análisis Tamizado ASTM D442	Granulométrico	por
			-Proctor Modificado ASTM D 1557 / MTC E 115		
			-Relación de Soporte CBR ASTM D 1883		

Fuente: Elaboración propia

La **validez**; según Valarino (2015), menciona que “la validez nos hace mención al cierto nivel de seguridad, la cual mide lo que se necesita saber, las técnicas que se usan medirán los fenómenos que tienen que ser medidos o lo que el investigador crea que es relevante para dar una clasificación con alto nivel de autenticidad” (p. 227). Las técnicas e instrumentos para recolectar datos fueron elaborados en base al Manual de ensayo de materiales del Ministerio de Transporte y Comunicaciones “MTC” y la Sociedad Americana para Pruebas y Materiales “ASTM” (ver tabla 12). De igual forma para incrementar la validez de la aplicación de lo antes mencionado, se realizaron cuestionarios a 5 ingenieros colegiados, así como también al asesor de la presente investigación (ver anexo).

Tabla 11. Normas utilizadas en los formatos estandarizados

<b>Propiedades Físicas</b>	
Análisis granulométrico por tamizado	NTP 339.128 (99)
Contenido de humedad	NTP 339.127 (98)
Límites de consistencia	NTP 339.129 (99)
Limite liquido	NTP 339.129 (99)
Limite plástico	NTP 339.129 (99)
Clasificación de suelos método SUCS	ASTM D2487
<b>Propiedades Mecánicas</b>	
Proctor Modificado	MTC E 115 / ASTM D1557
Relación de soporte (C.B.R.)	MTC E 132 / ASTM D1883

Fuente: Elaboración propia

Tabla 12. Validez de instrumentos

	Juez 1	Juez 2	Juez 3	Juez 4	Juez 5	Varianzas (Vi)
Pregunta 1	3	3	4	3	3	0.16
Pregunta 2	0	1	1	0	0	0.24
Pregunta 3	3	4	4	3	3	0.24
Pregunta 4	3	3	4	3	3	0.16
Pregunta 5	3	3	4	3	3	0.16
Pregunta 6	3	3	4	3	3	0.16
Pregunta 7	3	4	4	3	3	0.24
Pregunta 8	3	3	4	3	3	0.16
Pregunta 9	3	3	4	3	3	0.16
Pregunta 10	1	1	0	0	0	0.24
<b>Suma (<math>\Sigma</math>)=</b>	25	28	33	24	24	11.76

Fuente: Elaboración propia

La **confiabilidad**; para Valarino (2015), “nos hace mención a que los instrumentos deben de medir por igual cada momento que se utilicen o que los investigadores consigan medir similarmente en la cual se lleguen a acuerdos mutuos” (p. 229). En este sentido los ensayos fueron realizados en el laboratorio

certificado GEO SUR S.A.C., donde los equipos implementados para cada ensayo están calibrados para poder obtener resultados precisos y evitar los errores, las calibraciones se adjuntaron en anexos; así mismo los ensayos fueron realizados siguiendo los protocolos establecidos por el Manual de Ensayo de Materiales del Ministerio de Transporte y Comunicaciones “MTC” del año 2017. Por otro lado, los resultados obtenidos de los cuestionarios fueron procesados por el método del alfa de Cronbach, (ver anexo3) para corroborar la fiabilidad de los datos se aplicó la siguiente formula en los resultados obtenidos en las encuestas de validez (ver tabla 14).

*Tabla 13. Método del Alfa de Cronbach*

$$\alpha = \frac{k}{k - 1} \left( 1 - \frac{\sum V_i}{V_t} \right)$$

K (número de ítems)	= 10
ΣVi (Sumatoria de Varianza de cada ítem)	= 1.92
Vt (Varianza total)	= 11.76
α (Alfa)	= 0.93

*Fuente: Elaboración propia*

Dando una confiabilidad del 93% o 0,93 y clasificándose con una confiabilidad muy alta (ver figura 12).

*Tabla 14. Rangos del Alfa de Cronbach*

<b>MAGNITUD</b>	<b>RANGOS</b>
Muy Alta	0.81 a 1.00
Alta	0.61 a 0,80
Moderada	0.41 a 0.60
Baja	0.21 a 0.40
Muy Baja	0.01 a 0.20

*Fuente: Elaboración propia*

### 3.5 Procedimientos

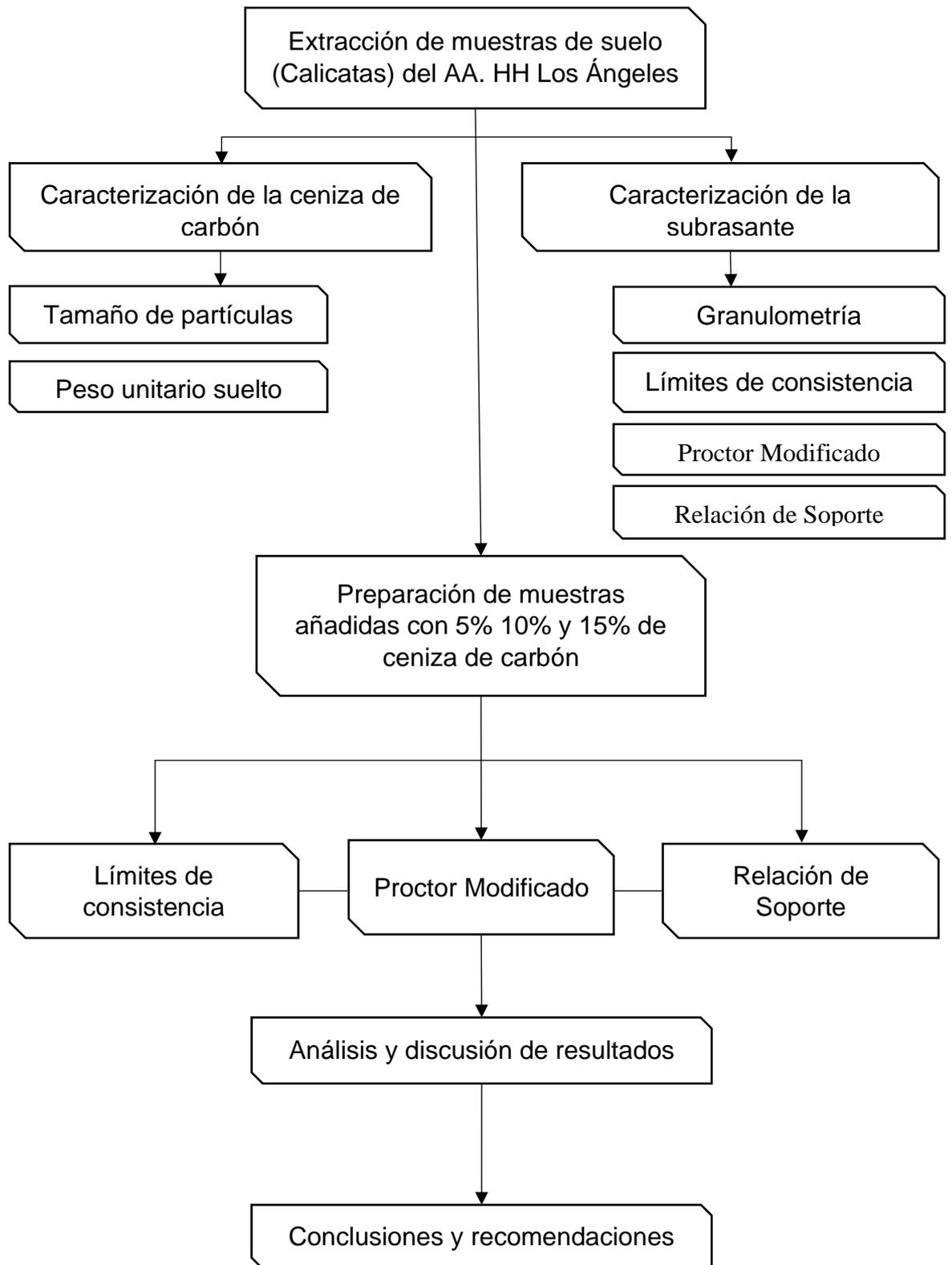
Se localizó la ladrillera artesanal Rhino, de la cual se obtuvo las cenizas de carbón, a estos se le realizaron ensayos de materiales para determinar sus

propiedades físicas. Luego en la zona de estudio se ejecutaron 03 calicatas y se extrajeron muestras a las cuales se le realizaron todos los ensayos de mecánica de suelos del cuadro adjunto (tabla 15) para obtener sus propiedades físicas y mecánicas, de estos se generaron 03 grupos patrón (G.P.). A cada grupo patrón se le añadieron 3 distintos porcentajes de ceniza de carbón de 5%, 10% y 15%, y se le efectuaron ensayos de laboratorio específicos, los cuales fueron: límites de consistencia, proctor modificado y C.B.R. A estos nuevos 09 grupos se le llamaron grupos experimentales (G.E.). Por último, se realiza el análisis correspondiente generando de estos las conclusiones y recomendaciones.

*Tabla 15. Ensayos realizados por cada calicata*

	<b>C-01</b>	<b>C-02</b>	<b>C-03</b>	<b>PARCIAL</b>
<b>Propiedades Físicas</b>				
Granulometría	1	1	1	3
Contenido de humedad	1	1	1	3
Límite líquido	4	4	4	12
Límite plástico	4	4	4	12
<b>Propiedades Mecánicas</b>				
Proctor Modificado	4	4	4	12
Relación de soporte (CBR)	4	4	4	12
Cantidad total de ensayos =				54

*Fuente: Elaboración Propia*



*Figura 5. Esquema del procedimiento experimental.*

*Fuente: Elaboración propia*

### 3.6 Método de análisis de datos

Para Hernández (2014), “viene a ser la técnica con la cual de algo complejo se extrae varias características y dimensiones. El análisis nos dará el fraccionamiento de algo complejo, en partes que podamos analizar por separado y relacionarlas” (p. 34). Por ello se realizó los siguientes pasos para el análisis de datos:

a. Preparación de grupo patrón:

Una vez obtenida las muestras de las calicatas, a estos se les realizaran ensayos de granulometría, límites de Atterberg, proctor modificado y CBR; para crear el grupo de control con los datos obtenidos (grupo patrón).

b. Preparación de grupo experimental:

Una vez obtenido los datos reales de las características de la subrasante, a las muestras de la calicata más desfavorable se le procederá a añadir los porcentajes del 5%, 10% y 15% con respecto al peso seco de cada muestra, creando así un grupo experimental para los distintos tipos de porcentajes de ceniza.

c. Presentación comparativa del grupo patrón con el grupo experimental:

Mediante el uso de gráficos y tablas del **software Microsoft Office Excel** y el **SPSS (T de Student)**, se procederá a exponer los resultados descriptivos-estadísticos y con ello generar la comparación de las mismas entre sí.

### 3.7 Aspectos éticos

Todos los conceptos aplicados, las investigaciones citadas y los protocolos ejercidos para la elaboración de la presente tesis, fueron realizados en con un principio de ética; a continuación, se menciona las bases de la investigación:

- a. Aplicación de la norma ISO 690 y 690-2 para el citado y referenciado de libros, tesis, artículos científicos, imágenes, tablas, normas, etcétera.
- b. Aplicación de fuentes confiables como Renati, Repositorio UCV-USMP-UNMSM-UNI-UPN y EBSCOhost para la obtención de información.
- c. Protocolos estandarizados del MTC (Ministerio de Transporte y Comunicaciones) y del ASTM (American Society for Testing and Materials).
- d. Aplicación de la herramienta Turnitin para comprobar originalidad de la tesis.

## **IV. RESULTADOS**

En este capítulo se describirá el lugar de estudio, la ubicación de las calicatas para la extracción de muestra de suelos cohesivos y los ensayos para determinar las propiedades físicas del suelo y de la ceniza de carbón. Se graficarán los resultados obtenidos en el laboratorio de las muestras de suelos, así mismo el cambio que ha surgido al aplicarle la ceniza de carbón en diversos porcentajes. Con estos resultados mediante el SPSS, se le realizará la prueba de normalidad a los datos de cada ensayo y en base a esto se determinará la prueba estadística a implementar en la presente investigación, la cual es el T de Student, con este mismo se rechazará o no la hipótesis estadística.

#### 4.1 Localización y ubicación geográfica

El mejoramiento de la subrasante de suelo cohesivo (zona de estudio) pertenece al AA. HH Los Ángeles, ubicado en el distrito de Lurigancho Chosica, en la ciudad de Lima - Perú. La cual posee la siguiente ubicación geográfica.

*Tabla 16. Coordenadas UTM de la zona de estudio*

Zona de Estudio	Coordenadas	
	ESTE	NORTE
AA.HH. Los Ángeles	290491.6 m	8673593.7 m

*Fuente: Elaboración propia*



*Figura 6. Ubicación de la zona de estudio*

*Fuente: Google Maps y Earth*

## 4.2 Ejecución de calicatas

Se ubicaron 03 puntos de extracción de muestras (calicatas) dentro de la zona de estudio, las cuales fueron en las calles: san pedro, los ángeles y colectora. En el siguiente cuadro se indican sus coordenadas UTM.

*Tabla 17. Ubicación y coordenadas UTM de cada calicata*

Avenidas (Av.)	Calicata	Prof. (m)	Coordenadas	
			Este	Norte
San Pedro	C-1	1.5	290357.1 m	8673534.8 m
Los Ángeles	C-2	1.5	290647.5 m	8673611.8 m
Colectora	C-3	1.5	290433.7 m	8673678.2 m

*Fuente, elaboración propia*

## 4.3 Clasificación de la ceniza de carbón

La ceniza de carbón fue extraída del interior de los hornos artesanales de la ladrillera Rhino, ubicada en el distrito de Lurigancho Chosica, en la zona de Huachipa. (ver anexos)

### 4.3.1 Granulometría

Esta ceniza fue procesada mediante ensayos físicos los cuales fueron la gradación que para la cual fue tamizada por la malla N°200 y así poder trabajar con una dimensión homogénea en los grupos experimentales. Teniendo como resultado finalmente que alrededor de 50% de la muestra tamizada logra pasar por la malla #200. (ver tablas en anexo)

*Tabla 18. Gradación de ceniza de carbón.*

<b>NTP 339.132.1999</b>	
<b>Determinación del material que pasa el tamiz #200</b>	
Peso de ceniza global (g)	578.7
Peso retenido tamiz #200	263.4
Porcentaje de ceniza pasante tamiz #200	48.8 %

*Fuente, elaboración propia.*



*Fuente, elaboración propia*

### 4.3.2 Peso unitario suelto

El ensayo de peso unitario de la ceniza fue ejecutado con el fin de cuantificar la posible cantidad de ceniza requerida (kg) para poder mejorar la zona de estudio a futuro, en base a la longitud de la vía (metrado en m<sup>3</sup>). (ver tablas en anexos).

*Tabla 19. Peso unitario de ceniza de carbón.*

<b>Datos básicos</b>					
A	Peso de la muestra seca + recipiente (g)		7451.0	7441.0	7441.0
B	Peso del recipiente (g)		6432.0	6432.0	6432.0
C	Peso de la muestra (g) (A-B)		1019.0	1009.0	1009.0
D	Volumen del recipiente (cm <sup>3</sup> )		2125.0	2125.0	2125.0
<b>Resultados</b>					
Descripción		Formula	Valores		
Peso Unitario suelto seco del material (kg/m <sup>3</sup> )		C / D	479.5	474.8	474.8
<b>Promedio:</b>			<b>476.0</b>		

*Fuente, elaboración propia*



*Fuente, elaboración propia*

#### 4.4 Análisis de resultados

Una vez realizado los respectivos ensayos en el laboratorio; tanto para el suelo cohesivo, la ceniza de carbón y sus diversas combinaciones entre sí, se logró llegar a los resultados que mencionaremos a continuación, así mismo se interpretarán las tablas obtenidas en cada proceso realizado en el laboratorio.

*Tabla 20. Resumen de resultados de ensayos del suelo patrón.*

	C - 01	C - 02	C - 03
<b>Ensayo de Límites de Consistencia</b>			
Límite líquido (%)	29.4	28.4	29.6
Límite plástico (%)	18.1	16.5	17.0
Índice de plasticidad	11.3	11.9	12.6
<b>Ensayo de Proctor Modificado</b>			
Ds. Máxima (gr/cm <sup>3</sup> )	1.889	1.891	1.878
W. optimo (5)	11.8	12.3	12.8
<b>Ensayo de CBR</b>			
95 % Ds. Máxima (gr/cm <sup>3</sup> )	5.8	5.5	5.1

*Fuente: Elaboración Propia*

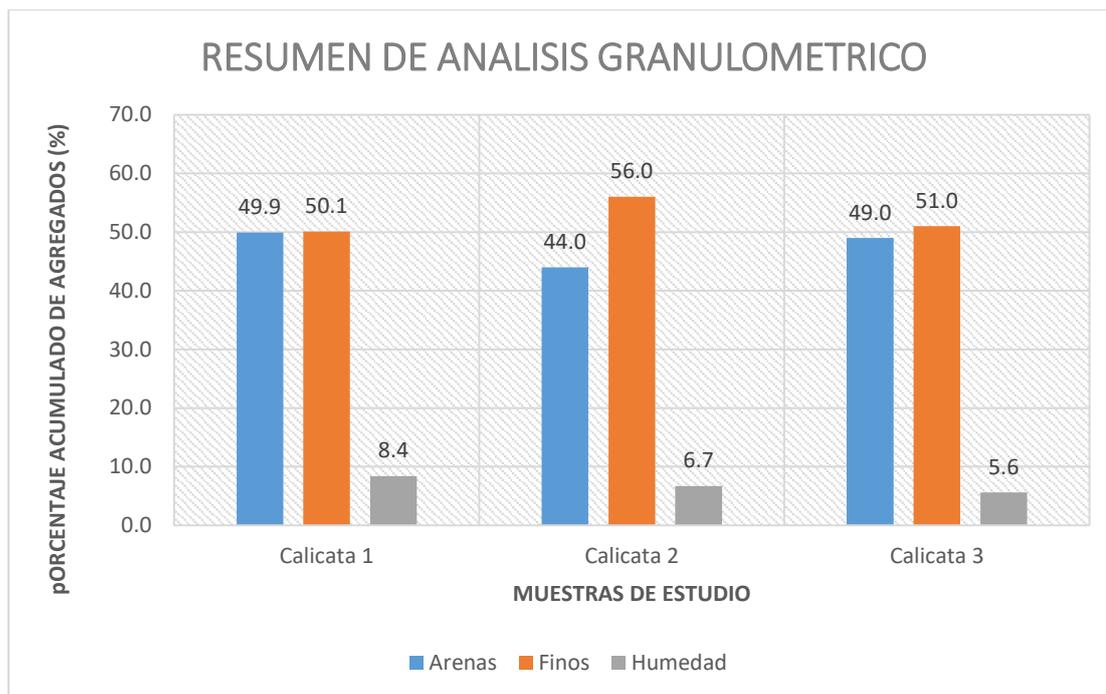
#### **Análisis granulométrico por tamizado (ASTM D422)**

Se inició con los ensayos de gradación, para determinar la cantidad de gravas, arenas y finos que posee cada una de las calicatas, el cual servirá para la clasificación SUCS del suelo.

*Tabla 21. Resumen de resultados de granulometría*

Descripción	Gravas	Arenas	Finos	Humedad	Clasificación SUCS
Calicata 01	0%	49.9%	50.1%	8.4%	CL
Calicata 02	0%	44.0%	56.0%	6.7%	CL
Calicata 03	0%	49.0%	51.0%	5.6%	CL

*Fuente. Elaboración propia.*



*Fuente. Elaboración propia.*

Al analizar los resultados de mecánica de suelos ejecutados en laboratorio se concluye que la primera calicata posee una clasificación SUCS - CL, este suelo es una arcilla de baja plasticidad según el MTC, así mismo la calicata número dos y tres poseen una simbología de CL que igualmente es un suelo arcilloso de baja plasticidad.

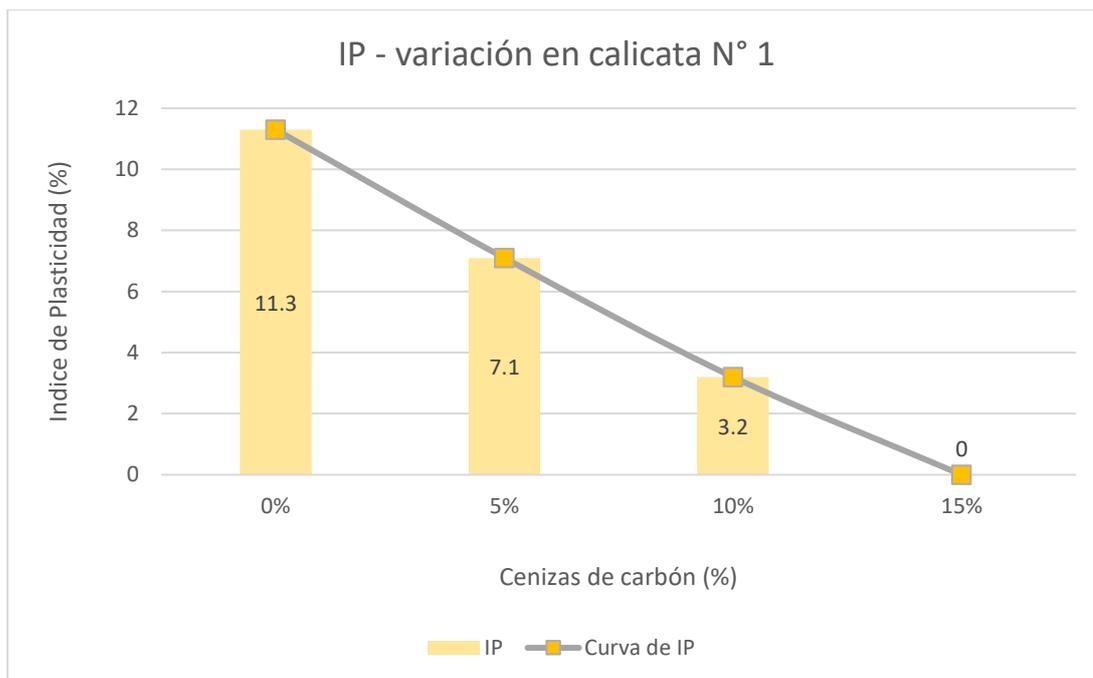
### **Límites de consistencia (ASTM D 4318)**

En los siguientes cuadros se presentan los valores de límites de consistencia que poseen los suelos de las calicatas N°1, N°2 y N°3; a su vez también se detallan los valores obtenidos con los grupos experimentales añadidos con ceniza de carbón en porcentajes de 5%, 10% y 15%.

*Tabla 22. Resultados experimentales de límites de consistencia en C-1.*

% de ceniza	Índice de plasticidad	% de IP decaído
0%	11.30	0.0
5%	7.10	37.2
10%	3.20	71.7
15%	NP	100.0

*Fuente. Elaboración propia.*



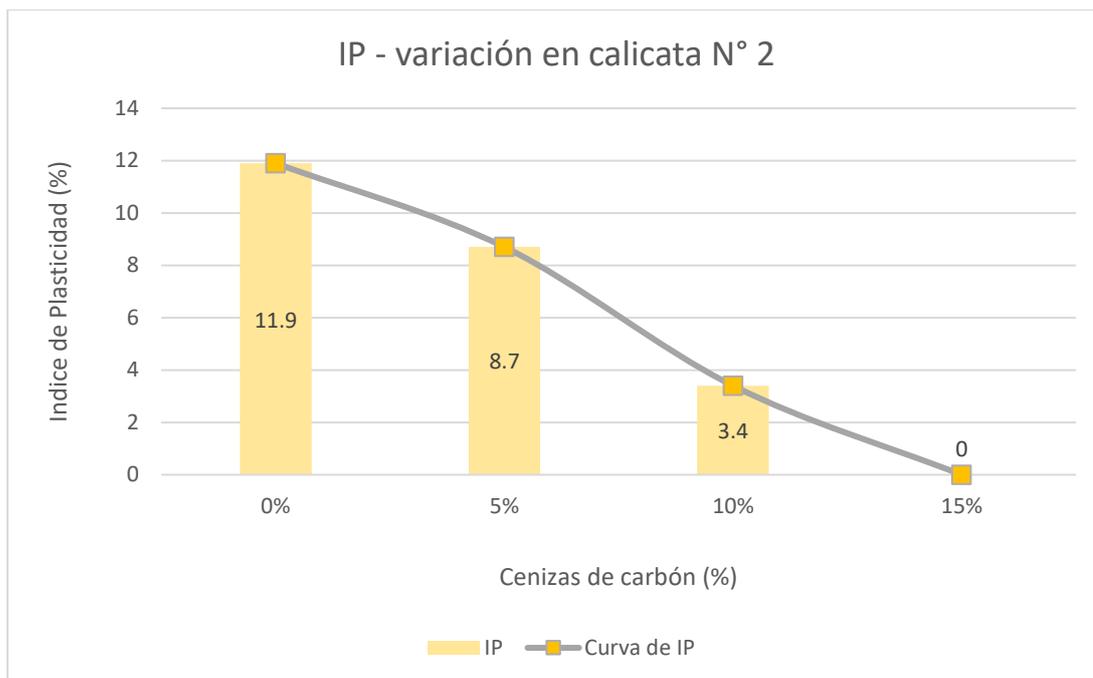
*Fuente. Elaboración propia.*

En la primera calicata de estudio (C-1) se obtuvo un límite líquido (LL) de 29.4 %, un límite plástico (LP) de 18.1 % y como diferencia de ambos un índice de plasticidad (IP) de 11.3 clasificándola según el manual del Ministerio de transporte y comunicaciones (MTC) como un suelo de media plasticidad (suelos arcillosos). Asimismo, se observa en los ensayos de límites de consistencia experimentales que al aplicarle el 5% de ceniza de carbón (CC) el IP se reduce hasta 7.1, esto equivale a una disminución de un 37.2% con respecto al IP patrón; lo mismo sucede al aplicarle 10% de CC, el IP disminuye en un 71.7% con respecto al IP inicial; y al añadirle el 15% CC, esta disminuye el IP hasta en un 100% es decir se convierte en un suelo sin plasticidad, pasando de un suelo de media plasticidad (IP>7) a un suelo no plástico (IP=0).

*Tabla 23. Resultados experimentales de límites de consistencia en C-2.*

% de ceniza	Índice de plasticidad	% de IP decaído
0%	11.90	0.0
5%	8.70	26.9
10%	3.40	71.4
15%	NP	100.0

*Fuente. Elaboración propia.*



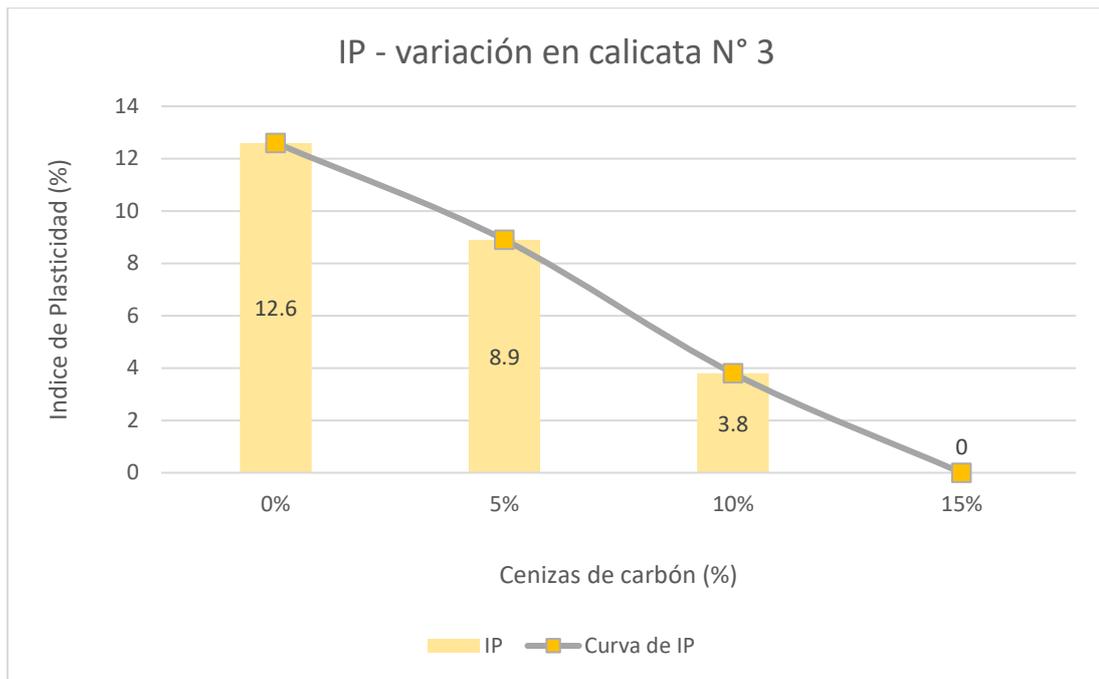
*Fuente. Elaboración propia.*

En la segunda calicata de estudio (C-2) se obtuvo un límite líquido (LL) de 28.4 %, un límite plástico (LP) de 16.5 % y como diferencia de ambos un índice de plasticidad (IP) de 11.9 clasificándola según el manual del Ministerio de transporte y comunicaciones (MTC) como un suelo de media plasticidad (suelos arcillosos). Asimismo, se observa en los ensayos de límites de consistencia experimentales que al aplicarle el 5% de ceniza de carbón (CC) el IP se reduce hasta 8.7, esto equivale a una disminución de un 26.9 % con respecto al IP patrón; lo mismo sucede al aplicarle 10% de CC, el IP disminuye en un 71.4% con respecto al IP inicial; y al añadirle el 15% CC, esta disminuye el IP hasta en un 100% es decir se convierte en un suelo sin plasticidad, pasando de un suelo de media plasticidad (IP>7) a un suelo no plástico (IP=0).

*Tabla 24. Resultados experimentales de límites de consistencia en C-3.*

% de ceniza	Índice de plasticidad	% de IP decaído
0%	12.60	0.0
5%	8.90	29.4
10%	3.80	69.8
15%	NP	100.0

*Fuente. Elaboración propia.*



*Fuente. Elaboración propia.*

En la segunda calicata de estudio (C-3) se obtuvo un límite líquido (LL) de 29.6 %, un límite plástico (LP) de 17.0 % y como diferencia de ambos un índice de plasticidad (IP) de 12.6 clasificándola según el manual del Ministerio de transporte y comunicaciones (MTC) como un suelo de media plasticidad (suelos arcillosos). Asimismo, se observa en los ensayos de límites de consistencia experimentales que al aplicarle el 5% de ceniza de carbón (CC) el IP se reduce hasta 8.9, esto equivale a una disminución de un 29.4 % con respecto al IP patrón; lo mismo sucede al aplicarle 10% de CC, el IP disminuye en un 69.8 % con respecto al IP inicial; y al añadirle el 15% CC, esta disminuye el IP hasta en un 100% es decir se convierte en un suelo sin plasticidad, pasando de un suelo de media plasticidad ( $IP > 7$ ) a un suelo no plástico ( $IP = 0$ ).

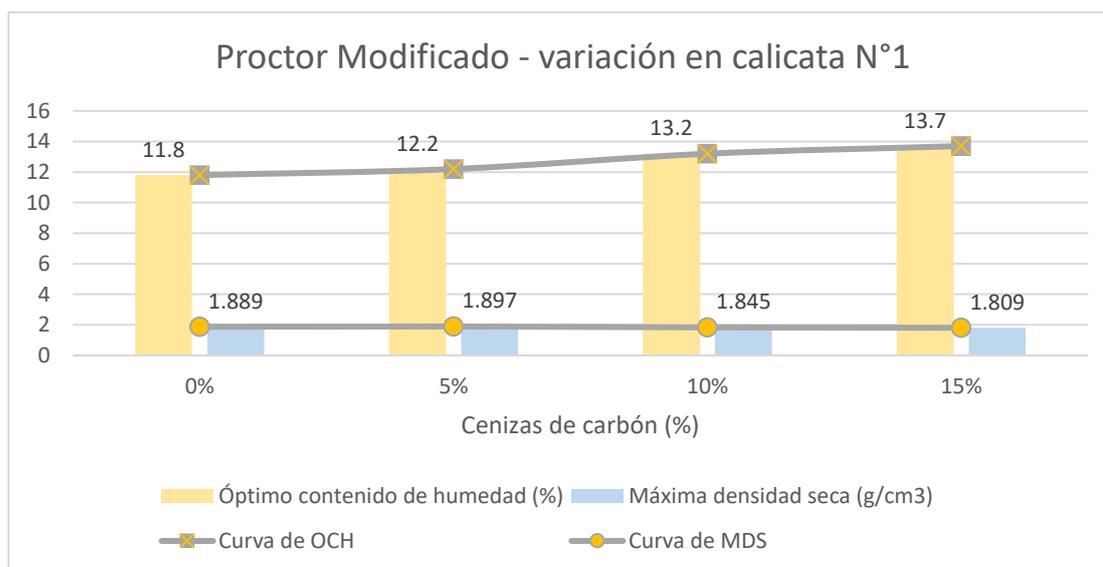
### **Ensayo de Proctor Modificado (ASTM D 1557)**

En los siguientes cuadros se presentan los valores del óptimo contenido de humedad y la máxima densidad seca que poseen los suelos de las calicatas N°1, N°2 y N°3; a su vez también se detallan los valores obtenidos con los grupos experimentales añadidos con ceniza de carbón en porcentajes de 5%, 10% y 15%.

Tabla 25. Resultados experimentales de OCH y MDS en C-1.

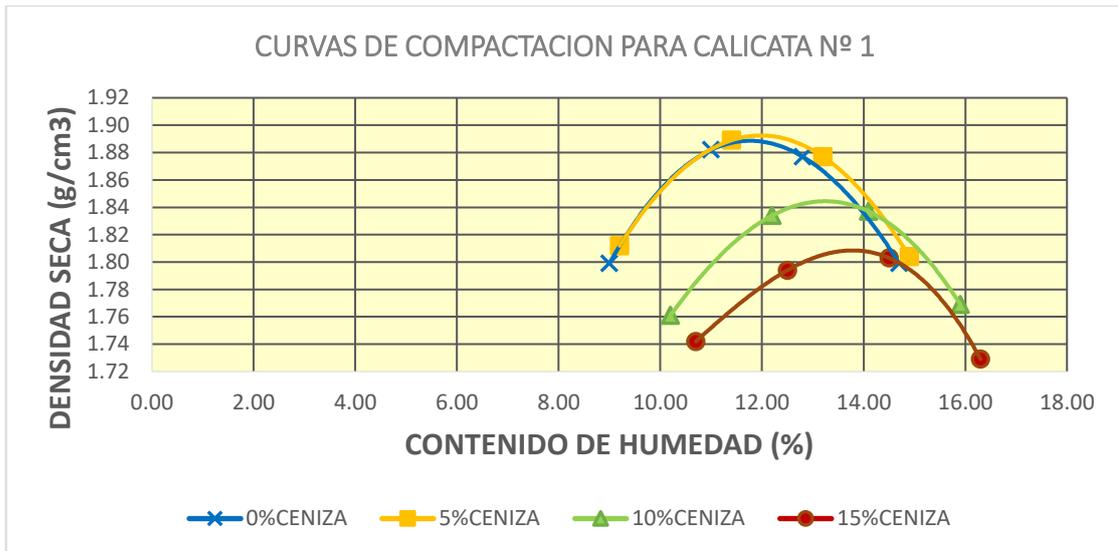
% de ceniza	Óptimo contenido de humedad	Máxima densidad seca
0%	11.80 %	1.889 g/cm <sup>3</sup>
5%	12.20 %	1.897 g/cm <sup>3</sup>
10%	13.20 %	1.845 g/cm <sup>3</sup>
15%	13.70 %	1.809 g/cm <sup>3</sup>

Fuente. Elaboración propia.



Fuente. Elaboración propia.

Se observa que la muestra patrón sin presencia de ceniza alcanza una máxima densidad seca de 1.889 g/cm<sup>3</sup>, al aplicarle un óptimo contenido de humedad de 11.8%. Así mismo al iniciar con los grupos experimentales se observa que la ceniza al mezclarse con el suelo va aumentando ligeramente el valor del óptimo contenido de humedad de 11.8% hasta un 13.7% al añadirle 15% de ceniza de carbón. Por otro lado, la máxima densidad seca no posee cambios significativos al ser mezclada con los 3 porcentajes de ceniza de carbón de los grupos experimentales. A continuación, se adjunta el resumen de la curva del óptimo contenido de humedad y la máxima densidad seca (curva de compactación) obtenidos en el laboratorio para las 4 muestras de estudio de la calicata N°1.

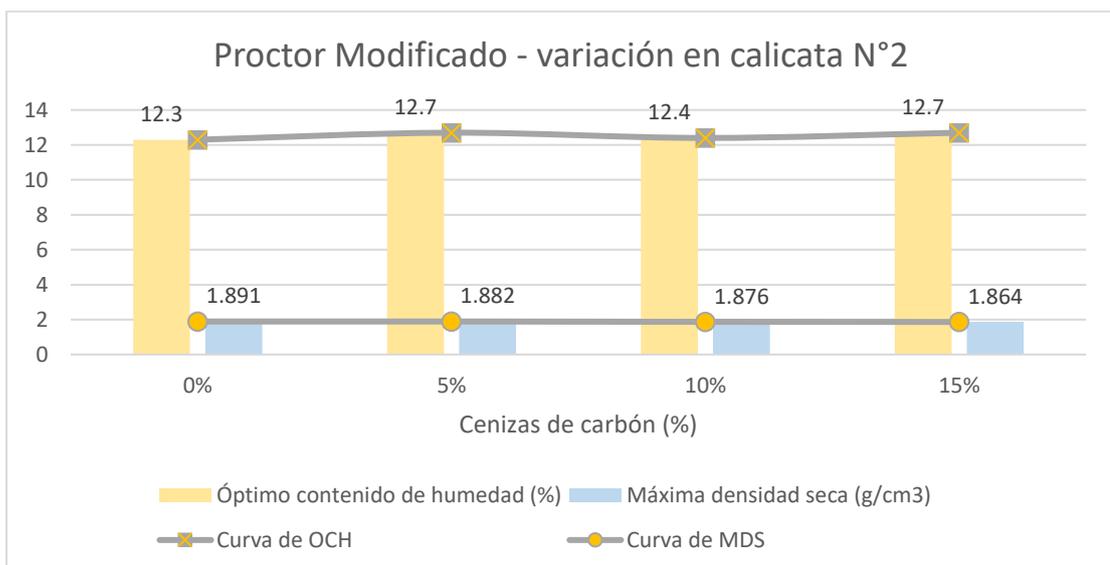


*Figura 7. Ensayo de Proctor Modificado en C-1.*

*Tabla 26. Resultados experimentales de OCH y MDS en C-2.*

% de ceniza	Óptimo contenido de humedad	Máxima densidad seca
0%	12.3 %	1.891 g/cm <sup>3</sup>
5%	12.7 %	1.882 g/cm <sup>3</sup>
10%	12.4 %	1.876 g/cm <sup>3</sup>
15%	12.7%	1.864 g/cm <sup>3</sup>

*Fuente. Elaboración propia.*



*Fuente. Elaboración propia.*

Se observa que la muestra patrón sin presencia de ceniza alcanza una máxima densidad seca de 1.891 g/cm<sup>3</sup>, al aplicarle un óptimo contenido de humedad de 12.3%. Así mismo al iniciar con los grupos experimentales se observa que la ceniza al mezclarse con el suelo varía ligeramente el valor del óptimo contenido de humedad de 12.3% hasta un 12.7% al añadirle 5% y 15% de ceniza de carbón. Por otro lado, la máxima densidad seca no posee cambios significativos al ser mezclada con los 3 porcentajes de ceniza de carbón de los grupos experimentales. A continuación, se adjunta el resumen de la curva del óptimo contenido de humedad y la máxima densidad seca (curva de compactación) obtenidos en el laboratorio para las 4 muestras de estudio de la calicata N°2.

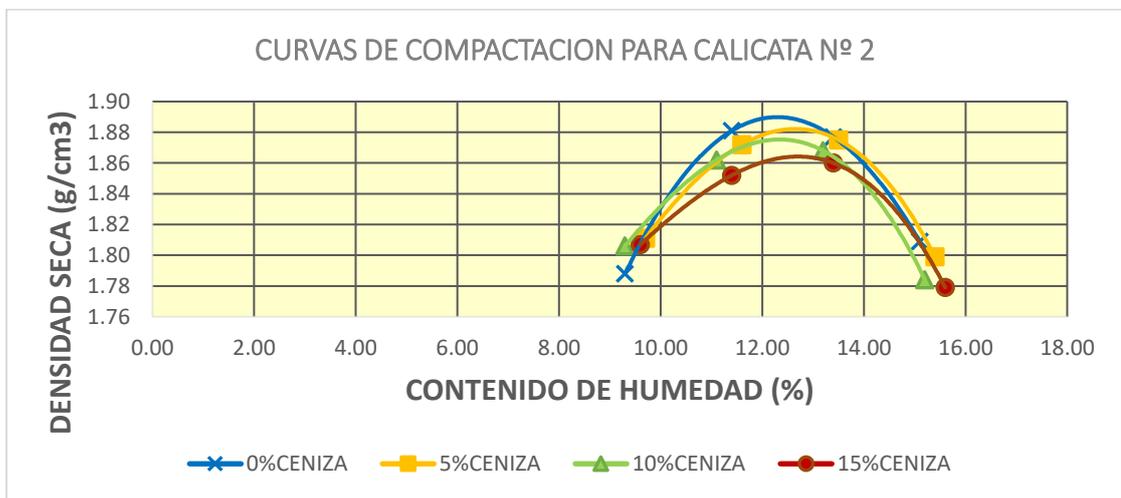
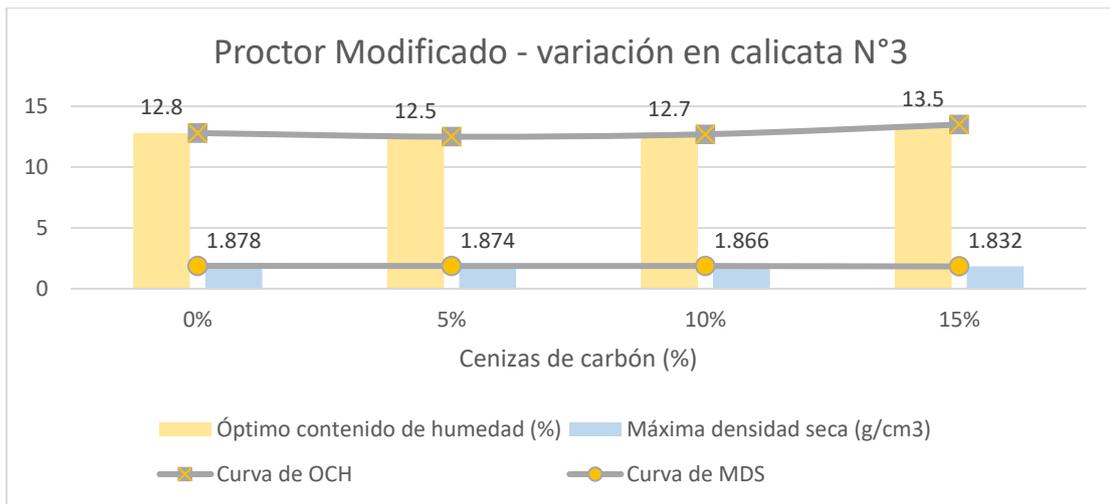


Figura 8. Ensayo de Proctor Modificado para C-2.

Tabla 27. Resultados experimentales de OCH y MDS en C-3.

% de ceniza	Óptimo contenido de humedad	Máxima densidad seca
0%	12.8 %	1.878 g/cm <sup>3</sup>
5%	12.5 %	1.874 g/cm <sup>3</sup>
10%	12.7 %	1.866 g/cm <sup>3</sup>
15%	13.5%	1.832 g/cm <sup>3</sup>

Fuente. Elaboración propia.



Fuente. Elaboración propia.

Se observa que la muestra patrón sin presencia de ceniza alcanza una máxima densidad seca de 1.878 g/cm<sup>3</sup>, al aplicarle un óptimo contenido de humedad de 12.8%. Así mismo al iniciar con los grupos experimentales se observa que la ceniza al mezclarse con el suelo varía ligeramente el valor del óptimo contenido de humedad de 12.8% hasta un 13.5% al añadirle el 15% de ceniza de carbón. Por otro lado, la máxima densidad seca no posee cambios significativos al ser mezclada con los 3 porcentajes de ceniza de carbón de los grupos experimentales. A continuación, se adjunta el resumen de la curva del óptimo contenido de humedad y la máxima densidad seca (curva de compactación) obtenidos en el laboratorio para las 4 muestras de estudio de la calicata N°3.

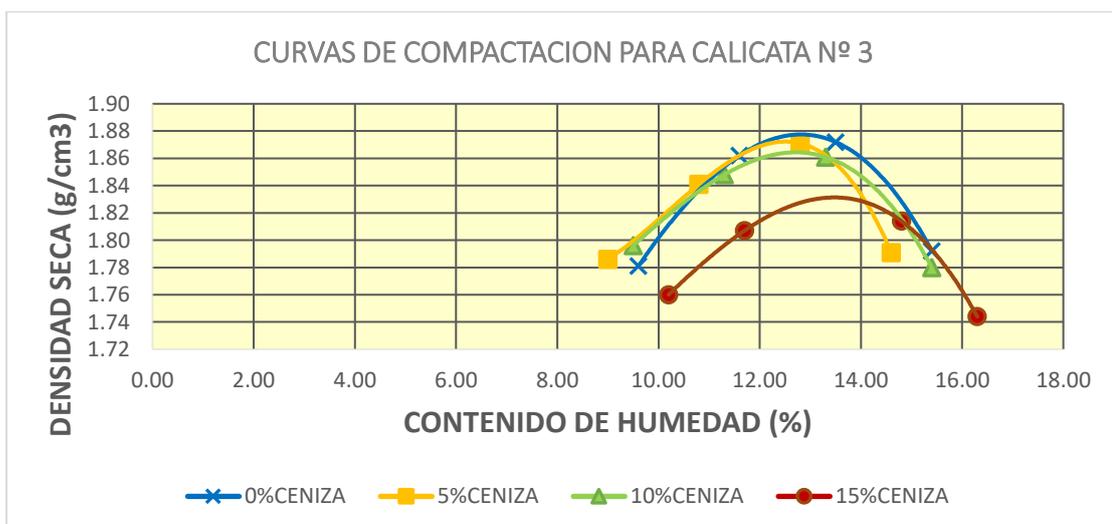


Figura 9. Ensayo de Proctor Modificado C-3 patrón.

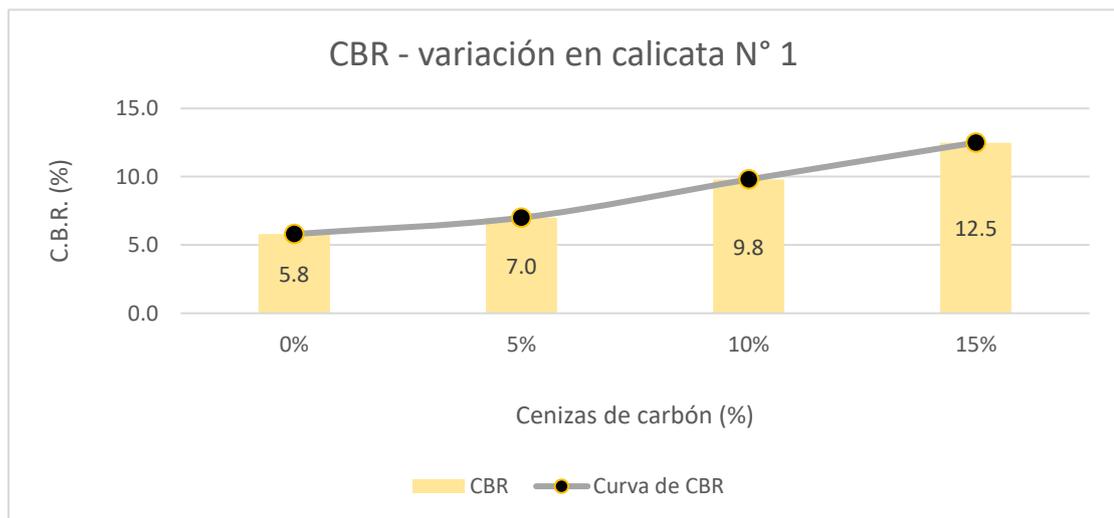
## Ensayo de CBR (ASTM D 1557)

A continuación, se muestran los resultados del C.B.R. al 95% de la Máxima densidad seca a un 0.1" (pulgadas) de penetración; de los grupos patrón y los grupos experimentales con las diferentes combinaciones de suelo y ceniza de carbón.

Tabla 28. Resumen de resultados de C.B.R. al 95% de la M.D.S. en C-1.

C.B.R a 2.54mm (0.1") de Penetración		
Muestras con ceniza	CBR al 95%	% de CBR incrementado
0%	5.8	0
5%	7.0	20.7
10%	9.8	69.0
15%	12.5	115.5

Fuente. Elaboración propia.



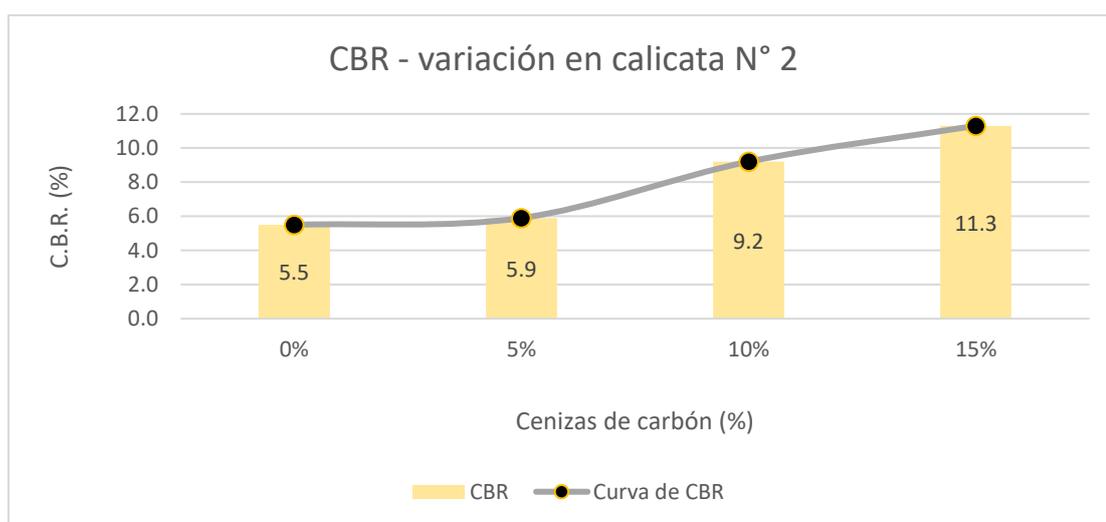
Fuente. Elaboración propia.

Del siguiente gráfico se puede observar cómo los valores del C.B.R. al 95% van aumentando desde 5.8% hasta un valor final de 12.5% el cual ha sido obtenido al añadir el máximo porcentaje de ceniza de carbón propuesto en la investigación (15%), esto quiere decir que ha aumentado su capacidad de soporte hasta en un 115% de su valor inicial. A continuación, se adjunta la tabla de cálculo obtenida en el laboratorio.

Tabla 29. Resumen de resultados de C.B.R. al 95% de la M.D.S. en C-2.

C.B.R a 2.54mm (0.1") de Penetración		
Muestras con ceniza	CBR al 95%	% de CBR incrementado
0%	5.5	0
5%	5.9	7.3
10%	9.2	67.3
15%	11.3	105.5

Fuente. Elaboración propia.



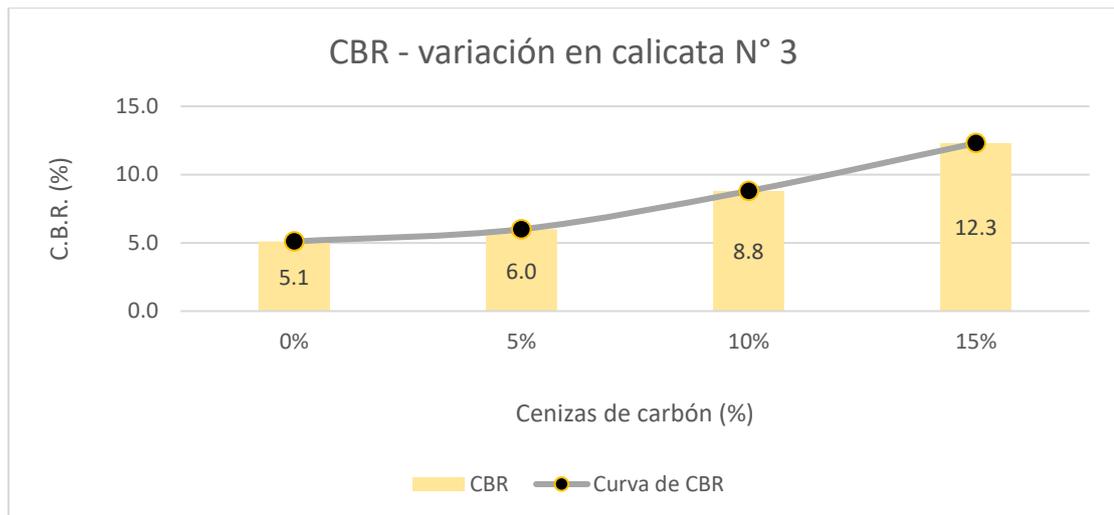
Fuente. Elaboración propia.

Del siguiente gráfico se puede observar cómo los valores del C.B.R. al 95% van aumentando desde 5.5% hasta un valor final de 11.3% el cual ha sido obtenido al añadir el máximo porcentaje de ceniza de carbón propuesto en la investigación (15%), esto quiere decir que ha aumentado su capacidad de soporte hasta en un 105.5% de su valor inicial. A continuación, se adjunta la tabla de cálculo obtenida en el laboratorio.

Tabla 30. Resumen de resultados de C.B.R. al 95% de la M.D.S. en C-3.

C.B.R a 2.54mm (0.1") de Penetración		
Muestras con ceniza	CBR al 95%	% de CBR incrementado
0%	5.1	0
5%	6.0	17.6
10%	8.8	72.5
15%	12.3	141.2

Fuente. Elaboración propia.



*Fuente. Elaboración propia.*

Del siguiente gráfico se puede observar cómo los valores del C.B.R. al 95% de la Máxima Densidad Seca van aumentando desde 5.1% hasta un valor final de 12.3% el cual ha sido obtenido al añadir el máximo porcentaje de ceniza de carbón propuesto en la investigación (15%), esto quiere decir que ha aumentado su capacidad de soporte hasta en un 141.2% de su valor inicial. A continuación, se adjunta la tabla de cálculo obtenida en el laboratorio.

#### 4.5 Constatación de hipótesis

##### 4.5.1 Límite de consistencia

Para la comprobación de la hipótesis se realizó el procesamiento de datos (resultados) del índice de plasticidad obtenidos con la adición de ceniza de carbón en un 5%, 10% y 15% a muestras de suelo extraídas de la calicata C-1, C-2 y C-3. Para así lograr la comprobación de la hipótesis específica y llegar a la decisión estadística, así mismo se planteó la hipótesis nula ( $H_0$ ) y la hipótesis alterna ( $H_a$ ), las cuales fueron las siguientes:

- **$H_0$ :** La adición de cenizas de carbón, procedentes de ladrilleras artesanales, no disminuyen entre un 10% a un 100% el valor del índice de plasticidad de la subrasante, del AAHH Los Ángeles, Lurigancho Chosica- 2020.
- **$H_a$ :** La adición de cenizas de carbón, procedentes de ladrilleras artesanales, disminuye entre un 10% a un 100% el valor del índice de

plasticidad de la subrasante, del AAHH Los Ángeles, Lurigancho Chosica- 2020.

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

**Grupo: IP+0% / IP+5%;** índice de plasticidad logrado con la adición de ceniza de carbón en un 5%. Como primer paso se realizó la prueba de normalidad de datos a los valores obtenidos de los ensayos en laboratorio.

Descripción	Grupos	IP.5
Calicata C-1	grupo de control +0% de ceniza	11,30
Calicata C-2	grupo de control +0% de ceniza	11,90
Calicata C-3	grupo de control +0% de ceniza	12,60
Calicata C-1	grupo experimental + 5% de ceniza	7,10
Calicata C-2	grupo experimental + 5% de ceniza	8,70
Calicata C-3	grupo experimental + 5% de ceniza	8,90

**Pruebas de normalidad**

	Grupos pre y post test	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
→ Valores del Índice de Plasticidad	grupo de control +0% de ceniza	,187	3	.	,998	3	,915
	grupo experimental + 5% de ceniza	,349	3	.	,832	3	,194

*Figura 10. Prueba de normalidad para IP + 5% de ceniza*

*Fuente. Elaboración propia.*

La muestra al poseer grados de libertad (datos) menores a 30, se opta por trabajar con los contrastes de Shapiro-Wilk, la cual podemos observar que posee un nivel de significancia (Sig.) de **0.915 y 0.194**, ambos mayores al 0.05, por lo cual se trabajará con la prueba paramétrica T de Student (muestras independientes).

➔ Prueba T

Estadísticas de grupo

Valores del Índice de Plasticidad	Grupos pre y post test	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
	grupo de control +0% de ceniza	3	11,9333	,65064	,37565
grupo experimental + 5% de ceniza	3	8,2333	,98658	,56960	

Prueba de muestras independientes

Valores del Índice de Plasticidad		Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
									Inferior	Superior
Valores del Índice de Plasticidad	Se asumen varianzas iguales	1,190	,337	5,423	4	,006	3,70000	,68232	1,80559	5,59441
	No se asumen varianzas iguales			5,423	3,463	,008	3,70000	,68232	1,68391	5,71609

Figura 11. Prueba T de Student para IP + 5% de ceniza

Fuente. Elaboración propia.

Se observa que estadísticamente existen diferencias significativas entre las medias que se han analizado, así mismo se observa un margen de error ( $p =$  significancia bilateral) de **0.006** y **0.008** (ambos menores a 0.05), concluyendo así que el tratamiento dado con el 5% de ceniza de carbón ha sido efectivo, por ende, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna.

**Grupo: IP+0% - IP+10%;** índice de plasticidad logrado con la adición de ceniza de carbón en un 10%. Como primer paso se realizó la prueba de normalidad de datos a los valores obtenidos de los ensayos en laboratorio.

Descripción	Grupos	IP.10
Calicata C-1	grupo de control +0% de ceniza	11,30
Calicata C-2	grupo de control +0% de ceniza	11,90
Calicata C-3	grupo de control +0% de ceniza	12,60
Calicata C-1	grupo experimental +10% de ceniza	3,20
Calicata C-2	grupo experimental +10% de ceniza	3,40
Calicata C-3	grupo experimental +10% de ceniza	3,80

Pruebas de normalidad

Valores del Índice de Plasticidad	Grupos pre y post test	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
➔	grupo de control +0% de ceniza	,187	3	.	,998	3	,915
	grupo experimental +10% de ceniza	,253	3	.	,964	3	,637

Figura 12. Prueba de normalidad para IP + 10% de ceniza

Fuente. Elaboración propia.

La muestra al poseer grados de libertad (datos) menores a 30, se opta por trabajar con los contrastes de Shapiro-Wilk, la cual podemos observar que posee un nivel de significancia (Sig.) de **0.915 y 0.637**, ambos mayores al 0.05, por lo cual se trabajará con la prueba paramétrica T de Student (muestras independientes).

➔ **Prueba T**

Valores del Índice de Plasticidad	Grupos pre y post test	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
	grupo de control +0% de ceniza	3	11,9333	,65064	,37565
grupo experimental +10% de ceniza	3	3,4667	,30551	,17638	

		Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
Valores del Índice de Plasticidad	Se asumen varianzas iguales	1,013	,371	20,402	4	,000	8,46667	,41500	7,31445	9,61888
	No se asumen varianzas iguales			20,402	2,841	,000	8,46667	,41500	7,10315	9,83018

*Figura 13. Prueba T de Student para IP + 10% de ceniza*

*Fuente. Elaboración propia.*

Se observa que estadísticamente existen diferencias significativas entre las medias que se han analizado, así mismo se observa un margen de error (p = significancia bilateral) de **0.000** (ambos menores a 0.05), concluyendo así que el tratamiento dado con el 10% de ceniza de carbón ha sido efectivo, por ende, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna.

**Grupo: IP+0% - IP+15%;** índice de plasticidad logrado con la adición de ceniza de carbón en un 15%. Como primer paso se realizó la prueba de normalidad de datos a los valores obtenidos de los ensayos en laboratorio.

Descripción	Grupos	IP.15
Calicata C-1	grupo de control +0% de ceniza	11,30
Calicata C-2	grupo de control +0% de ceniza	11,90
Calicata C-3	grupo de control +0% de ceniza	12,60
Calicata C-1	grupo experimental +15% de ceniza	,00
Calicata C-2	grupo experimental +15% de ceniza	,00
Calicata C-3	grupo experimental +15% de ceniza	,00

**Pruebas de normalidad**

	Grupos pre y post test	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
→ Valores del Índice de Plasticidad	grupo de control +0% de ceniza	,187	3	.	,998	3	,915
	grupo experimental +15% de ceniza	.	3	.	.	3	.

Figura 14. Prueba de normalidad para IP + 15% de ceniza

Fuente. Elaboración propia.

La muestra al poseer grados de libertad (datos) menores a 30, se opta por trabajar con los contrastes de Shapiro-Wilk, la cual podemos observar que posee un nivel de significancia (Sig.) de **0.915 y 0.000**, uno de ellos es menor al 0.05, por lo cual se trabajará con la prueba no paramétrica U de Mann Whitney (muestras independientes).

→ **Prueba de Mann-Whitney**

**Rangos**

Valores del Índice de Plasticidad	Grupos pre y post test	N	Rango promedio	Suma de rangos
		grupo de control +0% de ceniza	3	5,00
	grupo experimental +15% de ceniza	3	2,00	6,00
	<b>Total</b>	6		

**Estadísticos de prueba<sup>a</sup>**

	Valores del Índice de Plasticidad
<b>U de Mann-Whitney</b>	,000
<b>W de Wilcoxon</b>	6,000
<b>Z</b>	-2,087
<b>Sig. asintótica(bilateral)</b>	,037
<b>Significación exacta [2* (sig. unilateral)]</b>	,100 <sup>b</sup>

a. Variable de agrupación: Grupos pre y post test

Figura 15. Prueba U de Mann Whitney para IP + 15% de ceniza

Fuente. Elaboración propia.

Se observa que estadísticamente existen diferencias significativas entre las medias que se han analizado, así mismo se observa un margen de error (p = significancia bilateral) de **0.037** (menor a 0.05), concluyendo así que el tratamiento dado con el 15% de ceniza de carbón ha sido efectivo, por ende, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna.

#### 4.5.2 Proctor modificado

Para la comprobación de la hipótesis se realizó el procesamiento de datos (resultados) del optimo contenido de humedad para alcanzar la máxima

densidad seca obtenidos con la adición de ceniza de carbón en un 5%, 10% y 15% a muestras de suelo extraídas de la calicata C-1, C-2 y C-3. Para así lograr la comprobación de la hipótesis específica y llegar a la decisión estadística, Así mismo se planteó la hipótesis nula ( $H_0$ ) y la hipótesis alterna ( $H_a$ ), las cuales fueron las siguientes:

- **$H_0$ :** La adición de cenizas de carbón, procedentes de ladrilleras artesanales, no disminuyen entre un 5% a un 20% el valor del óptimo contenido de humedad para alcanzar la máxima densidad seca de la subrasante, del AAHH Los Ángeles, Lurigancho Chosica- 2020.
- **$H_a$ :** La adición de cenizas de carbón, procedentes de ladrilleras artesanales, disminuyen entre un 5% a un 20% el valor del óptimo contenido de humedad para alcanzar la máxima densidad seca de la subrasante, del AAHH Los Ángeles, Lurigancho Chosica- 2020.

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

**Grupo: OCH+0% - OCH+5%;** óptimo contenido de humedad para alcanzar la máxima densidad seca, logrado con la adición de ceniza de carbón en un 5%. Como primer paso se realizó la prueba de normalidad de datos a los valores obtenidos de los ensayos en laboratorio.

Descripción	Grupos	OCH.5
Calicata C-1	grupo de control +0% de ceniza	11,80
Calicata C-2	grupo de control +0% de ceniza	12,30
Calicata C-3	grupo de control +0% de ceniza	12,80
Calicata C-1	grupo experimental + 5% de ceniza	12,20
Calicata C-2	grupo experimental + 5% de ceniza	12,70
Calicata C-3	grupo experimental + 5% de ceniza	12,50

**Pruebas de normalidad**

	Grupos pre y post test	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
→ Valores del Índice de Plasticidad	grupo de control +0% de ceniza	,175	3	.	1,000	3	1,000
	grupo experimental + 5% de ceniza	,219	3	.	,987	3	,780

Figura 16. Prueba de normalidad para OCH + 5% de ceniza

Fuente. Elaboración propia.

La muestra al poseer grados de libertad (datos) menores a 30, se opta por trabajar con los contrastes de Shapiro-Wilk, la cual podemos observar que posee un nivel de significancia (Sig.) de **1.000 y 0.780**, ambos mayores al 0.05, por lo cual se trabajará con la prueba paramétrica T de Student (muestras independientes).

→ Prueba T

	Grupos pre y post test	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Valores del Índice de Plasticidad	grupo de control +0% de ceniza	3	12,3000	,50000	,28868
	grupo experimental + 5% de ceniza	3	12,4667	,25166	,14530

		Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
									Inferior	Superior
Valores del Índice de Plasticidad	Se asumen varianzas iguales	,731	,441	-,516	4	,633	-,16667	,32318	-1,06395	,73062
	No se asumen varianzas iguales			-,516	2,952	,642	-,16667	,32318	-1,20465	,87131

Figura 17. Prueba T de Student para OCH + 5% de ceniza

Fuente. Elaboración propia.

Se observa que estadísticamente no existen diferencias significativas entre las medias que se han analizado, así mismo se observa un margen de error ( $p =$  significancia bilateral) de **0.633 y 0.642** (ambos mayores a 0.05), concluyendo así que el tratamiento dado con el 5% de ceniza no ha sido efectivo, por ende, no se rechaza la hipótesis nula.

**Grupo: OCH+0% - OCH+10%;** optimo contenido de humedad para alcanzar la máxima densidad seca, logrado con la adición de ceniza de carbón en un 10%. Como primer paso se realizó la prueba de normalidad de datos a los valores obtenidos de los ensayos en laboratorio.

Descripción	Grupos	OCH.10
Calicata C-1	grupo de control +0% de ceniza	11,80
Calicata C-2	grupo de control +0% de ceniza	12,30
Calicata C-3	grupo de control +0% de ceniza	12,80
Calicata C-1	grupo experimental +10% de ceniza	13,20
Calicata C-2	grupo experimental +10% de ceniza	12,40
Calicata C-3	grupo experimental +10% de ceniza	12,70

**Pruebas de normalidad**

	Grupos pre y post test	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
→ Valores del Índice de Plasticidad	grupo de control +0% de ceniza	,175	3	.	1,000	3	1,000
	grupo experimental +10% de ceniza	,232	3	.	,980	3	,726

*Figura 18. Prueba de normalidad para OCH + 10% de ceniza*  
Fuente. Elaboración propia.

La muestra al poseer grados de libertad (datos) menores a 30, se opta por trabajar con los contrastes de Shapiro-Wilk, la cual podemos observar que posee un nivel de significancia (Sig.) de **1.000 y 0.726**, ambos mayores al 0.05, por lo cual se trabajará con la prueba paramétrica T de Student (muestras independientes).

→ **Prueba T**

**Estadísticas de grupo**

Valores del Índice de Plasticidad	Grupos pre y post test	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
		grupo de control +0% de ceniza	3	12,3000	,50000
	grupo experimental +10% de ceniza	3	12,7667	,40415	,23333

**Prueba de muestras independientes**

Valores del Índice de Plasticidad		Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
									Inferior	Superior
Valores del Índice de Plasticidad	Se asumen varianzas iguales	,049	,836	-1,257	4	,277	-,46667	,37118	-1,49724	,56391
	No se asumen varianzas iguales			-1,257	3,832	,280	-,46667	,37118	-1,51536	,58202

*Figura 19. Prueba T de Student para OCH + 10% de ceniza*  
Fuente. Elaboración propia.

Se observa que estadísticamente no existen diferencias significativas entre las medias que se han analizado, así mismo se observa un margen de error (p = significancia bilateral) de **0.277 y 0.280** (ambos mayores a 0.05), concluyendo así que el tratamiento dado con el 10% de ceniza no ha sido efectivo, por ende, no se rechaza la hipótesis nula.

**Grupo: OCH+0% - OCH+15%;** optimo contenido de humedad para alcanzar la máxima densidad seca, logrado con la adición de ceniza de carbón en un 15%. Como primer paso se realizó la prueba de normalidad de datos a los valores obtenidos de los ensayos en laboratorio.

Descripción	Grupos	OCH.15
Calicata C-1	grupo de control +0% de ceniza	11,80
Calicata C-2	grupo de control +0% de ceniza	12,30
Calicata C-3	grupo de control +0% de ceniza	12,80
Calicata C-1	grupo experimental +15% de ceniza	13,70
Calicata C-2	grupo experimental +15% de ceniza	12,70
Calicata C-3	grupo experimental +15% de ceniza	13,50

**Pruebas de normalidad**

	Grupos pre y post test	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
→ Valores del Índice de Plasticidad	grupo de control +0% de ceniza	,175	3	.	1,000	3	1,000
	grupo experimental +15% de ceniza	,314	3	.	,893	3	,363

Figura 20. Prueba de normalidad OCH + 15% de ceniza

Fuente. Elaboración propia.

La muestra al poseer grados de libertad (datos) menores a 30, se opta por trabajar con los contrastes de Shapiro-Wilk, la cual podemos observar que posee un nivel de significancia (Sig.) de **1.000 y 0.363**, ambos mayores al 0.05, por lo cual se trabajará con la prueba paramétrica T de Student (muestras independientes).

→ Prueba T

**Estadísticas de grupo**

Grupos pre y post test		N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Valores del Índice de Plasticidad	grupo de control +0% de ceniza	3	12,3000	,50000	,28868
	grupo experimental +15% de ceniza	3	13,3000	,52915	,30551

**Prueba de muestras independientes**

		Prueba de Levene de igualdad de ...		prueba t para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
Valores del Índice de Plasticidad	Se asumen varianzas iguales	,108	,759	-2,38	4	,076	-1,00000	,42032	-2,16699	,16699
	No se asumen varianzas iguales			-2,38	3,987	,076	-1,00000	,42032	-2,16846	,16846

Figura 21. Prueba T de Student para OCH + 15% de ceniza

Fuente. Elaboración propia.

Se observa que estadísticamente no existen diferencias significativas entre las medias que se han analizado, así mismo se observa un margen de error

(p = significancia bilateral) de **0.076** (ambos mayores a 0.05), concluyendo así que el tratamiento dado con el 15% de ceniza no ha sido efectivo, por ende, no se rechaza la hipótesis nula.

#### **4.5.3 Relación de soporte (C.B.R.)**

Para la comprobación de la hipótesis se realizó el procesamiento de datos (resultados) del ensayo de C.B.R. obtenidos con la adición de ceniza de carbón en un 5%, 10% y 15% a muestras de suelo extraídas de la calicata C-1, C-2 y C-3. Para así lograr la comprobación de la hipótesis específica y llegar a la decisión estadística, así mismo se planteó la hipótesis nula ( $H_0$ ) y la hipótesis alterna ( $H_a$ ), las cuales fueron las siguientes:

- **$H_0$ :** La adición de cenizas de carbón, procedentes de ladrilleras artesanales, no incrementa más del 100% el valor inicial de la capacidad de soporte (CBR) de la subrasante, del AAHH Los Ángeles, Lurigancho Chosica- 2020.
- **$H_a$ :** La adición de cenizas de carbón, procedentes de ladrilleras artesanales, incrementa más del 100% el valor inicial de la capacidad de soporte (CBR) de la subrasante, del AAHH Los Ángeles, Lurigancho Chosica- 2020.

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

**Grupo: CBR+0% & CBR+5%;** relación de soporte (C.B.R.) logrado con la adición de ceniza de carbón en un 5%. Como primer paso se realizó la prueba de normalidad de datos a los valores obtenidos de los ensayos en laboratorio.

Descripción	Grupos	CBR.5
Calicata C-1	grupo de control +0% de ceniza	5,80
Calicata C-2	grupo de control +0% de ceniza	5,50
Calicata C-3	grupo de control +0% de ceniza	5,10
Calicata C-1	grupo experimental + 5% de ceniza	7,00
Calicata C-2	grupo experimental + 5% de ceniza	5,90
Calicata C-3	grupo experimental + 5% de ceniza	6,00

Pruebas de normalidad

	Grupos pre y post test	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
→ Valores del Índice de Plasticidad	grupo de control +0% de ceniza	,204	3	.	,993	3	,843
	grupo experimental + 5% de ceniza	,356	3	.	,818	3	,157

Figura 22. Prueba de normalidad para CBR + 5% de ceniza

Fuente. Elaboración propia.

La muestra al poseer grados de libertad (datos) menores a 30, se opta por trabajar con los contrastes de Shapiro-Wilk, la cual podemos observar que posee un nivel de significancia (Sig.) de **0.843**, mayor a 0.05, por lo cual se trabajará con la prueba paramétrica T de Student (muestras independientes).

→ Prueba T

Estadísticas de grupo

Valores del Índice de Plasticidad	Grupos pre y post test	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
	grupo experimental + 5% de ceniza	3	6,3000	,60828	,35119

Prueba de muestras independientes

Valores del Índice de Plasticidad	Se asumen varianzas iguales	Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias					95% de intervalo de confianza de la diferencia	
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	Inferior	Superior
	No se asumen varianzas iguales	1,923	,238	-2,05	4	,109	-.83333	,40552	-1,95923	,29256
	No se asumen varianzas iguales			-2,05	3,200	,126	-.83333	,40552	-2,07942	,41275

Figura 23. Prueba T de Student para CBR + 5% de ceniza

Fuente. Elaboración propia.

Se observa que estadísticamente no existen diferencias significativas entre las medias que se han analizado, así mismo se observa un margen de error (p = significancia bilateral) de **0.109** y **0.126** (ambos mayores a 0.05),

concluyendo así que el tratamiento dado con el 5% de ceniza de carbón no ha sido efectivo, por ende, no se rechaza la hipótesis nula.

**Grupo: CBR+0% & CBR+10%;** relación de soporte (C.B.R.) logrado con la adición de ceniza de carbón en un 10%. Como primer paso se realizó la prueba de normalidad de datos a los valores obtenidos de los ensayos en laboratorio.

Descripción	Grupos	CBR.10
Calicata C-1	grupo de control +0% de ceniza	5,80
Calicata C-2	grupo de control +0% de ceniza	5,50
Calicata C-3	grupo de control +0% de ceniza	5,10
Calicata C-1	grupo experimental +10% de ceniza	9,80
Calicata C-2	grupo experimental +10% de ceniza	9,20
Calicata C-3	grupo experimental +10% de ceniza	8,80

**Pruebas de normalidad**

	Grupos pre y post test	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
→ Valores del Índice de Plasticidad	grupo de control +0% de ceniza	,204	3	.	,993	3	,843
	grupo experimental +10% de ceniza	,219	3	.	,987	3	,780

Figura 24. Prueba de normalidad para CBR + 10% de ceniza

Fuente. Elaboración propia.

La muestra al poseer grados de libertad (datos) menores a 30, se opta por trabajar con los contrastes de Shapiro-Wilk, la cual podemos observar que posee un nivel de significancia (Sig.) de **0.843 y 0.780**, ambos mayores a 0.05, por lo cual se trabajará con la prueba paramétrica T de Student (muestras independientes).

→ Prueba T

**Estadísticas de grupo**

	Grupos pre y post test	N	Media	Desv. Desviación	Desv. Error promedio
Valores del Índice de Plasticidad	grupo de control +0% de ceniza	3	5,4667	,35119	,20276
	grupo experimental +10% de ceniza	3	9,2667	,50332	,29059

**Prueba de muestras independientes**

		Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
									Inferior	Superior
Valores del Índice de Plasticidad	Se asumen varianzas iguales	,380	,571	-10,72	4	,000	-3,80000	,35434	-4,78380	-2,81620
	No se asumen varianzas iguales			-10,72	3,574	,001	-3,80000	,35434	-4,83179	-2,76821

Figura 25. Prueba T de Student para CBR + 10% de ceniza

Fuente. Elaboración propia.

Se observa que estadísticamente no existen diferencias significativas entre las medias que se han analizado, así mismo se observa un margen de error ( $p =$  significancia bilateral) de **0.000** y **0.001** (ambos menores a 0.05), concluyendo así que el tratamiento dado con el 10% de ceniza de carbón ha sido efectivo, por ende, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna.

**Grupo: CBR+0% & CBR+15%;** relación de soporte (C.B.R.) logrado con la adición de ceniza de carbón en un 15%. Como primer paso se realizó la prueba de normalidad de datos a los valores obtenidos de los ensayos en laboratorio.

Descripción	Grupos	CBR.15
Calicata C-1	grupo de control +0% de ceniza	5,80
Calicata C-2	grupo de control +0% de ceniza	5,50
Calicata C-3	grupo de control +0% de ceniza	5,10
Calicata C-1	grupo experimental +15% de ceniza	12,50
Calicata C-2	grupo experimental +15% de ceniza	11,30
Calicata C-3	grupo experimental +15% de ceniza	12,30

**Pruebas de normalidad**

	Grupos pre y post test	Kolmogorov-Smirnov <sup>a</sup>			Shapiro-Wilk		
		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
→ Valores del Índice de Plasticidad	grupo de control +0% de ceniza	,204	3	.	,993	3	,843
	grupo experimental +15% de ceniza	,328	3	.	,871	3	,298

Figura 26. Prueba de normalidad para CBR + 15% de ceniza

Fuente. Elaboración propia.

La muestra al poseer grados de libertad (datos) menores a 30, se opta por trabajar con los contrastes de Shapiro-Wilk, la cual podemos observar que posee un nivel de significancia (Sig.) de **0.843** y **0.298**, ambos mayores a 0.05, por lo cual se trabajará con la prueba paramétrica T de Student (muestras independientes).

➔ Prueba T

Estadísticas de grupo

Grupos pre y post test		N	Media	Dev. Desviación	Dev. Error promedio
Valores del Índice de Plasticidad	grupo de control +0% de ceniza	3	5,4667	,35119	,20276
	grupo experimental +15% de ceniza	3	12,0333	,64291	,37118

Prueba de muestras independientes

		Prueba de Levene de igualdad de varianzas		prueba t para la igualdad de medias						
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
									Inferior	Superior
Valores del Índice de Plasticidad	Se asumen varianzas iguales	2,025	,228	-15,53	4	,000	-6,56667	,42295	-7,74097	-5,39236
	No se asumen varianzas iguales			-15,53	3,096	,000	-6,56667	,42295	-7,88939	-5,24394

*Figura 27. Prueba T de Student para CBR + 15% de ceniza*

*Fuente. Elaboración propia.*

Se observa que estadísticamente no existen diferencias significativas entre las medias que se han analizado, así mismo se observa un margen de error ( $p =$  significancia bilateral) de **0.000** (ambos menores a 0.05), concluyendo así que el tratamiento dado con el 15% de ceniza de carbón ha sido efectivo, por ende, se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alterna.

## **V. DISCUSIÓN**

En la presente investigación, el primer objetivo específico a tratar fue el de determinar en cuanto disminuyen los valores del índice de plasticidad del grupo patrón (muestra sin adición de ceniza de carbón “C.C.”) al compararlos con los grupos experimentales (muestras añadidas con un 5%, 10% y 15% de C.C). Mediante los ensayos realizados en laboratorio, se determinó que tuvieron disminuciones iniciales de 26.89% con respecto al valor inicial, al añadir el 5% de C.C, hasta un 100%; al añadirle el 15% de C.C., esto se entiende como la reducción total de la plasticidad, que de acuerdo al Manual de Carreteras - sección de suelos y pavimentos MTC (2014), pasan a ser de suelos arcillosos (IP>7) a suelos exentos de arcilla (IP=0), esto puede ser visualizado en la tabla N°31. Así mismo, en la tabla N°32 se hace contraste con la investigación de Mamani y Yataco (2017), que tuvo por nombre “Estabilización de suelos arcillosos aplicando ceniza de madera de fondo, producto de ladrilleras artesanales en el departamento de Ayacucho-Perú”; donde la reducción del índice de plasticidad tuvo un rango de 65.59%; con la adición de 10% de C.C, a 69.90% con la adición del 50% de C.C, puede decirse que a pesar de dar elevadas dosis de ceniza no hubo demasiada reducción del índice de plasticidad debido a que en esta investigación se trabajó con un suelo muy agresivo el cual tenía una clasificación SUCS: CH (arcilla de alta plasticidad), en comparación de la muestra de suelo investigada en la presente tesis que posee una clasificación SUCS: CL (arcilla de baja plasticidad) y en la cual se obtuvo una disminución promedio de 70.65% del valor inicial de IP al ser añadida con un 10% de C.C.

Tabla 31. Discusión del Índice de Plasticidad con el Manual de carreteras del MTC

REDUCCIÓN DEL ÍNDICE DE PLASTICIDAD						
Presente tesis				Manual de Carreteras Sección suelos y pavimentos		
Ceniza de carbón (+)	C-1	C-2	C-3	Índice de plasticidad	Plasticidad	Característica
-	-	-	-	IP>20	Alta	Suelos muy arcillosos
0%	11.3	11.9	12.6	IP ≤20	Media	Suelos arcillosos
5%	7.1	8.7	8.9	IP>7	Baja	Suelos poco arcillosos
10%	3.2	3.4	3.8	IP<7	Baja	Suelos poco arcillosos
15%	0	0	0	IP=0	No Plástico (NP)	Suelos exentos de arcilla

Fuente. Elaboración propia.

Tabla 32. Discusión del Índice de Plasticidad con Mamani y Yataco (2017)

REDUCCIÓN DEL ÍNDICE DE PLASTICIDAD		
	Presente tesis	Mamani y Yataco
<b>Muestra de suelo + 10% de ceniza de carbón</b>	C-1	71.68%
	C-2	71.43%
	C-3	68.84%
	Promedio	<b>70.65%</b>
		<b>65.59%</b>

*Fuente. Elaboración propia.*

El segundo objetivo específico a tratar fue el de determinar en cuanto disminuyen el óptimo contenido de humedad (OCH) para alcanzar la máxima densidad seca (MDS), cuando se añaden los 3 porcentajes de ceniza de carbón. Al realizar los ensayos de proctor modificado se pudo observar que, contrario a otra investigación, hubo un aumento porcentual en el óptimo contenido humedad de 2.34% al adicionar un 5% de ceniza de carbón y un 5.47% de aumento porcentual al adicionar un 15% de ceniza de carbón, lo cual hace un contraste opuesto con investigación de Mamani y Yataco (2017), la cual se titula “Estabilización de suelos arcillosos aplicando ceniza de madera de fondo, producto de ladrilleras artesanales en el departamento de Ayacucho-Perú”, los resultados de su óptimo contenido de humedad tuvieron una variación decreciente mínima de 6.66% al añadirle un 10% de ceniza de fondo y una variación decreciente máxima de 27.95% al añadirle un 50% de ceniza de fondo, este contraste al mismo porcentaje de C.C. puede ser visualizado en la tabla N°33. Por otro lado, en la tabla N°34 se hace contraste con la investigación de Goñas (2019), titulada “Estabilización de suelos con cenizas de carbón para uso como subrasante mejorada”, la cual tiene resultados que concuerdan con los nuestros, porque menciona que el óptimo contenido de humedad para alcanzar la máxima densidad seca aumenta porcentualmente en 4.95% al aplicar 15% de ceniza de carbón y hasta un 35.71% como máximo al adicionar un 25% de ceniza de carbón en la calicata N°1; en la calicata N°2 al aplicar un 15% de ceniza hay un aumento de 24.41% del OCH como mínimo y al adicionar un 25% de C.C. hubo un aumento de 36.62% del OCH respecto a la muestra patrón de la segunda calicata. Al comparar las dos investigaciones con los mismos resultados obtenidos; al adicionar 15 % de C.C en sus respectivos suelos patrones,

se pudo ver en dicha tesis un aumento porcentual congruente con nuestra investigación.

Tabla 33. Discusión del OCH/MDS con Mamani y Yataco (2017)

AUMENTO DEL OCH/MDS			
Muestra de suelo + 10% de ceniza de carbón	Presente tesis		Mamani y Yataco
	C-1	11.86%	<b>6.66%</b> <b>(Reducción)</b>
	C-2	0.81%	
	C-3	0.78%	
	Promedio	<b>4.48%</b>	

*Fuente. Elaboración propia.*

Tabla 34. Discusión del OCH/MDS con Goñas (2019)

AUMENTO DEL OCH/MDS				
Muestra de suelo + 15% de ceniza de carbón	Presente tesis		Goñas	
	C-1	16.10%	<b>Calicata Nº1</b> <b>4.95%</b> <b>(Aumento)</b>	<b>Calicata Nº2</b> <b>24.41%</b> <b>(Aumento)</b>
	C-2	3.25%		
	C-3	5.74%		
	Promedio	<b>8.36%</b>		

*Fuente. Elaboración propia.*

Al realizar los ensayos de CBR (California Bearing Ratio) a las muestras sin adición de ceniza se obtuvo datos de CBR al 95% de la MDS de 5.80%, 5.50% y 5.10% lo cual ubica a nuestra subrasante en la categoría de subrasante S1: Subrasante insuficiente, según el Manual de Carreteras MTC sección de suelos y pavimentos y según la Norma C.E 010 Pavimentos Urbanos (Anexo B) es considerada como una subrasante regular ( $3% < \text{CBR} < 8%$ ). En nuestra investigación al adicionarle un porcentaje de 5% de C.C. a las muestras de suelo, logramos obtener aumentos porcentuales de CBR al 95% de la MDS que iban de 7.27% hasta un 20.69%. Por otro lado, al adicionar un porcentaje de 10% de ceniza logramos obtener aumentos porcentuales de CBR al 95% de la MDS que iban de 67.27% hasta un 72.55% y finalmente al adicionar un porcentaje de 15% de ceniza logramos obtener aumentos porcentuales de CBR al 95% de la MDS que iban de 105.45% hasta un 141.18% lo cual nos dio valores de C.B.R al 95% de la MDS de 12.5%, 11.3% y 12.3% lo ubica a nuestra subrasante en la categoría de subrasante S3: Subrasante buena, según

el Manual de Carreteras MTC sección de suelos y pavimentos y según la Norma C.E 010 Pavimentos Urbanos (Anexo B) es considerada como una subrasante buena ( $8\% < \text{CBR} < 17\%$ ), este contraste puede ser visualizado en la tabla N°35. Por otra parte, en la tabla N°36 se realizó un contraste con la investigación de Pérez, C (2014) que tiene por título “Estabilización de suelos arcillosos con cenizas de carbón para su uso como subrasante mejorada”, su resultado del CBR al 95% de la MDS sin adición de ceniza de carbón fue de 6.2% por lo cual se clasifico a su subrasante como una regular, pero al realizar una adición de C.C. de 10% tuvo un valor de 8.6% y al 20% de C.C. logro un valor de CBR al 95% de la MDS de 11% llegando a ser clasificada como una S3: Subrasante buena. Al analizar el porcentaje de aumento del CBR al 95% de la MDS de la muestra sin tratar y la muestra con adición de 10% de ceniza se pudo ver un aumento porcentual de 38.71%. Al compararlo con nuestros resultados al 10% de C.C., los nuestros tuvieron un aumento porcentual mínimo de 67.27% y un máximo de 72.55%. Así mismo, en la tabla N°37 se realizó un contraste con la investigación de Cabrera y Paredes (2018), que tiene por título “Estabilización de suelos con cenizas de carbón mineral con fines de pavimentación en el centro poblado de Cascajal Izquierdo, provincia de Santa-Ancash-2018”, el resultado del CBR al 95% de la MDS sin adición de ceniza de carbón fue de 5.23% por lo cual se clasifico a su subrasante como una insuficiente según el Manual del MTC sección suelos y pavimentos y según la Norma C.E 010 Pavimentos Urbanos (Anexo B) es considerada como una subrasante regular. Al realizar una adición de C.C. de 10% tuvo un valor de 12.35% llegando a ser clasificada como una S3: Subrasante buena, según el Manual de Carreteras MTC sección de suelos y pavimentos. Al analizar el porcentaje de aumento del CBR al 95% de la MDS de la muestra sin tratar y la muestra con adición de 10% de ceniza se pudo ver un aumento porcentual de 136.36%. Al compararlo con nuestros resultados al 10 de ceniza, los nuestros tuvieron un aumento porcentual mínimo de 67.27% y un máximo de 72.55%.

Tabla 35. Discusión del CBR con Manual de carreteras – sección suelos y pavimentos, y Norma C.E. 010 – Pavimentos Urbanos (Anexo B)

Presente Tesis				Manual de Carreteras Sección suelos y pavimentos		Norma C.E 010 Pavimentos Urbanos (Anexo B)	
Ceniza de carbón (+)	C-1	C-2	C-3	Categoría de Subrasante	CBR	Categoría de Subrasante	CBR
				S0: Subrasante Inadecuada	CBR<3%	Pobre	CBR<3%
0%	5.8	5.5	5.1	S1: Subrasante Insuficiente	DE CBR≥ 3% A CBR<6%		
5%	7	5.9	6	S2: Subrasante Regular	DE CBR≥ 6% A CBR<10%	Regular	3%<CBR<8%
10%	9.8	9.2	8.8				
15%	12.5	11.3	12.3	S3: Subrasante Buena	DE CBR≥ 10% A CBR<20%	Bueno	8%<CBR<17%
-	-	-	-	S4: Subrasante Muy buena	DE CBR≥ 20% A CBR<30%	Excelente	CBR>17%
-	-	-	-	S4: Subrasante excelente	CBR≥ 30%		

*Fuente. Elaboración propia.*

Tabla 36. Discusión del CBR al 95% MDS con Pérez (2014)

AUMENTO DEL CBR al 95% MDS			
Muestra de suelo + 10% de ceniza de carbón	Presente tesis		Pérez
	C-1	68.97%	<b>38.71%</b>
	C-2	67.27%	
	C-3	72.55%	
	Promedio	<b>69.60%</b>	

*Fuente. Elaboración propia.*

Tabla 37. Discusión del CBR al 95% MDS con Cabrera y Paredes (2018)

AUMENTO DEL CBR al 95% MDS			
Muestra de suelo + 10% de ceniza de carbón	Presente tesis		Cabrera y Paredes
	C-1	68.97%	<b>136.36%</b>
	C-2	67.27%	
	C-3	72.55%	
	Promedio	<b>69.60%</b>	

*Fuente. Elaboración propia.*

## **VI. CONCLUSIONES**

Se pudo concluir a través de los ensayos de límites de consistencia, que los resultados coinciden con la primera hipótesis específica planteada, es decir, la investigación que se ha realizado demuestra que el índice de plasticidad de muestras del suelo pertenecientes al grupo patrón tuvieron una reducción de hasta el 100% del IP cuando se le adicionan los porcentajes de ceniza de carbón. Por otra parte, al realizar la prueba estadística T-Student se obtuvieron resultados estadísticos satisfactorios los cuales concluían en rechazar la hipótesis nula y aceptar la hipótesis de la investigación.

Se concluye que la segunda hipótesis específica que se planteó, no se llegó a cumplir, debido a que al comparar los ensayos de proctor modificado realizados a las muestras patrón y a las muestras experimentales, no hubo una reducción del óptimo contenido de humedad para llegar a la máxima densidad seca, fue todo lo contrario ya que hubo aumentos mínimos de 2.34% y máximos de 16.10% respecto a la muestra patrón. No obstante, se hizo la prueba estadística a los datos obtenidos de O.C.H. y se concluye estadísticamente que no existieron cambios significativos en el aumento.

Se concluyó para la tercera hipótesis específica; una vez realizado los ensayos de California Bearing Ratio (CBR) a las muestras del grupo patrón y experimental, que existieron aumentos porcentuales que iban de un 7.27% hasta un 141.18%, lo cual hace que la hipótesis planteada se llegue a cumplir y además coloca al suelo en la categoría de S3: subrasante buena según las normas de Ministerio de Transportes y Comunicaciones (sección suelos y pavimentos); y a su vez según la norma C.E 010 Pavimentos Urbanos (Anexo B) la considerada como una subrasante buena ( $8\% < \text{CBR} < 17\%$ ). El análisis de datos concluye estadísticamente que si existen cambios significativos en la resistencia C.B.R. al adicionar cenizas de carbón.

## **VII. RECOMENDACIONES**

Se recomienda realizar una gradación de la ceniza de carbón procedente de ladrilleras artesanales antes de aplicarla en un mejoramiento de subrasante, esto ayudará a eliminar algunas impurezas que impiden la homogenización del material con el suelo a mejorar.

Se recomienda la adición de ceniza de carbón procedente de ladrilleras artesanales para suelos con un índice de plasticidad medio, ya que la ceniza de carbón posee la característica de reducir la plasticidad. Adicionalmente cabe resaltar que si queremos reducir la plasticidad de un suelo con un índice de plasticidad elevado tendríamos que aumentar los porcentajes de ceniza de carbón.

Se recomienda realizar más ensayos de Proctor Modificado con la adición de otros porcentajes de ceniza de carbón para poder determinar la tendencia respecto al óptimo contenido de humedad, ya que hay muchas investigaciones que tienen resultados de reducción de este valor y muy pocas mencionan lo contrario como esta investigación.

Con respecto al ensayo de California Bearing Ratio (CBR) realizada a muestras con adición de cenizas de carbón, se recomienda dejarlo curando por 7 días después de la compactación para posteriormente sumergirlos en el agua para la saturación, esto permite obtener mejores resultados. Asimismo, se recomienda realizar futuras investigaciones respecto a mejoramiento de suelos aplicando más porcentajes de ceniza para analizar las tendencias de aumento y reducciones al realizar el ensayo de C.B.R.

De igual manera, se recomienda aplicar una capa que logre sellar la subrasante mejorada con ceniza de carbón, debido a que si se usa como una vía no pavimentada; puede causar problemas en la salud, por la polución de partículas de ceniza generada a través del tránsito vehicular.

## **REFERENCIAS**

ALTHEMAN, D; FERREIRA, G; MONTINI, M; GALLO, J y ROCHA, A. Evaluation of coal fly ash in cementitious matrices [en línea]. Noviembre-diciembre 2017, vol. 10 no. 6. [Fecha de consulta: 15 de noviembre del 2019].

Disponible en:

[https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1983-41952017000601320&lang=en](https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1983-41952017000601320&lang=en)

ISSN: 1983-4195

BADILLO, Juárez y RODRÍGUEZ, Rico. Fundamentos de la mecánica de suelos. Mecánica de suelos. 3º Tomo, México: 2011. 413 pp.

ISBN 978-1-955154-70-0

BEHAK, Leonardo y PERES, Washington. Characterization of a material comprised of sandy soil, rice husk ash and potentially useful lime in pavements. Revista Ingeniería de Construcción. [en línea]. 2008, v.23, nª.1. [Fecha de consulta: 30 de octubre del 2019]

Disponible en: <https://www.ricuc.cl/index.php/ric/article/view/BEHAK>

BELIZARIO, German y HUAQUISTO, Samuel[et al.]. Use of the flying ash in the dosing of the concrete as a substitute for the cement. High Andean Research [en línea]. Junio del 2018, v.20, n.º 2 [Fecha de consulta: 23 de octubre del 2019]

Disponible en: <http://huajsapata.unap.edu.pe/ria/index.php/ria/issue/archive>

B.E, Na Jin. Fly Ash Applicability in Pervious Concrete. Thesis (Civil Engineer). Ohio -United States: The Ohio State University, Graduate Program in Civil Engineering. 2010. 186pp.

BRAJA M. DAS. Fundamentos de ingeniería geotecnia. 4ª. ed. México: Thomson, 2015. 636 pp.

ISBN: 978-607-519-372-4

CABRERA, José y PAREDES Jery. Estabilización de suelos con cenizas de carbón mineral con fines de pavimentación en el centro poblado de cascajal izquierdo, provincia de Santa-Ancash - 2018. Tesis (Ingeniero civil). Lima-Perú: Universidad Cesar Vallejo, 2018. 156 pp.

CAMACHO, Javier; REYES, Oscar; MAYORGA, Catalina y NÉNDEZ, Dolly. Evaluación de aditivos usados en el tratamiento de arcillas expansivas [en línea]. 30 de setiembre de 2006. Vol. 16 – N° 2. [Fecha de consulta: 10 de enero del 2020]

Disponible en:  
<https://revistas.unimilitar.edu.co/index.php/rcin/article/view/1232/962>

CAÑAR, Edwin. Análisis comparativo de la resistencia al corte y estabilización de suelos arenosos finos y arcillosos combinada con cenizas de carbón. Tesis (Ingeniero civil). Ambato-Ecuador: Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería Civil y Mecánica. 2017. 167 pp.

CARRASCO, Sergio. Metodología de la investigación científica. Perú: Editorial SAN MARCOS, 2006. 474 pp.

ISBN: 9972-34-242-5

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

CORTEZ, Liliana y NEIL, David. Procesos y Fundamentos de la Investigación científica. Ecuador: Editorial UTMACH, 2018. 125 pp.

ISBN: 978-9942-24-093-4

Disponible en:  
<http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/12498/1/Procesos-y-FundamentosDeLainvestiagcionCientifica.pdf>

CUBAS, Kevin y FALEN, José. Evaluación de las cenizas de carbón para la estabilización de suelos mediante activación alcalina y aplicación en carreteras no pavimentadas. Tesis (Ingeniero civil). Pimentel-Perú: Universidad Señor de Sipán, Facultad de Ingeniería, Arquitectura y Urbanismo. 2016. 219 pp.

ERASMI, Louise dos Santos. Análise do Comportamento Mecânico e Ambiental de Misturas Solo-Cinzas de Carvão Mineral para Camadas de Base de Pavimentos.

Tesis (Ingeniero civil). Río de Janeiro-Brasil: Pontífica Universidade Católica do Rio de Janeiro, Facultad de Ingeniería Civil. 2011. 208 pp.

GIL, Tomas; LOPEZ, Oscar; VICENTE, Rafael y VERDU, Amparo. Inerting and valorization of fly ash from solid urban waste for cement mortar production. Universidad Politecnica de Madrid [en línea]. 11 de enero 2017. [Fecha de consulta: 22 de octubre del 2019]

Disponible en:

<http://dx.doi.org/10.6036/8196>

GOÑAS, Olger. Estabilización de suelos con cenizas de carbón para su uso como subrasante mejorada. Tesis (Ingeniero civil). Chachapoyas - Perú: Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas, 2019. 39 pp.

Disponible en:

<http://repositorio.untrm.edu.pe/bitstream/handle/UNTRM/1801/Go%C3%B1as%20Labajos%20Olger.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

HERNÁNDEZ, Roberto; FERNÁNDEZ, Carlos y BAPTISTA, María del Pilar. Metodología de la investigación. 6. a ed. México: Interamericana Editores S.A, 2014. 656pp.

ISBN: 978-607-15-0291-9

JOSEPH, Aneeta; SNELLINGS, Ruben; VAN DEN HEEDE, Philip. The Use of Municipal Solid Waste Incineration Ash in Various Building Materials: A Belgian Point of View. Materials MDPI [en línea]. 16 de enero 2018. [Fecha de consulta: 29 de octubre del 2019]

Disponible en:

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/29337887>

KANA, Royer y MALAGA, Gustavo. Análisis de riesgo a la salud por exposición de cenizas de carbón de piedra en las ladrilleras artesanales en Yarabamba. Tesis

(Ingeniero civil). Arequipa: Universidad Tecnológica del Perú, Facultad de Ingeniería. 2019. 92 pp

LEE, Kyung; YANG, Keun; MUN, Hyun y TUAN, Nguyen. Effect of Sand Content on the Workability and Mechanical Properties of Concrete Using Bottom Ash and Dredged Soil-based Artificial Lightweight Aggregates. International Journal of Concrete Structures and Materials. [en línea]. 29 de junio 2019. [Fecha de consulta: 29 de octubre del 2019]

Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1186/s40069-018-0306-z>

MALUQUIS, Avelino y ZEGARRA, Jean. Uso de las cenizas volantes de carbón para mejorar la subrasante en la Avenida San Josemaría Escrivá de Balaguer [Progresiva: 2+880-3+880], Piura-Piura-Piura, 2018. Tesis (Ingeniero civil). Piura-Perú. Universidad César Vallejo, Lima, Perú, 2019. 165 pp.

MAMANI, Lux y YATACO, Alejandro. Estabilización de suelos arcillosos aplicando ceniza de madera de fondo, producto de ladrilleras artesanales en el departamento de Ayacucho. Tesis (Ingeniero civil). Lima-Perú: Universidad San Martín de Porres, 2017. 198 pp.

MANGI, Sajjad; IBRAHIM, Haziman; JAMALUDDIN, Norwati y ARSHAD, Mohd. Performances of concrete containing coal bottom ash with different fineness as a supplementary cementitious material exposed to seawater. Engineering Science and Technology [en línea]. 21 de junio 2019. [Fecha de consulta: 29 de octubre del 2019]

Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2215098618318044>

MANGI, Sajjad; HAZIMAN, Mohd; JAMALUDDIN, Norwati y ARSHAD Mohd. Short-term effects of sulphate and chloride on the concrete containing coal bottom ash as supplementary cementitious material. Engineering Science and Technology [en línea]. 1 de septiembre 2018. [Fecha de consulta: 29 de octubre del 2019]

Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2215098618314381>

MEJIA, Johanna; RODRIGUEZ Erick y MEJIA DE GUTIERREZ, Ruby. Potential Utilization of a Low Quality-Fly Ash as an Aluminosilicate Source in the Production of Geopolymers. *Ingeniería y Universidad* [en línea]. 31 de Julio 2014, v.6, n<sup>a</sup>.2. [Fecha de consulta: 28 de octubre del 2019]

Disponible en: <http://dx.doi.org/10.11144/Javeriana.IYU18-2.upcv>

MENENDEZ, Esperanza; ALVARO, Maria; ARGUIZ, Cristina; PARRA, Jose y MORAGUES, Amparo[et al.]. Characterization of bottom ashes from coal pulverized power plants to determine their potential use feasibility. *Revista Cerámica y Vidrio* [en línea]. 23 de noviembre del 2013, v.52, n.º 6 [Fecha de consulta: 23 de octubre del 2019].

Disponible en:

[https://www.researchgate.net/publication/270079907\\_Characterization\\_of\\_bottom\\_ashes\\_from\\_coal\\_pulverized\\_power\\_plants\\_to\\_determine\\_their\\_potential\\_use\\_feasibility](https://www.researchgate.net/publication/270079907_Characterization_of_bottom_ashes_from_coal_pulverized_power_plants_to_determine_their_potential_use_feasibility)

MINISTERIO de la producción. Guía de buenas prácticas para ladrilleras artesanales. Perú-Lima: MP, 2010. 67 pp.

MINISTERIO de trasportes y comunicaciones. Manual de carreteras, suelos, geología, geotecnia y pavimentos. Perú-Lima: MTC, 2016. 305 pp.

MINISTERIO de trasportes y comunicaciones. Manual de ensayos de materiales. Perú-Lima: MTC, 2016. 1269 pp.

MISRA, Anil. Crushed Aggregates from Class C Fly Ash. University of Missouri, Kansas City. [en línea]. 31 de octubre 2005. [Fecha de consulta: 2 de octubre del 2019]

Disponible en:

[https://pdfs.semanticscholar.org/b032/adaa251eb3fbe9bcf0e20bbc2ca3f033184c.pdf?\\_ga=2.266717070.162886116.1595220595-610834797.1595220595](https://pdfs.semanticscholar.org/b032/adaa251eb3fbe9bcf0e20bbc2ca3f033184c.pdf?_ga=2.266717070.162886116.1595220595-610834797.1595220595)

MISRA, Anil. Utilization of Western Coal Flay Ash in Construction of Hightways in the Midwest. University of Missouri, Kansas City. [en línea]. Mayo de 2000. [Fecha de consulta: 2 de octubre del 2019]

Disponible en: <https://rosap.ntl.bts.gov/view/dot/15376>

ÑAUPAS, Humberto. Metodología de la investigación cuantitativa-cualitativa y redacción de la tesis. [et al]. 4a edición. Bogotá: Ediciones de la U, 2014. 560 pp.

ISBN: 978-958-762-188-4

PEREZ, Carolina. Estabilización de suelos arcillosos con ceniza de carbón para su uso como subrasante mejorada. Tesis (Ingeniero civil). Lima-Perú: Universidad Nacional de Ingeniería, 2014. 151 pp.

PILAR, Ronaldo; APARECIDA; Rudiele; JOAO; Agostinho y LONGUINI, Wellington. Avaliação de pastas de cimento Portland contendo cinza pesada moída [en línea]. Enero-marzo 2016, vol. 21 no. 1. [Fecha de consulta: noviembre del 2019].

Disponible en: [https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1517-70762016000100010&lang=en](https://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1517-70762016000100010&lang=en)

ISSN: 1517-7076

Plan Nacional de Infraestructura para la Competitividad [en línea]. Perú: Lima, 2018 [fecha de consulta: 01 de noviembre del 2019].

Disponible en:

[https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv\\_privada/planes/PNIC\\_2019.pdf](https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv_privada/planes/PNIC_2019.pdf)

PRIETO, Laura; MONTAÑO, Andrés; PARRA, Alejandro. Evaluación Mecánica y Ambiental del Uso de Ceniza Volante con Activación Alcalina como Alternativa de Reemplazo Total del Cemento en la Elaboración de Tabletillas Prefabricadas. Universidad de La Salle [en línea]. 6 de noviembre 2018. [Fecha de consulta: 29 de octubre del 2019]

Disponible en:

<http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642019000300067>

PUSHKAR, Svetlana. Life-Cycle Assessment of the Substitution of Sand with Coal Bottom Ash in Concrete: Two Concrete Design Methods. Applied Sciences. [en línea]. 30 de agosto 2019. [Fecha de consulta: 29 de octubre del 2019]

Disponible en: <https://www.mdpi.com/2076-3417/9/17/3620>

RAJA, Moussaoui; MONKADE, Mohamed; LAHLOU, Khaled; HASHEMINEJAD, Navid y MARGARITIS, Alexandros. Lime Treatment of Coal Bottom Ash for Use in Road Pavements: Application to El Jadida Zone in Morocco. Materials MDPI [en línea]. 22 de agosto 2019. [Fecha de consulta: 28 de octubre del 2019]

Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC6747578/>

RAMOS, Gabriel. Mejoramiento de subrasantes de baja capacidad portante mediante el uso de polímeros reciclados en carreteras, Paucará Huancavelica 2014. Tesis (Ingeniero Civil). Huancayo-Perú: Universidad Nacional del Centro del Perú, 2014. 211 pp.

REGLAMENTO Nacional de Edificaciones. Norma C.E. 010 Pavimentos Urbanos. Perú-Lima: RNE, 2010. 79 pp.

RICO, Alfonso y DEL CASTILLO, Hermilo. La ingeniería de suelos en las vías terrestres, carreteras, ferrocarriles y aeropistas. vol.1. México: Limusa, 2005. 460pp.

ISBN: 968-18-0054-0

RKEIN, Mohamad. Study on Utilization of Fly ash as a Replacement of Cement and Fine Aggregates in Concrete. Thesis (Civil Engineer). Darwin - Australia: Charles Darwin University, School of Engineering and Information Technology. 2015. 57pp.

RONDON, Hugo y REYES, Fredy. Pavimentos: materiales, construcción y diseño. Colombia: Ecoe Ediciones, 2015. 605 pp.

ISBN: 978-958-771-175-2

SHASHANK, Nooka y CHAKRAVARTHI, Kalyan. Characterization of Fly ash for their Effective Management. Thesis (Civil Engineer). Rourkela - India: Department of Mining Engineering National Institute of Technology, 2015. 51pp.

SOLORZANO, C; Zambrano, D; Vacca, H y LARRAHONDO. Degradación del módulo resiliente, debida a residuos producto de combustión de carbón, en arcillas de baja plasticidad [en línea]. 8 de octubre del 2019. [Fecha de consulta: 27 de febrero del 2020].

Disponible en:

**[https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0718-50732019000300225&lang=en#B11](https://scielo.conicyt.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-50732019000300225&lang=en#B11)**

ISSN: 0718-5073

SORIANO, Cesar. Diagnostico nacional del sector ladrillero artesanal. Mercadeando S.A [en línea]. 12 de noviembre 2012. [Fecha de consulta: 24 de octubre del 2019]

Disponible en:

**<http://www.redladrilleras.net/assets/files/08f34d2be1d32a80a13a48f2633dd73c.pdf>**

THENOUX, Guillermo y CARRILLO Héctor. Evaluación del Uso de las Cenizas FBC (Combustión de Lecho Fluido) como Estabilizador de Materiales Granulares. Escuela de Ingeniería Universidad Católica de Chile. [en línea]. 2005. [Fecha de consulta: 20 de octubre del 2019]

Disponible en:

[http://www2.udec.cl/~provia/ trabajos\\_pdf/15ThenouxCenizasPetropower.pdf](http://www2.udec.cl/~provia/ trabajos_pdf/15ThenouxCenizasPetropower.pdf)

WORD Economic Forum. The Global Competitiveness Report [en línea]. Suiza: Cologny / Geneva, 2019 [fecha de consulta: 01 de noviembre del 2019].

Disponible en:

[http://www3.weforum.org/docs/WEF\\_TheGlobalCompetitivenessReport2019.pdf](http://www3.weforum.org/docs/WEF_TheGlobalCompetitivenessReport2019.pdf)

ISBN-13: 978-2-940631-02-5

THOMAS, Michael. Optimizing the Use of Fly Ash in Concrete. University of New Brunswick [en línea]. 1 de Julio del 2007. [Fecha de consulta: 28 de octubre del 2019]

Disponible en:

[https://www.researchgate.net/publication/236509473\\_Optimizing\\_the\\_use\\_of\\_fly\\_ash\\_in\\_concrete](https://www.researchgate.net/publication/236509473_Optimizing_the_use_of_fly_ash_in_concrete)

VALARINO, Elizabeth. Metodología de la investigación: paso a paso. México: Editorial Trillas S.A., 2015. 309 pp.

VALDERRAMA, Santiago. Pasos para elaborar proyectos y tesis de investigación científica. Lima: Editorial San Marcos E.I.R.L., 2007. 310 pp.

ISBN: 978-9972-38-041-9

VASQUEZ, Alexander. Capacidad de soporte al estabilizar el suelo de la vía Cascajal con adición de carbón y cal a nivel de subrasante. Tesis (Ingeniero Civil). Chimbote-Perú: Universidad San Pedro, 2018. 122 pp.

## **ANEXOS**

**ANEXO N° 01: MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES.**

<b>VARIABLES</b>	<b>DEFINICIÓN CONCEPTUAL</b>	<b>DEFINICIÓN OPERACIONAL</b>	<b>DIMENSIONES</b>	<b>INDICADORES</b>	<b>ESCALA DE MEDICIÓN</b>
<b>V.I: CENIZA DE CARBON</b>	Es el restante o el sobrante de la combustión o quema del carbón, las cenizas de carbón son sustancias inorgánicas dañinas para el ser humano, poseen dimensiones diminutas y son numerosas, están ubicados en el interior de los hornos artesanales. (Kana y Malaga, 2019)	La ceniza de carbón se encuentra en la parte interior de las cámaras de combustión de ladrilleras (hornos). Este residuo será medido con el uso de balanzas calibradas obteniendo 3 porcentajes con respecto al peso seco de la muestra (5%, 10% y 15%), para su posterior combinación con las muestras de suelo y para realizar sus ensayos comparativos.	Proporción de ceniza de carbón	5% de ceniza 10% de ceniza 15% de ceniza	Razón
			Propiedades físicas	Tamaño de partícula Peso unitario	Razón
<b>V.D: MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE</b>	Es el mejoramiento de las propiedades físicas de un suelo a través de procesos mecanísticos o incorporando productos químicos, naturales y sintéticos (Ministerio de transporte y comunicaciones, 2014).	El procedimiento que se va a utilizar para la medición del mejoramiento de la subrasante es a través de la incorporación de cenizas de carbón en diferentes porcentajes a muestras de suelos, para luego llevar a cabo 3 ensayos de mecánica de suelos, los cuales son límites de consistencia, Proctor modificado y C.B.R, analizando así las variaciones entre ellos.	Índice de plasticidad	Límites de consistencia (Atterberg)	Razón
			Contenido óptimo de humedad y densidad máxima seca	Proctor modificado	Razón
			Resistencia	Relación de soporte (CBR)	Razón

## ANEXO N° 02: MATRIZ DE CONSISTENCIA

APLICACIÓN DE CENIZAS DE CARBON PROCEDENTES DE LADRILLERAS ARTESANALES, PARA EL MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE, AA. HH. LOS ANGELES, LURIGANCHO CHOSICA, 2020.							
PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES	OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES			
				Definición conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores
<b>Problema General</b> ¿Cuál es el efecto al aplicar las cenizas de carbón; procedentes de ladrilleras artesanales, en el mejoramiento de la subrasante, en el AAHH Los Ángeles, Luriganchos Chosica- 2020?	<b>Objetivo General</b> Determinar los efectos de la aplicación de la ceniza de carbón, procedentes de ladrilleras artesanales en el mejoramiento de la subrasante, AAHH Los Ángeles, Luriganchos Chosica.	<b>Hipótesis general</b> La aplicación de las cenizas de carbón, procedentes de ladrilleras artesanales, tendrá un efecto favorable en el mejoramiento de la subrasante, en el AAHH Los Ángeles, Luriganchos Chosica-2020.	V.i: CENIZA DE CARBON	Es el restante o el sobrante de la combustión o quema del carbón, las cenizas de carbón son sustancias inorgánicas dañinas para el ser humano, poseen dimensiones diminutas y son numerosas, están ubicados en el interior de los hornos artesanales. (Kana y Malaga, 2019)	La ceniza de carbón se encuentra en la parte interior de las cámaras de combustión de ladrilleras (hornos). Este residuo será medido con el uso de balanzas calibradas obteniendo 3 porcentajes con respecto al peso seco de la muestra (5%, 10% y 15%), para su posterior combinación con las muestras de suelo y para realizar sus ensayos comparativos.	Proporción de ceniza de carbón	5% de ceniza
						10% de ceniza	
						1 5% de ceniza	
<b>Problemas Específicos</b> ¿En cuánto disminuye el índice de plasticidad de la subrasante del AAHH Los Ángeles, Luriganchos Chosica cuando agregamos cenizas de carbón, procedentes de ladrilleras artesanales?  ¿En cuánto disminuye el óptimo contenido de humedad para alcanzar la máxima densidad seca de la subrasante, del AAHH Los Ángeles, Luriganchos Chosica cuando agregamos cenizas de carbón, procedentes de ladrilleras artesanales?  ¿En cuánto aumenta la capacidad de soporte (CBR) de la subrasante, del AAHH Los Ángeles, Luriganchos Chosica cuando agregamos cenizas de carbón, procedentes de ladrilleras artesanales?	<b>Objetivos específicos</b> Calcular en cuanto disminuye el índice de plasticidad de la subrasante, en el AAHH Los Ángeles, Luriganchos Chosica cuando agregamos cenizas de carbón, procedentes de ladrilleras artesanales.  Calcular en cuanto disminuye el óptimo contenido de humedad para alcanzar la máxima densidad seca de la subrasante, del AAHH Los Ángeles, Luriganchos Chosica cuando agregamos cenizas de carbón, procedentes de ladrilleras artesanales.  Calcular en cuanto aumenta la capacidad de soporte (C.B.R.) de la subrasante, del AAHH Los Ángeles, Luriganchos Chosica cuando agregamos cenizas de carbón, procedentes de ladrilleras artesanales	<b>Hipótesis específicas</b> La adición de cenizas de carbón; procedentes de ladrilleras artesanales, disminuye entre un 20% a un 100% el valor del índice de plasticidad de la subrasante del AAHH Los Ángeles, Luriganchos Chosica- 2020.  La adición de cenizas de carbón; procedentes de ladrilleras artesanales, no disminuye entre un 5% a un 20% el valor del óptimo contenido de humedad para alcanzar la máxima densidad seca de la subrasante, del AH Los Ángeles, Luriganchos Chosica-2020.  La adición de cenizas de carbón, procedentes de ladrilleras artesanales, incrementa más del 100% el valor inicial de la capacidad de soporte (CBR) de la subrasante, del AAHH Los Ángeles, Luriganchos Chosica-2020.	V.D: MEJORAMIENTO DE SUBRASANTE	Es el mejoramiento de las propiedades físicas de un suelo a través de procesos mecanísticos o incorporando productos químicos, naturales y sintéticos (Ministerio de transporte y comunicaciones, 2014).	El procedimiento que se va a utilizar para la medición del mejoramiento de la subrasante es a través de la incorporación de cenizas de carbón en diferentes porcentajes a muestras de suelos, para luego llevar a cabo 3 ensayos de mecánica de suelos, los cuales son límites de consistencia, Proctor modificado y C.B.R.	Propiedades físicas	Tamaño de partícula
						Peso Unitario	
						Índice de plasticidad	Límites de consistencia (Atterberg)
Contenido óptimo de humedad y densidad máxima seca	Proctor modificado						
Relación de soporte	C.B.R (California Bearing Ratio)						

## ANEXO N° 03: VALIDACIÓN DE INSTRUMENTO

### CONSTANCIA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS

El presente cuestionario tiene como objetivo principal dar validez a los formatos de recolección de datos del Manual de ensayo de materiales del Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC) y la Sociedad Americana para Pruebas y Materiales (ASTM).

Lea con atención y coloque con un "X" en las casillas, de acuerdo a su experiencia y criterio de evaluación.

#### TITULO DE LA INVESTIGACIÓN:

Aplicación de cenizas de carbón procedentes de ladrilleras artesanales, para el mejoramiento de la subrasante, AA.HH. Los Ángeles, Lurigancho-Chosica, 2020.

N°	Ítem	Muy Frecuentemente	Frecuentemente	Ocasionalmente	Raramente	Nunca
		4	3	2	1	0
1.	¿En su experiencia usted ha hecho uso de normas establecidas por el Ministerio de transporte y comunicaciones (MTC) y la Sociedad Americana para Pruebas y Materiales (ASTM), y los resultados han salido satisfactorios?		X			
2.	¿Tiende a ser complicado el uso de los formatos normados del MTC y ASTM para la interpretación de sus resultados?				X	
3.	¿En su experiencia el uso del formato normados por el MTC E 108/ ASTM D2216 para hallar el contenido de humedad del suelo nos da resultados satisfactorios y confiables?	X				
4.	¿En su experiencia el uso del formato normados por el MTC E 110/ ASTM D4318 para hallar el limite liquido de un suelo nos da resultados satisfactorios y confiables?		X			
5.	¿En su experiencia el uso del formato normados por el MTC E 111/ ASTM D4318 para hallar el limite plástico de un suelo nos da resultados satisfactorios y confiables?		X			
6.	¿En su experiencia el uso del formato normados por el MTC E 107/ ASTM 422 para hallar el análisis granulométrico de un suelo nos da resultados satisfactorios y confiables?		X			
7.	¿En su experiencia el uso del formato normados por el ASTM D2487 para determinar la clasificación SUCS de un suelo nos da resultados satisfactorios y confiables?	X				
8.	¿En su experiencia el uso del formato normados por el MTC E 115 / ASTM D2487 para determinar el óptimo contenido de humedad y la máxima densidad de un suelo nos da resultados satisfactorios y confiables?		X			
9.	¿En su experiencia el uso del formato normados por el MTC E 132 / ASTM D188 para determinar la resistencia CBR de un suelo nos da resultados satisfactorios y confiables?		X			
10.	¿Usted ha tenido problemas al aplicar formatos normados por el MTC (Ministerio de Transporte y Comunicaciones) y el ASTM (American Society for Testing and Materials)?				X	

Nombre y Apellido : Liliam Gloria Ingarroca Valenzuela

D.N.I. : 40848504

CIP : 114598

Firma del Ingeniero Colegiado  
 LILIAM GLORIA INGARROCA VALENZUELA  
 Reg. CIP N° 114598

### CONSTANCIA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS

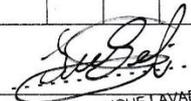
El presente cuestionario tiene como objetivo principal dar validez a los formatos de recolección de datos del Manual de ensayo de materiales del Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC) y la Sociedad Americana para Pruebas y Materiales (ASTM).

Lea con atención y coloque con un "X" en las casillas, de acuerdo a su experiencia y criterio de evaluación.

**TITULO DE LA INVESTIGACIÓN:**  
 Aplicación de cenizas de carbón procedentes de ladrilleras artesanales, para el mejoramiento de la subrasante, AA.HH. Los Ángeles, Lurigancho-Chosica, 2020.

N°	Ítem	Muy Frecuentemente	Frecuentemente	Ocasionalmente	Raramente	Nunca
		4	3	2	1	0
1.	¿En su experiencia usted ha hecho uso de normas establecidas por el Ministerio de transporte y comunicaciones (MTC) y la Sociedad Americana para Pruebas y Materiales (ASTM), y los resultados han salido satisfactorios?		X			
2.	¿Tiende a ser complicado el uso de los formatos normados del MTC y ASTM para la interpretación de sus resultados?					X
3.	¿En su experiencia el uso del formato normados por el MTC E 108/ ASTM D2216 para hallar el contenido de humedad del suelo nos da resultados satisfactorios y confiables?		X			
4.	¿En su experiencia el uso del formato normados por el MTC E 110/ ASTM D4318 para hallar el limite liquido de un suelo nos da resultados satisfactorios y confiables?		X			
5.	¿En su experiencia el uso del formato normados por el MTC E 111/ ASTM D4318 para hallar el limite plástico de un suelo nos da resultados satisfactorios y confiables?		X			
6.	¿En su experiencia el uso del formato normados por el MTC E 107/ ASTM 422 para hallar el análisis granulométrico de un suelo nos da resultados satisfactorios y confiables?		X			
7.	¿En su experiencia el uso del formato normados por el ASTM D2487 para determinar la clasificación SUCS de un suelo nos da resultados satisfactorios y confiables?		X			
8.	¿En su experiencia el uso del formato normados por el MTC E 115 / ASTM D2487 para determinar el óptimo contenido de humedad y la máxima densidad de un suelo nos da resultados satisfactorios y confiables?		X			
9.	¿En su experiencia el uso del formato normados por el MTC E 132 / ASTM D188 para determinar la resistencia CBR de un suelo nos da resultados satisfactorios y confiables?		X			
10.	¿Usted ha tenido problemas al aplicar formatos normados por el MTC (Ministerio de Transporte y Comunicaciones) y el ASTM (American Society for Testing and Materials)?					X

Nombre y Apellido : Juan Sinche Lavado  
 D.N.I. : 70002206  
 CIP : 238886

  
 Firma del Ingeniero Colegiado  
 JUAN SINCHE LAVADO  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 238886

### CONSTANCIA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS

El presente cuestionario tiene como objetivo principal dar validez a los formatos de recolección de datos del Manual de ensayo de materiales del Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC) y la Sociedad Americana para Pruebas y Materiales (ASTM).

Lea con atención y coloque con un "X" en las casillas, de acuerdo a su experiencia y criterio de evaluación.

<b>TITULO DE LA INVESTIGACIÓN:</b> Aplicación de cenizas de carbón procedentes de ladrilleras artesanales, para el mejoramiento de la subrasante, AA.HH. Los Ángeles, Lurigancho-Chosica, 2020.
--

N°	Ítem	Muy Frecuentemente	Frecuentemente	Ocasionalmente	Raramente	Nunca
		4	3	2	1	0
1.	¿En su experiencia usted ha hecho uso de normas establecidas por el Ministerio de transporte y comunicaciones (MTC) y la Sociedad Americana para Pruebas y Materiales (ASTM), y los resultados han salido satisfactorios?		X			
2.	¿Tiende a ser complicado el uso de los formatos normados del MTC y ASTM para la interpretación de sus resultados?					X
3.	¿En su experiencia el uso del formato normados por el MTC E 108/ ASTM D2216 para hallar el contenido de humedad del suelo nos da resultados satisfactorios y confiables?		X			
4.	¿En su experiencia el uso del formato normados por el MTC E 110/ ASTM D4318 para hallar el limite líquido de un suelo nos da resultados satisfactorios y confiables?		X			
5.	¿En su experiencia el uso del formato normados por el MTC E 111/ ASTM D4318 para hallar el limite plástico de un suelo nos da resultados satisfactorios y confiables?		X			
6.	¿En su experiencia el uso del formato normados por el MTC E 107/ ASTM 422 para hallar el análisis granulométrico de un suelo nos da resultados satisfactorios y confiables?		X			
7.	¿En su experiencia el uso del formato normados por el ASTM D2487 para determinar la clasificación SUCS de un suelo nos da resultados satisfactorios y confiables?		X			
8.	¿En su experiencia el uso del formato normados por el MTC E 115 / ASTM D2487 para determinar el óptimo contenido de humedad y la máxima densidad de un suelo nos da resultados satisfactorios y confiables?		X			
9.	¿En su experiencia el uso del formato normados por el MTC E 132 / ASTM D188 para determinar la resistencia CBR de un suelo nos da resultados satisfactorios y confiables?		X			
10.	¿Usted ha tenido problemas al aplicar formatos normados por el MTC (Ministerio de Transporte y Comunicaciones) y el ASTM (American Society for Testing and Materials)?				X	

Nombre y Apellido : Ricardo Roberto Pérez  
 D.N.I. : 4473715  
 CIP : 185670

  
 \_\_\_\_\_  
 Firma del Ingeniero Colegiado  
 JHULHIO  
 PALACIO DE JUSTICIA  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 185670

### CONSTANCIA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS

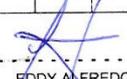
El presente cuestionario tiene como objetivo principal dar validez a los formatos de recolección de datos del Manual de ensayo de materiales del Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC) y la Sociedad Americana para Pruebas y Materiales (ASTM).

Lea con atención y coloque con un "X" en las casillas, de acuerdo a su experiencia y criterio de evaluación.

**TITULO DE LA INVESTIGACIÓN:**  
 Aplicación de cenizas de carbón procedentes de ladrilleras artesanales, para el mejoramiento de la subrasante, AA.HH. Los Angeles, Lurigancho-Chosica, 2020.

N°	Ítem	Muy Frecuentemente	Frecuentemente	Ocasionalmente	Raramente	Nunca
		4	3	2	1	0
1.	¿En su experiencia usted ha hecho uso de normas establecidas por el Ministerio de transporte y comunicaciones (MTC) y la Sociedad Americana para Pruebas y Materiales (ASTM), y los resultados han salido satisfactorios?	X				
2.	¿Tiende a ser complicado el uso de los formatos normados del MTC y ASTM para la interpretación de sus resultados?					X
3.	¿En su experiencia el uso del formato normados por el MTC E 108/ ASTM D2216 para hallar el contenido de humedad del suelo nos da resultados satisfactorios y confiables?	X				
4.	¿En su experiencia el uso del formato normados por el MTC E 110/ ASTM D4318 para hallar el limite liquido de un suelo nos da resultados satisfactorios y confiables?	X				
5.	¿En su experiencia el uso del formato normados por el MTC E 111/ ASTM D4318 para hallar el limite plástico de un suelo nos da resultados satisfactorios y confiables?	X				
6.	¿En su experiencia el uso del formato normados por el MTC E 107/ ASTM 422 para hallar el análisis granulométrico de un suelo nos da resultados satisfactorios y confiables?	X				
7.	¿En su experiencia el uso del formato normados por el ASTM D2487 para determinar la clasificación SUCS de un suelo nos da resultados satisfactorios y confiables?	X				
8.	¿En su experiencia el uso del formato normados por el MTC E 115 / ASTM D2487 para determinar el óptimo contenido de humedad y la máxima densidad de un suelo nos da resultados satisfactorios y confiables?	X				
9.	¿En su experiencia el uso del formato normados por el MTC E 132 / ASTM D188 para determinar la resistencia CBR de un suelo nos da resultados satisfactorios y confiables?	X				
10.	¿Usted ha tenido problemas al aplicar formatos normados por el MTC (Ministerio de Transporte y Comunicaciones) y el ASTM (American Society for Testing and Materials)?					X

Nombre y Apellido : Eddy Alfrado Espinoza Gonzales  
 D.N.I. : 9302891  
 CIP : 240843

  
 \_\_\_\_\_  
 EDDY ALFREDO  
 ESPINOZA GONZALES  
 Firma de Ingeniero Colegiado  
 Reg. CIP N° 240843

### CONSTANCIA DE VALIDACIÓN DE INSTRUMENTOS

El presente cuestionario tiene como objetivo principal dar validez a los formatos de recolección de datos del Manual de ensayo de materiales del Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC) y la Sociedad Americana para Pruebas y Materiales (ASTM).

Lea con atención y coloque con un "X" en las casillas, de acuerdo a su experiencia y criterio de evaluación.

<b>TÍTULO DE LA INVESTIGACIÓN:</b> Aplicación de cenizas de carbón procedentes de ladrilleras artesanales, para el mejoramiento de la subrasante, AA.HH. Los Angeles, Lurigancho-Chosica, 2020.
--

N°	Ítem	Muy Frecuentemente	Frecuentemente	Ocasionalmente	Raramente	Nunca
		4	3	2	1	0
1.	¿En su experiencia usted ha hecho uso de normas establecidas por el Ministerio de transporte y comunicaciones (MTC) y la Sociedad Americana para Pruebas y Materiales (ASTM), y los resultados han salido satisfactorios?		X			
2.	¿Tiende a ser complicado el uso de los formatos normados del MTC y ASTM para la interpretación de sus resultados?					X
3.	¿En su experiencia el uso del formato normados por el MTC E 108/ ASTM D2216 para hallar el contenido de humedad del suelo nos da resultados satisfactorios y confiables?		X			
4.	¿En su experiencia el uso del formato normados por el MTC E 110/ ASTM D4318 para hallar el limite liquido de un suelo nos da resultados satisfactorios y confiables?		X			
5.	¿En su experiencia el uso del formato normados por el MTC E 111/ ASTM D4318 para hallar el limite plástico de un suelo nos da resultados satisfactorios y confiables?		X			
6.	¿En su experiencia el uso del formato normados por el MTC E 107/ ASTM 422 para hallar el análisis granulométrico de un suelo nos da resultados satisfactorios y confiables?		X			
7.	¿En su experiencia el uso del formato normados por el ASTM D2487 para determinar la clasificación SUCS de un suelo nos da resultados satisfactorios y confiables?		X			
8.	¿En su experiencia el uso del formato normados por el MTC E 115 / ASTM D2487 para determinar el óptimo contenido de humedad y la máxima densidad de un suelo nos da resultados satisfactorios y confiables?		X			
9.	¿En su experiencia el uso del formato normados por el MTC E 132 / ASTM D188 para determinar la resistencia CBR de un suelo nos da resultados satisfactorios y confiables?		X			
10.	¿Usted ha tenido problemas al aplicar formatos normados por el MTC (Ministerio de Transporte y Comunicaciones) y el ASTM (American Society for Testing and Materials)?					X

Nombre y Apellido : FRANKLIN DAVID CHUQUIMBALQUI MORI

D.N.I. : 45237780

CIP : 17-3799

  
 .....  
 FRANKLIN DAVID  
 CHUQUIMBALQUI  
 Ingeniero Civil  
 Reg. CIP N° 173798

## ANEXO N° 04: CONFIABILIDAD DE INSTRUMENTO

### Anexo 4.1: Procesamiento del índice de Alfa de Cronbach en SPSS

#### RELIABILITY

```
/VARIABLES=Item1 Item2 Item3 Item4 Item5 Item6 Item7 Item8 Item9 Item10  
/SCALE('Todas las variables') ALL  
/MODEL=ALPHA  
/SUMMARY=VARIANCE.
```

#### Fiabilidad

##### Resumen de procesamiento de casos

		N	%
Casos	Válido	5	100,0
	Excluido <sup>a</sup>	0	,0
	Total	5	100,0

a. La eliminación por lista se basa en todas las variables del procedimiento.

##### Estadísticas de fiabilidad

Alfa de Cronbach	Alfa de Cronbach basada en elementos estandarizados	N de elementos
,930	,938	10

##### Estadísticas de elemento de resumen

	Media	Mínimo	Máximo	Rango	Máximo / Mínimo	Varianza
Varianzas de elemento	,240	,200	,300	,100	1,500	,003

##### Estadísticas de elemento de resumen

	N de elementos
Varianzas de elemento	10

Como  $0.930 > 0.80$  (el mínimo aceptable), se define que el instrumento SI pasa la prueba de confiabilidad con un valor del 93 por ciento.

# ANEXO N° 05: COTIZACIONES DE LABORATORIOS

## Anexo 5.1: MASTERLEM S.A.C.



RUC 20506076235  
Av. Circunvalación S/N - Huachipa  
Teléfono: (01) 7748042  
Email: [serviciosmasterlem@gmail.com](mailto:serviciosmasterlem@gmail.com)

### COTIZACION DE SERVICIO N°CS025-20

Lima, 29 de mayo de 2020

Atención:  
Ing. Gerson Tedy Arias Manrique.

Email: [tedy.ingenieria@gmail.com](mailto:tedy.ingenieria@gmail.com)

Estimado Señor:  
De acuerdo a lo solicitado, le cotizamos los ensayos solo con fines de Tesis, tales como:

Cantidad	Descripción Equipos Suelos	Precio Unit.(Soles)	Precio (Soles)
3	Análisis Granulométrico por Tamizado. Cumple con la Norma ASTM D2487.	50.00	150.00
9	Límite de Consistencia (Límites de Atterberg). Cumple con la Norma ASTM D4318.	40.00	360.00
12	Proctor Modificado. Cumple con la Norma. Cumple con la Norma MTC E 115 / ASTM D1557.	60.00	720.00
12	Ensayo de California Bearing Ratio <b>CBR</b> . Cumple con la Norma MTC E 132 / ASTM D1883.	170.00	2,040.00

### CONDICIONES Y/O OBSERVACIONES

- 1) Los precios **NO** incluye el I.G.V.
- 2) El precio es con fines de tesis.
- 3) Forma de pago: es por adelantado.
- 4) Disposición del servicio: 05 (cinco) días, luego de terminada la cuarentena.
- 5) Los equipos a ser utilizados son Normados y cumplen con las Normas **ASTM Y NTP**.
- 6) El cliente proporcionara los materiales debidamente identificados y embalados y enviados nuestra base MASTERLEM SAC., Ubicado en Huachipa.
- 7) El Cliente podrá presenciar en algunos momentos el proceso de los ensayos, pero solo para toma fotográfica y algunas consultas.
- 8) Los Certificado de ensayos serán entregado con su respectivo certificado de calibración.
- 9) Cta. Cte. en soles Banco de Crédito N°1911543229070 ó interbancario N°00219100154322907056.
- 10) **Cuenta en el Banco de la Nación N°00000522635 para deducciones según D. Leg. 940.**

Atentamente,



Jose Ramirez J.  
Servicios y Alquiler  
MASTERLEM S.A.C.



Anexo 5.3: M&P GEOS S.A.C.



Lunes, 28 de Mayo del 2020

Solicitante : TEDDY ARIAS

Dirección : LIMA

Asunto : COTIZACIÓN DE ENSAYOS DE MECÁNICA DE SUELOS

REGISTRO 096/2020.GEOSUR  
CORRESPONDENCIA Carta Nº --/2020

ITEM	Descripción	Und.	Cantidad	Costo Unitario S/.	Costo Parcial S/.
1.0	<b>Trabajos en Campo</b>				<b>4020.00</b>
	CLASIFICACIÓN DE SUELOS (ASTM D-2487)	und.	3.0	80.00	240.00
	LÍMITES DE CONSISTENCIA ( ASTM D-4318)	und.	9.0	60.00	540.00
	PROCTOR MODIFICADO (ASTM D-1557)	und.	12.0	90.00	1080.00
	CBR ( ASTM-D1883)	und.	12.0	180.00	2160.00
	COSTO DIRECTO				<b>4020.00</b>
	SUB TOTAL				<b>4020.00</b>
	I.G.V.	18%			723.60
	<b>TOTAL FINAL S/.</b>				<b>4743.60</b>

**Nota:**

- El plazo de ejecución del servicio será de 6 días calendario.
- La forma de pago será:  
Contra-entrega
- El solicitante realizará la ejecución de extracción de material y traslado al laboratorio

  
 LABORATORIO GEOSUR S.A.C  
 CARLOS HENRY PELÁEZ O.  
 GERENTE GENERAL

Anexo 5.4: M&P GEOS S.A.C.

 <p><b>Suelo Asfalto y Concreto</b></p> <p><b>LABORATORIO</b></p> <p><b>LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS</b></p> <p><b>M &amp; P GEOS</b></p> <p>SUELOS, CONCRETO Y ASFALTO , CIMENTACIONES SUPERFICIALES Y PROFUNDAS , PAVIMENTACION FLEXIBLE Y RIGIDA, ESTUDIO DE CANTERAS, ESTUDIO HIDROGRAFICO Y ESTUDIO DE TALUES , SUPERVISION DE PROYECTOS Y OBRAS PUBLICAS Y PRIVADAS</p>	Lima - Perú, Mayo del 2020
	COTIZACIÓN N° 021
De: DAVID ADHEMIR MENDOZA SOLIS TÉCNICO DE MECÁNICA DE SUELO CONCRETO Y ASFALTO	
Ruc: 10408321544	
Para: ING. Gerson Tedy Arias Manrique	
REF.: se solicita cotización para estudios de Mecánica de Suelos a 3 calicatas distintas, en las cuales en cada una de ellas aplicaremos 3 distintos porcentajes de ceniza para ver que cambios le ocasionan al suelo	
<b>1. DESCRIPCION DEL SERVICIO PROPUESTO</b>	
<b>I. Lugar e Inspección Técnica de las aéreas de interés y personal.</b>	
- 1 DÍA DE MOVILIDAD HASTA LA ZONA	S/ 50.85 con 00/100 Soles.
- 1 DÍA TÉCNICO DE MECÁNICA DE SUELOS POR	S/ 101.69 con 00/100 Soles.
- 1 PEÓN X DÍA PARA LA CALICATA DE SUELOS POR	S/ 111.05 con 00/100 Soles.
<b>II. Ejecución de la calicata en el área del terreno (3 calicata).</b>	
<b>III. Toma de muestras alteradas.</b>	
- 3 MTC E 101 2017 MUESTREO DE SUELOS Y ROCAS 1.50 mt de profundidad	S/ 76.26 con 00/100 Soles.
- 3 MTC E 103 2017 REDUCCION DE MUESTRAS DE CAMPO A TAMAÑOS DE MUESTRAS DE ENSAYO	S/ 76.26 con 00/100 Soles.
- 3 MTC E 104 2017 CONSERVACION Y TRANSPORTE DE MUESTRAS DE SUELO	S/ 76.26 con 00/100 Soles.
- 3 MTC E 105 2017 OBTENCION EN LABORATORIO DE MUESTRAS REPRESENTATIVAS (CUARTEO)	S/ 76.26 con 00/100 Soles.
- 3 MTC E 106 2017 PREPARACIÓN EN SECO DE MUESTRAS PARA EL ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO Y DETERMINACIÓN DE LAS CONSTANTES DEL SUELO	S/ 76.26 con 00/100 Soles.
<b>IV. Trabajos de campo y tomas de muestras</b>	
- 12 MTC E 117 2017 ENSAYO PARA DETERMINAR LA DENSIDAD Y PESO UNITARIO DEL SUELO INSITU MEDIANTE EL METODO DEL CONO DE ARENA	S/ 508.44 con 00/100 Soles.



LABORATORIO M & P GEOS  
Téc. David Adhemir Mendoza Solis  
LABORATORISTA DE SUELO  
CONCRETO Y ASFALTO

## Anexo 5.4: M&P GEOS S.A.C.

- 3 MTC E 108 2017 DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELOS S/ 76.26 con 00/100 Soles.

### V. Análisis de trabajos de laboratorio estándar

- 3 MTC E 107 2017 ANALISIS GRANULOMETRICO DE SUELOS POR TAMIZADO S/ 254.25 con 00/100 Soles.
- 12 MTC E 110 2017 DETERMINACIÓN DEL LIMITE LIQUIDO DE LOS SUELOS S/ 610.20 con 00/100 Soles.
- 12 MTC E 111 2017 DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO (L.P.) DE LOS SUELOS E INDICE DE PLASTICIDAD (I.P.) S/ 610.20 con 00/100 Soles.
- Clasificación SUSC.
- Clasificación AASHTO.
- 12 MTC E 115 2000 ENSAYOS ENSAYO DE PRÓCTOR MODIFICADO S/ 135.59 con 00/100 SOLES.
- 0 MTC E 129 2017 pH EN LOS SUELOS S/ 0.00 con 00/100 Soles.
- 0 MTC E 219 2017 ENSAYO DE SALES SOLUBLES S/ 0.00 con 00/100 Soles.

### VI. Ensayos de laboratorio especial

- 12 MTC E 132 2017 ENSAYO DE CBR DE SUELOS EN LABORATORIO S/ 5,389.80 con 00/100 Soles.

### VII. Estudio de tráfico en la zona.

- 0 CONTEO DE TRÁFICO EN LA ZONA EN UNA ESTACIÓN DE COBERTURA POR LAS 24 HORAS POR 7 DÍAS S/ 0.00 con 00/100 Soles.

### VIII. Informé técnico que consta de:

- Elaboración del Informe.
- Perfil Estratigráfico.
- Conclusiones y Recomendaciones.
- Panel Fotográfico.
- Plano de la ubicación de las Calicatas.
- Certificados de los Ensayos de Laboratorios.
- Sello y Firma del Ingeniero civil, Técnico de suelos responsables.

LABORATORIO M&P GEOS  
Tco. David Adhemir Mendoza Solla  
LABORATORISTA DE SUELO  
CONCRETO Y ASFALTO

- 1 Juegos del informe consta de un total de: S/ 244.60 con 00/100 Soles.

### 2. COSTO DEL SERVICIO PROPUESTO:

El costo por los servicios propuestos con un Sub total ventas de S/ 8,474 (Ocho mil cuatrocientos setentaicuatro con 00/100 Soles)  
Y un importe total de S/ 10,000 (Diez mil con 00/100 Soles. Con factura

### 3. TIEMPO:

## Anexo 5.4: M&P GEOS S.A.C.

Los trabajos de campo se realizarán como máximo 1 día y 12 días para ensayos de laboratorio e informe técnico final

### 4. RESPONSABILIDAD DEL SOLICITANTE:

- Persona coordinadora en el terreno.
- Planos del proyecto.
- Información y antecedentes del proyecto.
- Permiso a la zona de trabajo durante los días que dure la evaluación en campo.
- Si fuese necesario SCTR, Examen Médico.
- Rotura de Piso.
- Resane.
- Eliminación de material excedente.
- Acta de entrega de informe técnico

### 5. NOTA:

1. Seda Boleta o Factura electrónica
2. Los precios de los ensayos fluctúan dentro del mercado laboral.
3. Por un ensayo adicional de cobrar a precio de mercado
4. Las clasificaciones de suelo por el método SUCS ó AASHTO se realizan sin costo, al solicitarse los ensayos de análisis granulométrico por tamizado, límite líquido y límite plástico
5. Los pagos por los servicios para entidades privadas se harán del 70% en campo y el otro 30% cuando se entrega en informe final.
6. Los pagos por los servicios para entidades públicas se harán por un orden de servicio emitido por la entidad en un plazo de 5 a 10 días.
7. Los ensayos se realizan según el Instituto Nacional de Calidad (INACAL): La Dirección de Normalización es la autoridad encargada de aprobar las Normas Técnicas Peruanas, es miembro pleno de la Organización Internacional de Normalización (ISO), y la representa en el país; es miembro del Programa de países afiliados de la Comisión Internacional de Electrotecnia (IEC), y participa activamente en el Codex Alimentarius. Sobre esta base técnica dirige el desarrollo de las Normas Técnicas Peruanas (NTP).
8. Además nos basamos al manual publicado por el MTC EN HABILITACIONES URBANAS-COMPONENTES ESTRUCTURALES: NORMA CE.010 PAVIMENTOS URBANOS
9. No se considera día por charla de inducción, si fuese el caso.

Cordialmente:

  
LABORATORIO M Y P GEOS  
.....  
Téc. David Adhemir Mendoza Sotís  
LABORATORISTA DE SUELO  
CONCRETO Y ASFALTO

---

LA DIRECCIÓN NUEVA AMANECER MZ: A LOTE: 7 ASOC. DE PROP. PROG DE VIV. PARIACHI ALTURA DE KILÓMETRO 15 ½ DE LA  
CARRETERA CENTRAL ATE – LIMA - LIMA. FACEBOOK PÁGINA: LAB. MECÁNICA SUELO CONCRETO, ASFALTO, TOPOGRAFÍA Y  
GEODESIA "M Y P GEOS". TELÉF.: 7035815 CELL.:943106263

## ANEXO N° 06: DOCUMENTOS IMPORTANTES DE LABORATORIO

### Anexo 6.1: Cata de aceptación de laboratorio de mecánica de suelos



#### Carta de aceptación del Laboratorio de Mecánica de Suelos

Lima, 10 de junio del 2020

Señor:

Ing. CHOQUE FLORES, Leopoldo.

Coordinador de la E.P Ingeniería Civil - Universidad Cesar Vallejo - Campus Ate

Carretera Central KM 8.2 Ate.

Presente. -

Es grato dirigirme a usted, para expresarle mi cordial saludo y a la vez presentarle a ARIAS MANRIQUE, Gerson Tedy, identificado con DNI N° 74075504 código universitario N° 7002379725 y RAMOS JAVIER, Ricardo Jefferson, identificado con DNI N° 47138632, código universitario N° 6500055293, estudiantes del X ciclo de la facultad de ingeniería de la escuela de Ingeniería Civil de la institución universitaria que usted representa; que ellos han sido admitidos para realizar los ensayos de GRANULOMETRIA, LIMITES DE CONSISTENCIA, PROCTOR MODIFICADO y C.B.R., a fin de aplicar el instrumento de tesis **“APLICACIÓN DE CENIZAS DE CARBÓN PROCEDENTES DE LADRILLERAS ARTESANALES, PARA EL MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE, AA.HH. LOS ÁNGELES, LURIGANCHO – CHOSICA, 2020”**, en el Laboratorio de mecánica de suelos GEOSUR S.A.C. ubicado en Av. Cajamarquilla - Mz S - Lote 8 - Lima-Lurigancho Chosica.

Sin otro en particular y agradeciéndole por su atención.

LABORATORIO  
GEOSUR GEOTECNIA E INGENIERIA S.A.C.

Anexo 6.2: Orden de servicio y pago de laboratorio de mecánica de suelos



<b>ORDEN DE SERVICIO</b>	N° ORDEN:	202006-01
	VERSION:	01
	F. ENVIO:	15/06/2020

**NOMBRE:** GERSON TEDY ARIAS MANRIQUE  
**RUC:** 10740755043  
**DIRECCIÓN:** ASOC. DE VIV. LA FLORIDA LURIGANCHO - CHOSICA

**PROVEEDOR:** GEOSUR GEOTECNIA E INGENIERIA L S.A.C.  
**RUC:** 20521184338  
**DIRECCIÓN:** AV. CENTRAL NRO. 624 SC. 1, GR. 8 (ALT. PARADERO PARROQUIA) LIMA - LIMA - VILLA EL SALVADOR  
**TELEFONO:** 941868499

No.	DESCRIPCIÓN DE LOS BIENES O INSUMOS	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	IMPORTE		
1	Ensayos de mecánica de suelos para 3 calicatas, con cada muestra de suelo combinadas con cenizas de carbón: - 3 und - Clasificación de suelos (ASTM D-2487) - 9 und - Límites de consistencia (ASTM D-4318) - 12 und - Proctor Modificado (ASTM D-1557) - 12 und - CBR (ASTM D-1883)  <i>Tesis: Aplicación de cenizas de carbón procedentes de ladrilleras artesanales, para el mejoramiento de la subrasante, AA.HH. Los Ángeles, Lurigancho-Chosica, 2020</i>	1	glb.	S/.	2,966.10	S/.	2,966.10
				SUB-TOTAL	S/.	2,966.10	
				IGV (18%)	S/.	533.90	
				TOTAL	S/.	3,500.00	

IMPORTE CON LETRA: TRES MIL QUINIENTOS CON 00/100 SOLES

OBSERVACIONES:

CONSIDERACIONES:  
 \* Las facturas deben estar correctamente emitidas en cuanto a la Razón Social, RUC, fecha, dirección y cálculos matemáticos.  
 \* No se aceptarán facturas que hagan referencia a más de una Orden de Compra.  
 \* Las condiciones de pago sería con un adelanto al 50% y el resto al finalizar el servicio.

  
 \_\_\_\_\_  
 Gerson Tedy Arias Manrique  
 Tesista 1 - UCV

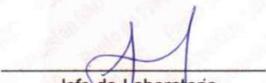
  
 \_\_\_\_\_  
 Ricardo Jefferson Ramos Javier  
 Tesista 2 - UCV

  
 \_\_\_\_\_  
 Laboratorio  
 GEOSUR GEOTECNICA E INGENIERIA S.A.C.

ORDENDECOMPRA

# ANEXO N° 07: CERTIFICADOS DE CALIBRACION

## Anexo 7.1: Calibración de balanza SP J6001

 Punto de Precisión SAC	<b>LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LC - 033</b>	 INACAL DA - Perú Laboratorio de Calibración Acreditado Registro N° LC - 033
<b>CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM - 011 - 2020</b>		
Página: 1 de 3		
<b>Expediente</b> : 003-2020 <b>Fecha de Emisión</b> : 2020-01-13		<p>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 <math>k=2</math>. 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 %.</p> <p>Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones en que se realizarán las mediciones y no debe ser utilizado como certificado de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.</p> <p>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.</p> <p>PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.</p>
<b>1. Solicitante</b> : GEOSUR GEOTECNIA E INGENIERIA S.A.C.		
<b>Dirección</b> : AV. CENTRAL NRO. 624 SC. 1, GR. 8 - VILLA EL SALVADOR - LIMA		
<b>2. Instrumento de Medición</b> : BALANZA		
<b>Marca</b> : OHAUS		
<b>Modelo</b> : SP J6001		
<b>Número de Serie</b> : 7129421065		
<b>Alcance de Indicación</b> : 6000 g		
<b>División de Escala de Verificación ( e )</b> : 0,1 g		
<b>División de Escala Real (d)</b> : 0,1 g		
<b>Procedencia</b> : CHINA		
<b>Identificación</b> : NO INDICA		
<b>Tipo</b> : ELECTRÓNICA		
<b>Ubicación</b> : LABORATORIO		
<b>Fecha de Calibración</b> : 2020-01-11		
<b>3. Método de Calibración</b> La calibración se realizó mediante el método de comparación según el PC-011 4ta Edición, 2010; Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase I y II del INACAL-DM.		
<b>4. Lugar de Calibración</b> LABORATORIO de GEOSUR GEOTECNIA E INGENIERIA S.A.C. AV. CENTRAL NRO. 624 SC. 1, GR. 8 - VILLA EL SALVADOR - LIMA		
	 Jefe de Laboratorio Ing. Luis Loayza Capcha Reg. CIP N° 152631	
PT-06.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02	Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106 www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.	

# Anexo 7.1: Calibración de balanza SP J6001



Punto de Precisión SAC

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LC - 033



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM - 011 - 2020

Página: 2 de 3

## 5. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	26,0 °C	26,1 °C
Humedad Relativa	65 %	65 %

## 6. Trazabilidad

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

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
INACAL - DM	Pesas (exactitud F1)	IP-296-2019 LM-166-2019

## 7. Observaciones

Los errores máximos permitidos (e.m.p.) para esta balanza corresponden a los e.m.p. para balanzas en uso de funcionamiento no automático de clase de exactitud II, según la Norma Metrológica Peruana 003 - 2009. Instrumentos de Pesaje de Funcionamiento no Automático.

Se colocó una etiqueta autoadhesiva de color verde con la indicación de "CALIBRADO".

Los resultados de este certificado de calibración no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

## 8. Resultados de Medición

INSPECCIÓN VISUAL			
AJUSTE DE CERO	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	CURSOR	NO TIENE
PLATAFORMA	TIENE	SIST. DE TRABA	NO TIENE
NIVELACIÓN	TIENE		

### ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Medición N°	Temp. (°C)					
	Inicial 26,0			Final 26,0		
	Carga L1= 3 000,0 g			Carga L2= 6 000,0 g		
	I(g)	ΔI(g)	E(g)	I(g)	ΔI(g)	E(g)
1	3 000,1	0,05	0,10	6 000,0	0,05	0,00
2	3 000,2	0,04	0,21	6 000,1	0,03	0,12
3	3 000,1	0,05	0,10	6 000,0	0,03	0,02
4	3 000,1	0,05	0,10	6 000,0	0,05	0,00
5	3 000,2	0,06	0,19	6 000,1	0,03	0,12
6	3 000,1	0,03	0,12	6 000,1	0,05	0,10
7	3 000,0	0,05	0,00	6 000,0	0,04	0,01
8	3 000,1	0,05	0,10	6 000,2	0,06	0,19
9	3 000,1	0,04	0,11	6 000,1	0,05	0,10
10	3 000,0	0,05	0,00	6 000,1	0,03	0,12
Diferencia Máxima	0,21			0,19		
Error máximo permitido ±	0,3 g			± 0,3 g		



Jefe de Laboratorio  
Ing. Luis Loayza Capcha  
Reg. CIP N° 152631

PT-06 F06 / Diciembre 2016 / Rev 02

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

Anexo 7.1: Calibración de balanza SP J6001



Punto de Precisión SAC

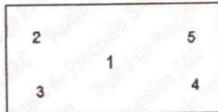
LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LC - 033



Registro N° LC - 033

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM - 011 - 2020

Página: 3 de 3



Vista Frontal

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

Posición de la Carga	Carga mínima (g)	Determinación de E <sub>0</sub>			Determinación del Error corregido				
		l(g)	ΔL(g)	E <sub>0</sub> (g)	Carga (g)	l(g)	ΔL(g)	E(g)	Ec(g)
1	1,0	1,0	0,06	-0,01	2 000,0	2 000,1	0,02	0,13	0,14
2		1,0	0,05	0,00		2 000,0	0,02	0,03	0,03
3		1,0	0,10	-0,05		2 000,1	0,04	0,11	0,16
4		1,0	0,09	-0,04		2 000,2	0,05	0,20	0,24
5		1,0	0,10	-0,05		2 000,1	0,05	0,10	0,15

(\*) valor entre 0 y 10 e

Error máximo permitido : ± 0,2 g

ENSAYO DE PESAJE

Carga L(g)	CRECIENTES				DECRECIENTES				emp(**)
	l(g)	ΔL(g)	E(g)	Ec(g)	l(g)	ΔL(g)	E(g)	Ec(g)	
1,0	1,0	0,05	0,00						0,1
5,0	5,0	0,06	-0,01	-0,01	5,0	0,05	0,00	0,00	0,1
50,0	50,0	0,03	0,02	0,02	50,0	0,06	-0,01	-0,01	0,1
500,0	500,0	0,05	0,00	0,00	500,0	0,04	0,01	0,01	0,1
700,0	700,0	0,06	-0,01	-0,01	700,0	0,05	0,00	0,00	0,2
1 000,0	1 000,0	0,07	-0,02	-0,02	1 000,0	0,04	0,01	0,01	0,2
1 500,0	1 500,1	0,08	0,07	0,07	1 500,1	0,03	0,12	0,12	0,2
2 000,0	2 000,2	0,06	0,19	0,19	2 000,2	0,05	0,20	0,20	0,2
4 000,0	4 000,2	0,05	0,20	0,20	4 000,3	0,06	0,29	0,29	0,3
5 000,0	5 000,1	0,08	0,07	0,07	5 000,1	0,05	0,10	0,10	0,3
6 000,0	6 000,1	0,08	0,07	0,07	6 000,1	0,08	0,07	0,07	0,3

(\*\*) error máximo permitido

Lectura corregida e incertidumbre expandida del resultado de una pesada

$$R_{\text{corregida}} = R - 0,0000307 \times R$$

$$U_R = 2 \sqrt{0,00685 \text{ g}^2 + 0,00000000909 \times R^2}$$

R : Lectura de la balanza    ΔL: Carga Incrementada    E: Error encontrado    E<sub>0</sub>: Error en cero    E<sub>c</sub>: Error corregido

R : en g

FIN DEL DOCUMENTO



Jefe de Laboratorio  
Ing. Luis Loayza Capcha  
Reg. CIP N° 152631

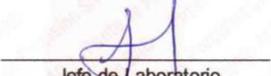
PT-06.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02

Av. Los Angeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

## Anexo 7.2: Calibración de balanza SP TAJ602

	<b>LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LC - 033</b>	
<b>Punto de Precisión SAC</b>		Registro N° LC - 033
<b>CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM - 013 - 2020</b>		
Página: 1 de 3		
<b>Expediente</b>	: 003-2020	<p>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 <math>k=2</math>. 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 %.</p> <p>Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones en que se realizaron las mediciones y no debe ser utilizado como certificado de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.</p> <p>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.</p> <p>PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.</p>
<b>Fecha de Emisión</b>	: 2020-01-13	
<b>1. Solicitante</b>	: GEOSUR GEOTECNIA E INGENIERIA S.A.C.	
<b>Dirección</b>	: AV. CENTRAL NRO. 624 SC. 1, GR. 8 - VILLA EL SALVADOR - LIMA	
<b>2. Instrumento de Medición</b>	: BALANZA	
<b>Marca</b>	: OHAUS	
<b>Modelo</b>	: TAJ602	
<b>Número de Serie</b>	: 7128460365	
<b>Alcance de Indicación</b>	: 600 g	
<b>División de Escala de Verificación ( e )</b>	: 0,01 g	
<b>División de Escala Real ( d )</b>	: 0,01 g	
<b>Procedencia</b>	: CHINA	
<b>Identificación</b>	: NO INDICA	
<b>Tipo</b>	: ELECTRÓNICA	
<b>Ubicación</b>	: LABORATORIO	
<b>Fecha de Calibración</b>	: 2020-01-11	
<b>3. Método de Calibración</b>	La calibración se realizó mediante el método de comparación según el PC-011 4ta Edición, 2010; Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase I y II del INACAL-DM.	
<b>4. Lugar de Calibración</b>	LABORATORIO de GEOSUR GEOTECNIA E INGENIERIA S.A.C. AV. CENTRAL NRO. 624 SC. 1, GR. 8 - VILLA EL SALVADOR - LIMA	
	 Jefe de Laboratorio Ing. Luis Loayza Capcha Reg. CIP N° 152631	
PT-06.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02		
Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106		
www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com		
PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.		

## Anexo 7.2: Calibración de balanza SP TAJ602



Punto de Precisión SAC

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA  
CON REGISTRO N° LC - 033



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM - 013 - 2020

Página: 2 de 3

### 5. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	25,5 °C	25,9 °C
Humedad Relativa	62 %	62 %

### 6. Trazabilidad

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

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
INACAL - DM	Pesas (exactitud F1)	IP-296-2019

### 7. Observaciones

Los errores máximos permitidos (e.m.p.) para esta balanza corresponden a los e.m.p. para balanzas en uso de funcionamiento no automático de clase de exactitud II, según la Norma Metrológica Peruana 003 - 2009. Instrumentos de Pesaje de Funcionamiento no Automático.

Se colocó una etiqueta autoadhesiva de color verde con la indicación de "CALIBRADO".

Los resultados de este certificado de calibración no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

### 8. Resultados de Medición

INSPECCIÓN VISUAL			
AJUSTE DE CERO	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	CURSOR	NO TIENE
PLATAFORMA	TIENE	SIST. DE TRABA	NO TIENE
NIVELACIÓN	TIENE		

### ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Medición N°	Carga L1= 300,00 g			Carga L2= 600,00 g		
	I(g)	ΔL(mg)	E(mg)	I(g)	ΔL(mg)	E(mg)
1	300,00	2	3	600,00	4	1
2	300,00	5	0	600,00	4	1
3	300,00	5	0	599,98	2	-17
4	300,00	7	-2	599,98	2	-15
5	300,00	7	-2	599,98	2	-17
6	299,99	6	-11	599,98	3	-18
7	299,99	7	-12	599,98	3	-18
8	299,99	5	-10	599,99	5	-10
9	299,99	7	-12	599,98	4	-19
10	299,99	7	-12	599,98	5	-20
Diferencia Máxima			15	21		
Error máximo permitido ±			30 mg	± 30 mg		



Jefe de Laboratorio  
Ing. Luis Loayza Capcha  
Reg. CIP N° 152631

PT-06.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

Anexo 7.2: Calibración de balanza SP TAJ602



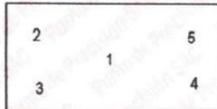
Punto de Precisión SAC

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LC - 033



CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM - 013 - 2020

Página: 3 de 3



Vista Frontal

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

Posición de la Carga	Determinación de E <sub>0</sub>				Determinación del Error corregido				
	Carga mínima (g)	l(g)	ΔL(mg)	E <sub>0</sub> (mg)	Carga (g)	l(g)	ΔL(mg)	E(mg)	Ec(mg)
1	0,10	0,09	4	-9	200,00	199,99	2	-7	2
2		0,09	2	-7		200,00	7	-2	5
3		0,09	7	-12		200,00	7	-2	10
4		0,10	9	-4		200,00	7	-2	2
5		0,09	9	-14		199,99	4	-9	5

(\*) valor entre 0 y 10 e

Error máximo permitido : ± 20 mg

ENSAYO DE PESAJE

Carga L(g)	CRECIENTES				DECRECIENTES				emp(**)
	l(g)	ΔL(mg)	E(mg)	Ec(mg)	l(g)	ΔL(mg)	E(mg)	Ec(mg)	
0,10	0,09	4	-9						10
0,20	0,19	2	-7	2	0,19	2	-7	2	10
5,00	4,99	7	-12	-3	4,98	4	-19	-10	10
20,00	19,99	2	-7	2	19,98	4	-19	-10	10
50,00	49,99	2	-7	2	49,99	7	-12	-3	10
100,00	99,99	2	-7	2	99,99	4	-9	0	20
150,00	149,99	2	-7	2	149,99	4	-9	0	20
200,00	200,00	7	-2	7	199,99	2	-7	2	20
400,00	400,00	2	3	12	399,99	7	-12	-3	30
500,00	500,00	7	-2	7	500,02	7	18	27	30
600,00	600,01	7	8	17	600,01	7	8	17	30

(\*\*) error máximo permitido

Lectura corregida e incertidumbre expandida del resultado de una pesada

$$R_{\text{corregida}} = R - 0,0000244 \times R$$

$$U_R = 2 \sqrt{0,000114 \text{ g}^2 + 0,000000000776 \times R^2}$$

R: Lectura de la balanza    ΔL: Carga Incrementada    E: Error encontrado    E<sub>c</sub>: Error en cero    E<sub>c</sub>: Error corregido

R: en g

FIN DEL DOCUMENTO



Jefe de Laboratorio  
Ing. Luis Loayza Capcha  
Reg. CIP N° 152631

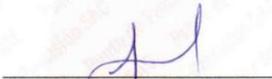
PT-06.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

## Anexo 7.3: Calibración de balanza PATRICK'S

	<b>LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LC - 033</b>	
<b>Punto de Precisión SAC</b>		Registro N° LC - 033
<b>CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM - 012 - 2020</b>		
Página: 1 de 3		
<b>Expediente</b>	: 003-2020	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 %.
<b>Fecha de Emisión</b>	: 2020-01-13	
<b>1. Solicitante</b>	: <b>GEOSUR GEOTECNIA E INGENIERIA S.A.C.</b>	Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones en que se realizarán las mediciones y no debe ser utilizado como certificado de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.  Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.  PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.
<b>Dirección</b>	: AV. CENTRAL NRO. 624 SC. 1, GR. 8 - VILLA EL SALVADOR - LIMA	
<b>2. Instrumento de Medición</b>	: <b>BALANZA</b>	
<b>Marca</b>	: <b>PATRICK'S</b>	
<b>Modelo</b>	: <b>NO INDICA</b>	
<b>Número de Serie</b>	: <b>NO INDICA</b>	
<b>Alcance de Indicación</b>	: <b>10 kg</b>	
<b>División de Escala de Verificación ( e )</b>	: <b>0,001 kg</b>	
<b>División de Escala Real ( d )</b>	: <b>0,001 kg</b>	
<b>Procedencia</b>	: <b>NO INDICA</b>	
<b>Identificación</b>	: <b>NO INDICA</b>	
<b>Tipo</b>	: <b>ELECTRÓNICA</b>	
<b>Ubicación</b>	: <b>LABORATORIO</b>	
<b>Fecha de Calibración</b>	: <b>2020-01-11</b>	
<b>3. Método de Calibración</b>	La calibración se realizó mediante el método de comparación según el PC-001 1ra Edición, 2019; Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase III y IIII del INACAL-DM.	
<b>4. Lugar de Calibración</b>	LABORATORIO de GEOSUR GEOTECNIA E INGENIERIA S.A.C. AV. CENTRAL NRO. 624 SC. 1, GR. 8 - VILLA EL SALVADOR - LIMA	
		
	<b>Jefe de Laboratorio</b> <b>Ing. Luis Loayza Capcha</b> Reg. CIP N° 152631	
PT-06.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02		
Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106		
www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com		
PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.		

# Anexo 7.3: Calibración de balanza PATRICK'S



Punto de Precisión SAC

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LC - 033



Registro N° LC - 033

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM - 012 - 2020

Página: 2 de 3

## 5. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	25,4 °C	25,5 °C
Humedad Relativa	62 %	62 %

## 6. Trazabilidad

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

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
INACAL - DM	Pesas (exactitud F1)	IP-296-2019 LM-166-2019 / LM-172-2019

## 7. Observaciones

Los errores máximos permitidos (e.m.p.) para esta balanza corresponden a los e.m.p. para balanzas en uso de funcionamiento no automático de clase de exactitud III, según la Norma Metrológica Peruana 003 - 2009. Instrumentos de Pesaje de Funcionamiento no Automático.

Se colocó una etiqueta autoadhesiva de color verde con la indicación de "CALIBRADO".

Los resultados de este certificado de calibración no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

## 8. Resultados de Medición

INSPECCIÓN VISUAL			
AJUSTE DE CERO	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	CURSOR	NO TIENE
PLATAFORMA	TIENE	SIST. DE TRABA	NO TIENE
NIVELACIÓN	TIENE		

## ENSAYO DE REPETIBILIDAD

	Inicial	Final
Temp. (°C)	25,4	25,4

Medición N°	Carga L1= 5,000 kg			Carga L2= 10,000 kg		
	I(kg)	ΔL(g)	E(g)	I(kg)	ΔL(g)	E(g)
1	5,000	0,5	0,0	10,002	0,2	2,3
2	5,000	0,6	-0,1	10,001	0,4	1,1
3	5,000	0,3	0,2	10,001	0,3	1,2
4	5,000	0,6	-0,1	10,001	0,1	1,4
5	5,000	0,6	-0,1	10,001	0,4	1,1
6	5,000	0,5	0,0	10,001	0,6	0,9
7	5,000	0,4	0,1	10,001	0,2	1,3
8	5,000	0,6	-0,1	10,001	0,1	1,4
9	5,000	0,5	0,0	10,001	0,3	1,2
10	5,000	0,3	0,2	10,001	0,2	1,3
Diferencia Máxima	0,3			1,4		
Error máximo permitido	± 3 g			± 3 g		



Jefe de Laboratorio  
Ing. Luis Loayza Capcha  
Reg. CIP N° 152631

PT-06.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02

Av. Los Angeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com  
PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

Anexo 7.3: Calibración de balanza PATRICK'S



Punto de Precisión SAC

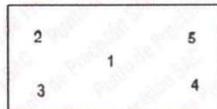
LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LC - 033



Registro N° LC - 033

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM - 012 - 2020

Página: 3 de 3



Vista Frontal

ENSAYO DE EXCENRICIDAD

Posición de la Carga	Determinación de E <sub>2</sub>				Determinación del Error corregido				
	Carga mínima (kg)	l(kg)	Δl(g)	Eo(g)	Carga (kg)	l(kg)	Δl(g)	E(g)	Ec(g)
1	0,010	0,010	0,3	0,2	3,000	3,000	0,5	0,0	-0,2
2		0,010	0,4	0,1		3,000	1,0	-0,5	-0,6
3		0,010	0,5	0,0		2,999	0,3	-0,8	-0,8
4		0,010	0,6	-0,1		3,000	0,1	0,4	0,5
5		0,010	0,4	0,1		3,000	0,6	-0,1	-0,2

(\*) valor entre 0 y 10 e

Error máximo permitido : ± 3 g

ENSAYO DE PESAJE

Carga L(kg)	CRECIENTES				DECRECIENTES				emp(**)
	l(kg)	Δl(g)	E(g)	Ec(g)	l(kg)	Δl(g)	E(g)	Ec(g)	
0,010	0,010	0,4	0,1						1
0,020	0,021	0,5	1,0	0,9	0,020	0,3	0,2	0,1	1
0,100	0,101	0,1	1,4	1,3	0,100	0,4	0,1	0,0	1
0,500	0,502	0,8	1,7	1,6	0,500	0,3	0,2	0,1	1
0,700	0,702	0,7	1,8	1,7	0,700	0,4	0,1	0,0	2
1,000	1,002	0,7	1,8	1,7	1,000	0,4	0,1	0,0	2
1,500	1,502	0,8	1,7	1,6	1,500	0,4	0,1	0,0	2
2,000	2,002	0,7	1,8	1,7	2,000	0,3	0,2	0,1	2
5,000	5,002	1,0	1,5	1,4	5,000	0,5	0,0	-0,1	3
8,000	8,003	0,6	2,9	2,8	8,002	0,9	1,6	1,5	3
10,000	10,002	0,6	1,9	1,8	10,002	0,6	1,9	1,8	3

(\*\*) error máximo permitido

Lectura corregida e incertidumbre expandida del resultado de una pesada

$$R_{\text{corregida}} = R - 0,000376 \times R$$

$$U_R = 2 \sqrt{0,000000549 \text{ kg}^2 + 0,0000000667 \times R^2}$$

R : Lectura de la balanza    Δl: Carga Incrementada    E: Error encontrado    E<sub>c</sub>: Error en cero    E<sub>c</sub>: Error corregido

R : en kg

FIN DEL DOCUMENTO



Jefe de Laboratorio  
Ing. Luis Loayza Capcha  
Reg. CIP N° 152631

PT-06.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

Anexo 7.4: Calibración de PRENSA CBR – TCP038



Punto de Precisión SAC

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.  
LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

**CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LFP - 005 - 2020**

Página : 1 de 2

Expediente : T 008-2020  
Fecha de emisión : 2020-01-15

1. Solicitante : GEOSUR GEOTECNIA E INGENIERIA S.A.C.

Dirección : AV. CENTRAL NRO. 624 SC. 1, GR. 8 - VILLA EL SALVADOR - LIMA

2. Descripción del Equipo : PRENSA CBR

Marca de Prensa : TAMEQUIPOS LTDA.  
Modelo de Prensa : TCP038  
Serie de Prensa : 505

Marca de Celda : ZEMIC  
Modelo de Celda : H3-C3-5.0t.6B  
Serie de Celda : J382535  
Capacidad de Celda : 5 t

Marca de indicador : NO INDICA  
Modelo de Indicador : A12  
Serie de Indicador : NO INDICA

3. Lugar y fecha de Calibración

AV. CENTRAL NRO. 624 SC. 1, GR. 8 - VILLA EL SALVADOR - LIMA  
14 - ENERO - 2020

4. Método de Calibración

La Calibración se realizó de acuerdo a la norma ASTM E4 .

5. Trazabilidad

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO O INFORME	TRAZABILIDAD
CELDA DE CARGA	AEP TRANSDUCERS	INF-LE 090-2018	UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
INDICADOR	AEP TRANSDUCERS		

6. Condiciones Ambientales

	INICIAL	FINAL
Temperatura °C	27,6	27,4
Humedad %	65	65

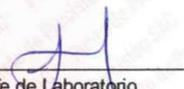
7. Resultados de la Medición

Los errores de la prensa se encuentran en la página siguiente.

8. Observaciones

Con fines de identificación se ha colocado una etiqueta autoadhesiva de color verde con el número de certificado y fecha de calibración de la empresa PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



  
Jefe de Laboratorio  
Ing. Luis Loayza Capcha  
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106 698-9620

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

# Anexo 7.4: Calibración de PRENSA CBR – TCP038



Punto de Precisión SAC

## PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LFP - 005 - 2020

Página : 2 de 2

TABLA N° 1

SISTEMA DIGITAL "A" kgf	SERIES DE VERIFICACIÓN (kgf)				PROMEDIO "B" kgf	ERROR Ep %	RPTBLD Rp %
	SERIE 1	SERIE 2	ERROR (1) %	ERROR (2) %			
500	501,69	502,00	-0,34	-0,40	501,85	-0,37	-0,06
1000	1001,00	1002,00	-0,10	-0,20	1001,50	-0,15	-0,10
1500	1500,10	1500,85	-0,01	-0,06	1500,48	-0,03	-0,05
2000	1997,65	1997,85	0,12	0,11	1997,75	0,11	-0,01
2500	2495,68	2496,45	0,17	0,14	2496,07	0,16	-0,03
3000	2994,25	2996,15	0,19	0,13	2995,20	0,16	-0,06
3500	3495,80	3497,85	0,12	0,06	3496,83	0,09	-0,06
4000	3993,60	3994,20	0,16	0,15	3993,90	0,15	-0,01

### NOTAS SOBRE LA CALIBRACIÓN

1.- Ep y Rp son el Error Porcentual y la Repetibilidad definidos en la citada Norma:

$$Ep = ((A-B) / B) * 100 \quad Rp = Error(2) - Error(1)$$

2.- La norma exige que Ep y Rp no excedan el 1,0 %

3.- Coeficiente Correlación:  $R^2 = 1$

Ecuación de ajuste :  $y = 1,0023x - 3,1202$

Donde: x : Lectura de la pantalla  
y : Fuerza promedio (kgf)

GRÁFICO N° 1

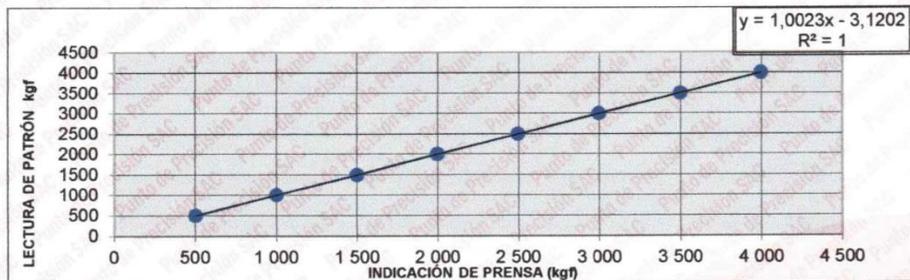
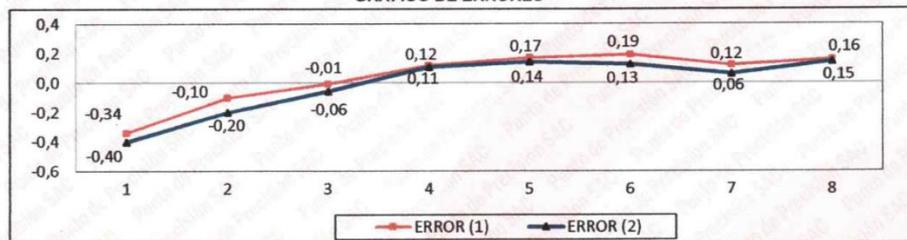


GRÁFICO DE ERRORES



FIN DEL DOCUMENTO



Jefe de Laboratorio  
Ing. Luis Loayza Capcha  
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106 698-9620

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

# Anexo 7.5: Calibración de ESTUFA – H2356



Punto de Precisión SAC

## PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

### CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LT - 012 - 2020

Página : 1 de 4

Expediente : T 008-2020  
Fecha de emisión : 2020-01-15

**1. Solicitante** : GEOSUR GEOTECNIA E INGENIERIA S.A.C.  
Dirección : AV. CENTRAL NRO. 624 SC. 1, GR. 8 - VILLA EL SALVADOR - LIMA

El instrumento de medición con el modelo y número de serie abajo indicados ha sido calibrado, probado y verificado usando patrones certificados con trazabilidad a la Dirección de Metrología del INACAL y otros.

**2. Instrumento de Medición** : ESTUFA  
Indicación : ANALÓGICO  
Marca del Equipo : RR  
Modelo del Equipo : H2356  
Serie del Equipo : 225814  
Capacidad del Equipo : 58 L

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.

Marca de indicador : NO INDICA  
Modelo de indicador : NO INDICA  
Temperatura calibrada : 110 °C

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

**3. Lugar y fecha de Calibración**  
AV. CENTRAL NRO. 624 SC. 1, GR. 8 - VILLA EL SALVADOR - LIMA  
14 - ENERO - 2020

**4. Método de Calibración**  
La calibración se efectuó según el procedimiento de calibración PC-018 del Servicio Nacional de Metrología del INACAL - DM.

#### 5. Trazabilidad

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO	TRAZABILIDAD
TERMOMETRO DIGITAL	DELTA OHM	LT - 075 - 2018	INACAL - DM
TERMOMETRO DIGITAL	FLUKE	LT - 0564 - 2019	INACAL - DM
TERMOMETRO DIGITAL	FLUKE	LT - 0565 - 2019	INACAL - DM
TERMOMETRO DIGITAL	FLUKE	LT - 0566 - 2019	INACAL - DM

#### 6. Condiciones Ambientales

	INICIAL	FINAL
Temperatura °C	27,4	27,3
Humedad %	65	65

#### 7. Conclusiones

La estufa se encuentra dentro de los rangos 110 °C ± 5 °C para la realización de los ensayos de laboratorio según la norma ASTM.

#### 8. Observaciones

Con fines de identificación se ha colocado una etiqueta autoadhesiva de color verde con el número de certificado y fecha de calibración de la empresa PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



  
Jefe de Laboratorio  
Ing. Luis Loayza Capcha  
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106 698-9620

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com  
PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

Anexo 7.5: Calibración de ESTUFA – H2356



Punto de Precisión SAC

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.  
LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACION N° LT - 012 - 2020

Página : 2 de 4

CALIBRACIÓN PARA 110 °C

Tiempo (min.)	Ind. (°C) Temperatura del equipo	TEMPERATURA EN LAS POSICIONES DE MEDICIÓN (°C)										T. prom. (°C)	ΔT <sub>Max.</sub> - T <sub>Min.</sub> (°C)
		NIVEL INFERIOR					NIVEL SUPERIOR						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
0	110	113,2	113,4	114,5	113,2	114,2	114,6	113,5	113,8	113,2	112,5	113,6	2,1
2	110	113,6	113,4	114,5	113,4	114,7	114,7	113,2	113,5	113,4	112,8	113,7	1,9
4	110	113,2	113,5	114,3	113,5	114,6	114,6	113,5	113,4	113,6	112,6	113,7	2,0
6	110	113,2	113,6	114,8	113,6	114,5	114,8	113,6	113,2	113,5	112,5	113,7	2,3
8	110	113,3	113,6	114,8	113,6	114,3	114,8	113,2	113,3	113,2	112,6	113,7	2,2
10	110	113,3	113,8	114,6	113,9	114,3	114,8	113,2	113,2	113,6	112,4	113,7	2,4
12	110	113,3	113,5	114,6	113,6	114,5	114,9	113,3	113,6	113,2	112,5	113,7	2,4
14	110	113,0	113,6	114,7	113,6	114,6	114,3	113,2	113,9	113,6	112,6	113,7	2,1
16	110	113,2	113,5	114,6	113,5	114,5	114,8	113,6	113,8	113,2	112,3	113,7	2,5
18	110	113,6	113,2	114,5	113,6	114,3	114,7	113,4	113,5	113,6	112,5	113,7	2,2
20	110	113,8	113,6	114,6	113,9	114,6	114,6	113,5	113,6	113,5	112,8	113,8	1,8
22	110	113,6	113,8	114,5	113,5	114,8	114,8	113,6	113,5	113,8	112,9	113,9	2,0
24	110	113,5	113,8	114,6	113,6	114,6	114,6	113,2	113,8	113,2	112,6	113,8	2,0
26	110	113,6	113,6	114,8	113,8	114,6	114,8	113,6	113,4	113,2	112,8	113,8	2,0
28	110	113,5	113,5	114,6	113,6	114,3	114,8	113,8	113,6	113,6	112,8	113,8	2,0
30	110	113,6	113,6	114,7	113,5	114,6	114,7	113,7	113,5	113,2	112,9	113,8	1,8
32	110	113,5	113,5	114,6	113,5	114,3	114,5	113,5	113,6	113,5	112,7	113,7	1,9
34	110	113,5	113,0	114,5	113,6	114,5	114,8	113,5	113,5	113,6	112,6	113,7	2,2
36	110	113,6	113,9	114,6	113,8	114,3	114,6	113,3	113,4	113,5	112,8	113,8	1,8
38	110	113,7	113,6	114,5	113,6	114,5	114,8	113,5	113,6	113,4	112,6	113,8	2,2
40	110	113,5	113,8	114,3	113,5	114,3	114,8	113,6	113,8	113,9	112,8	113,8	2,0
42	110	113,6	113,5	114,6	113,7	114,6	114,9	113,5	113,9	113,8	112,6	113,9	2,3
44	110	113,5	113,6	114,5	113,8	114,8	114,7	113,5	113,6	113,9	112,8	113,9	2,0
46	110	113,8	113,5	114,6	113,6	114,6	114,8	113,6	113,7	113,6	112,6	113,8	2,2
48	110	113,6	113,6	114,3	113,5	114,5	114,8	113,7	113,6	113,5	112,4	113,8	2,4
50	110	113,5	113,5	114,5	113,6	114,5	114,8	113,5	113,5	113,5	112,5	113,7	2,3
52	110	113,6	113,7	114,6	113,5	114,9	114,5	113,6	113,6	113,8	112,6	113,8	2,3
54	110	113,5	113,9	114,9	113,5	114,8	114,8	113,5	113,6	113,8	112,0	113,8	2,9
56	110	113,6	113,6	114,6	113,6	114,6	114,7	113,6	113,5	113,8	112,5	113,8	2,2
58	110	113,9	113,5	114,8	113,8	114,0	114,9	113,4	113,8	113,6	112,6	113,8	2,3
60	110	113,8	113,9	114,6	113,6	114,8	114,8	113,8	113,6	113,8	112,5	113,9	2,3
T. PROM	110,0	113,5	113,6	114,6	113,6	114,5	114,7	113,5	113,6	113,5	112,6	113,8	
T. MAX	110,0	113,9	113,9	114,9	113,9	114,9	114,9	113,8	113,9	113,9	112,9	113,9	
T. MIN	110,0	113,0	113,0	114,3	113,2	114,0	114,3	113,2	113,2	113,2	112,0	112,0	
DTT		0,0	0,9	0,9	0,6	0,7	0,9	0,6	0,6	0,7	0,7	0,9	

Parámetro	Valor (°C)	Incertidumbre Expandida (°C)
Máxima Temperatura Medida	114,9	0,4
Mínima Temperatura Medida	112,0	0,5
Desviación de Temperatura en el Tiempo	0,9	0,2
Desviación de Temperatura en el Espacio	2,1	0,3
Estabilidad Media (±)	0,45	0,02
Uniformidad Media	2,9	0,1

Para cada posición de medición su "desviación de temperatura en el tiempo" DTT esta dada por la diferencia entre la máxima y la mínima temperatura registradas en dicha posición

Entre dos posiciones de medición su "desviación de temperatura en el espacio" esta dada por la diferencia entre los promedios de temperaturas registradas en ambas posiciones.

La incertidumbre expandida de la medición se ha obtenido multiplicando la incertidumbre estándar de la medición por el factor de cobertura k=2 que, para una distribución normal corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente 95 %.



*[Signature]*  
Jefe de Laboratorio  
Ing. Luis Loayza Capcha  
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106 698-9620

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

Anexo 7.5: Calibración de ESTUFA – H2356



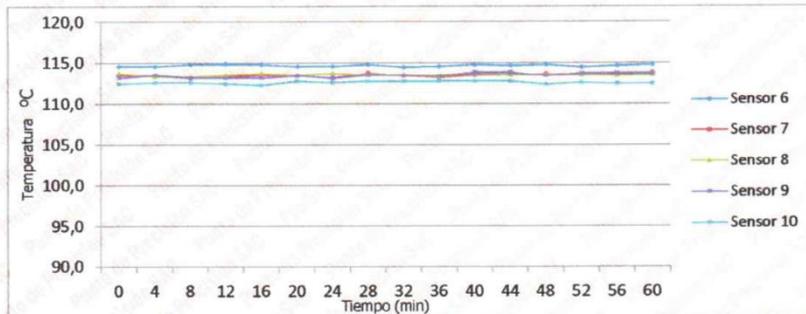
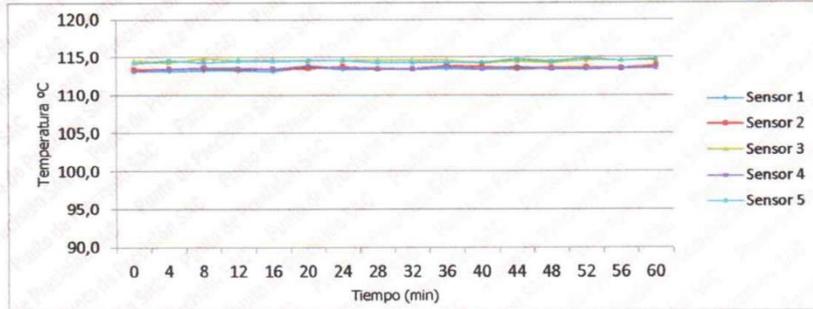
Punto de Precisión SAC

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.  
LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACION N° LT - 012 - 2020

Página : 3 de 4

TEMPERATURA DE TRABAJO 110 °C



Jefe de Laboratorio  
Ing. Luis Loayza Capcha  
Reg. CIP N° 152631

## Anexo 7.5: Calibración de ESTUFA – H2356



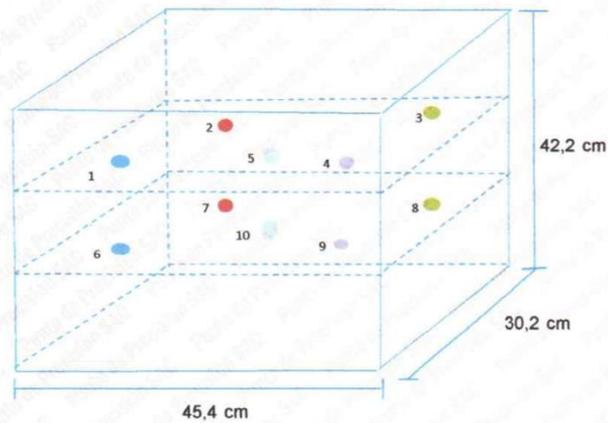
Punto de Precisión SAC

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.  
LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACION N° LT - 012 - 2020

Página : 4 de 4

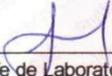
### DISTRIBUCIÓN DE LOS SENSORES EN EL EQUIPO



- Los Sensores 5 y 10 se ubicaron sobre sus respectivos niveles.
- Los demas sensores se ubicaron a 8 cm de las paredes laterales y a 8 cm del fondo y del frente del equipo.
- Los Sensores del nivel superior se ubicaron a 1,5 cm por encima de la altura mas alta que emplea el usuario.
- Los Sensores del nivel inferior se ubicaron a 1,5 cm por debajo de la parrilla más baja.

FIN DEL DOCUMENTO



  
Jefe de Laboratorio  
Ing. Luis Loayza Capcha  
Reg. CIP N° 152631

## ANEXO N° 08: ENSAYOS DE MECANICA DE SUELOS EN LABORATORIO

Anexo 8.1: Constancia de entrega de resultados de laboratorio GEOSUR S.A.C.



### CONSTANCIA DE ENTREGA DE RESULTADOS FINALES DE ENSAYOS DE MECÁNICA DE SUELOS PARA TRABAJO DE INVESTIGACION

EL JEFE DEL LABORATORIO GEOSUR GEOTECNIA E INGENIERIA S.A.C

#### HACE CONSTAR

Que los señores: Arias Manrique, Gerson Tedy identificado con DNI N° 74075504, código universitario N° 7002379725 y Ramos Javier, Ricardo Jefferson identificado con DNI N° 47138632, código universitario N° 6500055293, estudiantes de Ingeniería Civil de la Universidad Cesar Vallejo sede Ate, ejecutaron los ensayos de mecánica de suelos en laboratorio para la investigación denominada: **APLICACIÓN DE CENIZAS DE CARBÓN PROCEDENTES DE LADRILLERAS ARTESANALES, PARA EL MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE, AA.HH. LOS ÁNGELES, LURIGANCHO – CHOSICA, 2020**, bajo la asesoría técnica de nuestros profesionales. Se realizaron los ensayos de **GRANULOMETRIA, LIMITES DE CONSISTENCIA, PROCTOR MODIFICADO y C.B.R.** a tres calicatas para poder formar el grupo patrón y a su vez se realizarán estos mismos ensayos a muestras con la adición de tres porcentajes de ceniza de carbón (5%, 10%, 15%) las cuales fueron para los grupos experimentales. Se hace entrega de los resultados de cada ensayo ejecutado en laboratorio y adicionalmente se otorgan los certificados de control y calibración de equipos.

Sin otro particular se expide la presente para fines de los interesados.

10, de julio de 2020.

LABORATORIO  
GEOSUR GEOTECNIA E INGENIERIA S.A.C.

Anexo 8.2: Peso unitario varillado de la ceniza de carbón



**PESO UNITARIO VARILLADO DE LA CENIZA DE CARBÓN  
ASTM C-29**

SOLICITANTE : Ricardo Jefferson Ramos Javier - Gerson Tedy Arias Manrique  
 TÍTULO : Aplicación de cenizas de carbón para el mejoramiento de la subrasante, AA.HH. Los Angeles, Lurigancho-Chosica, 2020  
 UBICACION : AA.HH. Los Angeles, Lurigancho-Chosica, 2020

REGISTRO : 145/2020.GEOSUR  
 TÉCNICO : J.D.P.Q  
 FECHA : 4-jul.-2020

REFERENCIAS DE LA CANTERA  
 CANTERA : Ladrillera artesanal Rhino  
 MUESTRA : Ceniza de Carbón CANTIDAD : 80.0Kg

**DATOS BÁSICOS**

A	Peso de la muestra seca + recipiente (g)	7895.0	7882.0	7890.0
B	Peso del recipiente (g)	6432.0	6432.0	6432.0
C	Peso de la muestra (g) (A-B)	1463.0	1450.0	1458.0
D	Volumen del recipiente (cm <sup>3</sup> )	2125.0	2125.0	2125.0

**RESULTADOS**

DESCRIPCIÓN	FÓRMULA	VALORES		
PESO UNITARIO SUELTO SECO DEL MATERIAL (kg/m <sup>3</sup> )	C / D	688.5	682.4	686.1
PROMEDIO :		686.0		

*Vicente Nicolás Padilla Aycho*  
 PADILLA AYCHO  
 VICENTE NICOLAS  
 INGENIERO CIVIL  
 REG. CIP N° 127408  
 V°B° ING.

Anexo 8.3: Peso unitario varillado de la ceniza de carbón



**PESO UNITARIO SUELTO DE LA CENIZA DE CARBÓN  
ASTM C-29**

SOLICITANTE	: Ricardo Jefferson Ramos Javier - Gerson Tedy Arias Manrique	REGISTRO	145/2020.GEOSUR
TÍTULO	: Aplicación de cenizas de carbón para el mejoramiento de la subrasante, AA.HH. Los Angeles, Lurigancho-Chosica, 2020	TÉCNICO	: J.D.P.Q
UBICACIÓN	: AA.HH. Los Angeles, Lurigancho-Chosica, 2020	FECHA	: 4-jul.-2020
<b>REFERENCIAS DE LA CANTERA</b>			
CANTERA	: Ladrillera artesanal Rhino		
MUESTRA	: Ceniza de Carbón	CANTIDAD	: 80.0Kg

DATOS BÁSICOS				
A	Peso de la muestra seca + recipiente (g)	7451.0	7441.0	7441.0
B	Peso del recipiente (g)	6432.0	6432.0	6432.0
C	Peso de la muestra (g) (A-B)	1019.0	1009.0	1009.0
D	Volumen del recipiente (cm³)	2125.0	2125.0	2125.0

RESULTADOS					
DESCRIPCIÓN		FÓRMULA	VALORES		
PESO UNITARIO SUELTO SECO DEL MATERIAL (kg/m³)		C / D	479.5	474.8	474.8
PROMEDIO :			476.0		

  
 PADILLA AYCHO  
 VICENTE NICOLAS  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP. N° 177480  
**V°B° ING.**

Anexo 8.4: Determinación del material pasante por malla 200 de ceniza de carbón



SOLICITANTE : Ricardo Jefferson Ramos Javier - Gerson Tedy Arias Manrique  
TÍTULO : Aplicación de cenizas de carbón para el mejoramiento de la subrasante, AA.HH. Los  
Ángeles, Lurigancho-Chosica, 2020  
UBICACIÓN : AA.HH. Los Ángeles, Lurigancho-Chosica, 2020

REGISTRO : 145/2020.GEOSUR  
TÉCNICO : J.D.P.Q  
FECHA : 4-jul.-2020

REFERENCIAS DE LA CANTERA

CANTERA : Ladrillera artesanal Rhino  
MUESTRA : Ceniza de Carbón CANTIDAD : 80.0Kg

**ANÁLISIS DE SUELO**

NTP 339.132:1999

**DETERMINACIÓN DEL MATERIAL QUE PASA EL TAMIZ #200**

IDENTIFICACIÓN	TAMIZADO #200
PESO DE CENIZA GLOBAL (g)	587.7
PESO RETENIDO TAMIZ #200 (g)	263.4
PORCENTAJE DE CENIZA PASANTE TAMIZ #200 (%)	44.8 %

  
PADILLA AYCHO  
VICENTE NICOLAS  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP N° 177469  
V-B INE

# Anexo 8.5: Análisis granulométrico por tamizado



## ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO NTP 339.128 (99)

SOLICITANTE : Ricardo Jefferson Ramos Javier - Gerson Tedy Arias Manrique  
 TÍTULO : Aplicación de cenizas de carbón para el mejoramiento de la subrasante, AA.HH. Los Angeles, Lurigancho-Chosica, 2020  
 UBICACIÓN : AA.HH. Los Angeles, Lurigancho-Chosica, 2020  
 REGISTRO : 145/2020.GEOSUR  
 TÉCNICO : J.D.P.Q  
 FECHA : 15-jun.-2020

REFERENCIAS DE LA CANTERA  
 CALICATA : C-1 (Calle San Pedro)  
 MUESTRA : M-01 PROFUNDIDAD : 0.00 m - 1.50 m CENIZA : 0%

GRANULOMETRÍA NTP 339.128 (99)					DESCRIPCIÓN DEL SUELO
MALLAS	RETENIDOS				PASA (%)
SERIE AMERICANA	ABERT. (mm)	PESO (g)	PARCIAL (%)	ACUMUL. (%)	
3"	76.200				
2 1/2"	63.500				
2"	50.800				
1 1/2"	38.100				
1"	25.400				
3/4"	19.050				
1/2"	12.700				
3/8"	9.525				
1/4"	6.350				
N° 4	4.750				100.0
N° 8	2.380	14.9	4.1	4.1	95.9
N° 10	2.000	10.7	2.9	7.0	93.0
N° 20	0.840	22.1	6.0	13.0	87.0
N° 40	0.426	29.8	8.2	21.2	78.8
N° 50	0.297	14.7	4.0	25.2	74.8
N° 80	0.177	41.5	11.4	36.6	63.4
N° 100	0.149	16.4	4.5	41.1	58.9
N° 200	0.074	32.0	8.8	49.9	50.1
- N° 200	-	183.2	50.1	100.0	-

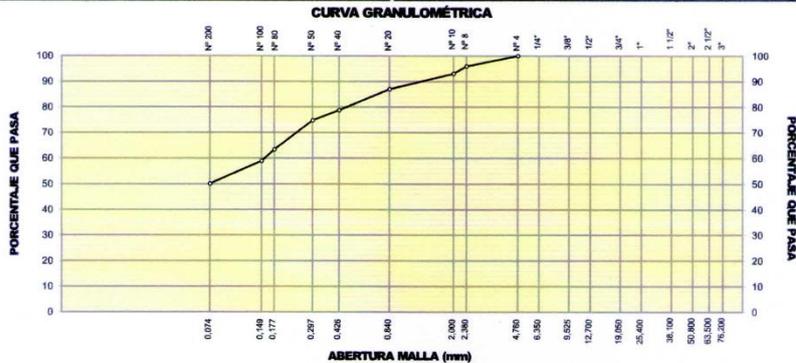
DESCRIPCIÓN DEL SUELO: Arcilla inorgánica de baja compresibilidad. Un 49.9% de arena de grano fino a medio; fracción fina pasante la malla N°200 en un 50.1%, plástico (LL= 29.4%, IP= 11.3%); poco húmedo a húmedo.

CARACTERIZACIÓN DEL SUELO		
Límite líquido, %	NTP 339.128 (99) :	29.4
Límite plástico, %	NTP 339.128 (99) :	18.1
Índice plástico, %	NTP 339.128 (99) :	11.3
Clasificación SUCS	NTP 339.135 (98) :	CL
Clasificación AASHTO	NTP 339.134 (99) :	A-6 (3)
Contenido de humedad, %	NTP 339.127 (98) :	8.4

OBSERVACIONES:

DATOS DE LA MUESTRA DE ENSAYO			
- GRAVA	0.0 %	- PESO TOTAL	342.5 g
- ARENA	49.9 %	- PESO GRAVA, g	0.0 g
- FINOS	50.1 %	- PESO ARENA, g	342.5 g
		- ARENA EMPLEADA, g	365.4 g

**D<sub>10</sub> : 0.074    D<sub>30</sub> : 0.074    D<sub>60</sub> : 0.155**



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

  
**VICENTE NICOLÁS**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 177469

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO**  
**NTP 339.128 (99)**

SOLICITANTE : Ricardo Jefferson Ramos Javier - Gerson Tedy Arias Manrique  
TÍTULO : Aplicación de cenizas de carbón para el mejoramiento de la subrasante, AA.HH. Los Ángeles, Lurigancho-Chosica, 2020  
UBICACIÓN : AA.HH. Los Ángeles, Lurigancho-Chosica, 2020

REGISTRO : 145/2020.GEOSUR  
TÉCNICO : J.D.P.Q  
FECHA : 15-jun.-2020

REFERENCIAS DE LA CANTERA  
CALICATA : C-2 Calle Los Angeles  
MUESTRA : M-01 PROFUNDIDAD : 0.00 m - 1.50 m CENIZA : 0%

GRANULOMETRÍA NTP 339.128 (99)					DESCRIPCIÓN DEL SUELO	
SERIE AMERICANA	MALLAS ABERT. (mm)	RETENIDOS			PASA (%)	
		PESO (g)	PARCIAL (%)	ACUMUL. (%)		
3"	76.200					Arcilla inorgánica de baja compresibilidad . Un 44% de arena de grano fino a medio; fracción fina pasante la malla N°200 en un 56%, plástico (LL= 28.4%, IP= 11.9%); poco húmedo a húmedo.
2 1/2"	63.500					
2"	50.800					
1 1/2"	38.100					
1"	25.400					
3/4"	19.050					
1/2"	12.700					
3/8"	9.525					
1/4"	6.350					
N° 4	4.760				100.0	
N° 8	2.380	14.2	3.9	3.9	96.1	
N° 10	2.000	10.4	2.8	6.7	93.3	
N° 20	0.840	21.6	5.9	12.6	87.4	
N° 40	0.426	14.7	4.0	16.6	83.4	
N° 50	0.297	18.2	5.0	21.6	78.4	
N° 80	0.177	36.4	10.0	31.6	68.4	
N° 100	0.149	20.0	5.5	37.1	62.9	
N° 200	0.074	25.2	6.9	44.0	56.0	
N° 200	-	204.5	56.0	100.0	-	

CARACTERIZACIÓN DEL SUELO		
Limite líquido, %	NTP 339.129 (99) :	28.4
Limite plástico, %	NTP 339.129 (99) :	16.5
Índice plástico, %	NTP 339.129 (99) :	11.9
Clasificación SUCS	NTP 339.135 (99) :	CL
Clasificación AASHTO	NTP 339.134 (99) :	A-6 (4)
Contenido de humedad, %	NTP 339.127 (98) :	6.7

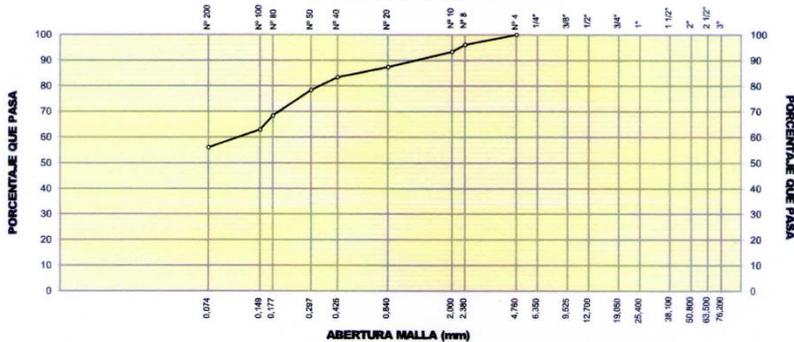
  

DATOS DE LA MUESTRA DE ENSAYO		
- GRAVA	0.0 %	- PESO TOTAL 458.5 g
- ARENA	44.0 %	- PESO GRAVA, g 0.0 g
- FINOS	56.0 %	- PESO ARENA, g 458.5 g
		- ARENA EMPLEADA, g 365.4 g

<b>D<sub>10</sub> : 0.074</b>	<b>D<sub>30</sub> : 0.074</b>	<b>D<sub>60</sub> : 0.111</b>
-------------------------------	-------------------------------	-------------------------------

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



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

  
 VICENTE NICOLÁS  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 177469

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO**  
**NTP 339.128 (99)**

SOLICITANTE : Ricardo Jefferson Ramos Javier - Gerson Tedy Arias Manrique  
 TÍTULO : Aplicación de cenizas de carbón para el mejoramiento de la subrasante, AA.HH. Los  
 Ángeles, Lurigancho-Chosica, 2020  
 UBICACIÓN : AA.HH. Los Ángeles, Lurigancho-Chosica, 2020

REGISTRO : 145/2020.GEOSUR  
 TÉCNICO : J.D.P.Q  
 FECHA : 15-jun.-2020

REFERENCIAS DE LA CANTERA  
 CALICATA : C-3 Calle Colectora  
 MUESTRA : M-01 PROFUNDIDAD : 0.00 m - 1.50 m CENIZA : 0%

GRANULOMETRÍA NTP 339.128 (99)					DESCRIPCIÓN DEL SUELO	
SERIE AMERICANA	MALLAS ABERT. (mm)	RETENIDOS			PASA (%)	
		PESO (g)	PARCIAL (%)	ACUMUL. (%)		
3"	76.200					Arcilla inorgánica de baja compresibilidad . Un 49% de arena de grano fino a medio, fracción fina pasante la malla N°200 en un 51%, plástico (LL= 29.6%, IP= 12.6%); poco húmedo a húmedo.
2 1/2"	63.500					
2"	50.800					
1 1/2"	38.100					
1"	25.400					
3/4"	19.050					
1/2"	12.700					
3/8"	9.525					
1/4"	6.350					
N° 4	4.760				100.0	
N° 8	2.380	10.5	2.9	2.9	97.1	
N° 10	2.000	6.7	1.8	4.7	95.3	
N° 20	0.840	24.0	6.6	11.3	88.7	
N° 40	0.426	31.5	8.6	19.9	80.1	
N° 50	0.297	14.8	4.1	24.0	76.0	
N° 80	0.177	35.1	9.6	33.6	66.4	
N° 100	0.149	18.7	5.1	38.7	61.3	
N° 200	0.074	37.5	10.3	49.0	51.0	
N° 200	-	186.3	51.0	100.0	-	

CARACTERIZACIÓN DEL SUELO		
Limite líquido, %	NTP 339.129 (99) :	29.6
Limite plástico, %	NTP 339.129 (99) :	17.0
Índice plástico, %	NTP 339.129 (99) :	12.6
Clasificación SUCS	NTP 339.135 (99) :	CL
Clasificación AASHTO	NTP 339.134 (99) :	A-6 (3)
Contenido de humedad, %	NTP 339.127 (98) :	5.6

DATOS DE LA MUESTRA DE ENSAYO		
- GRAVA	0.0 %	- PESO TOTAL 400.9 g
- ARENA	49.0 %	- PESO GRAVA, g 0.0 g
- FINOS	51.0 %	- PESO ARENA, g 400.9 g
		- ARENA EMPLEADA, g 365.4 g

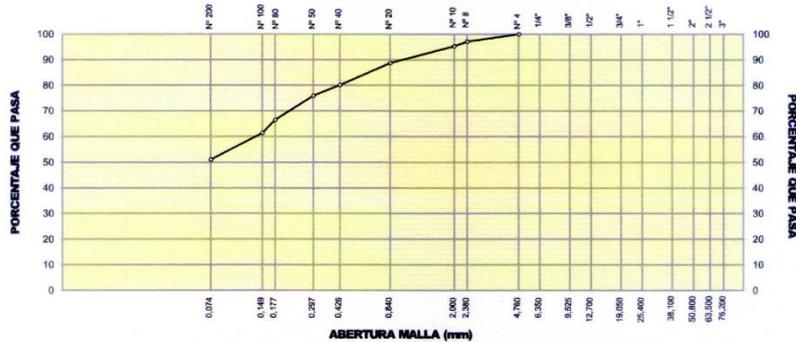
  

**OBSERVACIONES:**

**D<sub>10</sub> : 0.074      D<sub>30</sub> : 0.074      D<sub>60</sub> : 0.136**

**CURVA GRANULOMÉTRICA**



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

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

## Anexo 8.6: Determinación del límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad



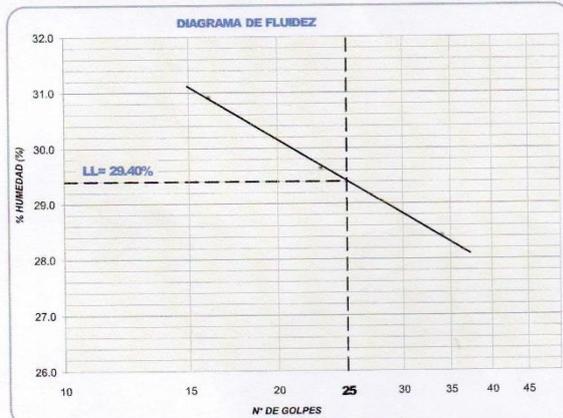
### DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD EN SUELOS NTP 339.129 (99)

SOLICITANTE : Ricardo Jefferson Ramos Javier - Gerson Tedy Arias Manrique  
TÍTULO : Aplicación de cenizas de carbón para el mejoramiento de la subrasante, AA.HH. Los  
Ángeles, Lurigancho-Chosica, 2020  
UBICACIÓN : AA.HH. Los Ángeles, Lurigancho-Chosica, 2020

REGISTRO : 145/2020.GEOSUR  
TÉCNICO : J.D.P.Q  
FECHA : 15-jun.-2020

REFERENCIAS DE LA CANTERA  
CALICATA : C-1 (Calle San Pedro)  
MUESTRA : M-01 PROFUNDIDAD : 0.00 m - 1.50 m CENIZA : 0%

DESCRIPCIÓN	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO	
	1	2	3	1	2
ENSAYO No.					
CÁPSULA No.	20	12	29	2	24
PESO CÁPSULA + SUELO HÚMEDO, g	28.95	28.52	28.35	22.07	21.38
PESO CÁPSULA + SUELO SECO, g	25.59	25.60	24.82	20.90	20.15
PESO AGUA, g	3.36	2.92	3.53	1.17	1.23
PESO DE LA CÁPSULA, g	14.72	15.75	12.40	14.46	13.35
PESO SUELO SECO, g	10.87	9.85	12.42	6.44	6.80
CONTENIDO DE HUMEDAD, %	30.91	29.64	28.42	18.17	18.09
NÚMERO DE GOLPES	16	23	34		



#### RESULTADOS DE ENSAYOS

LÍMITE LÍQUIDO, %	<b>29.4</b>
LÍMITE PLÁSTICO, %	<b>18.1</b>
ÍNDICE DE PLASTICIDAD, %	<b>11.3</b>

#### OBSERVACIONES:

Ensayo efectuado al material pasante la malla N° 40 (0.425 mm).

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

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

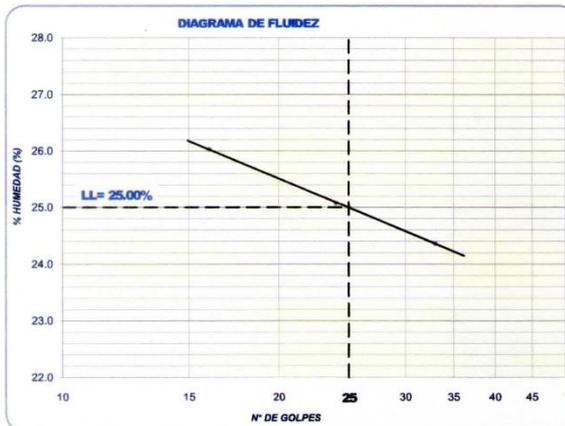
SOLICITANTE : Ricardo Jefferson Ramos Javier - Gerson Tedy Arias Manrique  
TÍTULO : Aplicación de cenizas de carbón para el mejoramiento de la subrasante, AA.HH. Los Ángeles, Lurigancho-Chosica, 2020  
UBICACIÓN : AA.HH. Los Ángeles, Lurigancho-Chosica, 2020

REGISTRO : 145/2020.GEOSUR  
TÉCNICO : J.D.P.Q  
FECHA : 15-jun.-2020

**REFERENCIAS DE LA CANTERA**

CALICATA : C-1 (Calle San Pedro)  
MUESTRA : M-01 PROFUNDIDAD : 0.00 m - 1.50 m CENIZA : 5%

DESCRIPCIÓN	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO	
	1	2	3	1	2
ENSAYO No.	1	2	3	1	2
CÁPSULA No.	32	36	14	27	11
PESO CÁPSULA + SUELO HÚMEDO, g	27.82	28.46	29.83	21.31	20.36
PESO CÁPSULA + SUELO SECO, g	24.91	25.95	26.75	20.12	19.27
PESO AGUA, g	2.91	2.51	3.08	1.19	1.09
PESO DE LA CÁPSULA, g	13.73	15.94	14.11	13.46	13.17
PESO SUELO SECO, g	11.18	10.01	12.64	6.66	6.10
CONTENIDO DE HUMEDAD, %	26.03	25.07	24.37	17.87	17.87
NÚMERO DE GOLPES	16	24	33		



RESULTADOS DE ENSAYOS	
LÍMITE LÍQUIDO, %	<b>25.0</b>
LÍMITE PLÁSTICO, %	<b>17.9</b>
ÍNDICE DE PLASTICIDAD, %	<b>7.1</b>

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

  
 VICENTE NICOLÁS  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg CIP N° 177469



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

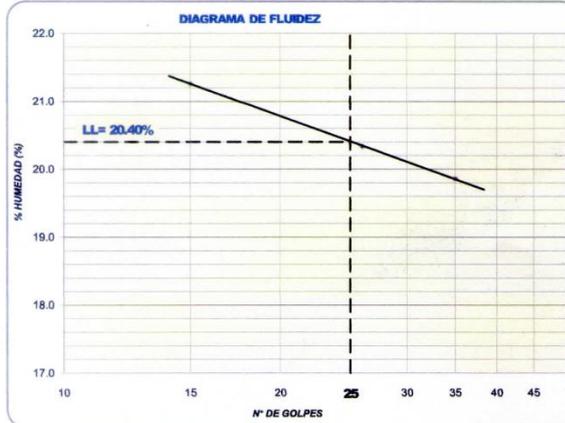
SOLICITANTE : Ricardo Jefferson Ramos Javier - Gerson Tedy Arias Manrique  
TÍTULO : Aplicación de cenizas de carbón para el mejoramiento de la subrasante, AA.HH. Los Angeles, Lurigancho-Chosica, 2020  
UBICACIÓN : AA.HH. Los Angeles, Lurigancho-Chosica, 2020

REGISTRO : 145/2020.GEOSUR  
TÉCNICO : J.D.P.Q  
FECHA : 15-jun.-2020

**REFERENCIAS DE LA CANTERA**

CALICATA : C-1 (Calle San Pedro)  
MUESTRA : M-01  
PROFUNDIDAD : 0.00 m - 1.50 m  
CENIZA : 10%

DESCRIPCIÓN	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO	
	1	2	3	1	2
ENSAYO No.	1	2	3	1	2
CÁPSULA No.	33	14	2	27	11
PESO CÁPSULA + SUELO HÚMEDO, g	30.91	29.32	28.28	21.27	20.31
PESO CÁPSULA + SUELO SECO, g	28.08	26.75	25.99	20.12	19.27
PESO AGUA, g	2.83	2.57	2.29	1.15	1.04
PESO DE LA CÁPSULA, g	14.77	14.11	14.46	13.46	13.17
PESO SUELO SECO, g	13.31	12.64	11.53	6.66	6.10
CONTENIDO DE HUMEDAD, %	21.26	20.33	19.86	17.27	17.05
NÚMERO DE GOLPES	15	26	35		



RESULTADOS DE ENSAYOS	
LÍMITE LÍQUIDO, %	<b>20.4</b>
LÍMITE PLÁSTICO, %	<b>17.2</b>
ÍNDICE DE PLASTICIDAD, %	<b>3.2</b>

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

  
PADILLA A. NICHÓ  
VICENTE NICOLÁS  
INGENIERO CIVIL  
Reg CIP N° 177469

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

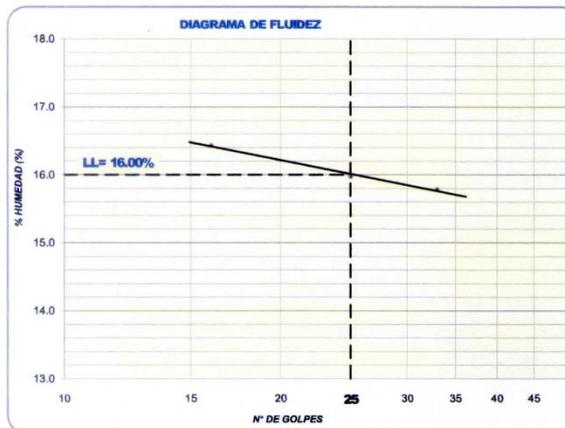
SOLICITANTE : Ricardo Jefferson Ramos Javier - Gerson Tedy Arias Manrique  
TÍTULO : Aplicación de cenizas de carbón para el mejoramiento de la subrasante, AA.HH. Los Angeles, Lurigancho-Chosica, 2020  
UBICACIÓN : AA.HH. Los Angeles, Lurigancho-Chosica, 2020

REGISTRO : 145/2020.GEOSUR  
TÉCNICO : J.D.P.Q  
FECHA : 15-jun.-2020

**REFERENCIAS DE LA CANTERA**

CALICATA : C-1 (Calle San Pedro)  
MUESTRA : M-01 PROFUNDIDAD : 0.00 m - 1.50 m CENIZA : 15%

DESCRIPCIÓN	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO	
	1	2	3	1	2
ENSAYO No.	1	2	3	1	2
CÁPSULA No.	16	14	3		
PESO CÁPSULA + SUELO HÚMEDO, g	27.71	29.21	25.02		
PESO CÁPSULA + SUELO SECO, g	25.62	27.13	23.26		
PESO AGUA, g	2.09	2.08	1.76		
PESO DE LA CÁPSULA, g	12.90	14.11	12.11		
PESO SUELO SECO, g	12.72	13.02	11.15		
CONTENIDO DE HUMEDAD, %	16.43	15.98	15.78		
NÚMERO DE GOLPES	16	25	33		



RESULTADOS DE ENSAYOS	
LÍMITE LÍQUIDO, %	<b>16.0</b>
LÍMITE PLÁSTICO, %	<b>NP</b>
ÍNDICE DE PLASTICIDAD, %	<b>NP</b>

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

*(Firma)*  
VICENTE NICOLAS  
INGENIERO CIVIL  
Reg CIP N° 177469

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

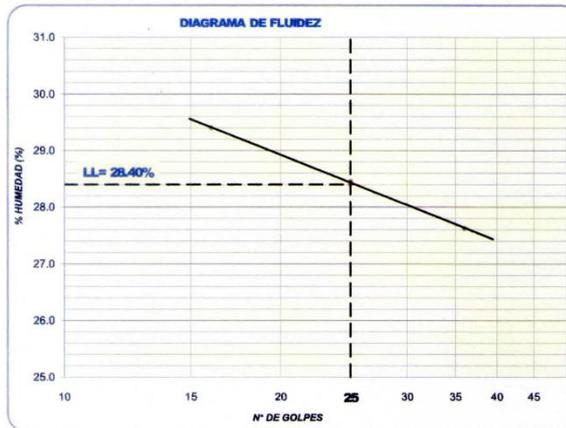
SOLICITANTE : Ricardo Jefferson Ramos Javier - Gerson Tedy Arias Manrique  
TÍTULO : Aplicación de cenizas de carbón para el mejoramiento de la subrasante, AA.HH. Los  
Ángeles, Lurigancho-Chosica, 2020  
UBICACIÓN : AA.HH. Los Ángeles, Lurigancho-Chosica, 2020

REGISTRO : 145/2020.GEOSUR  
TÉCNICO : J.D.P.Q  
FECHA : 4-jul.-2020

**REFERENCIAS DE LA CANTERA**

CALICATA : C-2 (Calle Los Ángeles)  
MUESTRA : M-01 PROFUNDIDAD : 0.00 m - 1.50 m CENIZA : 0%

DESCRIPCIÓN	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO	
	1	2	3	1	2
ENSAYO No.	1	2	3	1	2
CÁPSULA No.	4	2	12	29	31
PESO CÁPSULA + SUELO HÚMEDO, g	28.81	28.86	32.89	20.56	23.92
PESO CÁPSULA + SUELO SECO, g	25.62	25.67	29.18	19.42	22.76
PESO AGUA, g	3.19	3.19	3.71	1.14	1.16
PESO DE LA CÁPSULA, g	14.77	14.46	15.75	12.40	15.84
PESO SUELO SECO, g	10.85	11.21	13.43	7.02	6.92
CONTENIDO DE HUMEDAD, %	29.40	28.46	27.62	16.24	16.76
NÚMERO DE GOLPES	16	25	36		



RESULTADOS DE ENSAYOS	
LÍMITE LÍQUIDO, %	<b>28.4</b>
LÍMITE PLÁSTICO, %	<b>16.5</b>
ÍNDICE DE PLASTICIDAD, %	<b>11.9</b>

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

  
 PADILLA AYCHO  
 VICENTE NICOLAS  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg CIP N° 177469

## DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD EN SUELOS

NTP 339.129 (99)

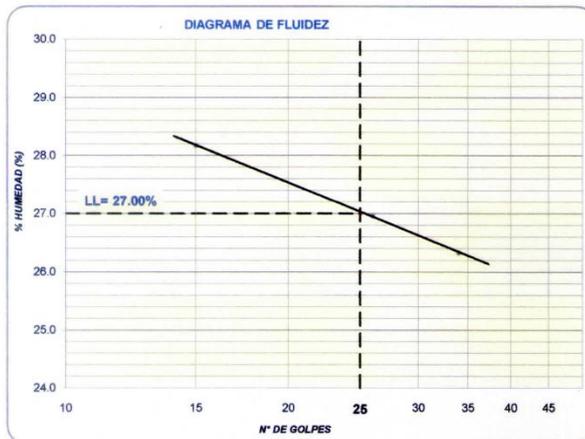
SOLICITANTE : Ricardo Jefferson Ramos Javier - Gerson Tedy Arias Manrique  
 TÍTULO : Aplicación de cenizas de carbón para el mejoramiento de la subrasante, AA.HH. Los Angeles, Lurigancho-Chosica, 2020  
 UBICACIÓN : AA.HH. Los Angeles, Lurigancho-Chosica, 2020

REGISTRO : 145/2020.GEOSUR  
 TÉCNICO : J.D.P.Q.  
 FECHA : 4-jul.-2020

**REFERENCIAS DE LA CANTERA**

CALICATA : C-2 (Calle los Angeles)  
 MUESTRA : M-01 PROFUNDIDAD : 0.00 m - 1.50 m CENIZA : 5%

DESCRIPCIÓN	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO	
	1	2	3	1	2
ENSAYO No.	1	2	3	1	2
CÁPSULA No.	15	37	6	24	4
PESO CÁPSULA + SUELO HÚMEDO, g	32.93	28.70	26.75	20.88	22.59
PESO CÁPSULA + SUELO SECO, g	29.18	25.78	23.54	19.71	21.39
PESO AGUA, g	3.75	2.92	3.21	1.17	1.20
PESO DE LA CÁPSULA, g	15.87	14.95	11.35	13.35	14.77
PESO SUELO SECO, g	13.31	10.83	12.19	6.36	6.62
CONTENIDO DE HUMEDAD, %	28.17	26.96	26.33	18.40	18.13
NÚMERO DE GOLPES	15	26	34		



RESULTADOS DE ENSAYOS	
LÍMITE LÍQUIDO, %	<b>27.0</b>
LÍMITE PLÁSTICO, %	<b>18.3</b>
ÍNDICE DE PLASTICIDAD, %	<b>8.7</b>

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

  
 VICENTE NICOLÁS  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 177469

## DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD EN SUELOS

NTP 339.129 (99)

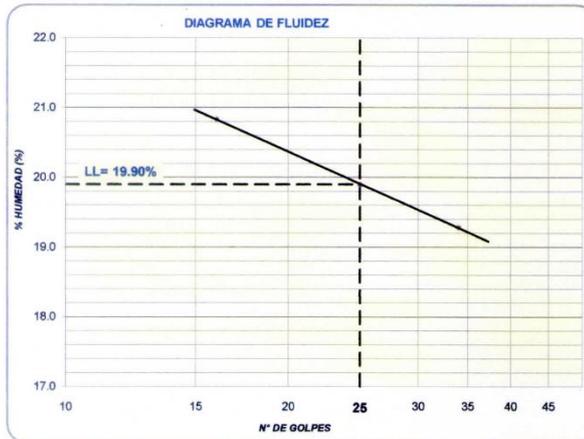
SOLICITANTE : Ricardo Jefferson Ramos Javier - Gerson Tedy Arias Manrique  
TÍTULO : Aplicación de cenizas de carbón para el mejoramiento de la subrasante, AA.HH. Los  
Ángeles, Lurigancho-Chosica, 2020  
UBICACIÓN : AA.HH. Los Ángeles, Lurigancho-Chosica, 2020

REGISTRO : 145/2020.GEOSUR  
TÉCNICO : J.D.P.Q  
FECHA : 4-jul.-2020

**REFERENCIAS DE LA CANTERA**

CALICATA : C-2 (Calle Los Ángeles)      PROFUNDIDAD : 0.00 m - 1.50 m      CENIZA : 10%  
MUESTRA : M-01

DESCRIPCIÓN	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO	
	1	2	3	1	2
ENSAYO No.	1	2	3	1	2
CÁPSULA No.	16	14	3	31	37
PESO CÁPSULA + SUELO HÚMEDO, g	28.27	29.72	25.41	23.64	23.46
PESO CÁPSULA + SUELO SECO, g	25.62	27.13	23.26	22.52	22.27
PESO AGUA, g	2.65	2.59	2.15	1.12	1.19
PESO DE LA CÁPSULA, g	12.90	14.11	12.11	15.84	14.95
PESO SUELO SECO, g	12.72	13.02	11.15	6.68	7.32
CONTENIDO DE HUMEDAD, %	20.83	19.89	19.28	16.77	16.26
NÚMERO DE GOLPES	16	25	34		



RESULTADOS DE ENSAYOS	
LÍMITE LÍQUIDO, %	<b>19.9</b>
LÍMITE PLÁSTICO, %	<b>16.5</b>
ÍNDICE DE PLASTICIDAD, %	<b>3.4</b>

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

  
 VICENTE NICOLAS  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 177469

## DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD EN SUELOS

NTP 339.129 (99)

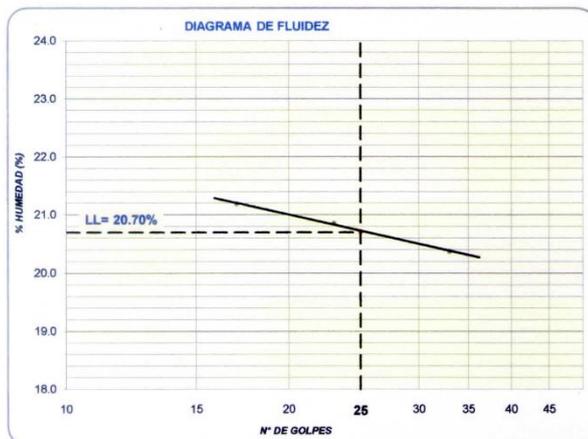
SOLICITANTE : Ricardo Jefferson Ramos Javier - Gerson Tedy Arias Manrique  
TÍTULO : Aplicación de cenizas de carbón para el mejoramiento de la subrasante, AA.HH. Los  
Ángeles, Lurigancho-Chosica, 2020  
UBICACIÓN : AA.HH. Los Ángeles, Lurigancho-Chosica, 2020

REGISTRO : 145/2020.GEOSUR  
TÉCNICO : J.D.P.Q  
FECHA : 4-jul.-2020

**REFERENCIAS DE LA CANTERA**

CALICATA : C-2 (Calle Los Ángeles) PROFUNDIDAD : 0.00 m - 1.50 m CENIZA : 15%  
MUESTRA : M-01

DESCRIPCIÓN	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO	
	1	2	3		
ENSAYO No.	1	2	3		
CÁPSULA No.	31	34	37		
PESO CÁPSULA + SUELO HÚMEDO, g	32.14	29.83	29.13		
PESO CÁPSULA + SUELO SECO, g	29.29	27.25	26.73		
PESO AGUA, g	2.85	2.58	2.40		
PESO DE LA CÁPSULA, g	15.84	14.88	14.95		
PESO SUELO SECO, g	13.45	12.37	11.78		
CONTENIDO DE HUMEDAD, %	21.19	20.86	20.37		
NÚMERO DE GOLPES	17	23	33		



RESULTADOS DE ENSAYOS	
LÍMITE LÍQUIDO, %	17.5
LÍMITE PLÁSTICO, %	NP
ÍNDICE DE PLASTICIDAD, %	NP

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

  
 PADILLA AYCHO  
 VICENTE NICOLAS  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg CIP N° 177469

## DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD EN SUELOS

NTP 339.129 (99)

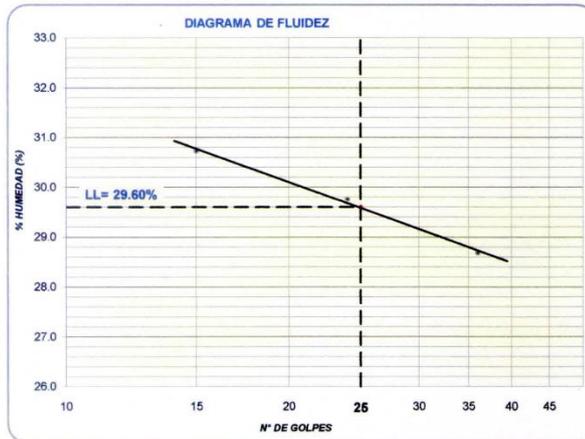
SOLICITANTE : Ricardo Jefferson Ramos Javier - Gerson Tedy Arias Manrique  
TÍTULO : Aplicación de cenizas de carbón para el mejoramiento de la subrasante, AA.HH. Los  
Ángeles, Lurigancho-Chosica, 2020  
UBICACIÓN : AA.HH. Los Ángeles, Lurigancho-Chosica, 2020

REGISTRO : 145/2020.GEOSUR  
TÉCNICO : J.D.P.Q  
FECHA : 4-jul.-2020

**REFERENCIAS DE LA CANTERA**

CALICATA : C-3 (Calle Colectora)  
MUESTRA : M-01 PROFUNDIDAD : 0.00 m - 1.50 m CENIZA : 0%

DESCRIPCIÓN	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO	
	1	2	3	1	2
ENSAYO No.	1	2	3	1	2
CÁPSULA No.	37	22	30	15	7
PESO CÁPSULA + SUELO HÚMEDO, g	27.84	28.38	25.27	22.67	21.20
PESO CÁPSULA + SUELO SECO, g	24.81	25.35	22.41	21.69	20.03
PESO AGUA, g	3.03	3.03	2.86	0.98	1.17
PESO DE LA CÁPSULA, g	14.95	15.17	12.44	15.87	13.24
PESO SUELO SECO, g	9.86	10.18	9.97	5.82	6.79
CONTENIDO DE HUMEDAD, %	30.73	29.76	28.69	16.84	17.23
NÚMERO DE GOLPES	15	24	36		



RESULTADOS DE ENSAYOS	
LÍMITE LÍQUIDO, %	<b>29.6</b>
LÍMITE PLÁSTICO, %	<b>17.0</b>
ÍNDICE DE PLASTICIDAD, %	<b>12.6</b>

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

  
 VICENTE NICOLAS  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg CIP N° 177469



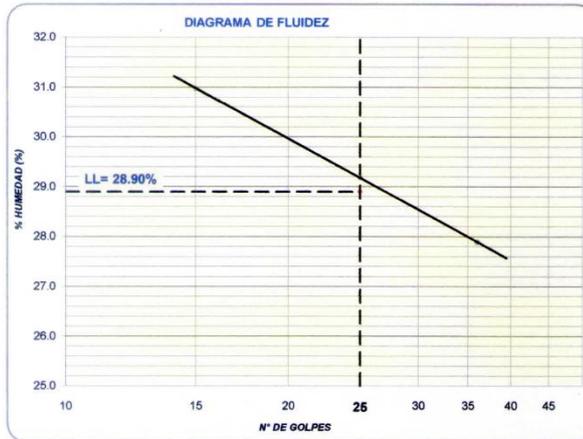
**DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO  
E ÍNDICE DE PLASTICIDAD EN SUELOS**  
NTP 339.129 (99)

SOLICITANTE : Ricardo Jefferson Ramos Javier - Gerson Tedy Arias Manrique  
TÍTULO : Aplicación de cenizas de carbón para el mejoramiento de la subrasante, AA.HH. Los  
Ángeles, Lurigancho-Chosica, 2020  
UBICACIÓN : AA.HH. Los Ángeles, Lurigancho-Chosica, 2020

REGISTRO : 145/2020.GEOSUR  
TÉCNICO : J.D.P.Q  
FECHA : 4-jul.-2020

REFERENCIAS DE LA CANTERA  
CALICATA : C-3 (Calle Colectora)  
MUESTRA : M-01 PROFUNDIDAD : 0.00 m - 1.50 m CENIZA : 5%

DESCRIPCIÓN	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO	
	1	2	3	1	2
ENSAYO No.	1	2	3	1	2
CÁPSULA No.	16	14	3	12	10
PESO CÁPSULA + SUELO HÚMEDO, g	29.56	30.93	26.37	23.92	20.57
PESO CÁPSULA + SUELO SECO, g	25.62	27.13	23.26	22.55	19.37
PESO AGUA, g	3.94	3.80	3.11	1.37	1.20
PESO DE LA CÁPSULA, g	12.90	14.11	12.11	15.75	13.31
PESO SUELO SECO, g	12.72	13.02	11.15	6.80	6.06
CONTENIDO DE HUMEDAD, %	30.97	29.19	27.89	20.15	19.80
NÚMERO DE GOLPES	15	25	36		



RESULTADOS DE ENSAYOS	
LÍMITE LÍQUIDO, %	<b>28.9</b>
LÍMITE PLÁSTICO, %	<b>20.0</b>
ÍNDICE DE PLASTICIDAD, %	<b>8.9</b>

**OBSERVACIONES:**  
Ensayo efectuado al material pasante la malla N° 40 (0.425 mm).

*Vicente Nicolás Padilla*  
VICENTE NICOLÁS  
INGENIERO CIVIL  
Reg CIP N° 177469



## DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD EN SUELOS

NTP 339.129 (99)

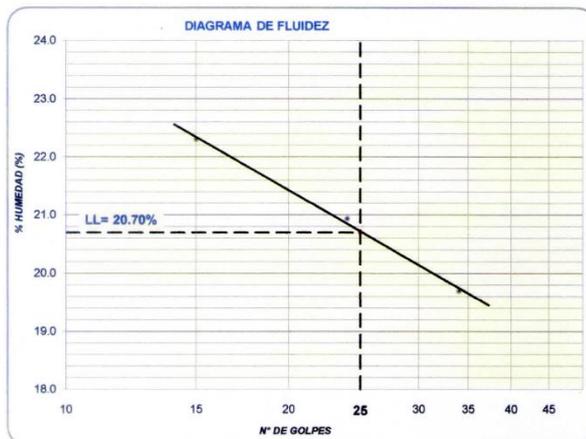
SOLICITANTE : Ricardo Jefferson Ramos Javier - Gerson Tedy Arias Manrique  
TÍTULO : Aplicación de cenizas de carbón para el mejoramiento de la subrasante, AA.HH. Los  
Ángeles, Lurigancho-Chosica, 2020  
UBICACIÓN : AA.HH. Los Ángeles, Lurigancho-Chosica, 2020

REGISTRO : 145/2020.GEOSUR  
TÉCNICO : J.D.P.Q  
FECHA : 4-jul.-2020

### REFERENCIAS DE LA CANTERA

CALICATA : C-3 (Calle San Pedro)  
MUESTRA : M-01 PROFUNDIDAD : 0.00 m - 1.50 m CENIZA : 10%

DESCRIPCIÓN	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO	
	1	2	3	1	2
ENSAYO No.	1	2	3	1	2
CÁPSULA No.	31	34	37	11	36
PESO CÁPSULA + SUELO HÚMEDO, g	32.29	29.84	29.05	20.30	24.66
PESO CÁPSULA + SUELO SECO, g	29.29	27.25	26.73	19.27	23.40
PESO AGUA, g	3.00	2.59	2.32	1.03	1.26
PESO DE LA CÁPSULA, g	15.84	14.88	14.95	13.17	15.94
PESO SUELO SECO, g	13.45	12.37	11.78	6.10	7.46
CONTENIDO DE HUMEDAD, %	22.30	20.94	19.69	16.89	16.89
NÚMERO DE GOLPES	15	24	34		



### RESULTADOS DE ENSAYOS

LÍMITE LÍQUIDO, %	20.7
LÍMITE PLÁSTICO, %	16.9
ÍNDICE DE PLASTICIDAD, %	3.8

### OBSERVACIONES:

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

VICENTE NICOLAS  
INGENIERO CIVIL  
Reg CIP N° 177469



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

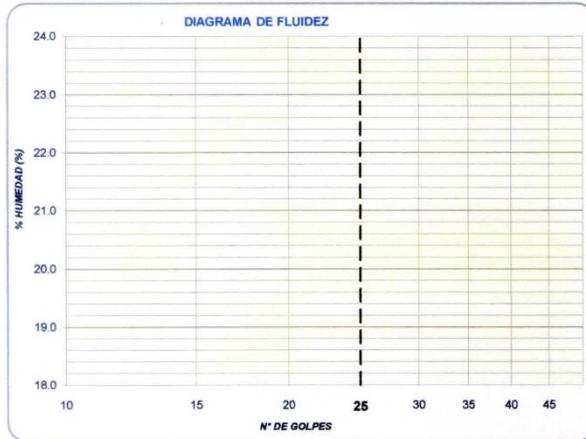
SOLICITANTE : Ricardo Jefferson Ramos Javier - Gerson Tedy Arias Manrique  
TÍTULO : Aplicación de cenizas de carbón para el mejoramiento de la subrasante, AA.HH. Los Angeles, Lurigancho-Chosica, 2020  
UBICACIÓN : AA.HH. Los Angeles, Lurigancho-Chosica, 2020

REGISTRO : 145/2020.GEOSUR  
TÉCNICO : J.D.P.Q  
FECHA : 4-jul.-2020

**REFERENCIAS DE LA CANTERA**

CALICATA : C-3 (Calle Calle colectora)  
MUESTRA : M-01 PROFUNDIDAD : 0.00 m - 1.50 m CENIZA : 15%

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



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

**OBSERVACIONES:**

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

PADILLA AYCHO  
VICENTE NICOLAS  
INGENIERO CIVIL  
Reg CIP N° 177469

Anexo 7.6: Ensayo de compactación de suelos en laboratorio



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

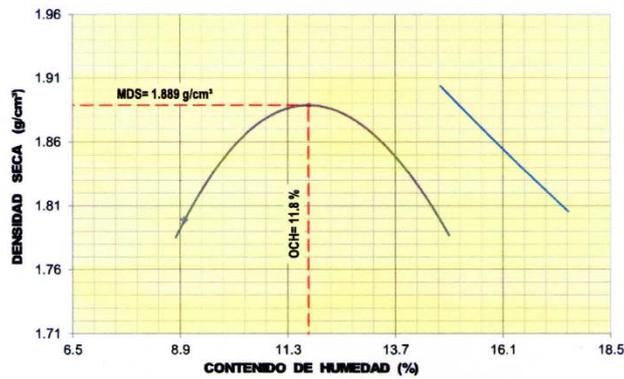
SOLICITANTE : Ricardo Jefferson Ramos Javier - Gerson Tedy Arias Manrique  
 TÍTULO : Aplicación de cenizas de carbón para el mejoramiento de la subrasante, AA.HH. Los Angeles, Lurigancho-Chosica, 2020  
 UBICACIÓN : AA.HH. Los Angeles, Lurigancho-Chosica, 2020

REGISTRO : 145/2020.GEOSUR  
 TÉCNICO : J.D.P.Q  
 FECHA : 15-jun-2020

**REFERENCIAS DE LA CANTERA**

CALICATA : C-1 (Calle San Pedro)  
 MUESTRA : M-01 PROFUNDIDAD : 0.00 m - 1.50 m CENIZA : 0%

01 - Peso Suelo Humedo + Molde (g)	5651.0	5772.0	5798.0	5747.0				
02 - Peso del Molde (g)	3800.0	3800.0	3800.0	3800.0				
03 - Peso Suelo Humedo (g)	1851.0	1972.0	1998.0	1947.0				
04 - Volumen del Molde (cm <sup>3</sup> )	944.0	944.0	944.0	944.0				
05 - Densidad Suelo Humedo (g/cm <sup>3</sup> )	1.981	2.089	2.117	2.063				
06 - Tarro N°								
07 - Peso suelo humedo + tarro (g)	685.6	759.6	826.7	759.6	751.4	812.9	825.5	843.9
08 - Peso suelo seco + tarro (g)	644.4	714.1	764.4	705.0	689.7	742.0	744.4	760.3
09 - Peso del agua (g)	41.2	45.5	62.3	54.6	61.7	70.9	81.1	83.6
10 - Peso del tarro (g)	187.4	204.6	196.8	205.4	206.8	188.8	193.2	188.7
11 - Peso suelo seco (g)	457.0	509.5	567.6	499.6	482.9	553.2	551.2	571.6
12 - Contenido de Humedad (%)	9.02	8.93	10.98	10.93	12.78	12.82	14.71	14.63
13 - Promedio de Humedad (%)	9.0	11.0	12.8	14.7				
	1.799	1.882	1.877	1.799				



**RESULTADOS DE ENSAYO**

MÉTODO DE COMPACTACIÓN	"A"
MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm <sup>3</sup> )	1.889 g/cm <sup>3</sup>
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	11.8 %

OBSERVACIONES : MATERIAL PROPORCIONADO POR EL SOLICITANTE

*Vicente Padilla Aycho*  
 PADILLA AYCHO  
 VICENTE PADILLA AYCHO  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg CIP N° 177469



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

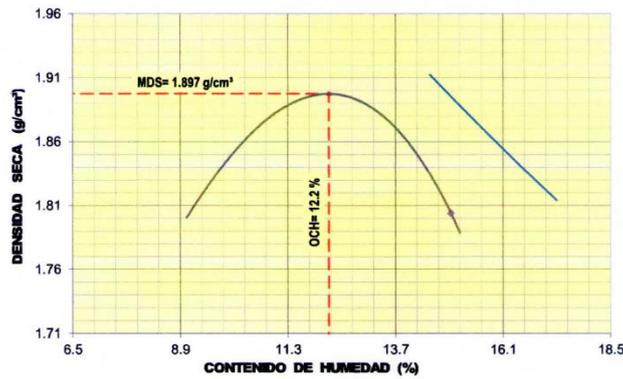
SOLICITANTE : Ricardo Jefferson Ramos Javier - Gerson Tedy Arias Manrique  
 TÍTULO : Aplicación de cenizas de carbón para el mejoramiento de la subrasante, AA.HH. Los Angeles, Lurigancho-Chosica, 2020  
 UBICACIÓN : AA.HH. Los Angeles, Lurigancho-Chosica, 2020

REGISTRO : 145/2020.GEOSUR  
 TÉCNICO : J.D.P.Q.  
 FECHA : 15-jun.-2020

**REFERENCIAS DE LA CANTERA**

CALICATA : C-1 (Calle San Pedro)  
 MUESTRA : M-01 PROFUNDIDAD : 0.00 m - 1.50 m CENIZA : 5%

01 - Peso Suelo Humedo + Molde (g)	5668.0	5786.0	5816.0	5757.0				
02 - Peso del Molde (g)	3800.0	3800.0	3800.0	3800.0				
03 - Peso Suelo Humedo (g)	1868.0	1986.0	2016.0	1957.0				
04 - Volumen del Molde (cm <sup>3</sup> )	944.0	944.0	944.0	944.0				
05 - Densidad Suelo Humedo (g/cm <sup>3</sup> )	1.979	2.104	2.136	2.073				
06 - Tarro N°								
07 - Peso suelo humedo + tarro (g)	628.3	577.8	629.5	628.2	652.2	529.1	653.1	646.0
08 - Peso suelo seco + tarro (g)	590.9	546.3	585.3	585.1	600.4	489.5	593.4	586.5
09 - Peso del agua (g)	37.4	31.5	44.2	43.1	51.8	39.6	59.7	59.5
10 - Peso del tarro (g)	187.4	204.6	196.8	205.4	206.8	188.8	193.2	188.7
11 - Peso suelo seco (g)	403.5	341.7	388.5	379.7	393.6	300.7	400.2	397.8
12 - Contenido de Humedad (%)	9.27	9.22	11.38	11.35	13.16	13.17	14.92	14.96
13 - Promedio de Humedad (%)	9.2		11.4		13.2		14.9	
	1.812		1.889		1.887		1.804	



**RESULTADOS DE ENSAYO**

MÉTODO DE COMPACTACIÓN	"A"
MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm <sup>3</sup> )	1.897 g/cm <sup>3</sup>
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	12.2 %

OBSERVACIONES : MATERIAL PROPORCIONADO POR EL SOLICITANTE

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

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

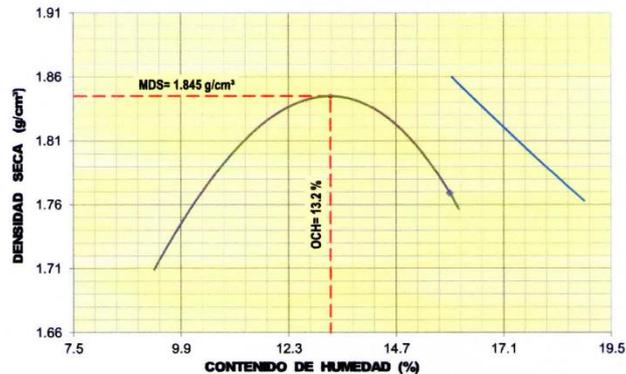
SOLICITANTE : Ricardo Jefferson Ramos Javier - Gerson Tedy Arias Manrique  
 TÍTULO : Aplicación de cenizas de carbón para el mejoramiento de la subrasante, AA.HH. Los Angeles, Lurigancho-Chosica, 2020  
 UBICACIÓN : AA.HH. Los Angeles, Lurigancho-Chosica, 2020

REGISTRO : 145/2020.GEOSUR  
 TÉCNICO : J.D.P.Q  
 FECHA : 4-jul.-2020

**REFERENCIAS DE LA CANTERA**

CALICATA : C-1 (Calle San Pedro)  
 MUESTRA : M-01 PROFUNDIDAD : 0.00 m - 1.50 m CENIZA : 10%

01 - Peso Suelo Humedo + Molde (g)	5632.0	5743.0	5779.0	5735.0				
02 - Peso del Molde (g)	3800.0	3800.0	3800.0	3800.0				
03 - Peso Suelo Humedo (g)	1832.0	1943.0	1979.0	1935.0				
04 - Volumen del Molde (cm <sup>3</sup> )	944.0	944.0	944.0	944.0				
05 - Densidad Suelo Humedo (g/cm <sup>3</sup> )	1.941	2.058	2.096	2.050				
06 - Tarro N°								
07 - Peso suelo humedo + tarro (g)	628.5	649.6	585.9	544.1	496.5	561.4	585.3	486.2
08 - Peso suelo seco + tarro (g)	587.6	608.5	543.6	507.3	460.6	515.3	531.6	445.3
09 - Peso del agua (g)	40.9	41.1	42.3	36.8	35.9	46.1	53.7	40.9
10 - Peso del tarro (g)	187.4	204.6	196.8	205.4	206.8	188.8	193.2	188.7
11 - Peso suelo seco (g)	400.2	403.9	346.8	301.9	253.8	326.5	338.4	256.6
12 - Contenido de Humedad (%)	10.22	10.18	12.20	12.19	14.15	14.12	15.87	15.94
13 - Promedio de Humedad (%)	10.2		12.2		14.1		15.9	
	1.761		1.834		1.837		1.769	



**RESULTADOS DE ENSAYO**

MÉTODO DE COMPACTACIÓN	"A"
MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm <sup>3</sup> )	1.845 g/cm <sup>3</sup>
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	13.2 %

OBSERVACIONES : MATERIAL PROPORCIONADO POR EL SOLICITANTE

*Nicolás Padilla Ayón*  
 PADILLA AYÓN  
 VICENTE NICOLÁS  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg CIP N° 177469



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

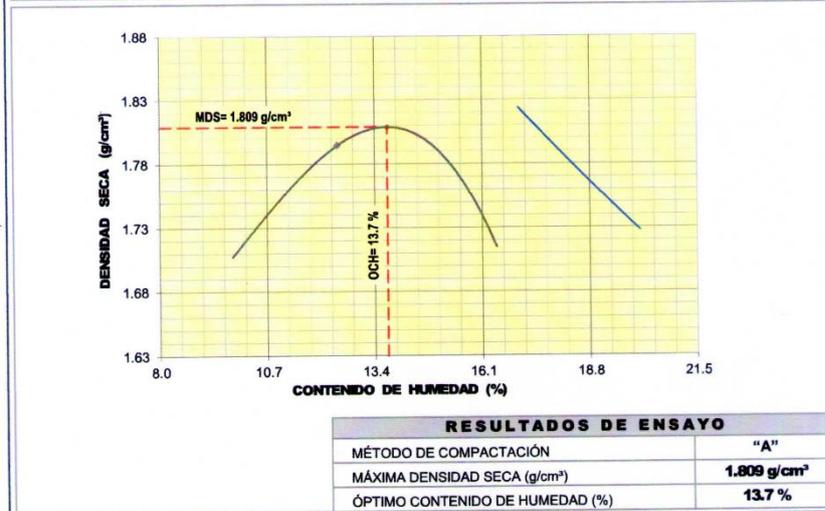
SOLICITANTE : Ricardo Jefferson Ramos Javier - Gerson Tedy Arias Manrique  
 TÍTULO : Aplicación de cenizas de carbón para el mejoramiento de la subrasante, AA.HH. Los Angeles, Lurigancho-Chosica, 2020  
 UBICACIÓN : AA.HH. Los Angeles, Lurigancho-Chosica, 2020

REGISTRO : 145/2020.GEOSUR  
 TÉCNICO : J.D.P.Q  
 FECHA : 4-Jul-2020

**REFERENCIAS DE LA CANTERA**

CALICATA : C-1 (Calle San Pedro)  
 MUESTRA : M-01 PROFUNDIDAD : 0.00 m - 1.50 m CENIZA : 15%

01 - Peso Suelo Humedo + Molde (g)	5620.0	5705.0	5748.0	5698.0				
02 - Peso del Molde (g)	3800.0	3800.0	3800.0	3800.0				
03 - Peso Suelo Humedo (g)	1820.0	1905.0	1948.0	1898.0				
04 - Volumen del Molde (cm <sup>3</sup> )	944.0	944.0	944.0	944.0				
05 - Densidad Suelo Humedo (g/cm <sup>3</sup> )	1.928	2.018	2.064	2.011				
06 - Tarro N°								
07 - Peso suelo humedo + tarro (g)	595.6	654.7	682.3	619.9	674.5	688.2	694.3	608.4
08 - Peso suelo seco + tarro (g)	556.1	611.0	628.4	574.0	615.4	624.7	624.1	549.8
09 - Peso del agua (g)	39.5	43.7	53.9	45.9	59.1	63.5	70.2	58.6
10 - Peso del tarro (g)	187.4	204.6	196.8	205.4	206.8	188.8	193.2	188.7
11 - Peso suelo seco (g)	368.7	406.4	431.6	368.6	408.6	435.9	430.9	361.1
12 - Contenido de Humedad (%)	10.71	10.75	12.49	12.45	14.46	14.57	16.29	16.23
13 - Promedio de Humedad (%)	10.7	10.75	12.5	12.5	14.5	14.57	16.3	16.3
	1.742	1.794	1.803	1.729				



OBSERVACIONES : MATERIAL PROPORCIONADO POR EL SOLICITANTE

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

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

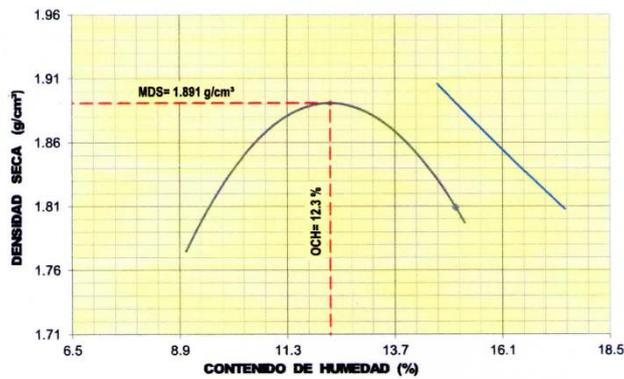
SOLICITANTE : Ricardo Jefferson Ramos Javier - Gerson Tedy Arias Manrique  
TÍTULO : Aplicación de cenizas de carbón para el mejoramiento de la subrasante, AA.HH. Los Angeles, Lurigancho-Chosica, 2020  
UBICACIÓN : AA.HH. Los Angeles, Lurigancho-Chosica, 2020

REGISTRO : 145/2020.GEOSUR  
TÉCNICO : J.D.P.Q  
FECHA : 3-jul.-2020

**REFERENCIAS DE LA CANTERA**

CALICATA : C-2 (Calle Los Angeles)  
MUESTRA : M-01 PROFUNDIDAD : 0.00 m - 1.50 m CENIZA : 0%

01 - Peso Suelo Humedo + Molde (g)	5645.0	5778.0	5809.0	5765.0				
02 - Peso del Molde (g)	3800.0	3800.0	3800.0	3800.0				
03 - Peso Suelo Humedo (g)	1845.0	1978.0	2009.0	1965.0				
04 - Volumen del Molde (cm <sup>3</sup> )	944.0	944.0	944.0	944.0				
05 - Densidad Suelo Humedo (g/cm <sup>3</sup> )	1.954	2.095	2.128	2.082				
06 - Tarro N°								
07 - Peso suelo humedo + tarro (g)	462.9	529.7	652.3	459.5	525.3	525.4	602.1	609.7
08 - Peso suelo seco + tarro (g)	439.6	502.1	605.7	433.6	487.8	485.5	548.5	554.7
09 - Peso del agua (g)	23.3	27.6	46.6	25.9	37.5	39.9	53.6	55.0
10 - Peso del tarro (g)	187.4	204.6	196.8	205.4	206.8	188.8	193.2	188.7
11 - Peso suelo seco (g)	252.2	297.5	408.9	228.2	281.0	296.7	355.3	366.0
12 - Contenido de Humedad (%)	9.24	9.28	11.40	11.35	13.35	13.45	15.09	15.03
13 - Promedio de Humedad (%)	9.3		11.4		13.4		15.1	
	1.788		1.881		1.877		1.809	



**RESULTADOS DE ENSAYO**

MÉTODO DE COMPACTACIÓN	"A"
MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm <sup>3</sup> )	<b>1.891 g/cm<sup>3</sup></b>
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	<b>12.3 %</b>

OBSERVACIONES : MATERIAL PROPORCIONADO POR EL SOLICITANTE

*Vicente Macho*  
VICENTE MACHO  
INGENIERO CIVIL  
Reg CIP N° 177469



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

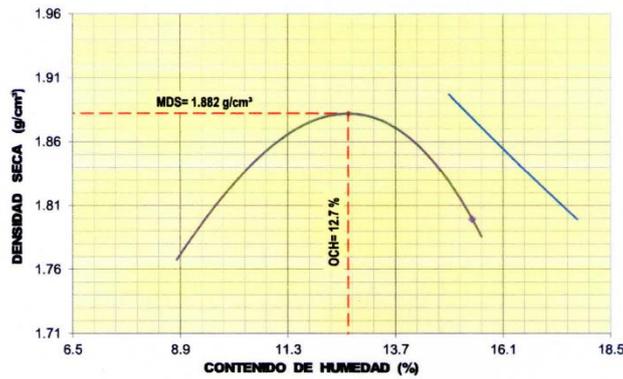
SOLICITANTE : Ricardo Jefferson Ramos Javier - Gerson Tedy Arias Manrique  
 TÍTULO : Aplicación de cenizas de carbón para el mejoramiento de la subrasante, AA.HH. Los Angeles, Lurigancho-Chosica, 2020  
 UBICACIÓN : AA.HH. Los Angeles, Lurigancho-Chosica, 2020

REGISTRO : 145/2020.GEOSUR  
 TÉCNICO : J.D.P.Q  
 FECHA : 4-jul.-2020

**REFERENCIAS DE LA CANTERA**

CALICATA : C-2 (Calle los Ángeles)  
 MUESTRA : M-01 PROFUNDIDAD : 0.00 m - 1.50 m CENIZA : 5%

01 - Peso Suelo Humedo + Molde (g)	5676.0	5772.0	5809.0	5760.0
02 - Peso del Molde (g)	3800.0	3800.0	3800.0	3800.0
03 - Peso Suelo Humedo (g)	1876.0	1972.0	2009.0	1960.0
04 - Volumen del Molde (cm <sup>3</sup> )	944.0	944.0	944.0	944.0
05 - Densidad Suelo Humedo (g/cm <sup>3</sup> )	1.987	2.089	2.128	2.076
06 - Tarro N°				
07 - Peso suelo humedo + tarro (g)	625.3	645.5	526.4	622.1
08 - Peso suelo seco + tarro (g)	586.4	606.5	492.1	578.8
09 - Peso del agua (g)	38.9	39.0	34.3	43.3
10 - Peso del tarro (g)	187.4	204.6	196.8	205.4
11 - Peso suelo seco (g)	399.0	401.9	295.3	373.4
12 - Contenido de Humedad (%)	9.75	9.70	11.62	11.60
13 - Promedio de Humedad (%)	9.7		11.6	13.5
	1.811		1.872	1.875
			13.5	15.4
			1.875	1.799



**RESULTADOS DE ENSAYO**

MÉTODO DE COMPACTACIÓN	"A"
MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm <sup>3</sup> )	1.882 g/cm <sup>3</sup>
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	12.7 %

OBSERVACIONES : MATERIAL PROPORCIONADO POR EL SOLICITANTE

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



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

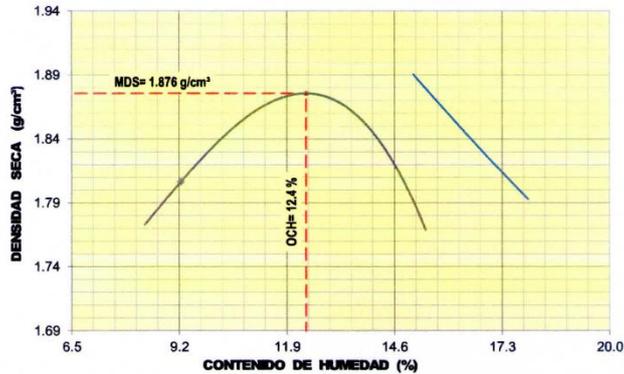
SOLICITANTE : Ricardo Jefferson Ramos Javier - Gerson Tedy Arias Manrique  
 TÍTULO : Aplicación de cenizas de carbón para el mejoramiento de la subrasante, AA.HH. Los Angeles, Lurigancho-Chosica, 2020  
 UBICACIÓN : AA.HH. Los Angeles, Lurigancho-Chosica, 2020

REGISTRO : 145/2020.GEOSUR  
 TÉCNICO : J.D.P.Q  
 FECHA : 4-Jul.-2020

**REFERENCIAS DE LA CANTERA**

CALICATA : C-2 (Calle los Angeles)  
 MUESTRA : M-01 PROFUNDIDAD : 0.00 m - 1.50 m CENIZA : 10%

01 - Peso Suelo Humedo + Molde (g)	5663.0	5753.0	5797.0	5740.0				
02 - Peso del Molde (g)	3800.0	3800.0	3800.0	3800.0				
03 - Peso Suelo Humedo (g)	1863.0	1953.0	1997.0	1940.0				
04 - Volumen del Molde (cm <sup>3</sup> )	944.0	944.0	944.0	944.0				
05 - Densidad Suelo Humedo (g/cm <sup>3</sup> )	1.974	2.069	2.115	2.055				
06 - Tarro N°								
07 - Peso suelo humedo + tarro (g)	628.3	649.5	655.6	619.3	674.5	622.5	655.0	669.2
08 - Peso suelo seco + tarro (g)	590.9	611.9	609.7	577.9	620.1	572.1	594.2	605.8
09 - Peso del agua (g)	37.4	37.6	45.9	41.4	54.4	50.4	60.8	63.4
10 - Peso del tarro (g)	187.4	204.6	196.8	205.4	206.8	188.8	193.2	188.7
11 - Peso suelo seco (g)	403.5	407.3	412.9	372.5	413.3	383.3	401.0	417.1
12 - Contenido de Humedad (%)	9.27	9.23	11.12	11.11	13.16	13.15	15.16	15.20
13 - Promedio de Humedad (%)	9.3		11.1		13.2		15.2	
	1.806		1.862		1.868		1.784	



**RESULTADOS DE ENSAYO**

MÉTODO DE COMPACTACIÓN	"A"
MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm <sup>3</sup> )	1.876 g/cm <sup>3</sup>
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	12.4 %

OBSERVACIONES : MATERIAL PROPORCIONADO POR EL SOLICITANTE

*Nicolás Padilla Ayco*  
 PADILLA AYCO  
 VICENTE NICOLAS  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg CIP N° 177469



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

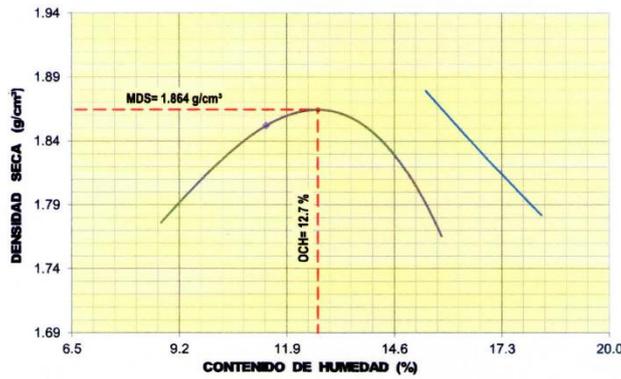
SOLICITANTE : Ricardo Jefferson Ramos Javier - Gerson Tedy Arias Manrique  
 TÍTULO : Aplicación de cenizas de carbón para el mejoramiento de la subrasante, AA.HH. Los Angeles, Lurigancho-Chosica, 2020  
 UBICACIÓN : AA.HH. Los Angeles, Lurigancho-Chosica, 2020

REGISTRO : 145/2020.GEOSUR  
 TÉCNICO : J.D.P.Q  
 FECHA : 4-jul.-2020

**REFERENCIAS DE LA CANTERA**

CALICATA : C-2 (Calle Los Angeles)  
 MUESTRA : M-01 PROFUNDIDAD : 0.00 m - 1.50 m CENIZA : 15%

01 - Peso Suelo Humedo + Molde (g)	5670.0	5747.0	5791.0	5741.0				
02 - Peso del Molde (g)	3800.0	3800.0	3800.0	3800.0				
03 - Peso Suelo Humedo (g)	1870.0	1947.0	1991.0	1941.0				
04 - Volumen del Molde (cm <sup>3</sup> )	944.0	944.0	944.0	944.0				
05 - Densidad Suelo Humedo (g/cm <sup>3</sup> )	1.981	2.063	2.109	2.056				
06 - Tarro N°								
07 - Peso suelo humedo + tarro (g)	556.3	558.4	519.6	548.5	595.3	574.6	566.3	549.8
08 - Peso suelo seco + tarro (g)	523.8	527.3	486.6	513.4	549.3	528.9	516.1	501.1
09 - Peso del agua (g)	32.5	31.1	33.0	35.1	46.0	45.7	50.2	48.7
10 - Peso del tarro (g)	187.4	204.6	196.8	205.4	206.8	188.8	193.2	188.7
11 - Peso suelo seco (g)	336.4	322.7	289.8	308.0	342.5	340.1	322.9	312.4
12 - Contenido de Humedad (%)	9.66	9.64	11.39	11.40	13.43	13.44	15.55	15.59
13 - Promedio de Humedad (%)	9.6		11.4		13.4		15.6	
	1.807		1.852		1.860		1.779	



**RESULTADOS DE ENSAYO**

MÉTODO DE COMPACTACIÓN	"A"
MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm <sup>3</sup> )	1.864 g/cm <sup>3</sup>
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	12.7%

OBSERVACIONES : MATERIAL PROPORCIONADO POR EL SOLICITANTE

*Vicente Rojas*  
 VICENTE ROJAS  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg CIP N° 177469

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

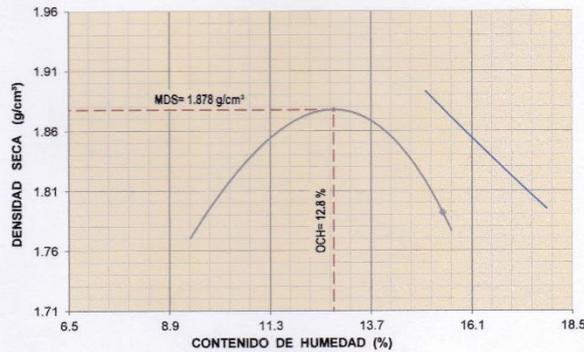
SOLICITANTE : Ricardo Jefferson Ramos Javier - Gerson Tedy Arias Manrique  
TÍTULO : Aplicación de cenizas de carbón para el mejoramiento de la subrasante, AA.HH. Los  
Ángeles, Lurigancho-Chosica, 2020  
UBICACIÓN : AA.HH. Los Ángeles, Lurigancho-Chosica, 2020

REGISTRO : 145/2020.GEOSUR  
TÉCNICO : J.D.P.Q  
FECHA : 15-jun.-2020

**REFERENCIAS DE LA CANTERA**

CALICATA : C-3 (Calle Colectora) PROFUNDIDAD : 0.00 m - 1.50 m CENIZA : 0%

01 - Peso Suelo Humedo + Molde (g)	5643.0	5762.0	5806.0	5752.0				
02 - Peso del Molde (g)	3800.0	3800.0	3800.0	3800.0				
03 - Peso Suelo Humedo (g)	1843.0	1962.0	2006.0	1952.0				
04 - Volumen del Molde (cm <sup>3</sup> )	944.0	944.0	944.0	944.0				
05 - Densidad Suelo Humedo (g/cm <sup>3</sup> )	1.952	2.078	2.125	2.068				
06 - Tarro N°								
07 - Peso suelo humedo + tarro (g)	592.6	5418.7	522.0	533.4	519.8	588.2	624.1	621.1
08 - Peso suelo seco + tarro (g)	557.0	4962.9	488.2	499.3	482.5	540.7	566.6	563.3
09 - Peso del agua (g)	35.6	455.8	33.8	34.1	37.3	47.5	57.5	57.8
10 - Peso del tarro (g)	187.4	204.6	196.8	205.4	206.8	188.8	193.2	188.7
11 - Peso suelo seco (g)	369.6	4758.3	291.4	293.9	275.7	351.9	373.4	374.6
12 - Contenido de Humedad (%)	9.63	9.58	11.60	11.60	13.53	13.50	15.40	15.43
13 - Promedio de Humedad (%)	9.6		11.6		13.5		15.4	
	1.781		1.862		1.872		1.792	



**RESULTADOS DE ENSAYO**

MÉTODO DE COMPACTACIÓN	"A"
MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm <sup>3</sup> )	1.878 g/cm <sup>3</sup>
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	12.8 %

OBSERVACIONES : MATERIAL PROPORCIONADO POR EL SOLICITANTE

*Vicente Rojas*  
VICENTE ROJAS  
INGENIERO CIVIL  
Reg CIP N° 177469



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

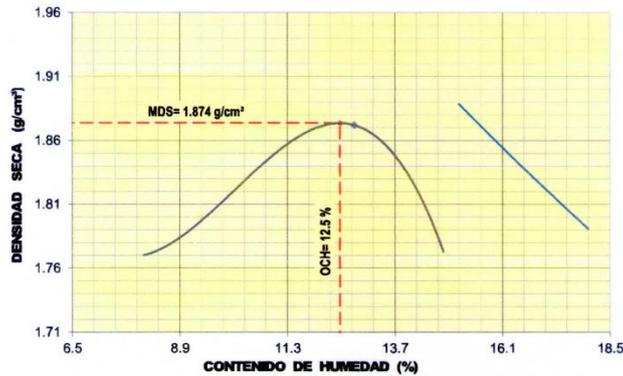
SOLICITANTE : Ricardo Jefferson Ramos Javier - Gerson Tedy Arias Manrique  
 TÍTULO : Aplicación de cenizas de carbón para el mejoramiento de la subrasante, AA.HH. Los Angeles, Lurigancho-Chosica, 2020  
 UBICACIÓN : AA.HH. Los Angeles, Lurigancho-Chosica, 2020

REGISTRO : 145/2020.GEOSUR  
 TÉCNICO : J.D.P.Q.  
 FECHA : 4-jul.-2020

**REFERENCIAS DE LA CANTERA**

CALICATA : C-3 (Calle Colectora)  
 MUESTRA : M-01 PROFUNDIDAD : 0.00 m - 1.50 m CENIZA : 5%

01 - Peso Suelo Húmedo + Molde (g)	5638.0	5726.0	5793.0	5738.0				
02 - Peso del Molde (g)	3800.0	3800.0	3800.0	3800.0				
03 - Peso Suelo Húmedo (g)	1838.0	1926.0	1993.0	1938.0				
04 - Volumen del Molde (cm <sup>3</sup> )	944.0	944.0	944.0	944.0				
05 - Densidad Suelo Húmedo (g/cm <sup>3</sup> )	1.947	2.040	2.111	2.053				
06 - Tarro N°								
07 - Peso suelo húmedo + tarro (g)	495.6	485.3	475.4	465.5	477.9	468.1	494.5	475.5
08 - Peso suelo seco + tarro (g)	470.2	462.1	448.3	440.3	447.2	436.3	456.1	439.1
09 - Peso del agua (g)	25.4	23.2	27.1	25.2	30.7	31.8	38.4	36.4
10 - Peso del tarro (g)	187.4	204.6	196.8	205.4	206.8	188.8	193.2	188.7
11 - Peso suelo seco (g)	282.8	257.5	251.5	234.9	240.4	247.5	262.9	250.4
12 - Contenido de Humedad (%)	8.98	9.01	10.78	10.73	12.77	12.85	14.61	14.54
13 - Promedio de Humedad (%)	9.0		10.8		12.8		14.6	
	1.786		1.841		1.871		1.791	



**RESULTADOS DE ENSAYO**

MÉTODO DE COMPACTACIÓN	"A"
MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm <sup>3</sup> )	1.874 g/cm <sup>3</sup>
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	12.5 %

OBSERVACIONES : MATERIAL PROPORCIONADO POR EL SOLICITANTE

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

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

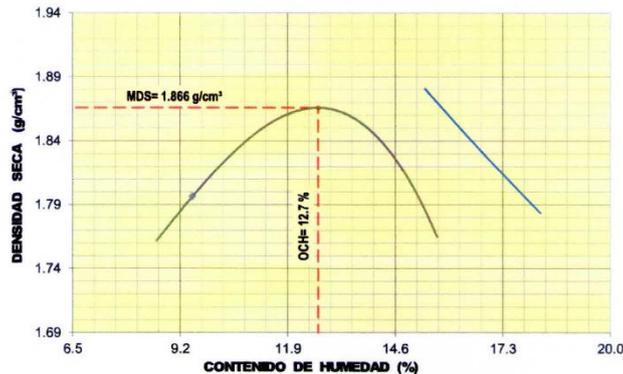
SOLICITANTE : Ricardo Jefferson Ramos Javier - Gerson Tedy Arias Manrique  
TÍTULO : Aplicación de cenizas de carbón para el mejoramiento de la subrasante, AA.HH. Los Angeles, Lurigancho-Chosica, 2020  
UBICACIÓN : AA.HH. Los Angeles, Lurigancho-Chosica, 2020

REGISTRO : 145/2020.GEOSUR  
TÉCNICO : J.D.P.Q.  
FECHA : 4-jul.-2020

**REFERENCIAS DE LA CANTERA**

CALICATA : C-3 (Calle Colectora)  
MUESTRA : M-01 PROFUNDIDAD : 0.00 m - 1.50 m CENIZA : 10%

01 - Peso Suelo Humedo + Molde (g)	5657.0	5742.0	5791.0	5739.0
02 - Peso del Molde (g)	3800.0	3800.0	3800.0	3800.0
03 - Peso Suelo Humedo (g)	1857.0	1942.0	1991.0	1939.0
04 - Volumen del Molde (cm <sup>3</sup> )	944.0	944.0	944.0	944.0
05 - Densidad Suelo Humedo (g/cm <sup>3</sup> )	1.967	2.057	2.109	2.054
06 - Tarro N°				
07 - Peso suelo humedo + tarro (g)	629.8	655.7	648.1	652.8
08 - Peso suelo seco + tarro (g)	591.3	616.6	602.4	607.6
09 - Peso del agua (g)	38.5	39.1	45.7	45.2
10 - Peso del tarro (g)	187.4	204.6	196.8	205.4
11 - Peso suelo seco (g)	403.9	412.0	405.6	402.2
12 - Contenido de Humedad (%)	9.53	9.49	11.27	11.24
13 - Promedio de Humedad (%)	9.5		11.3	
	1.796		1.848	
			1.861	
				1.780



**RESULTADOS DE ENSAYO**

MÉTODO DE COMPACTACIÓN	"A"
MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm <sup>3</sup> )	1.866 g/cm <sup>3</sup>
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	12.7 %

OBSERVACIONES : MATERIAL PROPORCIONADO POR EL SOLICITANTE

*Manfredini*  
V.B. ING°



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

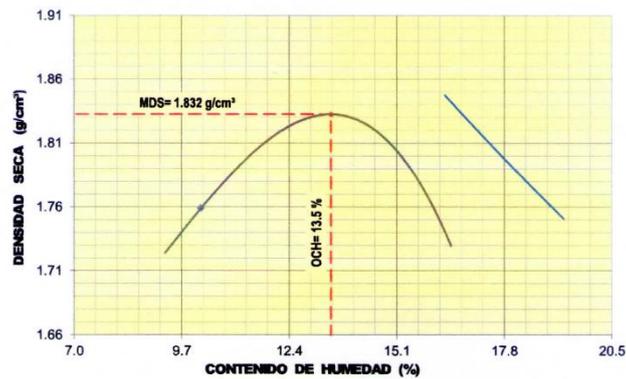
SOLICITANTE : Ricardo Jefferson Ramos Javier - Gerson Tedy Arias Manrique  
 TÍTULO : Aplicación de cenizas de carbón para el mejoramiento de la subrasante, AA.HH. Los Angeles, Lurigancho-Chosica, 2020  
 UBICACIÓN : AA.HH. Los Angeles, Lurigancho-Chosica, 2020

REGISTRO : 145/2020.GEOSUR  
 TÉCNICO : J.D.P.Q.  
 FECHA : 4-jul-2020

**REFERENCIAS DE LA CANTERA**

CALICATA : C-3 (Calle Colectora)  
 MUESTRA : M-01 PROFUNDIDAD : 0.00 m - 1.50 m CENIZA : 15%

01 - Peso Suelo Humedo + Molde (g)	5630.0	5705.0	5766.0	5714.0				
02 - Peso del Molde (g)	3800.0	3800.0	3800.0	3800.0				
03 - Peso Suelo Humedo (g)	1830.0	1905.0	1966.0	1914.0				
04 - Volumen del Molde (cm <sup>3</sup> )	944.0	944.0	944.0	944.0				
05 - Densidad Suelo Humedo (g/cm <sup>3</sup> )	1.939	2.018	2.083	2.028				
06 - Tarro N°								
07 - Peso suelo humedo + tarro (g)	519.3	554.7	578.6	555.8	511.4	578.6	595.3	541.1
08 - Peso suelo seco + tarro (g)	488.6	522.4	538.7	519.2	472.2	528.4	539.1	491.8
09 - Peso del agua (g)	30.7	32.3	39.9	36.6	39.2	50.2	56.2	49.3
10 - Peso del tarro (g)	187.4	204.6	196.8	205.4	206.8	188.8	193.2	188.7
11 - Peso suelo seco (g)	301.2	317.8	341.9	313.8	265.4	339.6	345.9	303.1
12 - Contenido de Humedad (%)	10.19	10.16	11.67	11.66	14.77	14.78	16.25	16.27
13 - Promedio de Humedad (%)	10.2	11.7	14.8	16.3				
	1.760	1.807	1.814	1.744				



**RESULTADOS DE ENSAYO**

MÉTODO DE COMPACTACIÓN	"A"
MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm <sup>3</sup> )	1.832 g/cm <sup>3</sup>
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	13.5 %

OBSERVACIONES : MATERIAL PROPORCIONADO POR EL SOLICITANTE

*Vicente Nicolás Padilla Ayco*  
 PADILLA AYCO  
 VICENTE NICOLAS  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg CIP N° 177469

# Anexo 8.7: Ensayo de CBR (Relación de Soporte California)



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

SOLICITANTE : Ricardo Jefferson Ramos Javier - Gerson Tedy Arias Manrique  
 TÍTULO : Aplicación de cenizas de carbón para el mejoramiento de la subrasante, AA.HH. Los Angeles, Lurigancho-Chosica, 2020  
 UBICACIÓN : AA.HH. Los Angeles, Lurigancho-Chosica, 2020

REGISTRO : 145/2020.GEOSUR  
 TÉCNICO : J.D.P.Q  
 FECHA : 15-Jun.-2020

### REFERENCIAS DE LA CANTERA

CALICATA : C-1 (Calle San Pedro)  
 MUESTRA : M-01 PROFUNDIDAD : 0.00 m - 1.50 m CENIZA : 0%

MOLDE N°	13		14		15	
CAPAS N°	5		5		5	
N° DE GOLPES POR CAPA	56		25		12	
CONDICIÓN DE LA MUESTRA	SIN EMBEBER	EMBEBIDO	SIN EMBEBER	EMBEBIDO	SIN EMBEBER	EMBEBIDO
PESO MOLDE + SUELO HUMEDO, g	9485.0	9576.0	9463.0	9658.0	8964.0	9215.0
PESO DEL MOLDE, g	5048.0	5048.0	5115.0	5115.0	4950.0	4950.0
PESO DEL SUELO HUMEDO, g	4437.0	4528.0	4348.0	4543.0	4014.0	4265.0
VOLUMEN DEL ESPECIMEN, cm³	2103.0	2473.6	2104.0	2660.2	2073.0	2953.7
DENSIDAD HUMEDA, g/cm³	2.110	1.831	2.067	1.708	1.936	1.444
DENSIDAD SECA	1.887	1.604	1.854	1.466	1.735	1.217
TARA N°	11	19	16	8	1	34
TARA + SUELO HUMEDO	1045.3	1104.7	1065.0	1317.9	1147.3	1334.2
TARA + SUELO SECO	954.8	990.7	976.0	1158.9	1047.8	1156.1
PESO DEL AGUA	90.5	114.0	89.0	159.0	99.5	178.1
PESO DE LA TARA	187.4	187.9	204.6	206.8	192.4	193.2
PESO DEL SUELO SECO	767.4	802.8	771.4	952.1	855.4	962.9
% DE HUMEDAD	11.79	14.20	11.54	16.70	11.63	18.50
% PROMEDIO DE HUMEDAD	11.8	14.1	11.5	16.5	11.6	18.6

EXPANSIÓN														
FECHA	HORA	TIEMPO DÍAS	DIAL			EXPANSIÓN			DIAL			EXPANSIÓN		
			pulg	mm	%	mm	%	mm	%	mm	%			
16/06/2020	08:15 a. m.	0	0.000	0.00	S/E	0.000	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	
20/06/2020	08:15 a. m.	4	0.800	20.32	17.62	1.200	30.48	26.44	1.900	48.26	42.48			

ABSORCIÓN				
MOLDE N°	13		14	15
Peso suelo húmedo. + plato + molde, g	11626.0		11698.0	11450.0
Peso del plato + molde, g	7098.0		7155.0	7185.0
Peso suelo húmedo embebido, g	4528.0		4543.0	4265.0
Peso suelo húm. sin embeber, g	4437.0		4348.0	4014.0
Peso del agua absorbida, g	91.0		195.0	251.0
Peso del suelo seco, g	3968.7		3899.6	3596.8
Absorción de agua, %	2.3		5.0	7.0

PENETRACIÓN											
PENETRACIÓN		PRESIÓN PATRÓN kg/cm²	MOLDE N° 1			MOLDE N° 1			MOLDE N° 1		
mm	pulg		DIAL	CARGA kg	PRESIÓN kg/cm²	DIAL	CARGA kg	PRESIÓN kg/cm²	DIAL	CARGA kg	PRESIÓN kg/cm²
0.000	0.000		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.635	0.025		22.0	22.0	1.1	15.0	15.0	0.8	7.0	7.0	0.4
1.270	0.050		55.0	55.0	2.8	46.0	46.0	2.4	19.0	19.0	1.0
1.905	0.075		87.0	87.0	4.5	75.0	75.0	3.9	35.0	35.0	1.8
2.540	0.100	70.3	120.0	120.0	6.2	105.0	105.0	5.4	48.0	48.0	2.5
3.810	0.150		178.4	178.4	9.2	145.0	145.0	7.5	75.0	75.0	3.9
5.080	0.200	105.5	229.5	229.5	11.9	175.8	175.8	9.1	95.8	95.8	5.0
6.350	0.250		268.8	268.8	13.9	205.5	205.5	10.6	117.2	117.2	6.1
7.620	0.300		305.1	305.1	15.8	231.5	231.5	12.0	134.7	134.7	7.0
10.160	0.400		367.9	367.9	19.0	276.0	276.0	14.3	163.3	163.3	8.4
12.700	0.500		416.0	416.0	21.5	311.5	311.5	16.1	183.3	183.3	9.5

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

*Vicente Nicolás*  
 VICENTE NICOLÁS  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg CIP N° 177469



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

SOLICITANTE : Ricardo Jefferson Ramos Javier - Gerson Tedy Arias Manrique  
 TÍTULO : Aplicación de cenizas de carbón para el mejoramiento de la subrasante, AA.HH. Los Ángeles, Lurigancho-Chosica, 2020  
 UBICACIÓN : AA.HH. Los Ángeles, Lurigancho-Chosica, 2020

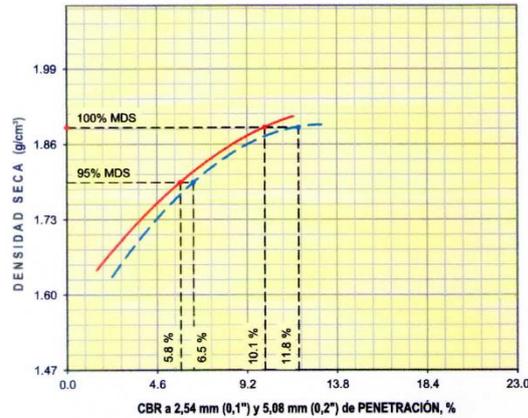
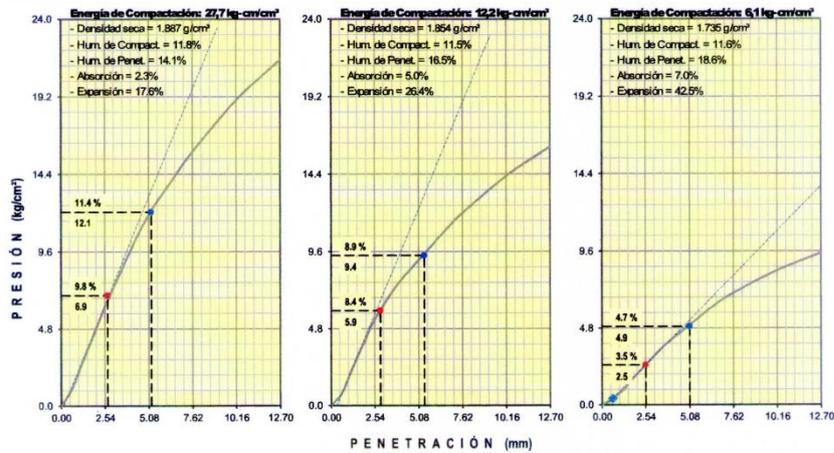
REGISTRO : 145/2020.GEOSUR  
 TÉCNICO : J.D.P.Q  
 FECHA : 15-jun-2020

**REFERENCIAS DE LA CANTERA**

CALICATA : C-1 (Calle San Pedro)  
 MUESTRA : M-01

PROFUNDIDAD : 0.00 m - 1.50 m

CENIZA : 0%



**RESULTADOS DE ENSAYOS**

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

- Método de Compactación	"A"
- Máxima Densidad Seca, kg/cm³	<b>1.889</b>
- Óptimo Cont. de Humedad, %	<b>11.8</b>

**CBR (ASTM D-1883)**

- C.B.R. a 2,54 mm (0,1") de Penetración	
C.B.R. al 100 % de la M.D.S., %	<b>10.1</b>
C.B.R. al 95 % de la M.D.S., %	<b>5.8</b>
- C.B.R. a 5,08 mm (0,2") de Penetración	
C.B.R. al 100 % de la M.D.S., %	<b>11.8</b>
C.B.R. al 95 % de la M.D.S., %	<b>6.5</b>

**Caracterización del Suelo**

- Clasificación SUCS	CL
- Clasificación AASHTO	A-6(3)

OBSERVACIONES:  
 - Material proporcionado por el solicitante.

*Vicente Nicolás Padilla Ayco*  
**VICENTE NICOLÁS**  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg CIP N° 177469

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

SOLICITANTE : Ricardo Jefferson Ramos Javier - Gerson Tedy Arias Manrique  
TÍTULO : Aplicación de cenizas de carbón para el mejoramiento de la subrasante, AA.HH. Los Angeles, Lurigancho-Chosica, 2020  
UBICACIÓN : AA.HH. Los Angeles, Lurigancho-Chosica, 2020

REGISTRO : 145/2020.GEOSUR  
TÉCNICO : J.D.P.Q  
FECHA : 15-jun.-2020

**REFERENCIAS DE LA CANTERA**

CALICATA : C-1 (Calle San Pedro)  
MUESTRA : M-01 PROFUNDIDAD : 0.00 m - 1.50 m CENIZA : 5%

MOLDE N°	7		8		9	
CAPAS N°	5		5		5	
N° DE GOLPES POR CAPA	56		26		12	
CONDICIÓN DE LA MUESTRA	SIN EMBEBER	EMBEBIDO	SIN EMBEBER	EMBEBIDO	SIN EMBEBER	EMBEBIDO
PESO MOLDE + SUELO HUMEDO, g	9251.0	9448.0	8721.0	8862.0	9081.0	9277.0
PESO DEL MOLDE, g	4832.0	4832.0	4195.0	4195.0	5154.0	5154.0
PESO DEL SUELO HUMEDO, g	4419.0	4616.0	4526.0	4667.0	3927.0	4123.0
VOLUMEN DEL ESPECIMEN, cm³	2075.0	2445.5	2212.0	2767.8	2085.1	2965.5
DENSIDAD HUMEDA, g/cm³	2.130	1.888	2.046	1.686	1.883	1.390
DENSIDAD SECA	1.898	1.611	1.822	1.456	1.680	1.181
TARA N°	1	19	21	19	41	25
TARA + SUELO HUMEDO	535.6	564.2	544.2	629.0	575.9	648.5
TARA + SUELO SECO	498.2	509.0	506.6	568.8	534.7	580.3
PESO DEL AGUA	37.4	55.2	37.6	60.2	41.2	68.2
PESO DE LA TARA	192.4	187.9	200.0	187.9	193.9	195.1
PESO DEL SUELO SECO	305.8	321.1	306.6	380.9	340.8	385.2
% DE HUMEDAD	12.23	17.20	12.26	15.80	12.09	17.70
% PROMEDIO DE HUMEDAD	12.2	17.2	12.3	15.8	12.1	17.7

FECHA	HORA	TIEMPO DIAS	EXPANSION								
			DIAL		EXPANSION		DIAL		EXPANSION		
			pulg	mm	%	pulg	mm	%	pulg	mm	%
16/06/2020	08:15 a. m.	0	0.000	0.00	S/E	0.000	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00
20/06/2020	08:15 a. m.	4	0.800	20.32	17.86	1.200	30.48	25.13	1.900	48.26	42.22

MOLDE N°	7			8			9		
	Peso suelo húmedo + plato + molde, g	11714.0			11822.0			11308.0	
Peso del plato + molde, g	7098.0			7155.0			7185.0		
Peso suelo húmedo embebido, g	4616.0			4667.0			4123.0		
Peso suelo húm. sin embeber, g	4419.0			4526.0			3927.0		
Peso del agua absorbida, g	197.0			141.0			196.0		
Peso del suelo seco, g	3938.5			4030.3			3503.1		
Absorción de agua, %	5.0			3.5			5.6		

PENETRACION											
PENETRACION		PRESION PATRON kg/cm²	MOLDE N° 1			MOLDE N° 1			MOLDE N° 1		
mm	pulg		DIAL	CARGA kg	PRESION kg/cm²	DIAL	CARGA kg	PRESION kg/cm²	DIAL	CARGA kg	PRESION kg/cm²
0.000	0.000		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.635	0.025		24.5	24.5	1.3	17.0	17.0	0.9	10.1	10.1	0.5
1.270	0.050		61.3	61.3	3.2	42.4	42.4	2.2	25.1	25.1	1.3
1.905	0.075		96.9	96.9	5.0	67.1	67.1	3.5	39.8	39.8	2.1
2.540	0.100	70.3	133.7	133.7	6.9	92.6	92.6	4.8	54.9	54.9	2.8
3.810	0.150		198.8	198.8	10.3	137.6	137.6	7.1	81.6	81.6	4.2
5.080	0.200	105.5	255.7	255.7	13.2	177.1	177.1	9.1	104.9	104.9	5.4
6.350	0.250		299.5	299.5	15.5	207.3	207.3	10.7	122.9	122.9	6.3
7.620	0.300		340.0	340.0	17.6	235.4	235.4	12.2	139.5	139.5	7.2
10.160	0.400		410.0	410.0	21.2	283.8	283.8	14.7	168.2	168.2	8.7
12.700	0.500		463.5	463.5	23.9	320.9	320.9	16.6	190.2	190.2	9.8

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

*M. Nicolás*  
PADILLA AYCHO  
VICENTE NICOLAS  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP N° 137  
V-B-1100



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

SOLICITANTE : Ricardo Jefferson Ramos Javier - Gerson Tedy Arias Manrique  
 TÍTULO : Aplicación de cenizas de carbón para el mejoramiento de la subrasante, AA.HH. Los Ángeles, Lurigancho-Chosica, 2020  
 UBICACIÓN : AA.HH. Los Ángeles, Lurigancho-Chosica, 2020

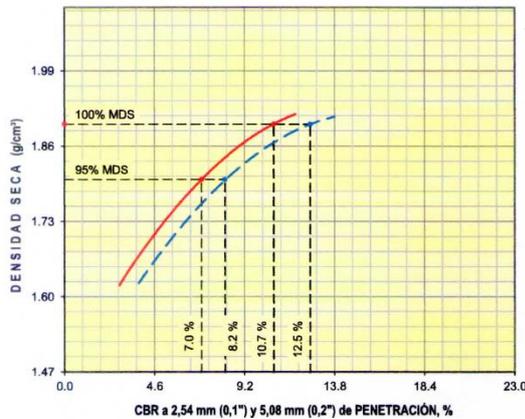
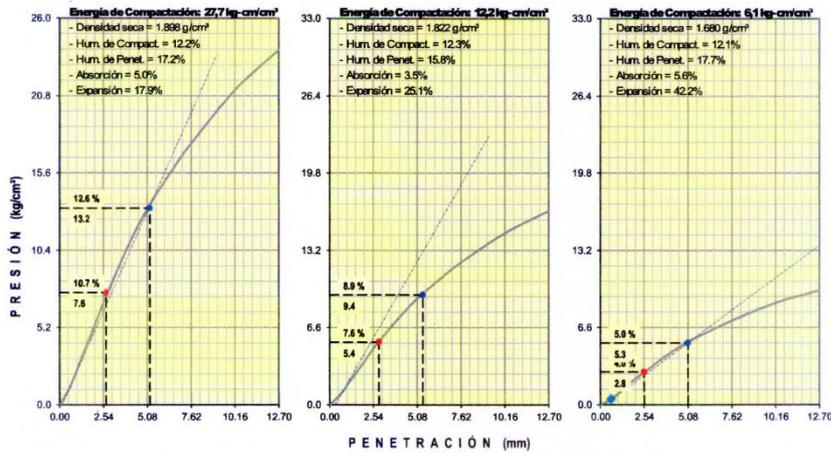
REGISTRO : 145/2020.GEOSUR  
 TÉCNICO : J.D.P.Q  
 FECHA : 15-jun.-2020

**REFERENCIAS DE LA CANTERA**

CALICATA : C-1 (Calle San Pedro)  
 MUESTRA : M-01

PROFUNDIDAD : 0.00 m - 1.50 m

CENIZA : 5%



**RESULTADOS DE ENSAYOS**

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

- Método de Compactación	"A"
- Máxima Densidad Seca, kg/cm³	1.897
- Óptimo Cont. de Humedad, %	12.2

**CBR (ASTM D-1883)**

- C.B.R. a 2,54 mm (0,1%) de Penetración	
C.B.R. al 100 % de la M.D.S., %	10.7
C.B.R. al 95 % de la M.D.S., %	7.0
- C.B.R. a 5,08 mm (0,2%) de Penetración	
C.B.R. al 100 % de la M.D.S., %	12.5
C.B.R. al 95 % de la M.D.S., %	8.2

**Caracterización del Suelo**

- Clasificación SUCS	CL
- Clasificación AASHTO	A-6(3)
- Gravedad Específica	

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

*Vicente Nicolás Radilla Aycho*  
 VICENTE NICOLÁS  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg CIP N° 177469

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

SOLICITANTE : Ricardo Jefferson Ramos Javier - Gerson Tedy Arias Manrique  
TÍTULO : Aplicación de cenizas de carbón para el mejoramiento de la subrasante, AA.HH. Los Angeles, Lurigancho-Chosica, 2020  
UBICACIÓN : AA.HH. Los Angeles, Lurigancho-Chosica, 2020

REGISTRO : 145/2020.GEOSUR  
TÉCNICO : J.D.P.Q  
FECHA : 4-jul-2020

**REFERENCIAS DE LA CANTERA**

CALICATA : C-1 (Calle San Pedro)  
MUESTRA : M-01 PROFUNDIDAD : 0.00 m - 1.50 m CENIZA : 10%

MOLDE N°	7		8		9	
CAPAS N°	5		5		5	
N° DE GOLPES POR CAPA	56		26		12	
CONDICIÓN DE LA MUESTRA	SIN EMBEBER	EMBEBIDO	SIN EMBEBER	EMBEBIDO	SIN EMBEBER	EMBEBIDO
PESO MOLDE + SUELO HUMEDO, g	9166.0	9405.0	8631.0	8913.0	8954.0	9343.0
PESO DEL MOLDE, g	4832.0	4832.0	4195.0	4195.0	5154.0	5154.0
PESO DEL SUELO HUMEDO, g	4334.0	4573.0	4436.0	4718.0	3800.0	4189.0
VOLUMEN DEL ESPECIMEN, cm³	2075.0	2491.8	2212.0	2860.5	2085.1	2919.1
DENSIDAD HUMEDA, g/cm³	2.089	1.835	2.005	1.649	1.822	1.435
DENSIDAD SECA	1.845	1.537	1.770	1.346	1.610	1.111
TARA N°	5	7	9	18	17	32
TARA + SUELO HUMEDO	595.9	605.2	528.4	642.9	580.8	698.2
TARA + SUELO SECO	550.6	537.5	490.3	561.4	534.6	586.8
PESO DEL AGUA	45.3	67.7	38.1	81.5	46.2	111.4
PESO DE LA TARA	206.2	188.4	203.9	199.4	184.8	205.4
PESO DEL SUELO SECO	344.4	349.1	286.4	362.0	349.8	381.4
% DE HUMEDAD	13.15	19.40	13.30	22.50	13.21	29.20
% PROMEDIO DE HUMEDAD	13.2		19.4		13.3	

EXPANSIÓN														
FECHA	HORA	TIEMPO DIAS	DIAL		EXPANSIÓN		DIAL		EXPANSIÓN					
			pulg	mm	mm	%	pulg	mm	%	pulg	mm	%		
27/06/2020	08:15 a. m.	0	0.000	0.00	0.00	S/E	0.000	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
01/07/2020	08:15 a. m.	4	0.900	22.86	20.09		1.400	35.56	29.32	1.800	45.72	40.00		

ABSORCIÓN			
MOLDE N°	7	8	9
Peso suelo húmedo + plato + molde, g	11671.0	11673.0	11374.0
Peso del plato + molde, g	7098.0	7155.0	7185.0
Peso suelo húmedo embebido, g	4573.0	4718.0	4189.0
Peso suelo húm. sin embeber, g	4334.0	4436.0	3800.0
Peso del agua absorbida, g	239.0	282.0	389.0
Peso del suelo seco, g	3828.6	3915.3	3356.9
Absorción de agua, %	6.2	7.2	11.6

PENETRACIÓN											
PENETRACIÓN		PRESIÓN PATRÓN kg/cm²	MOLDE N° 1			MOLDE N° 1			MOLDE N° 1		
mm	pulg		DIAL	CARGA kg	PRESIÓN kg/cm²	DIAL	CARGA kg	PRESIÓN kg/cm²	DIAL	CARGA kg	PRESIÓN kg/cm²
0.000	0.000		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.635	0.025		34.6	34.6	1.8	25.8	25.8	1.3	13.8	13.8	0.7
1.270	0.050		86.4	86.4	4.5	64.4	64.4	3.3	34.6	34.6	1.8
1.905	0.075		136.7	136.7	7.1	101.9	101.9	5.3	54.7	54.7	2.8
2.540	0.100	70.3	188.6	188.6	9.7	140.6	140.6	7.3	75.4	75.4	3.9
3.810	0.150		280.3	280.3	14.5	209.0	209.0	10.8	112.1	112.1	5.8
5.080	0.200	105.5	360.7	360.7	18.6	268.9	268.9	13.9	144.3	144.3	7.5
6.350	0.250		422.4	422.4	21.8	314.9	314.9	16.3	168.9	168.9	8.7
7.620	0.300		479.4	479.4	24.8	357.4	357.4	18.5	191.8	191.8	9.9
10.160	0.400		578.2	578.2	29.9	431.0	431.0	22.3	231.3	231.3	11.9
12.700	0.500		653.7	653.7	33.8	487.3	487.3	25.2	261.5	261.5	13.5

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

*Handwritten Signature*  
PADILLA AYCHO  
VICENTE SOLÍS  
INGENIERO CIVIL  
Reg CIP N° 177469

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

SOLICITANTE : Ricardo Jefferson Ramos Javier - Gerson Tedy Arias Manrique  
 TÍTULO : Aplicación de cenizas de carbón para el mejoramiento de la subrasante, AA.HH. Los Angeles, Lurigancho-Chosica, 2020  
 UBICACIÓN : AA.HH. Los Angeles, Lurigancho-Chosica, 2020

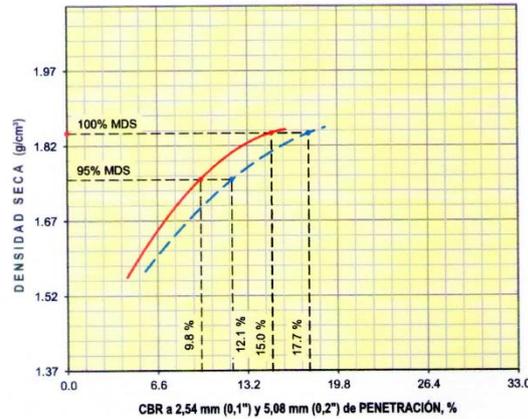
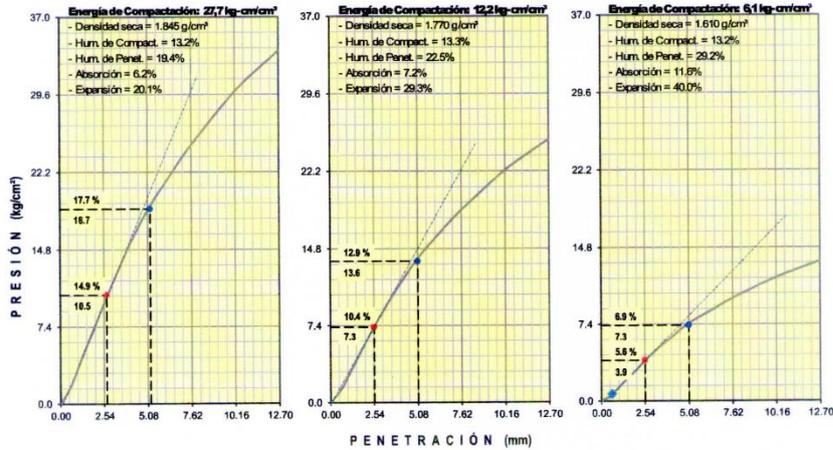
REGISTRO : 145/2020.GEOSUR  
 TÉCNICO : J.D.P.Q  
 FECHA : 4-jul.-2020

**REFERENCIAS DE LA CANTERA**

CALICATA : C-1 (Calle San Pedro)  
 MUESTRA : M-01

PROFUNDIDAD : 0.00 m - 1.50 m

CENIZA : 10%



**RESULTADOS DE ENSAYOS**

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

- Método de Compactación	"A"
- Máxima Densidad Seca, kg/cm³	1.845
- Óptimo Cont. de Humedad, %	13.2

**CBR (ASTM D-1883)**

- C.B.R. a 2,54 mm (0,1") de Penetración	
C.B.R. al 100 % de la M.D.S., %	15.0
C.B.R. al 95 % de la M.D.S., %	9.8
- C.B.R. a 5,08 mm (0,2") de Penetración	
C.B.R. al 100 % de la M.D.S., %	17.7
C.B.R. al 95 % de la M.D.S., %	12.1

**Caracterización del Suelo**

- Clasificación SUCS	CL
- Clasificación AASHTO	A-6(3)

**OBSERVACIONES:**

- Material proporcionado por el solicitante.

*Venturas*  
 PADILLA AYCO  
 VICENTE NICOLAS  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 177459  
 V.B. ING



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

SOLICITANTE : Ricardo Jefferson Ramos Javier - Gerson Tedy Arias Manrique  
TÍTULO : Aplicación de cenizas de carbón para el mejoramiento de la subrasante, AA.HH. Los Angeles, Lurigancho-Chosica, 2020  
UBICACIÓN : AA.HH. Los Angeles, Lurigancho-Chosica, 2020

REGISTRO : 145/2020.GEOSUR  
TÉCNICO : J.D.P.Q  
FECHA : 4-jul.-2020

**REFERENCIAS DE LA CANTERA**

CALICATA : C-1 (Calle San Pedro)  
MUESTRA : M-01 PROFUNDIDAD : 0.00 m - 1.50 m CENIZA : 15%

MOLDE N°	13		14		15	
CAPAS N°	5		5		5	
N° DE GOLPES POR CAPA	56		25		12	
CONDICIÓN DE LA MUESTRA	SIN EMBEBER	EMBEBIDO	SIN EMBEBER	EMBEBIDO	SIN EMBEBER	EMBEBIDO
PESO MOLDE + SUELO HÚMEDO, g	9419.0	9576.0	9149.0	9393.0	8703.0	9000.0
PESO DEL MOLDE, g	5048.0	5048.0	5115.0	5115.0	4950.0	4950.0
PESO DEL SUELO HÚMEDO, g	4371.0	4528.0	4034.0	4278.0	3753.0	4050.0
VOLUMEN DEL ESPECIMEN, cm <sup>3</sup>	2103.0	2334.6	2104.0	2521.2	2073.0	2582.9
DENSIDAD HUMEDA, g/cm <sup>3</sup>	2.078	1.940	1.917	1.697	1.810	1.568
DENSIDAD SECA	1.828	1.646	1.685	1.406	1.595	1.280
TARA N°	15	8	16	19	24	20
TARA + SUELO HÚMEDO	559.6	639.6	586.0	619.4	525.1	624.4
TARA + SUELO SECO	515.9	574.2	539.7	545.4	486.6	547.0
PESO DEL AGUA	43.7	65.4	46.3	74.0	38.5	77.4
PESO DE LA TARA	197.6	206.8	204.6	187.9	200.8	203.1
PESO DEL SUELO SECO	318.3	367.4	335.1	357.5	285.8	343.9
% DE HUMEDAD	13.73	17.80	13.82	20.70	13.47	22.50
% PROMEDIO DE HUMEDAD	13.7	17.8	13.8	20.7	13.5	22.5

**EXPANSIÓN**

FECHA	HORA	TIEMPO DIAS	DIAL pulg	EXPANSIÓN		DIAL pulg	EXPANSIÓN		DIAL pulg	EXPANSIÓN	
				mm	% S/E		mm	%		mm	%
27/06/2020	08:15 a. m.	0	0.000	0.00	S/E	0.000	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00
01/07/2020	08:15 a. m.	4	0.500	12.70	11.01	0.900	22.86	19.83	1.100	27.94	24.60

**ABSORCIÓN**

MOLDE N°	13	14	15
Peso suelo húmedo, + plato + molde, g	11626.0	11433.0	11235.0
Peso del plato + molde, g	7098.0	7155.0	7185.0
Peso suelo húmedo embebido, g	4528.0	4278.0	4050.0
Peso suelo húm. sin embeber, g	4371.0	4034.0	3753.0
Peso del agua absorbida, g	157.0	244.0	297.0
Peso del suelo seco, g	3844.3	3544.8	3306.6
Absorción de agua, %	4.1	6.9	9.0

**PENETRACIÓN**

PENETRACIÓN		PRESIÓN PATRÓN kg/cm <sup>2</sup>	MOLDE N° 1			MOLDE N° 1			MOLDE N° 1		
mm	pulg		DIAL	CARGA kg	PRESIÓN kg/cm <sup>2</sup>	DIAL	CARGA kg	PRESIÓN kg/cm <sup>2</sup>	DIAL	CARGA kg	PRESIÓN kg/cm <sup>2</sup>
0.000	0.000		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.635	0.025		40.9	40.9	2.1	27.7	27.7	1.4	20.1	20.1	1.0
1.270	0.050		102.1	102.1	5.3	69.1	69.1	3.6	50.3	50.3	2.6
1.905	0.075		161.6	161.6	8.3	109.4	109.4	5.7	79.5	79.5	4.1
2.540	0.100	70.3	222.9	222.9	11.5	150.9	150.9	7.8	109.7	109.7	5.7
3.810	0.150		331.3	331.3	17.1	224.3	224.3	11.6	163.1	163.1	8.4
5.080	0.200	105.5	426.2	426.2	22.0	286.5	286.5	14.9	209.8	209.8	10.8
6.350	0.250		499.2	499.2	25.8	337.9	337.9	17.5	245.7	245.7	12.7
7.620	0.300		566.6	566.6	29.3	383.6	383.6	19.8	278.9	278.9	14.4
10.160	0.400		683.3	683.3	35.3	462.5	462.5	23.9	336.4	336.4	17.4
12.700	0.500		772.5	772.5	39.9	522.9	522.9	27.0	380.3	380.3	19.6

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

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



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

SOLICITANTE : Ricardo Jefferson Ramos Javier - Gerson Tedy Arias Manrique  
 TÍTULO : Aplicación de cenizas de carbón para el mejoramiento de la subrasante, AA.HH. Los Ángeles, Lurigancho-Chosica, 2020  
 UBICACIÓN : AA.HH. Los Ángeles, Lurigancho-Chosica, 2020

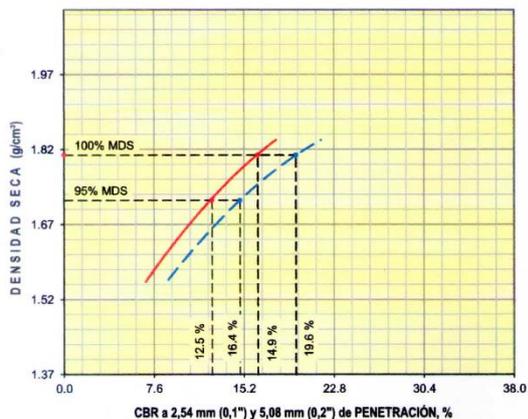
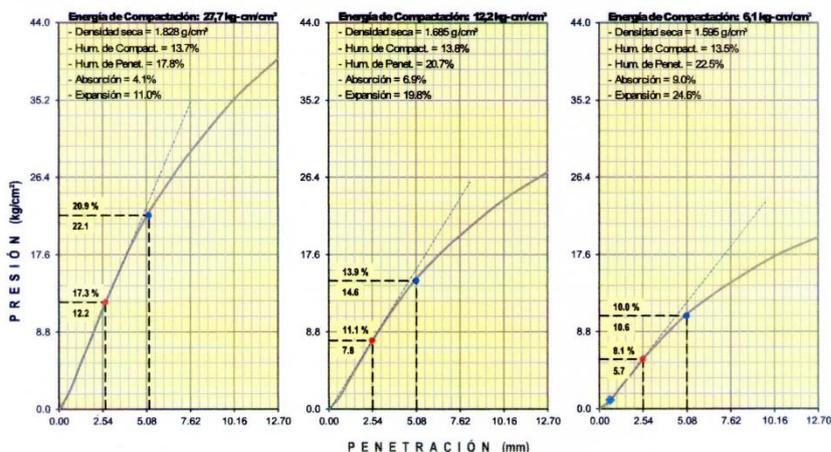
REGISTRO : 145/2020.GEOSUR  
 TÉCNICO : J.D.P.Q  
 FECHA : 4-jul.-2020

**REFERENCIAS DE LA CANTERA**

CALICATA : C-1 (Calle San Pedro)  
 MUESTRA : M-01

PROFUNDIDAD : 0.00 m - 1.50 m

CENIZA : 15%



**RESULTADOS DE ENSAYOS**

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

- Método de Compactación	"A"
- Máxima Densidad Seca, kg/cm³	<b>1.809</b>
- Óptimo Cont. de Humedad, %	<b>13.7</b>

**CBR (ASTM D-1883)**

- C.B.R. a 2,54 mm (0,1") de Penetración	
C.B.R. al 100 % de la M.D.S., %	<b>16.4</b>
C.B.R. al 95 % de la M.D.S., %	<b>12.5</b>
- C.B.R. a 5,08 mm (0,2") de Penetración	
C.B.R. al 100 % de la M.D.S., %	<b>19.6</b>
C.B.R. al 95 % de la M.D.S., %	<b>14.9</b>

**Caracterización del Suelo**

- Clasificación SUCS	CL
- Clasificación AASHTO	A-6(3)

OBSERVACIONES:  
 - Material proporcionado por el solicitante.

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



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

SOLICITANTE : Ricardo Jefferson Ramos Javier - Gerson Tedy Arias Manrique  
TÍTULO : Aplicación de cenizas de carbón para el mejoramiento de la subrasante, AA.HH. Los Angeles, Lurigancho-Chosica, 2020  
UBICACIÓN : AA.HH. Los Angeles, Lurigancho-Chosica, 2020

REGISTRO : 145/2020.GEOSUR  
TÉCNICO : J.D.P.Q  
FECHA : 3-jul.-2020

**REFERENCIAS DE LA CANTERA**

CALICATA : C-2 (Calle Los Angeles)  
MUESTRA : M-01 PROFUNDIDAD : 0.00 m - 1.50 m CENIZA : 0%

MOLDE N°	10		11		12	
CAPAS N°	5		5		5	
N° DE GOLPES POR CAPA	56		25		12	
CONDICIÓN DE LA MUESTRA	SIN EMBEBER	EMBEBIDO	SIN EMBEBER	EMBEBIDO	SIN EMBEBER	EMBEBIDO
PESO MOLDE + SUELO HÚMEDO, g	9349.0	9533.0	9380.0	9639.0	8940.0	9269.0
PESO DEL MOLDE, g	4984.0	4984.0	5096.0	5096.0	5095.0	5095.0
PESO DEL SUELO HÚMEDO, g	4365.0	4549.0	4284.0	4543.0	3845.0	4174.0
VOLUMEN DEL ESPECIMEN, cm <sup>3</sup>	2065.0	2482.0	2125.0	2634.6	2058.0	2892.1
DENSIDAD HUMEDA, g/cm <sup>3</sup>	2.114	1.833	2.016	1.724	1.868	1.443
DENSIDAD SECA	1.884	1.568	1.795	1.448	1.668	1.187
TARA N°	11	19	16	8	1	34
TARA + SUELO HÚMEDO	1045.3	1095.1	1065.0	1311.2	1147.3	1352.5
TARA + SUELO SECO	952.0	990.7	970.6	1158.9	1045.3	1156.1
PESO DEL AGUA	93.3	104.4	94.4	152.3	102.0	196.4
PESO DE LA TARA	187.4	187.9	204.6	206.8	192.4	193.2
PESO DEL SUELO SECO	764.6	802.8	766.0	952.1	852.9	962.9
% DE HUMEDAD	12.20	13.00	12.32	16.00	11.96	20.40
% PROMEDIO DE HUMEDAD	12.2	16.9	12.3	19.1	12.0	21.6

EXPANSIÓN											
FECHA	HORA	TIEMPO DIAS	EXPANSIÓN			EXPANSIÓN			EXPANSIÓN		
			DIAL pulg	EXPANSIÓN mm	% S/E	DIAL pulg	EXPANSIÓN mm	%	DIAL pulg	EXPANSIÓN mm	%
29/06/2020	08:15 a. m.	0	0.000	0.00		0.000	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00
03/07/2020	08:15 a. m.	4	0.900	22.86	20.19	1.100	27.94	23.98	1.800	45.72	40.53

ABSORCIÓN			
MOLDE N°	10	11	12
Peso suelo húmedo, + plato + molde, g	11647.0	11698.0	11359.0
Peso del plato + molde, g	7098.0	7155.0	7185.0
Peso suelo húmedo embebido, g	4549.0	4543.0	4174.0
Peso suelo húm. sin embeber, g	4365.0	4284.0	3845.0
Peso del agua absorbida, g	184.0	259.0	329.0
Peso del suelo seco, g	3890.4	3814.8	3433.0
Absorción de agua, %	4.7	6.8	9.6

PENETRACION											
PENETRACIÓN		PRESIÓN PATRÓN kg/cm <sup>2</sup>	MOLDE N° 1			MOLDE N° 1			MOLDE N° 1		
mm	pulg		DIAL	CARGA kg	PRESIÓN kg/cm <sup>2</sup>	DIAL	CARGA kg	PRESIÓN kg/cm <sup>2</sup>	DIAL	CARGA kg	PRESIÓN kg/cm <sup>2</sup>
0.000	0.000		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.635	0.025		16.5	16.5	0.9	10.7	10.7	0.6	6.8	6.8	0.3
1.270	0.050		41.3	41.3	2.1	32.9	32.9	1.7	18.3	18.3	0.9
1.905	0.075		65.3	65.3	3.4	53.6	53.6	2.8	33.8	33.8	1.7
2.540	0.100	70.3	90.0	90.0	4.6	75.0	75.0	3.9	46.3	46.3	2.4
3.810	0.150		133.8	133.8	6.9	103.6	103.6	5.4	72.4	72.4	3.7
5.080	0.200	105.5	172.1	172.1	8.9	125.6	125.6	6.5	92.4	92.4	4.8
6.350	0.250		201.6	201.6	10.4	146.8	146.8	7.6	113.0	113.0	5.8
7.620	0.300		228.8	228.8	11.8	165.4	165.4	8.5	129.9	129.9	6.7
10.160	0.400		275.9	275.9	14.3	197.1	197.1	10.2	157.5	157.5	8.1
12.700	0.500		312.0	312.0	16.1	222.5	222.5	11.5	176.8	176.8	9.1

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

*Vicente Ing. Olas*  
VICENTE ING. OLAS  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP N° 177469



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

SOLICITANTE : Ricardo Jefferson Ramos Javier - Gerson Tedy Arias Manrique  
 TÍTULO : Aplicación de cenizas de carbón para el mejoramiento de la subrasante, AA.HH. Los Ángeles, Lurigancho-Chosica, 2020  
 UBICACIÓN : AA.HH. Los Ángeles, Lurigancho-Chosica, 2020

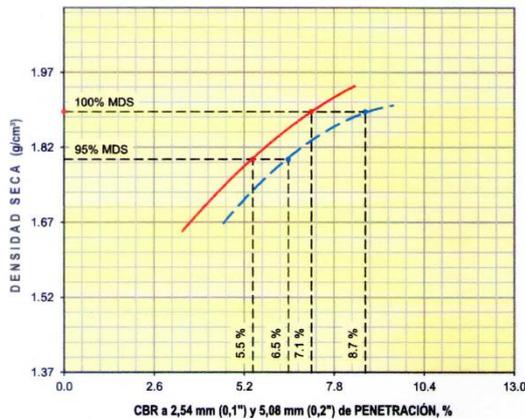
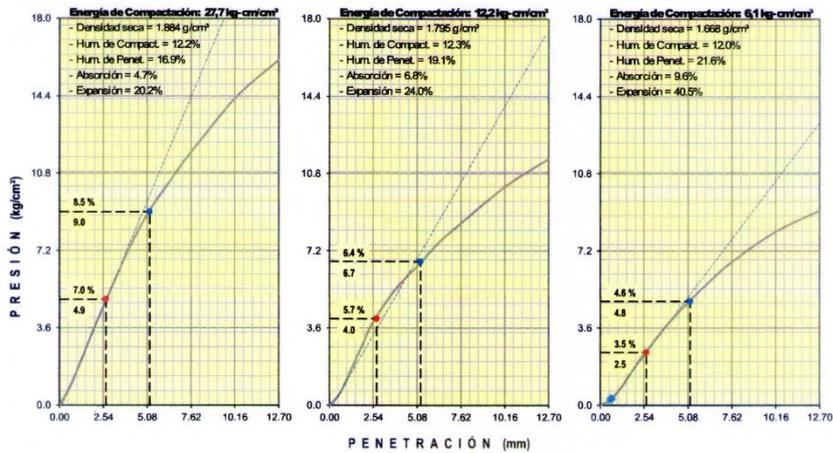
REGISTRO : 145/2020.GEOSUR  
 TÉCNICO : J.D.P.Q  
 FECHA : 3-jul-2020

**REFERENCIAS DE LA CANTERA**

CALICATA : C-2 (Calle Los Ángeles)  
 MUESTRA : M-01

PROFUNDIDAD : 0.00 m - 1.50 m

CENIZA : 0%



RESULTADOS DE ENSAYOS	
<b>Proctor Modificado (ASTM D-1557)</b>	
- Método de Compactación	"A"
- Máxima Densidad Seca, kg/cm³	<b>1.891</b>
- Óptimo Cont. de Humedad, %	<b>12.3</b>
<b>CBR (ASTM D-1883)</b>	
- C.B.R. a 2,54 mm (0,1") de Penetración	
C.B.R. al 100 % de la M.D.S., %	<b>7.1</b>
C.B.R. al 95 % de la M.D.S., %	<b>5.5</b>
- C.B.R. a 5,08 mm (0,2") de Penetración	
C.B.R. al 100 % de la M.D.S., %	<b>8.7</b>
C.B.R. al 95 % de la M.D.S., %	<b>6.5</b>
<b>Caracterización del Suelo</b>	
- Clasificación SUCS	CL
- Clasificación AASHTO	A-6(4)

OBSERVACIONES:  
 - Material proporcionado por el solicitante.

*[Firma]*  
 FADIL LA AYCO  
 VICENTE NICOLAS  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg CIP N° 177469



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

SOLICITANTE : Ricardo Jefferson Ramos Javier - Gerson Tedy Arias Manrique  
TÍTULO : Aplicación de cenizas de carbón para el mejoramiento de la subrasante, AA.HH. Los Angeles, Lurigancho-Chosica, 2020  
UBICACIÓN : AA.HH. Los Angeles, Lurigancho-Chosica, 2020

REGISTRO : 145/2020.GEOSUR  
TÉCNICO : J.D.P.Q  
FECHA : 4-jul-2020

**REFERENCIAS DE LA CANTERA**

CALICATA : C-2 (Calle los Angeles)  
MUESTRA : M-01 PROFUNDIDAD : 0.00 m - 1.50 m CENIZA : 5%

MOLDE N°	7		8		9	
CAPAS N°	5		5		5	
N° DE GOLPES POR CAPA	56		26		12	
CONDICIÓN DE LA MUESTRA	SIN EMBEBER	EMBEBIDO	SIN EMBEBER	EMBEBIDO	SIN EMBEBER	EMBEBIDO
PESO MOLDE + SUELO HUMEDO, g	9230.0	9366.0	8692.0	8914.0	9155.0	9411.0
PESO DEL MOLDE, g	4832.0	4832.0	4195.0	4195.0	5154.0	5154.0
PESO DEL SUELO HUMEDO, g	4398.0	4534.0	4497.0	4719.0	4001.0	4257.0
VOLUMEN DEL ESPECIMEN, cm³	2075.0	2399.2	2212.0	2721.5	2085.1	2780.1
DENSIDAD HUMEDA, g/cm³	2.120	1.890	2.033	1.734	1.919	1.531
DENSIDAD SECA	1.879	1.625	1.807	1.468	1.704	1.278
TARA N°	1	19	21	19	41	25
TARA + SUELO HUMEDO	591.3	624.7	592.9	658.4	532.0	601.8
TARA + SUELO SECO	546.0	563.5	549.4	586.3	494.0	534.6
PESO DEL AGUA	45.3	61.2	43.5	72.1	38.0	67.2
PESO DE LA TARA	192.4	187.9	200.0	187.9	193.9	195.1
PESO DEL SUELO SECO	353.6	375.6	349.4	398.4	300.1	339.5
% DE HUMEDAD	12.81	16.30	12.45	18.10	12.66	19.80
% PROMEDIO DE HUMEDAD	12.8	16.3	12.5	18.1	12.6	19.8

EXPANSIÓN											
FECHA	HORA	TIEMPO DIAS	EXPANSIÓN			EXPANSIÓN			EXPANSIÓN		
			DIAL pulg	EXPANSIÓN mm	% S/E	DIAL pulg	EXPANSIÓN mm	%	DIAL pulg	EXPANSIÓN mm	%
27/06/2020	08:15 a. m.	0	0.000	0.00		0.000	0.00		0.000	0.00	
01/07/2020	08:15 a. m.	4	0.700	17.78	15.62	1.100	27.94	23.03	1.500	38.10	33.33

ABSORCIÓN			
MOLDE N°	7	8	9
Peso suelo húmedo, + plato + molde, g	11632.0	11874.0	11442.0
Peso del plato + molde, g	7098.0	7155.0	7185.0
Peso suelo húmedo embebido, g	4534.0	4719.0	4257.0
Peso suelo húm. sin embeber, g	4398.0	4497.0	4001.0
Peso del agua absorbida, g	136.0	222.0	256.0
Peso del suelo seco, g	3898.9	3997.3	3553.3
Absorción de agua, %	3.5	5.6	7.2

PENETRACIÓN											
PENETRACIÓN		PRESIÓN PATRÓN kg/cm²	MOLDE N° 1			MOLDE N° 1			MOLDE N° 1		
mm	pulg		DIAL	CARGA kg	PRESIÓN kg/cm²	DIAL	CARGA kg	PRESIÓN kg/cm²	DIAL	CARGA kg	PRESIÓN kg/cm²
0.000	0.000		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.635	0.025		21.4	21.4	1.1	16.0	16.0	0.8	9.7	9.7	0.5
1.270	0.050		53.4	53.4	2.8	40.1	40.1	2.1	24.4	24.4	1.3
1.905	0.075		84.5	84.5	4.4	63.4	63.4	3.3	38.5	38.5	2.0
2.540	0.100	70.3	116.6	116.6	6.0	87.4	87.4	4.5	53.1	53.1	2.7
3.810	0.150		173.3	173.3	9.0	130.0	130.0	6.7	79.0	79.0	4.1
5.080	0.200	105.5	223.0	223.0	11.5	167.2	167.2	8.6	101.6	101.6	5.3
6.350	0.250		261.1	261.1	13.5	195.8	195.8	10.1	119.0	119.0	6.1
7.620	0.300		296.4	296.4	15.3	222.3	222.3	11.5	135.1	135.1	7.0
10.160	0.400		357.4	357.4	18.5	268.1	268.1	13.8	162.9	162.9	8.4
12.700	0.500		404.1	404.1	20.9	303.1	303.1	15.7	184.2	184.2	9.5

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

*Vicente Nicolás*  
VICENTE NICOLAS  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP 14677469

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

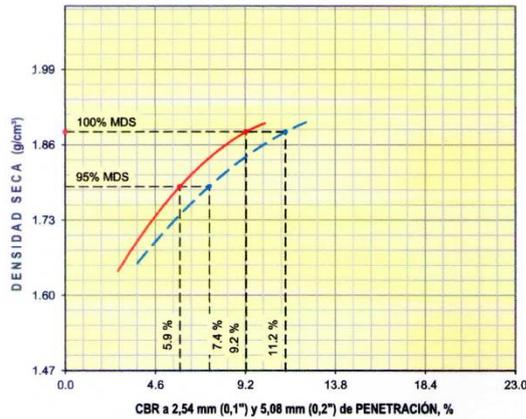
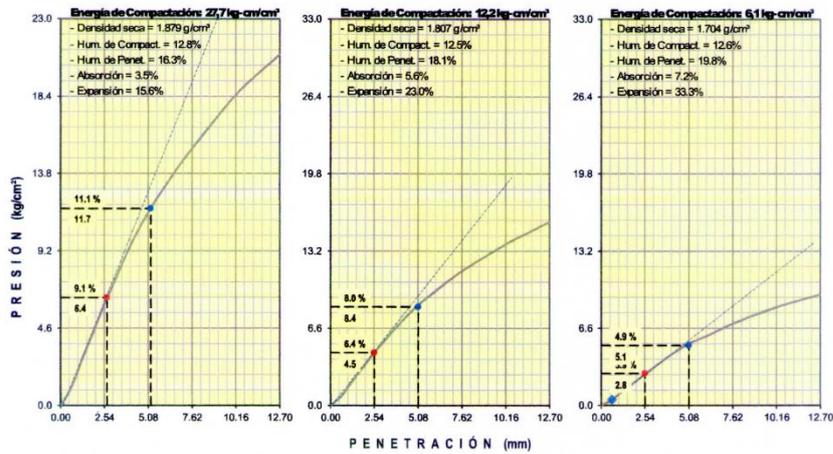
SOLICITANTE : Ricardo Jefferson Ramos Javier - Gerson Tedy Arias Manrique  
 TÍTULO : Aplicación de cenizas de carbón para el mejoramiento de la subrasante, AA.HH. Los Angeles, Lurigancho-Chosica, 2020  
 UBICACIÓN : AA.HH. Los Angeles, Lurigancho-Chosica, 2020

REGISTRO : 145/2020.GEOSUR  
 TÉCNICO : J.D.P.Q  
 FECHA : 4-jul.-2020

REFERENCIAS DE LA CANTERA  
 CALICATA : C-2 (Calle los Angeles)  
 MUESTRA : M-01

PROFUNDIDAD : 0.00 m - 1.50 m

CENIZA : 5%



**RESULTADOS DE ENSAYOS**

<b>Proctor Modificado (ASTM D-1557)</b>	
- Método de Compactación	"A"
- Máxima Densidad Seca, kg/cm³	<b>1.882</b>
- Óptimo Cont. de Humedad, %	<b>12.7</b>
<b>CBR (ASTM D-1883)</b>	
- C.B.R. a 2,54 mm (0,1") de Penetración	
C.B.R. al 100 % de la M.D.S., %	<b>9.2</b>
C.B.R. al 95 % de la M.D.S., %	<b>5.9</b>
- C.B.R. a 5,08 mm (0,2") de Penetración	
C.B.R. al 100 % de la M.D.S., %	<b>11.2</b>
C.B.R. al 95 % de la M.D.S., %	<b>7.4</b>
<b>Caracterización del Suelo</b>	
- Clasificación SUCS	CL
- Clasificación AASHTO	A-6(3)
- Gravedad Específica	
<b>OBSERVACIONES:</b>	
- Material proporcionado por el solicitante.	

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



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

SOLICITANTE : Ricardo Jefferson Ramos Javier - Gerson Tedy Arias Manrique  
 TÍTULO : Aplicación de cenizas de carbón para el mejoramiento de la subrasante, AA.HH. Los Angeles, Lurigancho-Chosica, 2020  
 UBICACIÓN : AA.HH. Los Angeles, Lurigancho-Chosica, 2020  
 REGISTRO : 145/2020.GEOSUR  
 TÉCNICO : J.D.P.Q  
 FECHA : 4-Jul.-2020

REFERENCIAS DE LA CANTERA  
 CALICATA : C-2 (Calle los Ángeles)  
 MUESTRA : M-01

PROFUNDIDAD : 0.00 m - 1.50 m CENIZA : 10%

MOLDE N°	11		12		13	
CAPAS N°	5		5		5	
N° DE GOLPES POR CAPA	56		24		12	
CONDICIÓN DE LA MUESTRA	SIN EMBEBER	EMBEBIDO	SIN EMBEBER	EMBEBIDO	SIN EMBEBER	EMBEBIDO
PESO MOLDE + SUELO HUMEDO, g	9573.0	9701.0	9263.0	9489.0	8956.0	9217.0
PESO DEL MOLDE, g	5096.0	5096.0	5095.0	5095.0	5048.0	5048.0
PESO DEL SUELO HUMEDO, g	4477.0	4605.0	4168.0	4394.0	3908.0	4169.0
VOLUMEN DEL ESPECIMEN, cm³	2125.0	2495.6	2058.0	2660.4	2103.0	2844.2
DENSIDAD HUMEDA, g/cm³	2.107	1.845	2.025	1.652	1.858	1.466
DENSIDAD SECA	1.876	1.598	1.802	1.394	1.652	1.221
TARA N°	8	9	15	17	11	32
TARA + SUELO HUMEDO	580.9	582.7	518.9	573.7	553.4	666.1
TARA + SUELO SECO	540.0	531.9	483.6	513.0	512.8	589.3
PESO DEL AGUA	40.9	50.8	35.3	60.7	40.6	76.8
PESO DE LA TARA	206.8	203.9	197.6	184.8	187.4	205.4
PESO DEL SUELO SECO	333.2	328.0	286.0	328.2	325.4	383.9
% DE HUMEDAD	12.27	15.50	12.34	18.50	12.48	20.00
% PROMEDIO DE HUMEDAD	12.3	15.5	12.4	18.5	12.5	20.0

FECHA	HORA	TIEMPO DÍAS	EXPANSIÓN			EXPANSIÓN			EXPANSIÓN		
			DIAL pulg	EXPANSIÓN mm	%	DIAL pulg	EXPANSIÓN mm	%	DIAL pulg	EXPANSIÓN mm	%
27/06/2020	08:15 a. m.	0	0.000	0.00	S/E	0.000	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00
01/07/2020	08:15 a. m.	4	0.800	20.32	17.44	1.300	33.02	29.27	1.600	40.64	35.25

MOLDE N°	11		12		13	
Peso suelo húmedo. + plato + molde, g	11703.0		11549.0		11354.0	
Peso del plato + molde, g	7098.0		7155.0		7185.0	
Peso suelo húmedo embebido, g	4605.0		4394.0		4169.0	
Peso suelo húm. sin embeber, g	4477.0		4168.0		3908.0	
Peso del agua absorbida, g	128.0		226.0		261.0	
Peso del suelo seco, g	3966.6		3708.2		3473.8	
Absorción de agua, %	3.2		6.1		7.5	

PENETRACIÓN		PRESIÓN PATRÓN kg/cm²	MOLDE N° 1			MOLDE N° 1			MOLDE N° 1		
mm	pulg		DIAL	CARGA kg	PRESIÓN kg/cm²	DIAL	CARGA kg	PRESIÓN kg/cm²	DIAL	CARGA kg	PRESIÓN kg/cm²
0.000	0.000		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.635	0.025		31.4	31.4	1.6	24.5	24.5	1.3	17.0	17.0	0.9
1.270	0.050		78.6	78.6	4.1	61.3	61.3	3.2	42.4	42.4	2.2
1.905	0.075		124.3	124.3	6.4	96.9	96.9	5.0	67.1	67.1	3.5
2.540	0.100	70.3	171.4	171.4	8.9	133.7	133.7	6.9	92.6	92.6	4.8
3.810	0.150		254.8	254.8	13.2	198.8	198.8	10.3	137.6	137.6	7.1
5.080	0.200	105.5	327.9	327.9	16.9	255.7	255.7	13.2	177.1	177.1	9.1
6.350	0.250		384.0	384.0	19.8	299.5	299.5	15.5	207.3	207.3	10.7
7.620	0.300		435.9	435.9	22.5	340.0	340.0	17.6	235.4	235.4	12.2
10.160	0.400		525.6	525.6	27.2	410.0	410.0	21.2	283.8	283.8	14.7
12.700	0.500		594.2	594.2	30.7	463.5	463.5	23.9	320.9	320.9	16.6

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

*Vicente Avcho*  
 VICENTE AVCHO  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg CIP N° 177469

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

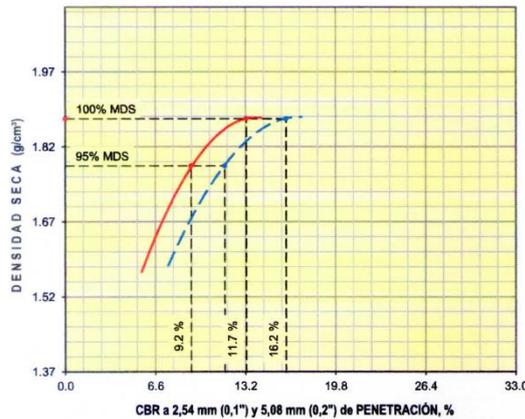
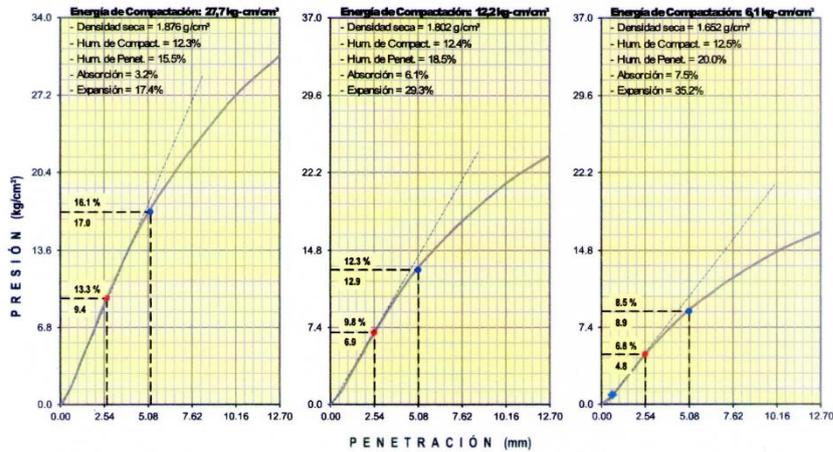
SOLICITANTE : Ricardo Jefferson Ramos Javier - Gerson Tedy Arias Manrique  
 TÍTULO : Aplicación de cenizas de carbón para el mejoramiento de la subrasante, AA.HH. Los Angeles, Lurigancho-Chosica, 2020  
 UBICACIÓN : AA.HH. Los Angeles, Lurigancho-Chosica, 2020

REGISTRO : 145/2020.GEOSUR  
 TÉCNICO : J.D.P.Q  
 FECHA : 4-jul.-2020

REFERENCIAS DE LA CANTERA  
 CALICATA : C-2 (Calle los Angeles)  
 MUESTRA : M-01

PROFUNDIDAD : 0.00 m - 1.50 m

CENIZA : 10%



RESULTADOS DE ENSAYOS	
<b>Proctor Modificado (ASTM D-1557)</b>	
- Método de Compactación	"A"
- Máxima Densidad Seca, kg/cm³	<b>1.876</b>
- Óptimo Cont. de Humedad, %	<b>12.4</b>
<b>CBR (ASTM D-1883)</b>	
- C.B.R. a 2,54 mm (0,1") de Penetración	
C.B.R. al 100 % de la M.D.S., %	<b>13.3</b>
C.B.R. al 95 % de la M.D.S., %	<b>9.2</b>
- C.B.R. a 5,08 mm (0,2") de Penetración	
C.B.R. al 100 % de la M.D.S., %	<b>16.2</b>
C.B.R. al 95 % de la M.D.S., %	<b>11.7</b>
<b>Caracterización del Suelo</b>	
- Clasificación SUCS	CL
- Clasificación AASHTO	A-6(4)

OBSERVACIONES:  
 - Material proporcionado por el solicitante.

*Vicente Nicolás Padilla Aycho*  
 PADILLA AYCHO  
 VICENTE NICOLAS  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg CIP N° 177469

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

SOLICITANTE : Ricardo Jefferson Ramos Javier - Gerson Tedy Arias Manrique  
TÍTULO : Aplicación de cenizas de carbón para el mejoramiento de la subrasante, AA.HH. Los Angeles, Lurigancho-Chosica, 2020  
UBICACIÓN : AA.HH. Los Angeles, Lurigancho-Chosica, 2020

REGISTRO : 145/2020.GEOSUR  
TÉCNICO : J.D.P.Q.  
FECHA : 4-Jul.-2020

**REFERENCIAS DE LA CANTERA**

CALICATA : C-2 (Calle Los Angeles)  
MUESTRA : M-01 PROFUNDIDAD : 0.00 m - 1.50 m CENIZA : 15%

MOLDE N°	16		17		18	
CAPAS N°	5		5		5	
N° DE GOLPES POR CAPA	56		25		13	
CONDICIÓN DE LA MUESTRA	SIN EMBEBER	EMBEBIDO	SIN EMBEBER	EMBEBIDO	SIN EMBEBER	EMBEBIDO
PESO MOLDE + SUELO HÚMEDO, g	9318.0	9741.0	9261.0	9534.0	8997.0	9243.0
PESO DEL MOLDE, g	4957.0	4957.0	5017.0	5017.0	5009.0	5009.0
PESO DEL SUELO HÚMEDO, g	4361.0	4784.0	4244.0	4517.0	3988.0	4234.0
VOLUMEN DEL ESPECIMEN, cm³	2077.0	2401.2	2092.0	2601.6	2131.0	2778.8
DENSIDAD HÚMEDA, g/cm³	2.100	1.992	2.029	1.736	1.871	1.523
DENSIDAD SECA	1.862	1.703	1.800	1.453	1.659	1.271
TARA N°	8	9	15	17	11	32
TARA + SUELO HÚMEDO	547.9	655.1	539.9	623.5	573.8	687.3
TARA + SUELO SECO	509.3	589.9	501.4	551.9	529.9	604.3
PESO DEL AGUA	38.6	65.2	38.5	71.6	43.9	83.0
PESO DE LA TARA	206.8	203.9	197.6	184.8	187.4	205.4
PESO DEL SUELO SECO	302.5	386.0	303.8	367.1	342.5	398.9
% DE HUMEDAD	12.76	16.90	12.67	19.50	12.82	20.80
% PROMEDIO DE HUMEDAD	12.8	17.0	12.7	19.5	12.8	19.8

**EXPANSIÓN**

FECHA	HORA	TIEMPO DÍAS	EXPANSIÓN			EXPANSIÓN			EXPANSIÓN		
			DIAL pulg	mm	%	DIAL pulg	mm	%	DIAL pulg	mm	%
27/06/2020	08:15 a. m.	0	0.000	0.00	S/E	0.000	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00
01/07/2020	08:15 a. m.	4	0.700	17.78	15.61	1.100	27.94	24.36	1.400	35.56	30.45

**ABSORCIÓN**

MOLDE N°	16	17	18
Peso suelo húmedo. + plato + molde, g	11882.0	11672.0	11418.0
Peso del plato + molde, g	7098.0	7155.0	7185.0
Peso suelo húmedo embebido, g	4784.0	4517.0	4234.0
Peso suelo húm. sin embeber, g	4361.0	4244.0	3988.0
Peso del agua absorbida, g	423.0	273.0	246.0
Peso del suelo seco, g	3866.1	3765.7	3535.5
Absorción de agua, %	4.2	6.8	7.0

**PENETRACIÓN**

PENETRACIÓN		PRESIÓN PATRÓN kg/cm²	MOLDE N° 1			MOLDE N° 1			MOLDE N° 1		
mm	pulg		DIAL	CARGA kg	PRESIÓN kg/cm²	DIAL	CARGA kg	PRESIÓN kg/cm²	DIAL	CARGA kg	PRESIÓN kg/cm²
0.000	0.000		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.635	0.025		37.7	37.7	1.9	28.6	28.6	1.5	20.1	20.1	1.0
1.270	0.050		94.3	94.3	4.9	71.5	71.5	3.7	50.3	50.3	2.6
1.905	0.075		149.1	149.1	7.7	113.1	113.1	5.8	79.5	79.5	4.1
2.540	0.100	70.3	205.7	205.7	10.6	156.0	156.0	8.1	109.7	109.7	5.7
3.810	0.150		305.8	305.8	15.8	231.9	231.9	12.0	163.1	163.1	8.4
5.080	0.200	105.5	393.4	393.4	20.3	298.4	298.4	15.4	209.8	209.8	10.8
6.350	0.250		460.8	460.8	23.8	349.4	349.4	18.1	245.7	245.7	12.7
7.620	0.300		523.0	523.0	27.0	396.6	396.6	20.5	278.9	278.9	14.4
10.160	0.400		630.7	630.7	32.6	478.3	478.3	24.7	336.4	336.4	17.4
12.700	0.500		713.1	713.1	36.8	540.8	540.8	27.9	380.3	380.3	19.6

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

*Vicente Aycho*  
VICENTE AYCHO  
INGENIERO CIVIL  
Reg CIP N° 177469

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

SOLICITANTE : Ricardo Jefferson Ramos Javier - Gerson Tedy Arias Manrique  
 TÍTULO : Aplicación de cenizas de carbón para el mejoramiento de la subrasante, AA.HH. Los Angeles, Lurigancho-Chosica, 2020  
 UBICACIÓN : AA.HH. Los Angeles, Lurigancho-Chosica, 2020

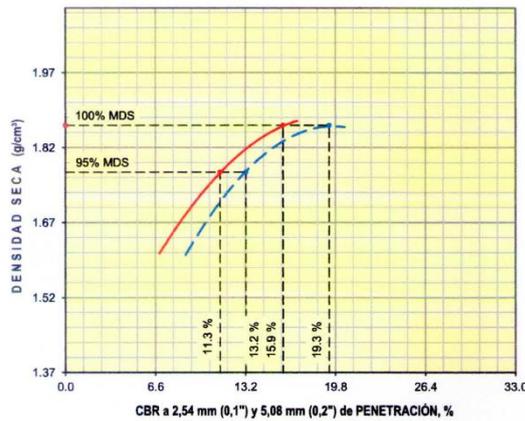
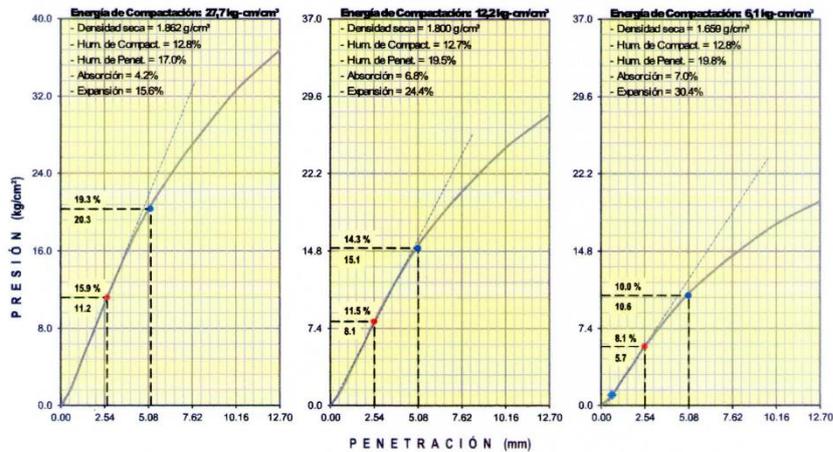
REGISTRO : 145/2020.GEOSUR  
 TÉCNICO : J.D.P.Q  
 FECHA : 4-jul-2020

**REFERENCIAS DE LA CANTERA**

CALICATA : C-2 (Calle Los Angeles)  
 MUESTRA : M-01

PROFUNDIDAD : 0.00 m - 1.50 m

CENIZA : 15%



RESULTADOS DE ENSAYOS	
<b>Proctor Modificado (ASTM D-1557)</b>	
- Método de Compactación	"A"
- Máxima Densidad Seca, kg/cm³	<b>1.864</b>
- Óptimo Cont. de Humedad, %	<b>12.7</b>
<b>CBR (ASTM D-1883)</b>	
- C.B.R. a 2,54 mm (0,1") de Penetración	
- C.B.R. al 100 % de la M.D.S., %	<b>15.9</b>
- C.B.R. al 95 % de la M.D.S., %	<b>11.3</b>
- C.B.R. a 5,08 mm (0,2") de Penetración	
- C.B.R. al 100 % de la M.D.S., %	<b>19.3</b>
- C.B.R. al 95 % de la M.D.S., %	<b>13.2</b>
<b>Caracterización del Suelo</b>	
- Clasificación SUCS	CL
- Clasificación AASHTO	A-6(4)

OBSERVACIONES:  
 - Material proporcionado por el solicitante.

*Manuel Padilla Aycho*  
 PADILLA AYCHO  
 VICENTE NICOLAS  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 8719689

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

SOLICITANTE : Ricardo Jefferson Ramos Javier - Gerson Tedy Arias Manrique  
 TÍTULO : Aplicación de cenizas de carbón para el mejoramiento de la subrasante, AA.HH. Los Angeles, Lurigancho-Chosica, 2020  
 UBICACIÓN : AA.HH. Los Angeles, Lurigancho-Chosica, 2020  
 REGISTRO : 145/2020.GEOSUR  
 TÉCNICO : J.D.P.Q  
 FECHA : 15-jun-2020

REFERENCIAS DE LA CANTERA  
 CALICATA : C-3 (Calle Colectora)  
 MUESTRA : M-01 PROFUNDIDAD : 0.00 m - 1.50 m CENIZA : 0%

MOLDE N°	13		14		15	
CAPAS N°	5		5		5	
N° DE GOLPES POR CAPA	56		25		12	
CONDICIÓN DE LA MUESTRA	SIN EMBEBER	EMBEBIDO	SIN EMBEBER	EMBEBIDO	SIN EMBEBER	EMBEBIDO
PESO MOLDE + SUELO HUMEDO, g	9481.0	9597.0	9380.0	9658.0	8793.0	9124.0
PESO DEL MOLDE, g	5048.0	5048.0	5115.0	5115.0	4950.0	4950.0
PESO DEL SUELO HUMEDO, g	4433.0	4549.0	4265.0	4543.0	3843.0	4174.0
VOLUMEN DEL ESPECIMEN, cm³	2103.0	2496.8	2104.0	2567.5	2073.0	2363.7
DENSIDAD HUMEDA, g/cm³	2.108	1.822	2.027	1.769	1.854	1.413
DENSIDAD SECA	1.867	1.543	1.802	1.479	1.642	1.149
TARA N°	5	7	9	2	12	47
TARA + SUELO HUMEDO	603.2	656.1	593.6	608.0	513.3	638.5
TARA + SUELO SECO	557.8	584.4	550.4	539.6	476.2	555.2
PESO DEL AGUA	45.4	71.7	43.2	68.4	37.1	83.3
PESO DE LA TARA	206.2	188.4	203.9	190.5	188.8	193.2
PESO DEL SUELO SECO	351.6	366.0	346.5	349.1	287.4	362.0
% DE HUMEDAD	12.91	18.10	12.47	19.60	12.91	23.00
% PROMEDIO DE HUMEDAD	12.9	18.1	12.5	19.6	12.9	23.0

EXPANSIÓN										
FECHA	HORA	TIEMPO DIAS	DIAL pulg	EXPANSIÓN mm	%	DIAL pulg	EXPANSIÓN mm	%	DIAL pulg	EXPANSIÓN mm
16/06/2020	08:15 a.m.	0	0.000	0.00	S/E	0.000	0.00	0.00	0.000	0.00
20/06/2020	08:15 a.m.	4	0.850	21.59	18.73	1.000	25.40	22.03	1.900	48.26

ABSORCIÓN						
MOLDE N°	13		14		15	
Peso suelo húmedo + plato + molde, g	11647.0		11698.0		11359.0	
Peso del plato + molde, g	7098.0		7155.0		7185.0	
Peso suelo húmedo embebido, g	4549.0		4543.0		4174.0	
Peso suelo hum. sin embeber, g	4433.0		4265.0		3843.0	
Peso del agua absorbida, g	116.0		278.0		331.0	
Peso del suelo seco, g	3926.5		3791.1		3403.9	
Absorción de agua, %	5.2		7.1		10.1	

PENETRACIÓN											
PENETRACIÓN		PRESIÓN PATRÓN kg/cm²	MOLDE N° 1			MOLDE N° 1			MOLDE N° 1		
mm	pulg		DIAL	CARGA kg	PRESIÓN kg/cm²	DIAL	CARGA kg	PRESIÓN kg/cm²	DIAL	CARGA kg	PRESIÓN kg/cm²
0.000	0.000		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.635	0.025		17.2	17.2	0.9	20.8	20.8	1.1	7.8	7.8	0.4
1.270	0.050		43.1	43.1	2.2	40.2	40.2	2.1	21.2	21.2	1.1
1.905	0.075		68.2	68.2	3.5	63.7	63.7	3.3	39.1	39.1	2.0
2.540	0.100	70.3	94.0	94.0	4.9	83.8	83.8	4.3	53.6	53.6	2.8
3.810	0.150		139.7	139.7	7.2	115.7	115.7	6.0	83.8	83.8	4.3
5.080	0.200	105.5	179.8	179.8	9.3	140.2	140.2	7.2	107.1	107.1	5.5
6.350	0.250		210.5	210.5	10.9	163.9	163.9	8.5	130.9	130.9	6.8
7.620	0.300		239.0	239.0	12.3	184.7	184.7	9.5	150.5	150.5	7.8
10.160	0.400		288.2	288.2	14.9	220.1	220.1	11.4	182.5	182.5	9.4
12.700	0.500		325.8	325.8	16.8	248.5	248.5	12.8	204.8	204.8	10.6

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

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



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

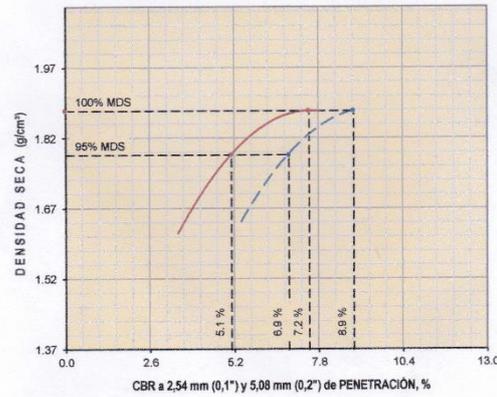
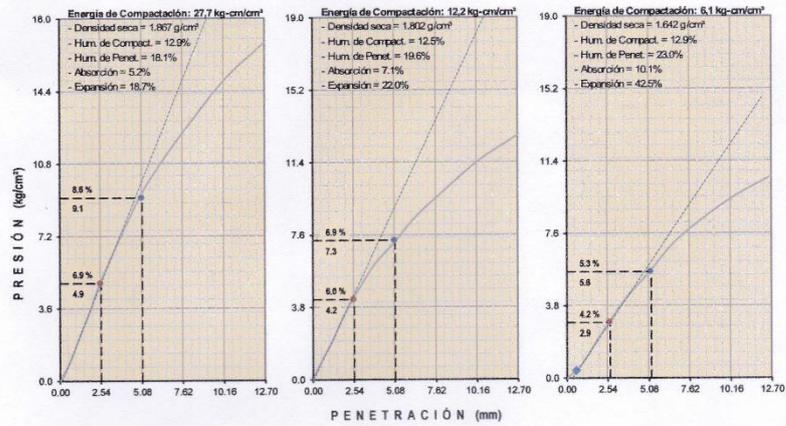
SOLICITANTE : Ricardo Jefferson Ramos Javier - Gerson Tedy Arias Manrique  
 TÍTULO : Aplicación de cenizas de carbón para el mejoramiento de la subrasante, AA.HH. Los Ángeles, Lurigancho-Chosica, 2020  
 UBICACIÓN : AA.HH. Los Ángeles, Lurigancho-Chosica, 2020

REGISTRO : 145/2020.GEOSUR  
 TÉCNICO : J.D.P.Q  
 FECHA : 15-jun.-2020

REFERENCIAS DE LA CANTERA  
 CALICATA : C-3 (Calle Colectora)  
 MUESTRA : M-01

PROFUNDIDAD : 0.00 m - 1.50 m

CENIZA : 0%



**RESULTADOS DE ENSAYOS**

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

- Método de Compactación	"A"
- Máxima Densidad Seca, kg/cm³	1.878
- Optimo Cont. de Humedad, %	12.8

**CBR (ASTM D-1883)**

- C.B.R. a 2,54 mm (0,1") de Penetración	
C.B.R. al 100 % de la M.D.S., %	7.5
C.B.R. al 95 % de la M.D.S., %	6.1
- C.B.R. a 5,08 mm (0,2") de Penetración	
C.B.R. al 100 % de la M.D.S., %	8.9
C.B.R. al 95 % de la M.D.S., %	6.9

**Caracterización del Suelo**

- Clasificación SUCS	CL
- Clasificación AASHTO	A-6(3)

OBSERVACIONES:  
 - Material proporcionado por el solicitante.

*Accepted*  
 VICENTE AYALA  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg. CIP N° 177469

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

SOLICITANTE : Ricardo Jefferson Ramos Javier - Gerson Tedy Arias Manrique  
TÍTULO : Aplicación de cenizas de carbón para el mejoramiento de la subrasante, AA.HH. Los Angeles, Lurigancho-Chosica, 2020  
UBICACIÓN : AA.HH. Los Angeles, Lurigancho-Chosica, 2020

REGISTRO : 145/2020.GEOSUR  
TÉCNICO : J.D.P.Q  
FECHA : 4-jul.-2020

**REFERENCIAS DE LA CANTERA**

CALICATA : C-3 (Calle Colectora)  
MUESTRA : M-01 PROFUNDIDAD : 0.00 m - 1.50 m CENIZA : 5%

	15		16		17	
MOLDE N°	15		16		17	
CAPAS N°	5		5		5	
N° DE GOLPES POR CAPA	56		24		12	
CONDICIÓN DE LA MUESTRA	SIN EMBEBER	EMBEBIDO	SIN EMBEBER	EMBEBIDO	SIN EMBEBER	EMBEBIDO
PESO MOLDE + SUELO HÚMEDO, g	9319.0	9463.0	9167.0	9411.0	8951.0	9230.0
PESO DEL MOLDE, g	4950.0	4950.0	4957.0	4957.0	5017.0	5017.0
PESO DEL SUELO HÚMEDO, g	4369.0	4513.0	4210.0	4454.0	3934.0	4213.0
VOLUMEN DEL ESPECIMEN, cm <sup>3</sup>	2073.0	2360.4	2077.0	2679.1	2092.0	2925.9
DENSIDAD HUMEDA, g/cm <sup>3</sup>	2.108	1.912	2.027	1.662	1.880	1.440
DENSIDAD SECA	1.875	1.647	1.797	1.394	1.673	1.196
TARA N°	1	19	21	19	41	25
TARA + SUELO HÚMEDO	559.8	617.2	557.5	631.5	537.8	605.8
TARA + SUELO SECO	519.3	557.7	516.8	559.7	499.8	536.2
PESO DEL AGUA	40.5	59.5	40.7	71.8	38.0	69.6
PESO DE LA TARA	192.4	187.9	200.0	187.9	193.9	195.1
PESO DEL SUELO SECO	326.9	369.8	316.8	371.8	305.9	341.1
% DE HUMEDAD	12.39	16.10	12.85	19.30	12.42	20.40
% PROMEDIO DE HUMEDAD	12.4	16.1	12.8	19.3	12.4	20.4

FECHA	HORA	TIEMPO DÍAS	DIAL pulg	EXPANSIÓN		DIAL pulg	EXPANSIÓN		DIAL pulg	EXPANSIÓN	
				mm	%		mm	%		mm	%
27/06/2020	08:15 a. m.	0	0.000	0.00	S/E	0.000	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00
01/07/2020	08:15 a. m.	4	0.620	15.75	13.86	1.300	33.02	28.99	1.800	45.72	39.86

ABSORCIÓN			
MOLDE N°	15		16
Peso suelo húmedo. + plato + molde, g	11611.0		11609.0
Peso del plato + molde, g	7098.0		7155.0
Peso suelo húmedo embebido, g	4513.0		4454.0
Peso suelo húm. sin embeber, g	4369.0		4210.0
Peso del agua absorbida, g	144.0		244.0
Peso del suelo seco, g	3887.0		3732.3
Absorción de agua, %	3.7		6.5

PENETRACIÓN											
PENETRACIÓN		PRESIÓN PATRÓN kg/cm <sup>2</sup>	MOLDE N° 1			MOLDE N° 1			MOLDE N° 1		
mm	pulg		DIAL	CARGA kg	PRESIÓN kg/cm <sup>2</sup>	DIAL	CARGA kg	PRESIÓN kg/cm <sup>2</sup>	DIAL	CARGA kg	PRESIÓN kg/cm <sup>2</sup>
0.000	0.000		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.635	0.025		17.9	17.9	0.9	16.0	16.0	0.8	9.7	9.7	0.5
1.270	0.050		44.8	44.8	2.3	40.1	40.1	2.1	24.4	24.4	1.3
1.905	0.075		70.8	70.8	3.7	63.4	63.4	3.3	38.5	38.5	2.0
2.540	0.100	70.3	97.7	97.7	5.0	87.4	87.4	4.5	53.1	53.1	2.7
3.810	0.150		145.3	145.3	7.5	130.0	130.0	6.7	79.0	79.0	4.1
5.080	0.200	105.5	186.9	186.9	9.7	167.2	167.2	8.6	101.6	101.6	5.3
6.350	0.250		218.9	218.9	11.3	195.8	195.8	10.1	119.0	119.0	6.1
7.620	0.300		248.4	248.4	12.8	222.3	222.3	11.5	135.1	135.1	7.0
10.160	0.400		299.6	299.6	15.5	268.1	268.1	13.8	162.9	162.9	8.4
12.700	0.500		338.7	338.7	17.5	303.1	303.1	15.7	184.2	184.2	9.5

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

*Padilla Aycho*  
PADILLA AYCHO  
VICENTE NICOLÁS  
INGENIERO CIVIL  
Reg CIP N° 177469

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

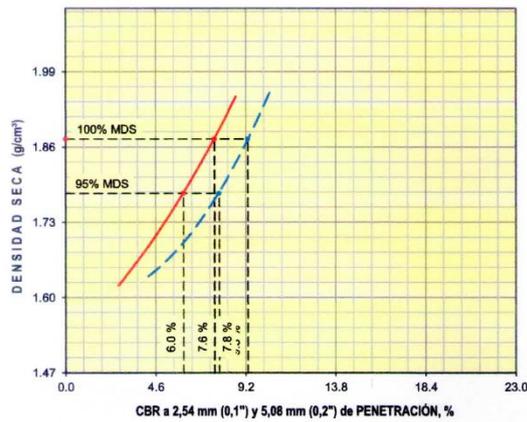
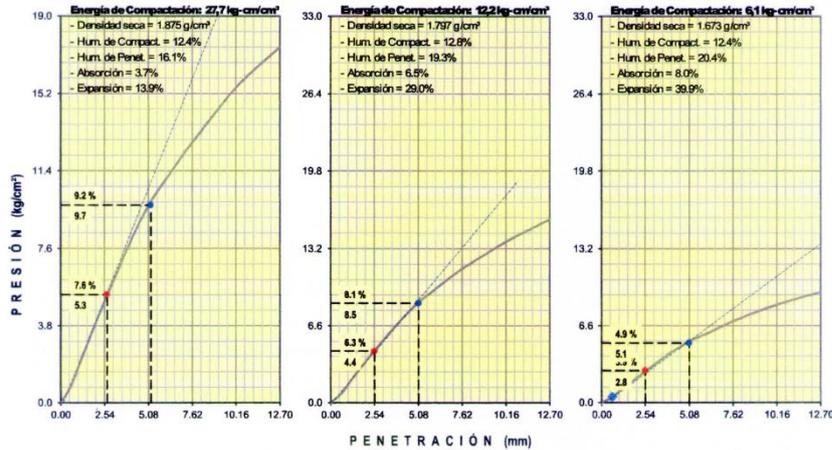
SOLICITANTE : Ricardo Jefferson Ramos Javier - Gerson Tedy Arias Manrique  
 TÍTULO : Aplicación de cenizas de carbón para el mejoramiento de la subrasante, AA.HH. Los Angeles, Lurigancho-Chosica, 2020  
 UBICACIÓN : AA.HH. Los Angeles, Lurigancho-Chosica, 2020

REGISTRO : 145/2020.GEOSUR  
 TÉCNICO : J.D.P.Q  
 FECHA : 4-jul.-2020

REFERENCIAS DE LA CANTERA  
 CALICATA : C-3 (Calle Colectora)  
 MUESTRA : M-01

PROFUNDIDAD : 0.00 m - 1.50 m

CENIZA : 5%



**RESULTADOS DE ENSAYOS**

Proctor Modificado (ASTM D-1557)	
- Método de Compactación	"A"
- Máxima Densidad Seca, kg/cm³	1.874
- Óptimo Cont. de Humedad, %	12.5
CBR (ASTM D-1883)	
- C.B.R. a 2,54 mm (0,1") de Penetración	
- C.B.R. al 100 % de la M.D.S., %	7.6
- C.B.R. al 95 % de la M.D.S., %	6.0
- C.B.R. a 5,08 mm (0,2") de Penetración	
- C.B.R. al 100 % de la M.D.S., %	9.3
- C.B.R. al 95 % de la M.D.S., %	7.8
Caracterización del Suelo	
- Clasificación SUCS	CL
- Clasificación AASHTO	A-6(3)
- Gravedad Específica	

OBSERVACIONES:  
 - Material proporcionado por el solicitante.

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

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

SOLICITANTE : Ricardo Jefferson Ramos Javier - Gerson Tedy Arias Manrique  
 TÍTULO : Aplicación de cenizas de carbón para el mejoramiento de la subrasante, AA.HH. Los Angeles, Lurigancho-Chosica, 2020  
 UBICACIÓN : AA.HH. Los Angeles, Lurigancho-Chosica, 2020

REGISTRO : 145/2020.GEOSUR  
 TÉCNICO : J.D.P.Q  
 FECHA : 4-jul.-2020

REFERENCIAS DE LA CANTERA  
 CALICATA : C-3 (Calle Colectora)  
 MUESTRA : M-01

PROFUNDIDAD : 0.00 m - 1.50 m CENIZA : 10%

MOLDE N°	7		8		9						
CAPAS N°	5		5		5						
N° DE GOLPES POR CAPA	56		26		12						
CONDICIÓN DE LA MUESTRA	SIN EMBEBER	EMBEBIDO	SIN EMBEBER	EMBEBIDO	SIN EMBEBER	EMBEBIDO					
PESO MOLDE + SUELO HUMEDO, g	9195.0	9301.0	8666.0	8880.0	9015.0	9222.0					
PESO DEL MOLDE, g	4832.0	4832.0	4195.0	4195.0	5154.0	5154.0					
PESO DEL SUELO HUMEDO, g	4363.0	4469.0	4471.0	4685.0	3861.0	4068.0					
VOLUMEN DEL ESPECIMEN, cm³	2075.0	2306.6	2212.0	2628.9	2085.1	2641.1					
DENSIDAD HUMEDA, g/cm³	2.103	1.937	2.021	1.782	1.852	1.540					
DENSIDAD SECA	1.864	1.677	1.795	1.510	1.640	1.294					
TARA N°	11	25	19	47	28	34					
TARA + SUELO HUMEDO	585.8	574.5	527.4	665.2	560.0	638.4					
TARA + SUELO SECO	540.7	523.6	489.4	593.2	518.7	567.3					
PESO DEL AGUA	45.1	50.9	38.0	72.0	41.3	71.1					
PESO DE LA TARA	187.4	195.1	187.9	193.2	197.3	193.2					
PESO DEL SUELO SECO	353.3	328.5	301.5	400.0	321.4	374.1					
% DE HUMEDAD	12.77	15.50	12.80	18.00	12.85	19.00					
% PROMEDIO DE HUMEDAD	12.8		15.5		12.6						
<b>EXPANSIÓN</b>											
FECHA	HORA	TIEMPO DÍAS	DIAL pulg	EXPANSIÓN mm %		DIAL pulg	EXPANSIÓN mm %		DIAL pulg	EXPANSIÓN mm %	
27/06/2020	08:15 a. m.	0	0.000	0.00	S/E	0.000	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00
01/07/2020	08:15 a. m.	4	0.500	12.70	11.16	0.900	22.86	18.85	1.200	30.48	26.67
<b>ABSORCIÓN</b>											
MOLDE N°	7		8		9						
Peso suelo húmedo, + plato + molde, g	11567.0		11840.0		11253.0						
Peso del plato + molde, g	7098.0		7155.0		7185.0						
Peso suelo húmedo embebido, g	4469.0		4685.0		4068.0						
Peso suelo húm. sin embeber, g	4363.0		4471.0		3861.0						
Peso del agua absorbida, g	106.0		214.0		207.0						
Peso del suelo seco, g	3867.9		3970.7		3419.8						
Absorción de agua, %	2.7		5.4		6.1						
<b>PENETRACIÓN</b>											
PENETRACIÓN		PRESIÓN PATRÓN kg/cm²	MOLDE N° 1			MOLDE N° 1			MOLDE N° 1		
mm	pulg		DIAL	CARGA kg	PRESIÓN kg/cm²	DIAL	CARGA kg	PRESIÓN kg/cm²	DIAL	CARGA kg	PRESIÓN kg/cm²
0.000	0.000		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.635	0.025		29.9	29.9	1.5	23.3	23.3	1.2	15.4	15.4	0.8
1.270	0.050		74.6	74.6	3.9	58.1	58.1	3.0	38.5	38.5	2.0
1.905	0.075		118.1	118.1	6.1	92.0	92.0	4.8	60.9	60.9	3.1
2.540	0.100	70.3	162.9	162.9	8.4	126.9	126.9	6.6	84.0	84.0	4.3
3.810	0.150		242.1	242.1	12.5	188.6	188.6	9.7	124.9	124.9	6.5
5.080	0.200	105.5	311.5	311.5	16.1	242.6	242.6	12.5	160.7	160.7	8.3
6.350	0.250		364.8	364.8	18.8	284.1	284.1	14.7	188.1	188.1	9.7
7.620	0.300		414.1	414.1	21.4	322.5	322.5	16.7	213.6	213.6	11.0
10.160	0.400		499.3	499.3	25.8	388.9	388.9	20.1	257.5	257.5	13.3
12.700	0.500		564.5	564.5	29.2	439.7	439.7	22.7	291.2	291.2	15.0

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

*Nicolas Padilla Avila*  
 PADILLA AVILA  
 VICENTE NICOLAS  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg CIP N° 177469

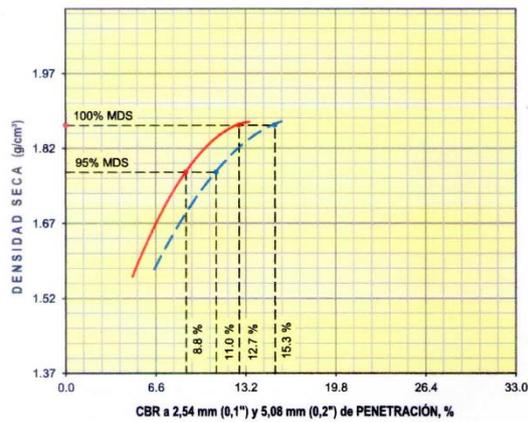
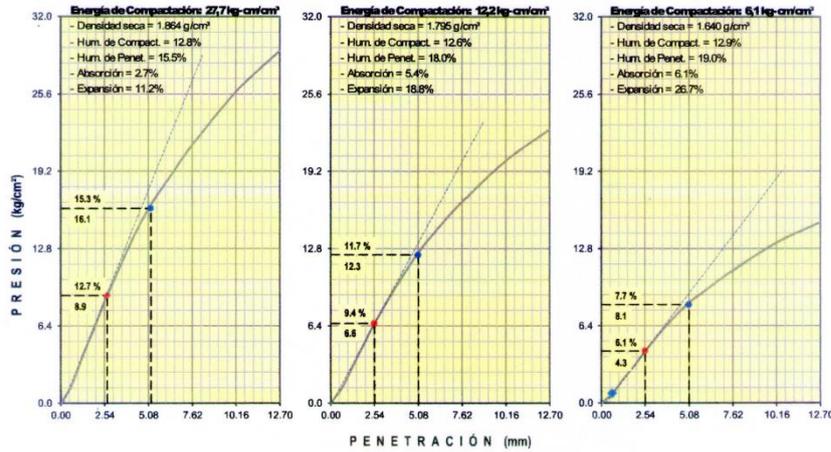
**ASTM D1883 - 07 ENSAYO DE CBR (RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA) DE SUELOS COMPACTADOS EN LABORATORIO**

SOLICITANTE : Ricardo Jefferson Ramos Javier - Gerson Tedy Arias Manrique  
 TÍTULO : Aplicación de cenizas de carbón para el mejoramiento de la subrasante, AA.HH. Los Angeles, Lurigancho-Chosica, 2020  
 UBICACIÓN : AA.HH. Los Angeles, Lurigancho-Chosica, 2020  
 REGISTRO : 145/2020.GEOSUR  
 TÉCNICO : J.D.P.Q  
 FECHA : 4-jul.-2020

REFERENCIAS DE LA CANTERA  
 CALICATA : C-3 (Calle Colectora)  
 MUESTRA : M-01

PROFUNDIDAD : 0,00 m - 1,50 m

CENIZA : 10%



**RESULTADOS DE ENSAYOS**

Proctor Modificado (ASTM D-1557)	
- Método de Compactación	"A"
- Máxima Densidad Seca, kg/cm³	1.866
- Óptimo Cont. de Humedad, %	12.7
CBR (ASTM D-1883)	
- C.B.R. a 2,54 mm (0,1") de Penetración	
C.B.R. al 100 % de la M.D.S., %	12.7
C.B.R. al 95 % de la M.D.S., %	8.8
- C.B.R. a 5,08 mm (0,2") de Penetración	
C.B.R. al 100 % de la M.D.S., %	15.3
C.B.R. al 95 % de la M.D.S., %	11.0
Caracterización del Suelo	
- Clasificación SUCS	CL
- Clasificación AASHTO	A-6(3)

OBSERVACIONES:  
 - Material proporcionado por el solicitante.

*[Firma]*  
 PADILLA AYCHO  
 VICENTE NICOLAS  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg CIP N° 119469

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

SOLICITANTE : Ricardo Jefferson Ramos Javier - Gerson Tedy Arias Manrique  
TÍTULO : Aplicación de cenizas de carbón para el mejoramiento de la subrasante, AA.HH. Los Angeles, Lurigancho-Chosica, 2020  
UBICACIÓN : AA.HH. Los Angeles, Lurigancho-Chosica, 2020

REGISTRO : 145/2020.GEOSUR  
TÉCNICO : J.D.P.Q  
FECHA : 4-Jul.-2020

REFERENCIAS DE LA CANTERA  
CALICATA : C-3 (Calle Colectora)  
MUESTRA : M-01 PROFUNDIDAD : 0.00 m - 1.50 m CENIZA : 15%

MOLDE N°	4		5		6	
CAPAS N°	5		5		5	
N° DE GOLPES POR CAPA	56		25		12	
CONDICIÓN DE LA MUESTRA	SIN EMBEBER	EMBEBIDO	SIN EMBEBER	EMBEBIDO	SIN EMBEBER	EMBEBIDO
PESO MOLDE + SUELO HUMEDO, g	9418.0	9569.0	9148.0	9408.0	8703.0	8978.5
PESO DEL MOLDE, g	5006.0	5006.0	4910.0	4910.0	4935.5	4935.5
PESO DEL SUELO HUMEDO, g	4412.0	4563.0	4238.0	4498.0	3767.5	4043.0
VOLUMEN DEL ESPECIMEN, cm³	2118.0	2303.3	2127.0	2451.3	2039.0	2455.9
DENSIDAD HUMEDA, g/cm³	2.083	1.981	1.992	1.835	1.848	1.646
DENSIDAD SECA	1.837	1.689	1.757	1.524	1.625	1.349
TARA N°	4	7	18	7	5	2
TARA + SUELO HUMEDO	548.0	641.2	541.7	630.4	592.6	677.2
TARA + SUELO SECO	507.6	574.4	501.3	555.5	546.0	589.4
PESO DEL AGUA	40.4	66.8	40.4	74.9	46.6	87.8
PESO DE LA TARA	206.9	188.4	199.4	188.4	206.2	190.5
PESO DEL SUELO SECO	300.7	386.0	301.9	367.1	339.8	398.9
% DE HUMEDAD	13.44	17.30	13.38	20.40	13.71	22.00
% PROMEDIO DE HUMEDAD	13.4	17.3	13.4	20.4	13.7	22.0

FECHA	HORA	TIEMPO DIAS	EXPANSIÓN			EXPANSIÓN			EXPANSIÓN		
			DIAL pulg	mm	%	DIAL pulg	mm	%	DIAL pulg	mm	%
27/06/2020	08:15 a. m.	0	0.000	0.00	S/E	0.000	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00
01/07/2020	08:15 a. m.	4	0.400	10.16	8.75	0.700	17.78	15.25	0.900	22.86	20.45

MOLDE N°	4	5	6
Peso suelo húmedo. + plato + molde, g	11661.0	11653.0	11228.0
Peso del plato + molde, g	7098.0	7155.0	7185.0
Peso suelo húmedo embebido, g	4563.0	4498.0	4043.0
Peso suelo húm. sin embeber, g	4412.0	4238.0	3767.5
Peso del agua absorbida, g	151.0	260.0	275.5
Peso del suelo seco, g	3890.7	3737.2	3313.5
Absorción de agua, %	3.9	7.0	8.3

PENETRACIÓN		PRESIÓN PATRON kg/cm²	MOLDE N° 1			MOLDE N° 1			MOLDE N° 1		
mm	pulg		DIAL	CARGA kg	PRESIÓN kg/cm²	DIAL	CARGA kg	PRESIÓN kg/cm²	DIAL	CARGA kg	PRESIÓN kg/cm²
0.000	0.000		0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.635	0.025		47.1	47.1	2.4	31.4	31.4	1.6	22.0	22.0	1.1
1.270	0.050		117.9	117.9	6.1	78.6	78.6	4.1	50.3	50.3	2.6
1.905	0.075		186.4	186.4	9.6	124.3	124.3	6.4	79.5	79.5	4.1
2.540	0.100	70.3	257.1	257.1	13.3	171.4	171.4	8.9	109.7	109.7	5.7
3.810	0.150		382.3	382.3	19.7	254.8	254.8	13.2	163.1	163.1	8.4
5.080	0.200	105.5	491.8	491.8	25.4	327.9	327.9	16.9	209.8	209.8	10.8
6.350	0.250		575.9	575.9	29.8	384.0	384.0	19.8	245.7	245.7	12.7
7.620	0.300		653.8	653.8	33.8	435.9	435.9	22.5	278.9	278.9	14.4
10.160	0.400		788.4	788.4	40.7	525.6	525.6	27.2	336.4	336.4	17.4
12.700	0.500		891.4	891.4	46.1	594.2	594.2	30.7	380.3	380.3	19.6

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

  
 PADILLA AYCO  
 VICENTE NICOLÁS  
 Vº Bº INGº  
 INGENIERO CIVIL  
 Reg CIP N° 177468



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

SOLICITANTE : Ricardo Jefferson Ramos Javier - Gerson Tedy Arias Manrique  
TÍTULO : Aplicación de cenizas de carbón para el mejoramiento de la subrasante, AA.HH. Los Angeles, Lurigancho-Chosica, 2020  
UBICACIÓN : AA.HH. Los Angeles, Lurigancho-Chosica, 2020

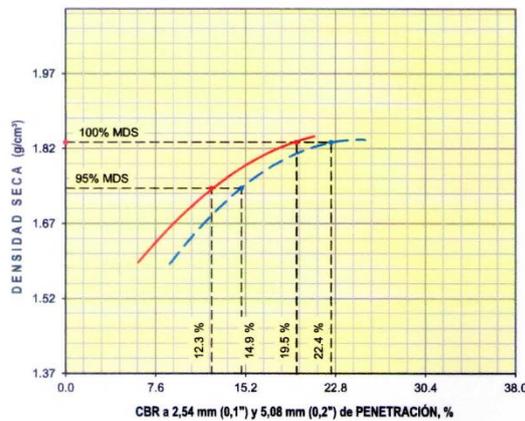
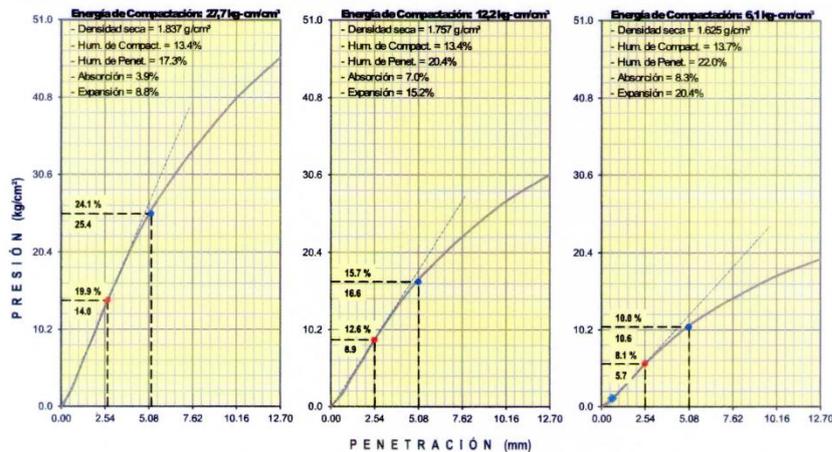
REGISTRO : 145/2020.GEOSUR  
TÉCNICO : J.D.P.Q  
FECHA : 4-jul.-2020

**REFERENCIAS DE LA CANTERA**

CALICATA : C-3 (Calle Colectora)  
MUESTRA : M-01

PROFUNDIDAD : 0.00 m - 1.50 m

CENIZA : 15%



RESULTADOS DE ENSAYOS	
<b>Proctor Modificado (ASTM D-1557)</b>	
- Método de Compactación	"A"
- Máxima Densidad Seca, kg/cm <sup>3</sup>	<b>1.832</b>
- Óptimo Cont. de Humedad, %	<b>13.5</b>
<b>CBR (ASTM D-1883)</b>	
- C.B.R. a 2,54 mm (0,1") de Penetración	
C.B.R. al 100 % de la M.D.S., %	<b>19,5</b>
C.B.R. al 95 % de la M.D.S., %	<b>12,3</b>
- C.B.R. a 5,08 mm (0,2") de Penetración	
C.B.R. al 100 % de la M.D.S., %	<b>22,4</b>
C.B.R. al 95 % de la M.D.S., %	<b>14,9</b>
<b>Caracterización del Suelo</b>	
- Clasificación SUCS	CL
- Clasificación AASHTO	A-6(3)

OBSERVACIONES:  
- Material proporcionado por el solicitante.

*Vicente Nicolás Padilla Ayco*  
VICENTE NICOLÁS  
INGENIERO CIVIL  
Reg. CIP N° 177469

# ANEXO N° 09: FACTURAS



<b>ORDEN DE SERVICIO</b>	N° ORDEN:	292106-01
	VERSION:	01
	F. ENVIO:	15/06/2020

**NOMBRE:** GERSON TEDY ARIAS MANRIQUE  
**RUC:** 10740755043  
**DIRECCIÓN:** ASOC. DE VIV. LA FLORIDA LURIGANCHO - CHOSICA

**PROVEEDOR:** GEOSUR GEOTECNIA E INGENIERIA L S.A.C.  
**RUC:** 20521184338  
**DIRECCIÓN:** AV. CENTRAL NRO. 624 SC. 1, GR. 8 (ALT. PARADERO PARROQUIA) LIMA - LIMA - VILLA EL SALVADOR  
**TELEFONO:** 941868499

No.	DESCRIPCIÓN DE LOS BIENES O INSUMOS	CANTIDAD	UNIDAD	PRECIO UNITARIO	IMPORTE
1	Ensayos de mecánica de suelos para 3 calicatas, con cada muestra de suelo combinadas con cenizas de carbón: - 3 und - Clasificación de suelos (ASTM D-2487) - 9 und - Límites de consistencia (ASTM D-4318) - 12 und - Proctor Modificado (ASTM D-1557) - 12 und - CBR (ASTM D-1883)  Tesis: Aplicación de cenizas de carbón procedentes de ladrilleras artesanales, para el mejoramiento de la subrasante, AA.HH. Los Angeles, Lurigancho-Chosica, 2020	1	glb.	S/. 2,966.10	S/. 2,966.10
				SUB-TOTAL	S/. 2,966.10
				IGV (18%)	S/. 533.80
				TOTAL	S/. 3,500.00

IMPORTE CON LETRA: TRES MIL QUINIENTOS CON 00/100 SOLES

OBSERVACIONES:

CONSIDERACIONES:  
 \* Las facturas deben estar correctamente emitidas en cuanto a la Razón Social, RUC, fecha, dirección y cálculos matemáticos.  
 \* No se aceptarán facturas que hagan referencia a más de una Orden de Compra.  
 \* Las condiciones de pago sería con un adelanto al 50% y el resto al finalizar el servicio.

  
 \_\_\_\_\_  
**Gerson Tedy Arias Manrique**  
 Tesista 1 - UCV

  
 \_\_\_\_\_  
**Ricardo Jefferson Ramos Javier**  
 Tesista 2 - UCV

  
 \_\_\_\_\_  
 Laboratorio  
 GEOSUR GEOTECNIA E INGENIERIA S.A.C.

ORDENDECOMPRA

## ANEXO N° 10: PANEL FOTOGRAFICO

### Anexo 10.1: Ladrillera Artesanal Rhino



### Anexo 10.2: Obtención de ceniza de carbón dentro de hornos.



Anexo 10.3: Ejecución de calicatas C-1 en AA.HH. Los Ángeles.



Anexo 10.4: Ejecución de calicatas C-2 en AA.HH. Los Ángeles.



Anexo 10.5: Ejecución de calicatas C-3 en AA.HH. Los Ángeles.



Anexo 10.6: Obtención de muestras finales del AA.HH. Los Ángeles.



Anexo 10.7: Pasante tamiz #200 de la ceniza de carbón. (granulometría)



Anexo 10.8: Ensayo de peso unitario a la ceniza de carbón.



Anexo 10.9: Ensayos en laboratorio de Límites de Consistencia





Anexo 10.11: Ensayos en laboratorio de Relación de Soporte California (CBR)



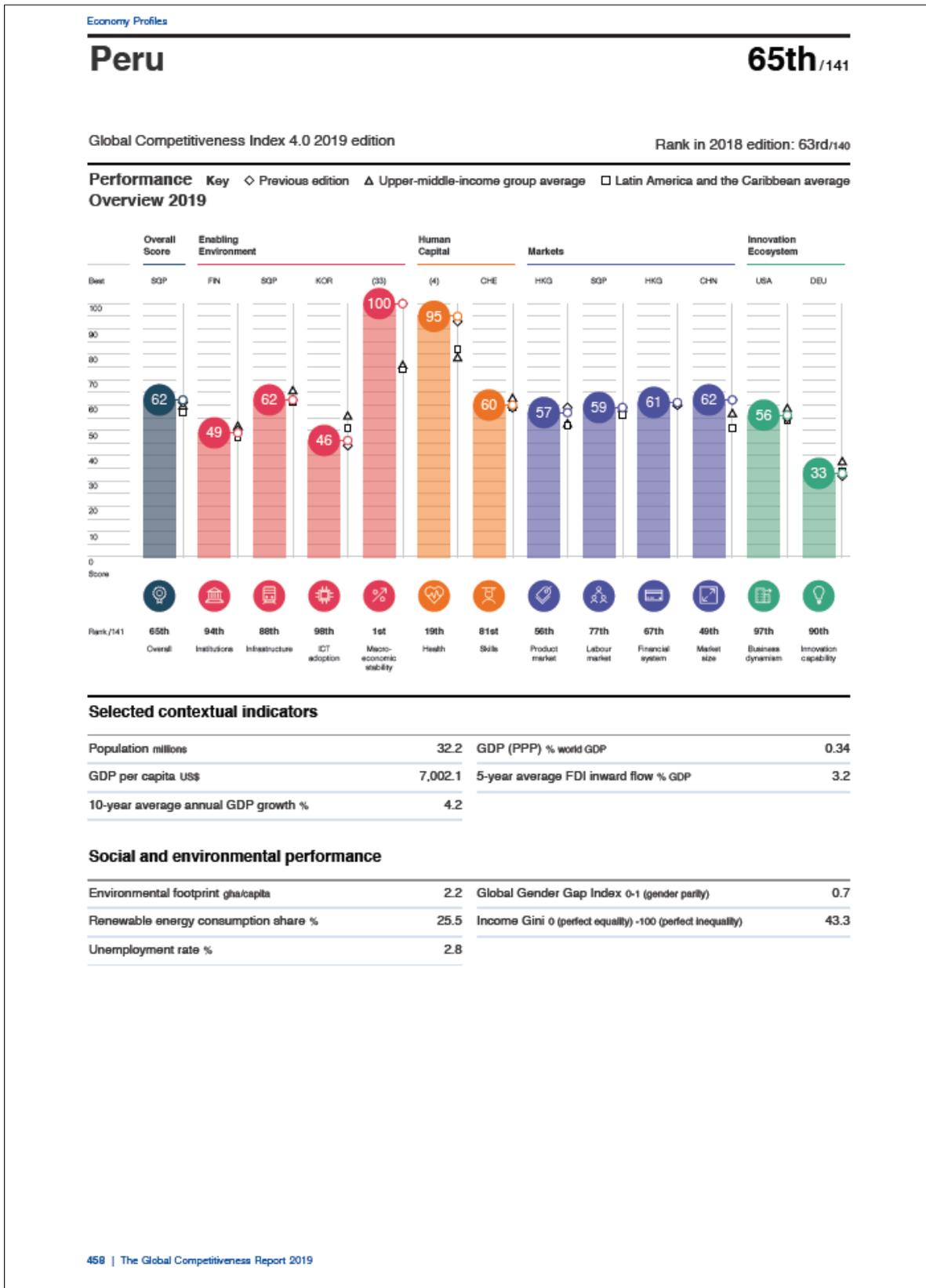
## ANEXO N° 11: REVISTA Y MANUALES APLICADOS EN LA TESIS

Anexo 11.1: Foro Económico Mundial



Fuente: Reporte de competitividad global

# Anexo 11.1: Foro Económico Mundial



Anexo 11.2: Plan Nacional de Infraestructura 2016 – 2025.





Gobierno del Perú

Plan Nacional de  
**INFRAESTRUCTURA** para  
la **COMPETITIVIDAD**



## Anexo 11.3: Plan Nacional de Infraestructura para la Competitividad.

### NECESIDADES DE INFRAESTRUCTURA EN EL PERÚ



#### RESULTADOS

**1. Corto plazo (cinco años):** La medición del «Perú potencial» concluyó que existe una brecha de infraestructura de acceso básico de 117.183 millones de soles. Es decir, se requiere este monto de inversión para alcanzar los niveles de acceso básico de infraestructura que debería tener un país con nuestras características socioeconómicas y geográficas. El 31 por ciento de la brecha se concentra en el sector transportes, seguido de los sectores saneamiento (25 por ciento), salud (24 por ciento) y telecomunicaciones (10 por ciento) (ver gráfico 4).



Fuente: Universidad del Pacífico

**2. Largo plazo (veinte años):** Se obtuvo una brecha de infraestructura de acceso básico de 363.452 millones de soles. Es decir, se requiere este monto de inversión para alcanzar los niveles de acceso básico de infraestructura de grupos de países más desarrollados, como la OCDE. El 44 por ciento de la brecha se concentra en el sector transportes, seguido de los sectores saneamiento (20 por ciento), salud (16 por ciento) y agua (7 por ciento) (ver gráfico 5).

**“El PNIC es un insumo esencial para una agenda de desarrollo, con consideraciones sectoriales y territoriales, en el corto plazo y, además, brinda herramientas para armar una visión de largo plazo”**

## Anexo 11.3: Plan Nacional de Infraestructura para la Competitividad.

### PLAN NACIONAL DE INFRAESTRUCTURA PARA LA COMPETITIVIDAD



Fuente: Universidad del Pacífico

Como se estableció en el acápite anterior (Metodología), estas cifras se obtienen comparando al Perú con distintos grupos de países que corresponden a la meta de largo plazo del país, según sector. En la mayor parte de los sectores y subsectores (agua, saneamiento, telecomunicaciones, aeropuertos, electricidad y educación) se está comparando al Perú con la media de los países OCDE, pues como país buscamos entrar a este grupo de naciones. Sin embargo, en otros rubros es mejor compararlo con otros países más relevantes por las características inherentes del Perú (ver tabla 3):

- **Transportes (ferrocarriles):** Dado que el desarrollo de ferrocarriles del Perú se encuentra principalmente orientado al transporte de carga, se compara con países de la Alianza del Pacífico con ferrocarriles con características similares a las nuestras (Colombia y México). Más aun, al igual que esos países, el Perú tiene características geográficas que incrementan el costo y dificultan alcanzar un mayor desarrollo ferroviario.

- **Transportes (carreteras):** Para el sector de carreteras, se compara al Perú con los países de ingresos medios altos e ingresos altos bajos, porque estos países presentan retos geográficos similares.

- **Transportes (puertos):** Dado que en esta categoría el estudio no encuentra una brecha con los países OCDE, se plantea una comparación con los países asiáticos.

- **Salud:** Se compara al Perú con la media de los países de ingresos medios altos. Esta es una meta más cercana a las condiciones económicas del país. En particular, dado que los costos unitarios utilizados para estimar la brecha del sector salud son de hospitales básicos, hay mayor consistencia al comparar a Perú con los hospitales de países de ingresos medios altos que tienen características más similares.

- **Hidráulico:** Se compara al Perú con la media de los países de ingresos medios altos. Esta es una meta más cercana a las condiciones económicas del país ya que los países de ingresos medios altos tienen una participación del sector agrícola en su economía más cercana a la de Perú que los países de ingresos altos<sup>13</sup>.

<sup>12</sup> / La referencia al sector hidráulico no está incluyendo la brecha de infraestructura de riego para la pequeña agricultura.

<sup>13</sup> / Según datos del Banco Mundial, el valor agregado de la agricultura (como porcentaje del PIB) de los países de ingresos medios altos es de 6,2% y el de Perú de 6,7%. Por otro lado, en los países de ingresos altos es de 1,3%. Datos para el 2017 disponibles en: <https://datos.bancomundial.org/indicador/NV.AGR.TOTL.ZS>



## **Declaratoria de Originalidad del Autor / Autores**

Yo (Nosotros), GERSON TEDY ARIAS MANRIQUE, RICARDO JEFFERSON RAMOS JAVIER estudiante(s) de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA y Escuela Profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO, declaro (declaramos) bajo juramento que todos los datos e información que acompañan al Trabajo de Investigación / Tesis titulado: "APLICACIÓN DE CENIZAS DE CARBÓN PROCEDENTES DE LADRILLERAS ARTESANALES, PARA EL MEJORAMIENTO DE LA SUBRASANTE, AA.HH. LOS ÁNGELES, LURIGANCHO-CHOSICA, 2020.", es de mi (nuestra) autoría, por lo tanto, declaro (declaramos) que el Tesis:

1. No ha sido plagiado ni total, ni parcialmente.
2. He (Hemos) mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicado ni presentado anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

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

<b>Apellidos y Nombres del Autor</b>	<b>Firma</b>
GERSON TEDY ARIAS MANRIQUE <b>DNI:</b> 74075504 <b>ORCID</b> 0000-0002-1955-0091	Firmado digitalmente por: GARIASMA el 30 Jul 2020 10:07:02
RICARDO JEFFERSON RAMOS JAVIER <b>DNI:</b> 47138632 <b>ORCID</b> 0000-0003-3811-7944	Firmado digitalmente por: RRAMOSJV el 31 Jul 2020 11:49:19