

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**“CAL Y CENIZAS DE CÁSCARA DE ARROZ PARA ESTABILIZAR
LA SUPERFICIE DE RODADURA EN LA VIA SANTA CLEMENCIA-
CHACHAPOYAS”**

PRESENTADO POR:

Bach. ESQUIVEL SAAVEDRA, Glizeth Edith

Bach. GAMEZ VELÁSQUEZ, Milagros Lisbeth

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL**

NUEVO CHIMBOTE – PERÚ

2019

"Año de la lucha contra la corrupción e la impunidad"

ACTA DE SUSTENTACIÓN INFORME FINAL DE TESIS

A los 23 días del mes de diciembre del año dos mil diecinueve, siendo las tres horas de la tarde, en el Pabellón de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, Campus Universitario de la Universidad Nacional del Santa, se instaló el Jurado Evaluador designado mediante Resolución N° 471-2019-UNS-CFI, integrado por los docentes Ms. Abner Itamar León Bobadilla (Presidente), Ms. Julio César Rivasplata Díaz (Secretario), Ms. Luz. Esther Álvarez Asto (Integrante) y la Mg. Jenisse Fernández Mantilla (Accesitaria) y en base a la Resolución Decanal N° 792-2019-UNS-FI, se da inicio a la sustentación de la Tesis titulada: **"CAL Y CENIZAS DE CÁSCARAS DE ARROZ PARA ESTABILIZAR LA SUPERFICIE DE RODADURA EN LA VÍA SANTA CLEMENCIA - CHACHAPOYAS"** presentado por los Bachilleres **ESQUIVEL SAAVEDRA EDITH GLIZETH** y **GAMEZ VELÁSQUEZ MILAGROS LISBETH**, quienes fueron asesorados por la Ms. Luz Esther Álvarez Asto, según T. Resolución Decanal N° 458-2018-UNS-FI.

El Jurado Evaluador, después de deliberar sobre aspectos relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo, y con las sugerencias pertinentes en concordancia con el Reglamento General para Obtener el Grado Académico de Bachiller y el Título Profesional en la Universidad Nacional del Santa, declaran:

BACHILLER	PROMEDIO VIGESIMAL	PONDERACIÓN
ESQUIVEL SAAVEDRA EDITH GLIZETH	15	BUENO

Siendo las cuatro horas del mismo día, se dio por terminado el acto de sustentación, firmando la presente acta en señal de conformidad.

Nuevo Chimbote, 23 de diciembre de 2019

Ms. Abner Itamar León Bobadilla
Presidente

Ms. Julio César Rivasplata Díaz
Secretaria

Ms. Luz Esther Álvarez Asto
Integrante

"Año de la lucha contra la corrupción e la impunidad"

ACTA DE SUSTENTACIÓN INFORME FINAL DE TESIS

A los 23 días del mes de diciembre del año dos mil diecinueve, siendo las tres horas de la tarde, en el Pabellón de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil, Campus Universitario de la Universidad Nacional del Santa, se instaló el Jurado Evaluador designado mediante Resolución N° 471-2019-UNS-CFI, integrado por los docentes Ms. Abner Itamar León Bobadilla (Presidente), Ms. Julio César Rivasplata Díaz (Secretario), Ms. Luz. Esther Álvarez Asto (Integrante) y la Mg. Jenisse Fernández Mantilla (Accesitaria) y en base a la Resolución Decanal N° 792-2019-UNS-FI, se da inicio a la sustentación de la Tesis titulada: **"CAL Y CENIZAS DE CÁSCARAS DE ARROZ PARA ESTABILIZAR LA SUPERFICIE DE RODADURA EN LA VÍA SANTA CLEMENCIA - CHACHAPOYAS"** presentado por los Bachilleres **ESQUIVEL SAAVEDRA EDITH GLIZETH y GAMEZ VELÁSQUEZ MILAGROS LISBETH**, quienes fueron asesorados por la Ms. Luz Esther Álvarez Asto, según T. Resolución Decanal N° 458-2018-UNS-FI.

El Jurado Evaluador, después de deliberar sobre aspectos relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo, y con las sugerencias pertinentes en concordancia con el Reglamento General para Obtener el Grado Académico de Bachiller y el Título Profesional en la Universidad Nacional del Santa, declaran:

BACHILLER	PROMEDIO VIGESIMAL	PONDERACIÓN
GAMEZ VELASQUEZ MILAGROS LISBETH	15	BUENO

Siendo las cuatro horas del mismo día, se dio por terminado el acto de sustentación, firmando la presente acta en señal de conformidad.

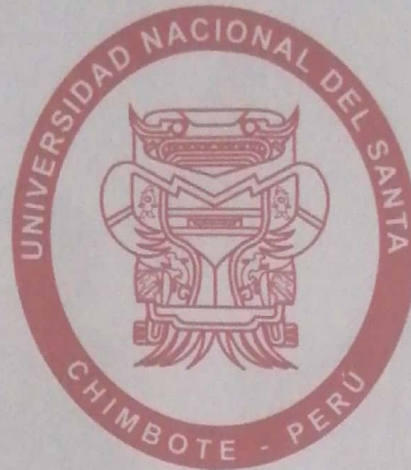
Nuevo Chimbote, 23 de diciembre de 2019

Ms. Abner Itamar León Bobadilla
Presidente

Ms. Julio César Rivasplata Díaz
Secretaria

Ms. Luz Esther Álvarez Asto
Integrante

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**“CAL Y CENIZAS DE CÁSCARA DE ARROZ PARA ESTABILIZAR
LA SUPERFICIE DE RODADURA EN LA VIA SANTA CLEMENCIA-
CHACHAPOYAS”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL**

REVISADO POR:

Ms. LUZ ÁLVAREZ ASTO
ASESORA

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**“CAL Y CENIZAS DE CÁSCARA DE ARROZ PARA ESTABILIZAR
LA SUPERFICIE DE RODADURA EN LA VIA SANTA CLEMENCIA-
CHACHAPOYAS”**

**TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL**

REVISADO Y APROBADO POR EL SIGUIENTE JURADO:

Ms. ABNER LEÓN BOBADILLA
PRESIDENTE DEL JURADO

Ms. LUZ ÁLVAREZ ASTO
SECRETARIO DEL JURADO

Ms. JULIO RIVASPLATA DÍAZ
INTEGRANTE DEL JURADO

DEDICATORIA

En primer lugar, a Dios dedicarle y agradecerle por siempre bendecirme y haberme iluminado, guiado y permitirme llegar hasta donde he llegado.

A mis padres, Cristóbal Esquivel Rosado y Nelva Saavedra Pérez, por haberme ofrecido su confianza y apoyo, por sus consejos y orientaciones brindadas para lograr en mí, una gran profesional para trabajar con dignidad, honestidad y con ética antes que todo.

A mi tía Janeth Saavedra Pérez, por su apoyo incondicional, por sus buenos deseos, su comprensión, preocupación y gran cariño para conmigo. A mis demás tíos de quienes recibí apoyo constante durante gran parte de mi vida.

A mis hermanos, Christopher y Camila, por su apoyo constante, ánimos y su aprecio.

Edith Glizeth Esquivel Saavedra

DEDICATORIA

A Dios, por guiar mis pasos y estar siempre a mi lado ayudándome a cumplir mis objetivos.

A mi madre, Amelia Velásquez, como muestra de mi gratitud y eterno reconocimiento por su apoyo constante.

A mi segunda madre, Estela Benites Rebaza, por sus consejos y sus ánimos para salir adelante, por ser mi mejor ejemplo de bondad y de persistencia, por sus dulces gestos que hicieron que yo vea diferente la vida.

A mis hermanos, Mayra, Joseph y Diego, por su cariño, apoyo y palabras que me llenan de seguridad.

A Joel, por ser mi compañero durante mi etapa universitaria y por su apoyo permanente para superarme cada día.

Milagros Lisbeth Gamez Velásquez

AGRADECIMIENTO

A Dios, por permitirnos cumplir un objetivo más en nuestras vidas.

A nuestras familias en general, por motivarnos continuamente a culminar esta investigación.

A nuestra asesora, la Ms. Luz Álvarez Asto, por su reiterado apoyo académico y moral en el desarrollo de esta investigación.

A los docentes de la escuela Académica Profesional de Ingeniería Civil, por apoyarnos en todo el transcurso de nuestra carrera, y por habernos compartido su afecto y conocimiento.

A nuestros amigos, por todos los buenos y malos momentos que pasamos en nuestra travesía universitaria.

Edith y Milagros

ÍNDICE GENERAL

DEDICATORIA	i
AGRADECIMIENTO	iii
ÍNDICE GENERAL	iv
ÍNDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	x
ÍNDICE DE ECUACIONES	xiii
RESUMEN	xiv
ABSTRACT	xv

CAPITULO I: INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes del Problema	17
1.2. Formulación del Problema	19
1.2.1. Problema General	19
1.2.2. Problemas Específicos	19
1.3. Objetivos	19
1.3.1. Objetivo General	19
1.3.2. Objetivos Específicos	19
1.4. Justificación	20
1.4.1. Justificación Técnica	20
1.4.2. Justificación Socioeconómica	20
1.4.3. Justificación Ambiental	21
1.5. Limitaciones del Trabajo	21
1.6. Hipótesis de la Investigación	21

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la Investigación	23
2.1.1. Antecedentes Internacionales	23
2.1.2. Antecedentes Nacionales	26

2.2. Base Teórica.....	28
2.2.1. Superficie De Rodadura	28
2.2.1.1. Definición.....	28
2.2.1.2. Características	29
2.2.1.3. Clasificación.....	30
2.2.2. Sub Rasante.....	32
2.2.2.1. Definición.....	32
2.2.2.2. Propiedades de la Subrasante	33
2.2.3. Propiedades Geotécnicas de los Suelos	34
2.2.3.1. Granulometría.....	35
2.2.3.1.1. Sistemas De Clasificación De Suelos Según Granulometría	35
2.2.3.1.2. Gráfico de la Distribución Granulométrica	37
2.2.3.1.3. Ensayo Granulométrico	40
2.2.3.2. Estados de Consistencia	42
2.2.3.2.1. Límite Líquido.....	44
2.2.3.2.2. Límite Plástico.....	46
2.2.3.3. Clasificación de Suelos	47
2.2.3.3.1. Sistema de Clasificación AASHTO	47
2.2.3.3.2. Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S)	49
2.2.3.4. Compactación de los Suelos.....	53
2.2.4. Estabilización de Suelos.....	56
2.2.4.1. Definición.....	57
2.2.4.2. Métodos de Estabilización de Suelos	58
2.2.4.2.1. Estabilización Física y Mecánica	58
2.2.4.2.2. Estabilización Química.....	59
2.2.5. Cal.....	63
2.2.5.1. Definición.....	63
2.2.5.2. Estabilización con Cal	63
2.2.5.3. Ejecución de la Estabilización con Cal In Situ	65
2.2.6. Cenizas de Cáscara de Arroz	67
2.2.6.1. Cáscara de Arroz (CA).....	67
2.2.6.2. Proceso de Obtención de la de Cascara de Arroz (CCA).....	69
2.2.6.3. Propiedades de la Cascara de Arroz.....	70
2.2.6.4. Métodos de Obtención de la Ceniza de Cascarilla de Arroz (CCA).....	72

2.3. Definición de Términos	75
2.4. Marco Normativo	77

CAPITULO III: MATERIALES Y METODOS

3.1. Tipo de Investigación.....	79
3.2. Universo, Población y Muestra.....	79
3.2.1. Universo	79
3.2.2. Población.....	79
3.2.3. Muestra.....	79
3.3. Variables	81
3.3.1. Variable Independiente	81
3.3.2. Variable Dependiente.....	81
3.3.3. Matriz De Consistencia.....	81
3.3.4. Operacionalización De Variables.....	81
3.4. Materiales Investigados.....	83
3.4.1. Suelo de la Superficie de Rodadura en la Vía Santa Clemencia-Chachapoyas	83
3.4.2. Cal.....	85
3.4.3. Cenizas de Cáscara de Arroz	85
3.5. Diseño Experimental.....	86
3.6. Técnicas e Instrumentos.....	88
3.7. Procedimientos.....	89
3.7.1. Ensayos Ejecutados en Campo	89
3.7.2. Ensayos Ejecutados en Laboratorio	92

CAPITULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. Análisis e Interpretación de Resultados	102
4.1.1. Ensayos Realizados al Suelo Natural.....	102
4.1.1.1. Ensayos de Caracterización Física	102
4.1.1.1.1. Distribución Granulométrica	102

4.1.1.1.2. Gravedad Especifica.....	106
4.1.1.1.3. Contenido de Humedad.....	106
4.1.1.1.4. Límites de Consistencia.....	107
4.1.1.1.5. Clasificación de Suelos.....	108
4.1.1.2. Ensayos de Caracterización Mecánica.....	109
4.1.1.2.1. Proctor Modificado.....	109
4.1.1.2.2. Ensayo CBR.....	112
4.1.2. Ensayos realizados a la cal.....	113
4.1.2.1. Ensayos de Caracterización Química.....	113
4.1.3. Ensayos Realizados a las Cenizas de Cáscara de Arroz.....	114
4.1.3.1. Ensayos de Caracterización Química.....	114
4.1.4. Ensayos Realizados a las Combinaciones de Suelo Natural, Cenizas de Cascara de Arroz y Cal.....	115
4.1.4.1. Ensayos de Caracterización Física.....	115
4.1.4.1.1. Distribución Granulométrica.....	115
4.1.4.1.2. Gravedad Especifica.....	120
4.1.4.1.3. Límites De Consistencia.....	120
4.1.4.2. Ensayos De Caracterización Mecánica.....	121
4.1.4.2.1. Proctor Modificado.....	121
4.1.4.2.2. Ensayo CBR.....	125
4.1.5. Resultados del Tramo de Prueba.....	126
4.2. Discusión.....	131
 CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	
5.1. Conclusiones.....	134
5.2. Recomendaciones.....	136
 CAPITULO VI: REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	
6.1. Referencias Bibliográficas y Virtuales.....	138

CAPÍTULO VII: ANEXOS

ANEXO 01: MATRIZ DE CONSISTENCIA

ANEXO 02: PLANO DE UBICACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO

ANEXO 03: PLANO TOPOGRÁFICO DE LA ZONA DE ESTUDIO

ANEXO 04: ENSAYOS DE LABORATORIO

ANEXO 05: PERFIL GEOTECNICO

ANEXO 06: PANEL FOTOGRÁFICO

INDICE DE TABLAS

Tabla 1: Requisitos De Material De Calidad Para Subrasantes.	33
Tabla 2: Categorías De Sub Rasante	34
Tabla 3. Clasificación Internacional De Suelos	36
Tabla 4. Clasificación M.I.T.	36
Tabla 5. Clasificación De Suelos Según Kopecky	37
Tabla 6. Tamices Para Análisis Granulométrico.....	40
Tabla 7. Clasificación De Suelos Índice De Plasticidad	44
Tabla 8. Tabla De Estimados De Precisión.....	47
Tabla 9. Símbolos De Grupo (Sucs).....	50
Tabla 10: Valor Calorífico De Cascarilla De Arroz.....	71
Tabla 11. Propiedades Físicas De La Cáscara De Arroz.....	72
Tabla 12. Composición Química De La Cáscara De Arroz	72
Tabla 13: Ubicación De Calicatas	80
Tabla 14. Proporción De Las Mezclas Y Símbolos Referentes A Cada Combinación.	87
Tabla 15: Gravedad Específica Promedio	106
Tabla 16: Contenido De Humedad Promedio	107
Tabla 17: Límites De Atterberg	107
Tabla 18: Resumen De Clasificación De Suelos.....	108
Tabla 19. Resultados Del Proctor Modificado	111
Tabla 20. Resultados Del Ensayo Cbr.....	112
Tabla 21. Composición Química De La Cal	113
Tabla 22: Composición Química De La Ceniza De Cáscara De Arroz	114
Tabla 23. Gravedad Específica Promedio De Las Combinaciones De Suelo Natural, Cal Y Cca.....	120
Tabla 24. Límites De Atterberg De Las Combinaciones De Suelo Natural, Cal Y Cca.....	121
Tabla 25: Resultados Del Proctor Modificado Del Suelo Natural, Cal Y Cca	125
Tabla 26: Resultados Del Ensayo Cbr.....	125
Tabla 27: Características Del Tramo De Prueba.....	126
Tabla 28: Resultados Del Ensayo De Cono De Densidad In Situ.....	127

ÍNDICE DE FIGURAS

figura 1. Diseño Integral De Un Pavimento	29
Figura 2. Caminos Afirmados En El Tramo Santa Clemencia-Chachapoyas.....	31
Figura 3. Estructura De Los Pavimentos Flexibles	32
Figura 4. Curva De Distribución Del Tamaño De Partículas (Curvas Granulométricas).....	38
Figura 5. Diferentes Tipos De Curvas Granulométricas.....	39
Figura 6. Análisis Granulométrico Con El Hidrómetros.....	41
Figura 7. Estados De Consistencia De Un Suelo	43
Figura 8. Copa Casagrande.	45
Figura 9. Muestras De Suelo Antes Y Después De La Prueba.	45
Figura 10. Sistema Aashto De Clasificación De Suelos.	49
Figura 11. Carta De Casagrande Para Suelos Cohesivos.	53
Figura 12. Curva Densidad Seca Vs Humedad. Nota.	54
Figura 13. Influencia De La Energía De Compactación.	56
Figura 14. Proceso De Selección Del Tipo De Estabilización.	58
Figura 15. Evolución De La Producción Nacional De Cáscara De Arroz.	68
Figura 16. Producción De Cáscara De Arroz Por Regiones	68
Figura 17. Flujograma Del Proceso De Arroz.....	70
Figura 18. Calcinación De Cáscara De Arroz En Hornos De Ladrillos.....	74
Figura 19. Horno De Lecho Fluidizado.	75
Figura 20. Ubicación De Las Calicatas En La Vía Santa Clemencia – Chachapoyas.	80
Figura 21. Granulometria De La Calicata N° 01.....	102
Figura 22. Granulometria De La Calicata N° 02.....	103
Figura 23. Granulometria De La Calicata N° 03.....	103

Figura 24. Granulometria De La Calicata N° 04.....	104
Figura 25. Granulometria De La Calicata N° 05.....	104
Figura 26. Granulometria De La Calicata N° 06.....	105
Figura 27. Granulometria De La Calicata N° 07.....	105
Figura 28. Proctor Modificado De La C-01.....	109
Figura 29. Proctor Modificado De La C-02.....	109
Figura 30. Proctor Modificado De La C-03.....	110
Figura 31. Proctor Modificado De La C-04.....	110
Figura 32. Proctor Modificado De La C-05.....	110
Figura 33. Proctor Modificado De La C-06.....	111
Figura 34. Proctor Modificado De La C-07.....	111
Figura 35. Granulometria De: S74-C6-CCA20.....	115
Figura 36. Granulometria De: S76-C4-CCA20.....	116
Figura 37. Granulometria De: S78-C2-CCA20.....	116
Figura 38. Granulometria De: S84-C6-CCA10.....	117
Figura 39. Granulometria De: S86-C4-CCA10.....	117
Figura 40. Granulometria De: S88-C2-CCA10.....	118
Figura 41. Granulometria De: S89-C6-CCA5.....	118
Figura 42. Granulometria De: S91-C4-CCA5.....	119
Figura 43. Granulometria De: S93-C2-CCA5.....	119
Figura 44. Proctor Modificado De: S74-C6-CCA20.....	122
Figura 45. Proctor Modificado De: S76-C4-CCA20.....	122
Figura 46. Proctor Modificado De: S78-C2-CCA20.....	122
Figura 47. Proctor Modificado De: S84-C6-CCA10.....	123
Figura 48. Proctor Modificado De: S86-C4-CCA10.....	123

Figura 49. Proctor Modificado De: S88-C2-CCA10.	123
Figura 50. Proctor Modificado De: S89-C6-CCA5.	124
Figura 51. Proctor Modificado De: S91-C4-CCA5.	124
Figura 52. Proctor Modificado De: S93-C2-CCA5.	124

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1: Coeficiente De Uniformidad	38
Ecuación 2: Coeficiente De Curvatura.....	39
Ecuación 3: Diámetro De Las Partículas Del Suelo.....	42
Ecuación 4. Índice Plástico	44
Ecuación 5. Índice De Grupo	48
Ecuación 6: Energía Especifica De Compactación	55

RESUMEN

La presente tesis propone una investigación experimental basada en la utilización de cal y cenizas de cáscara de arroz como un método alternativo para la estabilización de suelos que tienen baja capacidad de soporte, de tal manera que posean una capacidad de soporte adecuada para sostener estructuras como el pavimento y las cargas que se transmiten debido al tránsito vehicular en el sector comprendido entre Santa Clemencia a Chachapoyas. Se realizaron 07 calicatas a lo largo de 6.6 km., de las cuales se extrajeron 07 muestras de suelo, siendo la Calicata N°01 la que no presentó características favorables.

Se estabilizó el tramo de la Calicata N° 01, mezclándose dicho suelo con cal en porcentajes de 2%, 4% y 6% y cenizas de cáscara de arroz en porcentajes de 5%, 10% y 20%, produciéndose así nueve tipos de mezclas distintas, las cuales se sometieron a ensayos de laboratorio.

La combinación S93-C2-CCA5 obtuvo el mayor valor de CBR al 95% de la MDS siendo este valor 24%, aumentando respecto al CBR del suelo natural 2.6 veces. Finalmente se procedió a realizar un tramo de prueba de 3 x 6 x 0.15 m. haciendo uso de esta combinación.

PALABRAS CLAVES: Cenizas de Cáscara de Arroz, Cal, Suelo Natural, Estabilización.

ABSTRACT

This thesis proposes an experimental investigation based on the use of lime and ashes of rice husk as an alternative method for the stabilization of soils that have low support capacity, in such a way that they have adequate support capacity to support structures such as pavement and loads that are transmitted due to vehicular traffic in the sector between Santa Clemencia to Chachapoyas. 07 calicatas were made along 6.6 km, of which 07 soil samples were extracted, with Calicata No. 01 which did not show favorable characteristics.

The section of Calicata N ° 01 was stabilized, said soil being mixed with lime in percentages of 2%, 4% and 6% and rice husk ashes in percentages of 5%, 10% and 20%, thus producing nine types of different mixtures, which were subjected to laboratory tests.

The combination S93-C2-CCA5 obtained the highest CBR value at 95% of the MDS, this value being 24%, increasing with respect to the CBR of the natural soil 2.6 times. Finally, a test section of 3 x 6 x 0.15 m was carried out. making use of this combination.

KEY WORDS: Rice Husk, Lime, Natural Soil, Stabilization.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN

1.1. Antecedentes del Problema

La vía Santa Clemencia-Chachapoyas, la cual comprende 6.60 km, actualmente luce más desgastada de lo normal, presentando gran deterioro superficial e irregular debido a las consecuencias producidas por el reciente Fenómeno El Niño que azotó a nuestro país. Actualmente la población del sector que se ve afectada es de aproximadamente de 1,440 habitantes. La población económicamente en gran parte se dedica a los trabajos relacionados con la actividad agrícola y crianza de animales para su consumo diario. Entre los principales problemas que registra la vía se encuentran: el sector agropecuario no tiene manera de llevar los productos a los centros de consumo, por la precaria situación vial que presenta el tramo en estudio y el alto costo de los transportes; se incrementan los tiempos de movilización de un sitio a otro debido a que para circular entre los baches hay que hacerlo a una velocidad muy reducida; la presencia de grietas y deformaciones, puede traer como consecuencia deslizamientos, acumulación de agua, salida de vía y aumento de fatiga en el conductor; esta acumulación de agua trae como consecuencia que se creen focos infecciosos poniendo en peligro la salud de los moradores que viven en los alrededores; se generan también grandes nubes de polvo, contaminando el medio ambiente y causando problemas respiratorios a pasajeros y transportistas. Se suma a ello el desgaste en los vehículos que transitan por este lugar.

La construcción de carreteras permite el desarrollo y la interconexión del país, tanto en su forma asfaltada como afirmada, siendo estas últimas las que se realizan en mayor proporción, ya que tiene dos ventajas, por un lado, representa un menor costo constructivo y por otro son una alternativa rápida para satisfacer la demanda de desarrollo de los pueblos del país. Sin embargo, se presentan algunos problemas como por ejemplo la baja resistencia que poseen los suelos arcillosos. Actualmente se vienen desarrollando técnicas para darle una mayor capacidad de soporte de resistencia.

(Ugaz, 2006, p.25), nos dice que la estabilización de suelos es someter a los suelos naturales a tratamientos químicos o físicos, para aprovechar su uso en la construcción de carreteras, mejorando de este modo ciertas cualidades tanto mecánicas como físicas, para que puedan soportar las condiciones adversas del tráfico y clima durante todo su tiempo de servicio con un adecuado comportamiento según el diseño proyectado. Plantea también que la solución para mejorar las propiedades del suelo con la finalidad de usarse en carreteras, es estabilizarlas mecánicamente (mezcla de suelos) y hacer uso de cal.

(Castro, 2017, p.30), en su investigación mostró que el suelo arenoso estabilizado con ceniza de cáscara de arroz mostro cambios favorables pudiendo utilizarse a nivel de subrasante. Sin embargo, los cambios más significativos se produjeron cuando se combina el suelo arcilloso con ceniza de cáscara de arroz y cal, demostrando así que las cenizas de cáscara de arroz cuando se combinan con agentes estabilizadores secundarios presentan mayores ventajas. Los materiales cementantes o de características similares a estos son los más idóneos para la lograr la estabilización de suelos arenosos, siendo las cenizas de residuos agroindustriales, últimamente, un material muy utilizado en el ámbito de la construcción, ya que, debido a su alto contenido de sílice y alúmina, y trabajando conjuntamente con un agente activador como la cal, logran producir reacciones puzolánicas que tranquilamente pueden sustituir a un cemento portland convencional.

Teniendo como base investigaciones anteriores, se presenta un método de estabilización con resultados favorables en otro tipo de suelo y que a su vez es amigable con el ambiente. Se plantea usar como agente estabilizador a la ceniza de cáscara de arroz y como agente activador la cal, con el fin de evaluar la influencia que tendrá en las propiedades de la vía en estudio.

1.2. Formulación del Problema

1.2.1. Problema General

¿La cal y cenizas de cáscara de arroz estabilizará la superficie de rodadura en la vía Santa Clemencia-Chachapoyas?

1.2.2. Problemas Específicos

- ¿Qué clasificación tendrán las muestras de la Vía Santa Clemencia-Chachapoyas de acuerdo a la metodología SUCS y AASHTO?
- ¿Cuáles son las ventajas y limitaciones del uso de cenizas de cáscara de arroz con cal a emplearse en la estabilización de la superficie de rodadura en la vía Santa Clemencia-Chachapoyas?
- ¿Cuáles son los resultados del CBR con adición de 2%, 4% y 6% de cal y 5%, 10% y 20% de cenizas de cáscara de arroz y cuál es el óptimo?
- ¿Cuál será el comportamiento del tramo de prueba realizado in situ al cabo de 15 días?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

- Estabilizar la superficie de rodadura en la vía Santa Clemencia-Chachapoyas con cal y cenizas de cáscara de arroz.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Clasificar las muestras de la vía Santa Clemencia-Chachapoyas de acuerdo a SUCS y AASHTO.
- Evaluar las ventajas y limitaciones sobre el uso de cenizas de cáscara de arroz con cal a emplearse para la estabilización de la superficie de rodadura en la vía Santa Clemencia-Chachapoyas.

- Realizar diversos ensayos de CBR con adición de 2%, 4% y 6% de cal y 5%, 10% y 20% de cenizas de cascara de arroz y determinar el óptimo.
- Realizar un tramo de prueba in situ y evaluar su comportamiento al cabo de 15 días.

1.4. Justificación

1.4.1. Justificación Técnica

Actualmente la superficie de rodadura es mejorada con productos artificiales como cemento, asfalto, entre otros, pero debido a la demanda de una sociedad que busca soluciones ecológicas, el uso de cenizas de cáscara de arroz combinadas con cal, es una solución más factible y económica (Romero y Sañac, 2016, p.3).

Con la realización de este trabajo de investigación, se pretende dar una alternativa de solución a los problemas que podría generar la superficie de rodadura de baja capacidad portante y con características mecánicas inapropiadas para la construcción, sin incurrir en costos elevados y aprovechando productos secundarios como las cenizas provenientes de la quema de arroz mezcladas con cal. Al conseguir una dosificación óptima que mejore las propiedades de la superficie de rodadura, se propondrán diseños más económicos que garanticen la seguridad de la vía y, por ende, el bienestar de las personas.

1.4.2. Justificación Socioeconómica

La presente investigación beneficia a la población de la vía Santa Clemencia-Chachapoyas, ayudando a disminuir los precios de transporte, permitiendo el intercambio comercial entre los mercados para los cultivos y los productos locales, ayudando al acceso a nuevos centros de empleo, entre otros.

1.4.3. Justificación Ambiental

Este aprovechamiento se ve reflejado directamente con la reducción de la contaminación del ambiente, ya que estas cenizas de cáscara de arroz son arrojadas a la intemperie, pudiendo darle un mejor uso empleándolo en temas ingenieriles.

1.5. Limitaciones del Trabajo

Para el desarrollo de este proyecto, se presentaron ciertas limitantes que fueron:

- Las malas condiciones de los equipos de laboratorio de suelos y falta de algunos instrumentos que no nos permitían realizar los ensayos que esta investigación requiere, por lo cual tuvimos que recurrir a laboratorios externos generando un gasto adicional.
- El trabajo de investigación se limitó a estudiar la vía Santa Clemencia-Chachapoyas, que comprende 6.60 km.
- La poca información sobre investigaciones de cenizas de cascara de arroz con cal con fines de estabilización.

1.6. Hipótesis de la Investigación

La cal y cenizas de cascará de arroz estabilizó la superficie de rodadura en la vía Santa Clemencia-Chachapoyas.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la Investigación

2.1.1. Antecedentes Internacionales

(Behak y Peres 2008, p. 50), en su investigación *Caracterización de un material compuesto por suelo arenoso, ceniza de cáscara de arroz y cal potencialmente útil para su uso en pavimentación*, de la Revista Ingeniería de Construcción, Chile, presentó las características propias de una mezcla de suelo arenoso extraído de la cantera próxima a Montevideo-Uruguay, con ceniza de cáscara de arroz (CCA) y cal, siendo su objetivo, estudiar sus propiedades tanto físicas como mecánicas para encontrar una solución económica aplicada a pavimentos que presenten un bajo volumen de tránsito y disminuir el problema ambiental que genera la quema de cenizas de cáscara de arroz. Ellos realizaron análisis de la influencia de diferentes mezclas de suelo con CCA y cal en la composición mineralógica mediante difractogramas de rayos-x, parámetros óptimos de compactación, CBR, resistencia a la compresión confinada y a la tracción diametral y durabilidad. Consideraron las siguientes mezclas: suelo+15% de CCA + 5% de cal, suelo + 20% de CCA + 5% de cal y suelo +20% de CCA + 10% de cal. Observándose un significativo aumento del CBR en la mezcla de suelo +20 % CCA+ 10% Cal; para las humedades óptimas de compactación, el valor de CBR del suelo fue de 9%; mientras que el de la mezcla mencionada fue de 25%; aumentando en 2.8 veces el CBR de la mezcla con relación al del suelo. Además de presentar un mayor valor de la resistencia a la compresión confinada con 56 días de cura, siendo de 276 kPa, 20 veces mayor que la RCI del suelo natural.

(Okafor y Okonkwo, 2009, p. 40) en su investigación *Effects of Rice Husk Ash on Some Geotechnical Properties of Lateritic Soil (Efectos de la ceniza de cáscara de arroz sobre algunas propiedades geotécnicas del suelo laterítico)* publicado en

Leonardo revista electrónica de prácticas y tecnologías, Nigeria; nos mostraron el efecto de las cenizas de cáscara de arroz en las propiedades geotécnicas de un suelo para fines de subrasante. El suelo empleado en la investigación fue una arena bien graduada y las propiedades que se evaluaron fueron la compactación, límites de consistencia y resistencia del suelo con porcentajes de adición de cenizas en 5%, 7.5%, 10% y 12.5%. Para la muestra sin adición de cenizas se obtuvo un límite líquido de 32.20%, índice de plasticidad de 17.07% y CBR con 22.05. Para las muestras con adición de cenizas, se mostró una disminución de la densidad máxima seca a medida que se aumentaba el porcentaje de cenizas, el índice de plasticidad presentó una disminución a 10.02% a medida que se aumentaba el porcentaje de cenizas de 0% a 12.5% y por último el CBR presentó un aumento a 80.14 cuando se añadió ceniza de cáscara de arroz hasta un 10%, lo que representó un aumento de 2.5 veces del valor sin cenizas, este incremento se debió a los compuestos cementantes, producidos por la reacción entre la ceniza de cáscara de arroz y cantidades de CaOH del suelo.

(De la Pared, 2013, p.20), en su tesis *Estabilización del suelo mediante adiciones de ceniza de cascarilla de arroz*, para optar por el grado de Magister, publicado en la Universidad de los Andes, investigó el uso de ceniza de cáscara de arroz para estabilizar el suelo de la cantera Soacha de la Bogotá – Colombia, que de acuerdo a la clasificación SUCS pertenecía al grupo GP. Los porcentajes de ceniza de cascarilla de arroz más suelo, que se utilizaron para la investigación fueron 5%, 10% y 15%. El comportamiento del suelo junto con las cenizas mostró que con adición del 5%, el CBR tuvo un incremento de 104%, presentando un decremento para los porcentajes de 10% y 15%. En el caso de analizar la densidad a medida que se aumentó el porcentaje de cenizas, la densidad disminuye, mientras que,

para el análisis de la absorción, a medida que se aumentó el porcentaje de ceniza, el porcentaje de absorción aumentó. Concluyendo que el porcentaje óptimo de adición de cenizas de cáscara de arroz fue de 5%.

(Aparna, 2014, p. 54), en su investigación *Soil Stabilization using Rice Husk Ash and Cement (Estabilización de suelos usando cáscara de arroz Ash y Cemento)* publicado en la revista International Journal of Civil Engineering Research, estudio la utilización de la cáscara de arroz para la estabilización de suelos arcillosos con alta plasticidad en la India, empleando diferentes porcentajes y una pequeña cantidad de cemento. En esta investigación se evaluó las propiedades del suelo, tales como la máxima densidad seca, óptimo contenido de humedad, la capacidad portante y el esfuerzo a la compresión no confinada, aplicándose porcentajes de 10%, 15% y 20% de ceniza de cáscara de arroz más 6% de cemento. De los resultados obtenidos se concluyó que el CBR y la resistencia a la compresión no confinada disminuyó al añadirse de 15% y 20% de cenizas, sin embargo, para el contenido de 10%, el CBR se incrementó hasta 106% para muestras sin remojar y la capacidad portante se incrementó en 90.6”, por lo que el contenido óptimo para estabilizar este tipo de suelos fue usar el 10% de ceniza.

(Caamaño, 2016, p. 80), en su tesis *Mejoramiento de un suelo blando de subrasante mediante la adición de cascarilla de arroz y su efecto en el módulo resiliente*, presentada en la Universidad Militar Nueva Granada de Bogotá; muestra los resultados de una investigación experimental, estableciendo un análisis de la muestra de subrasante modificándose con la adición de porcentajes de ceniza de cascarilla de arroz variables y de esta manera, analizar su efecto en el comportamiento físico y geomecánico del material. Los trabajos consistieron en la obtención del material en el sector del proyecto Pedragal – Gualay para toma

de muestras de suelo subrasante blando, con el propósito de la caracterización física del material, según normas INVIAS 2013 y determinación del módulo resiliente de la muestra, para lo cual se realizaron numerosos ensayos de caracterización física del material, dichos ensayos correspondieron a un análisis granulométrico completo, límites de Atterberg, gravedad y el ensayo de compactación Proctor Modificado, que determinó la densidad máxima seca y el contenido de humedad óptimo. Estas pruebas se hicieron a las muestras de subrasante blanda con 0%, 2%, 4% y 6% de ceniza de cascarilla de arroz. Mientras que las pruebas de módulo resiliente se estableció que la carga vertical sobre la capa de fundación sería de 36,78kPa. Concluyéndose que la cascarilla de arroz contribuyó a la reducción de la plasticidad, mejorando la consistencia y comportamiento físico del material de subrasante mas no genera variación en el PH del suelo. La resistencia del material de subrasante aumentó en más de un 100% con el 4% de adición en comparación con el obtenido en condiciones iniciales, lo que indica que provoca un efecto cementante en el suelo debido a sus propiedades puzolánicas. Respecto al módulo resiliente del material se incrementó con la adición de hasta un 4%, por arriba de este porcentaje el módulo resiliente decrece, por lo que se determinó que el porcentaje óptimo de adición de cascarilla de arroz en el material de subrasante fue de 4%, valor que mejoró las propiedades físicas y mecánicas del suelo.

2.1.2. Antecedentes Nacionales

(Llamoga, 2016, p.100), en su tesis *Evaluación del potencial de expansión y capacidad portante de suelos arcillosos usados en subrasantes al adicionar ceniza de cascarilla de arroz*, Cajamarca 2016; presentada en la Universidad Privada del Norte, estudió el potencial de expansión y la capacidad portante de

suelos arcillosos usados como subrasante adicionando ceniza de cascarilla de arroz en los porcentajes de 4%, 7% y 10%. Sus resultados obtenidos mostraron que la expansión aumentó en 0.43% al agregar 10% de ceniza, sin embargo, disminuyó en 16.84% y en 21.12% al agregar ceniza en 4% y 7% respectivamente. Al evaluar la capacidad portante, los resultados obtenidos mostraron que la resistencia del suelo sufre decremento del 0.85% con la adición del 10% de ceniza; sin embargo, para las adiciones del 4% y 7% el CBR presenta un aumento de 2.85% a 4.52% y de 2.85% a 7.80% respectivamente. Concluyendo que el contenido óptimo para la estabilización de este tipo de suelos fue de 7% de ceniza. **(Castro, 2017, p. 112)**, con su tesis *Estabilización de suelos arcillosos con ceniza de cáscara de arroz para el mejoramiento de subrasante*, presentada en la Universidad Nacional de Ingeniería de Lima; propuso desarrollar un método para estabilizar suelos arcillosos de baja capacidad a nivel de subrasante usando cenizas de cáscara arroz. La investigación inició con la extracción de las muestras mediante calicatas; las cenizas de cáscara de arroz fueron obtenidas del departamento de San Martín. Luego continuó con los ensayos de laboratorio al suelo en su estado natural, las combinaciones solo con cenizas de cáscara de arroz en 10%, 20%, 30% y 40% y combinaciones con 3% cal a fin de determinar las propiedades físicas, mecánicas y químicas de las muestras. Dentro de los ensayos físicos se determinó el contenido de humedad, análisis granulométrico por tamizado, límites de Atterberg, gravedad específica y la clasificación de suelos; dentro de los ensayos mecánicos, Proctor modificado, ensayo de CBR y compresión no confinada; por último, los ensayos químicos, la caracterización mineralógica y el análisis de materia orgánica. De los resultados obtenidos se concluyó que las combinaciones de suelo arcilloso con cenizas de cáscara arroz y

cal logró mayores ventajas. Se logró incrementar el valor de CBR para las dos combinaciones planteadas, siendo la combinación antes mencionada la que presentó valores más altos de capacidad de soporte de resistencia incrementando el valor de CBR al 100% de la máxima densidad seca del Proctor modificado de 5% hasta 38.5% con la adición de 20% de ceniza de cáscara de arroz. Las cenizas de cáscara de arroz inhibieron el carácter expansivo del suelo a medida que se incrementaba el contenido de ceniza de cáscara de arroz llegando hasta valores de 0% de expansión. Por lo que los resultados mostraron que la ceniza de cáscara de arroz trae cambios favorables al suelo arcilloso a nivel de subrasante, siendo los cambios más significativos cuando se combina al suelo arcillo con ceniza de cáscara de arroz y cal.

2.2. Base Teórica

2.2.1. Superficie De Rodadura

2.2.1.1. Definición

Se conceptualiza como: “Parte de la carretera destinada a la circulación de vehículos compuesta por uno o más carriles, la cual no incluye la berma.” (Pautas Metodológicas para el Desarrollo de Alternativas de Pavimentos en la Formulación y Evaluación Social de Proyectos de Inversión Pública de Carreteras, 2015, p.12).

La superficie de rodadura resiste de manera directa las solicitaciones que son originadas por el tráfico, aparte de ello, es un medio de contacto con el vehículo. En la rama estructural, se encarga de absorber los esfuerzos horizontales y los verticales en menor proporción. Su objetivo primordial es proteger la estructura que compone el pavimento, impermeabilizando la superficie, para de este modo evitar filtraciones de agua de lluvia que

traen como consecuencia la saturación de las capas inferiores.

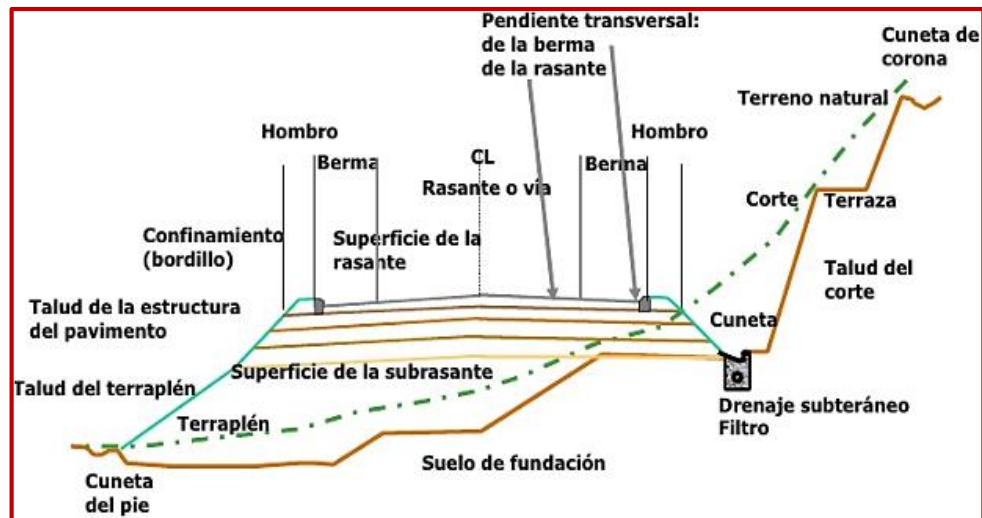


Figura 1. Diseño Integral de un Pavimento.

Fuente: Recuperado de "Criterios de Diseño y Construcción", de Jaramillo, A., 19 de agosto del 2010, p.02. Recuperado de: <https://www.slideshare.net/jaga126/2-criterios-de-diseo-y-construccion>.

2.2.1.2. Características

La superficie de rodadura está sometida a la intemperie y está en contacto directo con los vehículos, por lo tanto, está sometido a un mayor número de exigencias, por ello debe ser:

- Uniforme; es decir se debe evitar la presencia de desnivelaciones y ondulaciones, en el sentido transversal como longitudinal, debido a que la superficie de rodadura debe resistir presiones verticales de contacto producidas por los neumáticos.
- Antideslizante; debe presentar una textura superficial áspera que dificulte el deslizamiento de los vehículos, ofreciendo un coeficiente de resistencia al deslizamiento entre neumático y carretera.
- Impermeable, evitando el paso del agua hacia las capas inferiores. Para facilitar la evacuación de las aguas pluviales debe poseer una textura superficial.
- Duradera, donde sus propiedades perduren a lo largo del tiempo,

degradándose lo menos posible.

2.2.1.3. Clasificación

Determinar los tipos de superficie de rodadura para un pavimento depende de varios factores como: el tipo de tránsito, características de la sub rasante o terreno natural, la disponibilidad de los materiales de construcción, periodo de vida útil, condiciones climáticas y entre otros.

- Caminos con Superficie de Rodadura no Pavimentada

Según el Manual de carreteras: “Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos” del MTC; este grupo se clasifica en:

- **Caminos de tierra:** Conformado por los suelos naturales y mejorados con grava la cual se selecciona por zarandeo (p.9).
- **Caminos de grava (lastrados):** Conformado por una capa de revestimiento con material natural pétreo (p.9).
- **Caminos afirmados:** Los cuales se aplica una capa de revestimiento, mayormente materiales de cantera, obtenidos manualmente o por zarandeo, compuestos por: piedra, arena y finos o arcilla (p.9).
- **Caminos afirmados con superficie de rodadura estabilizada con materiales industriales:** se encuentran: los afirmados con grava tratada con materiales como asfalto, cemento, cal, aditivos químicos y otros, así como también los suelos naturales estabilizados con material granular y finos ligantes, asfalto, cemento, cl, aditivos químicos y otros (p.10).



Figura 2. Caminos Afirmados en el tramo Santa Clemencia-Chachapoyas.
Fuente: *Elaboración propia.*

- **Caminos con Superficie de Rodadura Pavimentados**

Según el Manual de carreteras: “Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos” del MTC; este grupo está clasificado en:

- **Pavimentos flexibles:** Tenemos dos grupos dentro de esta clasificación: el primero compuesto por capas granulares (sub base y base) y la superficie de rodadura es bituminosa en frío como tratamiento superficial bicapa, lechada, carpetas de mezcla asfálticas en frío, etc. Y el segundo compuesto por: por capas granulares (sub base y base drenante) y una capa de rodadura de mezcla asfáltica en caliente de espesor variable (p.10).

La superficie de rodadura asfáltica es la más utilizada en la construcción de carreteras, cuenta en la actualidad con un gran desarrollo tecnológico y así mismo existen varias metodologías y normas de diseño.

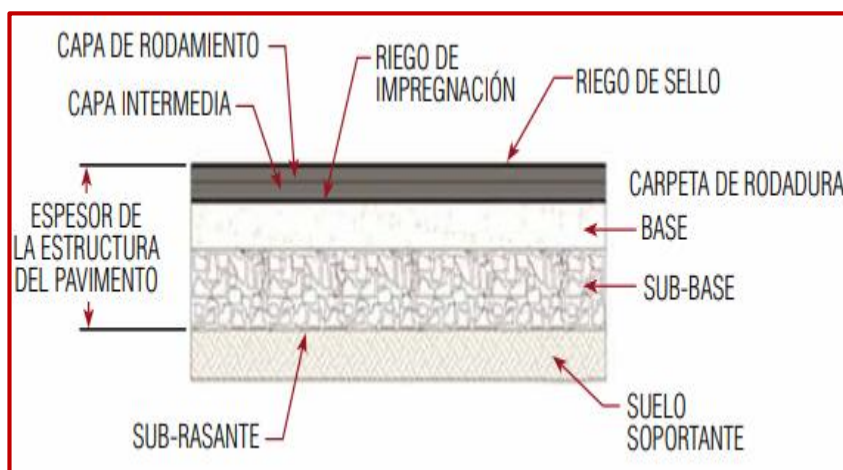


Figura 3. Estructura de los Pavimentos Flexibles.

Fuente: Recuperado de “Pautas Metodológicas para el Desarrollo de Alternativas de Pavimentos en la Formulación y Evaluación Social de Proyectos de Inversión Pública de Carreteras”, del Ministerio de Economía y Finanzas, febrero del 2015, p.14. Recuperado de: https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv_publica/docs/normas/normasv/2015/RD003-2015/Pautas_Pavimentos.pdf

- **Pavimentos semirrígidos:** Conformados con capas asfálticas (base asfáltica y carpeta asfáltica en caliente); o carpeta asfáltica en caliente sobre base tratada con cemento o cal. Dentro de este tipo tenemos los pavimentos adoquinados (p.10).
- **Pavimentos rígidos:** Conformados por losa de concreto de cemento hidráulico y una sub base granular para uniformizar las características de cimentación de la losa (p.10).

2.2.2. Sub Rasante

2.2.2.1. Definición

De acuerdo al Manual de Suelos, Geología, Geotecnia y pavimentos del MTC (2014): “La subrasante se define como la superficie terminada a nivel de movimiento de tierras, es decir corte y relleno, y en la cual se sentará la estructura del pavimento o afirmado” (p.23).

La subrasante es el nivel del suelo original del proyecto que debe estar conformada correctamente para recibir al pavimento, el cual tendrá

características aceptables y se compactará por capas para constituir un cuerpo estable, que no se debe ver afectado por la carga de diseño que proviene del tránsito. (Castro, 2017, p.30)

Las variables básicas para el diseño de la estructura de un pavimento son: la capacidad de soporte en condiciones de servicio de la subrasante, junto con el tránsito y las características que poseen los materiales de construcción de la superficie de rodadura.

Si el terreno que conforma la sub rasante es malo, debe desecharse el material que lo compone y sustituirse por un suelo de mejor calidad; si no es tan malo se recomienda colocar una sub-base. (Ravines, 2010, p.05)

2.2.2.2. Propiedades de la Subrasante

Entre las propiedades requeridas para la subrasante tenemos: Granulometría, Relación humedad-densidad, Resistencia, Drenaje, Fácil compactación, Conservación de la compactación, Estabilidad volumétrica, Módulo resiliente, etc.

Esta capa del pavimento se encuentra expuesta a condiciones ambientales motivo por lo cual debe cumplir ciertos requisitos de calidad indispensables para disminuir los efectos que debido a su condición se puedan originar, los cuales se muestran en la siguiente tabla.

Tabla 1

Requisitos de material de calidad para subrasantes.

Característica	Valor
Limite Liquido; % máximo	35-40
Valor soporte de California (CBR); % mínimo	20
Expansión máxima; %	2

Fuente: Recuperado de "Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos", de MTC, 2014, p. 34, Lima, Perú.

Los suelos a considerarse aptos son aquellos que presentan un CBR mayor o igual a 6%; si los resultados son menores, se eliminarán dicho material y se reemplazarán por material de préstamo. (Ravines, 2010, p.06).

Tabla 2
Categorías de sub rasante

Categorías de Subrasante	CBR
S ₀ : subrasante inadecuada	CBR<3%
S ₁ : subrasante inadecuada	De CBR>=3% a CBR <6%
S ₂ : subrasante inadecuada	De CBR>=6% a CBR <10%
S ₃ : subrasante inadecuada	De CBR>=10% a CBR <20%
S ₄ : subrasante inadecuada	De CBR>=20% a CBR <30%
S ₅ : subrasante inadecuada	CBR>=30%

Fuente: Recuperado de “Manuel de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos”, de MTC, 2014, p. 35, Lima, Perú.

2.2.3. Propiedades Geotécnicas de los Suelos

El suelo es la parte superficial de la corteza terrestre, proveniente de la desintegración o alteración física y química de las rocas madres, las cuales originan gravas de distintas proporciones en tamaños que varían de acuerdo a su tipología.

Juárez y Rico (2010, p.35) indican que la geología a determinado una variedad de suelos existentes con el objetivo de ver el desarrollo de la evolución de las composiciones de la tierra; obteniéndose nuevos conocimientos a la distribución y nombramiento de cada tipo de suelo y mejorar en su desarrollo sus características.

2.2.3.1. Granulometría

La granulometría es un proceso muy importante para la clasificación de suelos, ya que nos permite separar la fracción gruesa de la fina, representando una característica importante del suelo para determinar su comportamiento mecánico; debido a que la estabilidad de un suelo depende en gran medida la cantidad de vacíos que este posea, mientras esta sea menor tendrá un mejor comportamiento, alcanzando una mayor capacidad portante y estabilidad.

Los suelos bien graduados son aquellos que poseen una amplia gama de tamaños y presentan un comportamiento ingenieril favorable que aquellos que tienen una granulometría muy uniforme. (Juárez y Rico, 2010, p. 57).

Existen diferentes procedimientos para determinar la composición granulométrica. Para suelos de grano grueso, el procedimiento más usado es el cribado por mallas, empleándose una serie normalizada de tamices siendo las más empleadas la ASTM D-2487/69 americana y la una UNE 7050 española; mientras que, para suelos de grano fino, se recomienda realizar procedimientos de sedimentación, que consisten en la observación de la velocidad de asentamiento de las partículas del suelo

2.2.3.1.1. Sistemas De Clasificación De Suelos Según Granulometría

Juárez y Rico (2010) refieren que la distribución de las partículas de un suelo, ofrecen un criterio importante para la clasificación descriptiva del mismo. Entre las principales clasificaciones tenemos:

a) Clasificación Internacional

Esta clasificación está basada en otra desarrollada en Suecia:

Tabla 3.

Clasificación Internacional de Suelos

Tamaño en mm				
2.0	0.2	0.02	0.002	0.0002
Arena Gruesa	Arena Fina	Limo	Arcilla	Ultra-Arcilla (coloides)

Fuente: Recuperado de “Mecánica de suelos tomo 1: Fundamentos de la mecánica de suelos”, de Juárez, E. y Rico, A., 2005, p. 98, México, México: Limusa.

b) Clasificación M.I.T.

Fue planteada por G. Gilboy y aceptada por Massachusetts Institute of Technology.

Tabla 4.

Clasificación M.I.T.

Tamaño en mm								
2.0	0.6	0.2	0.06	0.02	0.006	0.002	0.0006	0.0002
Gruesa	Media	Fina	Gruesa	Media	Fina	Gruesa	Media	Fina (coloides)
Arena			Limo			Arcilla		

Fuente: Recuperado de “Mecánica de suelos tomo 1: Fundamentos de la mecánica de suelos”, de Juárez, E. y Rico, A., 2005, p. 99, México, México: Limusa.

c) Clasificación de Kopecky

Esta clasificación se basa en el material, características y tamaño en mm.

Tabla 5.
Clasificación de suelos según Kopecky

Material	Característica	Tamaño Mm
Piedra	-	Mayor de 70 mm
	Gruesa	30 a 70
Grava	Media	5 a 30
	Fina	2 a 5
	Gruesa	1 a 2
Arena	Media	0.2 a 1
	Fina	0.1 a 0.2
	Gruesa	0.05 a 0.1
Polvo	Fina	0.02 a 0.05
	Gruesa	0.006 a 0.02
Limo	Fina	0.002 a 0.006
	Gruesa	0.0006 a 0.002
Arcilla	Fina	0.0002 a 0.0006
	Ultra-Arcilla	-

Fuente: Recuperado de “Mecánica de suelos tomo 1: Fundamentos de la mecánica de suelos”, de Juárez, E. y Rico, A., 2005, p. 99, México, México: Limusa.

2.2.3.1.2. Gráfico de la Distribución Granulométrica

Los resultados del análisis mecánico (tamizado o hidrométrico) se representan en graficas semilogarítmicas. La curva de distribución granulométrica es un tipo de gráfico en el cual las ordenadas representan el % en peso de las partículas y las abscisas al tamaño correspondiente.

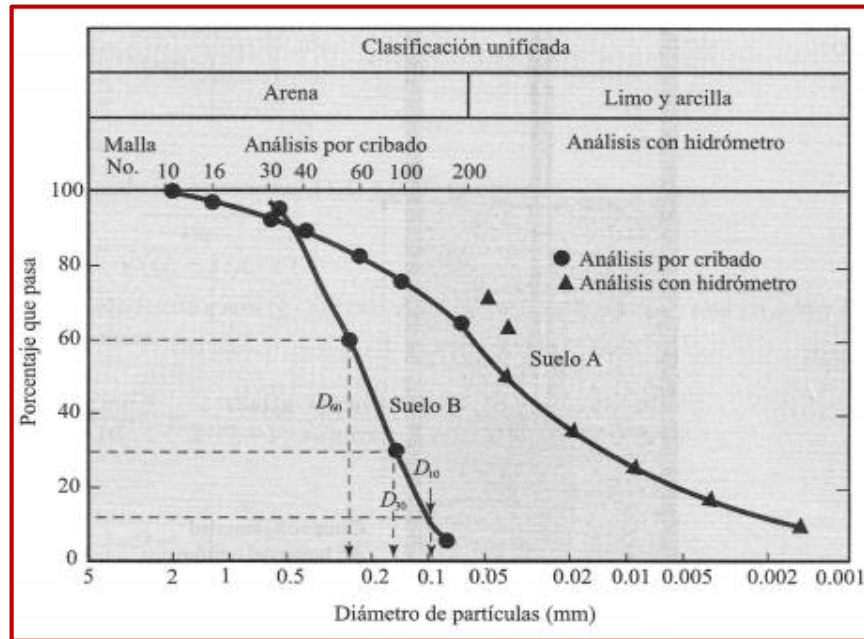


Figura 4. Curva de distribución del tamaño de partículas (curvas granulométricas).

Fuente: Recuperado de “Fundamentos de Ingeniería Geotécnica”, de Braja, D., 1999, p. 12, México, D.F.: Thomson Editores.

La interpretación de esta curva nos brindará información sobre el comportamiento del suelo. De la cual podemos diferenciar una granulometría discontinua (suelos mal graduados) y una granulometría continua (suelos bien graduados).

Un parámetro muy empleado para dar idea del grado de uniformidad es el definido por Allen Hazen, llamado coeficiente de uniformidad.

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}} \dots\dots\dots(1)$$

Donde:

D₆₀: Tamaño el cual el 60% en peso del suelo sea igual o menor.

D₁₀: Tamaño el cual es igual o mayor que el 10% en peso del

suelo.

Los suelos que tienen un $C_u < 3$, se consideran muy uniformes.

Y para la graduación del suelo se emplea el coeficiente de curvatura:

$$C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{60} \times D_{10}} \dots \dots \dots (2)$$

Donde la definición de D_{30} es análogo a los D_{10} y D_{60} anteriores.

Para suelos bien graduados, C_c presenta valores comprendidos entre 1 y 3.

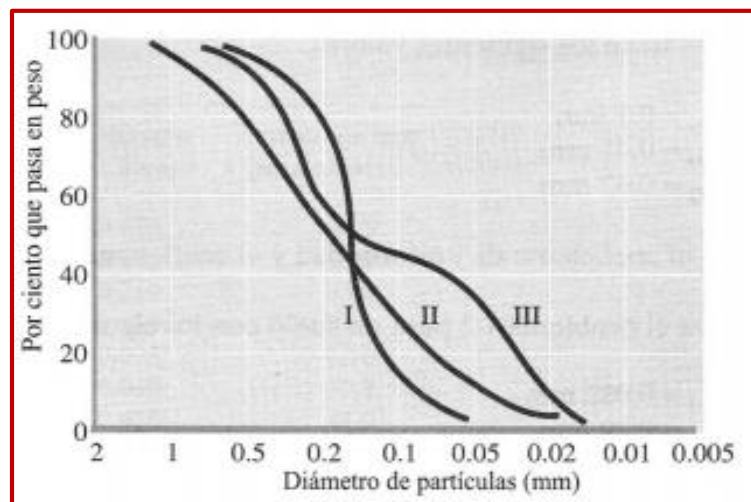


Figura 5. Diferentes tipos de curvas granulométricas.
Fuente: Recuperado de “Fundamentos de Ingeniería Geotécnica”, de Braja, D., 1999, p. 13, México, D.F.: Thomson Editores.

La curva I representa un suelo mal graduado donde la mayoría de granos son del mismo tamaño.

La curva II representa un suelo bien graduado donde las partículas están distribuidos sobre un amplio rango.

La curva III representa una combinación de ambas, llamándose una granulometría discontinua.

2.2.3.1.3. Ensayo Granulométrico

a) El cribado por mallas

Mediante este método se hace pasar sucesivamente la muestra del suelo a través de un juego de tamices de tamaños que varían gradualmente y descendientemente hasta la malla N° 200 (0.074mm). La muestra debe estar seca y de ser necesario, lavada. Se pesa los retenidos en cada malla para posteriormente obtener su porcentaje respecto al peso total de la muestra. Se determina entonces el porcentaje acumulado de suelo que pasa por cada tamiz, dato que se coloca en el eje de las abscisas. Así obtenemos los puntos necesarios para graficar la curva.

Tabla 6.

Tamices para análisis granulométrico.

Tamices	Abertura (mm)
3"	75.000
2"	50.800
1 ½"	38.100
1"	25.400
¾"	19.000
⅜"	9.500
N° 4	4.760
N° 10	2.000
N° 20	0.840
N° 40	0.425
N° 60	0.260
N° 140	0.106
N° 200	0.075

Fuente: Recuperado de "Manual de Ensayos de Materiales para Obras Viales", de M.T.C., 2000, Perú, Lima.: Thomson Editores.

b) El método del hidrómetro(densímetro)

Se basa en la observación de la velocidad de asentamiento de las partículas del suelo en un líquido, mientras más pequeños son, más lento asientan. El peso seco de la muestra para la prueba será de 50 – 60 gr para suelos plásticos y 100 gr para suelos arenosos. Se emplea un agente dispersante, siendo el más usado una solución de 125cc al 4% de hexametáfosfato de sodio. Luego de haber saturado el suelo por lo menos 16 horas, se agrega agua destilada y la mezcla se agita para luego ser transferida a una probeta de 1000 ml. Se agrega más agua destilada hasta que la superficie llegue a la marca de 1000 ml y luego la mezcla se agita por última vez. Inmediatamente colóquese el hidrómetro dentro de la probeta, durante 24 horas, para medir la densidad de sólidos de la suspensión suelo-agua.

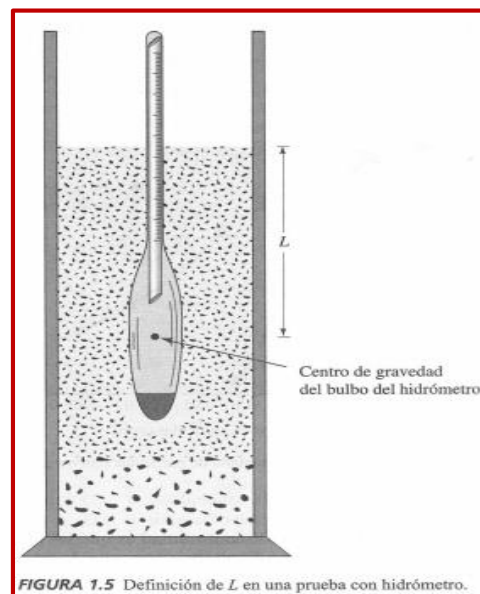


Figura 6. Análisis granulométrico con el hidrómetro.

Fuente: Recuperado de “Fundamentos de Ingeniería Geotécnica”, de Braja, D., 1999, p. 11, México, D.F.: Thomson Editores.

El diámetro de las partículas de suelo en suspensión en el instante de realizar las lecturas del hidrómetro se puede calcular así:

$$D = \sqrt{\frac{18\eta}{(G_s-1)\gamma_w}} \sqrt{\frac{L}{t}} \dots\dots\dots(3)$$

Donde

D= diámetro de la partícula de suelo

G_s= peso específico de los sólidos del suelo

η= viscosidad del agua

γ_w= peso específico del agua

L= longitud efectiva

t= tiempo

Con los datos obtenidos se calcula y se prepara una gráfica granulométrica acumulativa semilogarítmica.

2.2.3.2. Estados de Consistencia

Consistencia es el grado de firmeza de los suelos, varía desde un estado sólido a líquido viscoso, el cual va a depender de la presencia de agua que contenga.

Según Juárez y Rico (2011), “se define a la plasticidad como la propiedad de los materiales que le permite soportar deformaciones rápidas, sin variación volumétrica apreciable y sin sufrir desmoronaciones ni grietas.” (p. 127)

Para poder estudiar los límites es importante definir los estados de

consistencia:

- **Líquido:** Se encuentra entre el estado semilíquido (fluido viscoso sin capacidad resistente) y plástico. Para su determinación se emplea el ensayo de la copa de Casagrande.
- **Plástico:** el suelo se encuentra entre el estado plástico y semisólido (apariencia sólida). Presentando deformación con la aplicación de pequeños esfuerzos, por lo que no recupera su estado inicial al finalizar el esfuerzo.
- **Semisólido:** el suelo se resquebraja y deja de ser moldeable al cambiar su forma, sin embargo; disminuye su volumen al perder agua.
- **Sólido:** el suelo llega a su estabilidad, no hay cambio de volumen respecto a las variaciones de humedad.

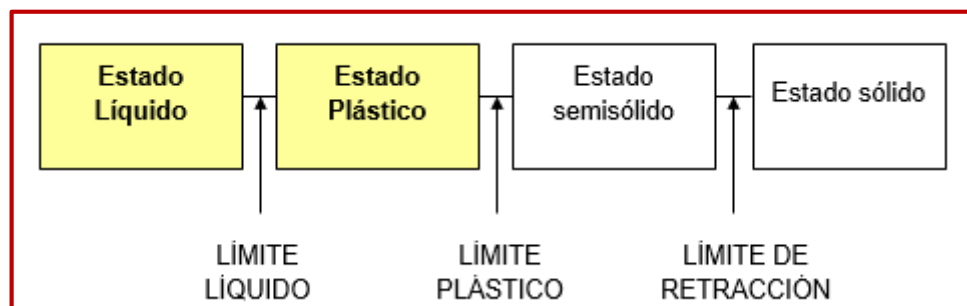


Figura 7. Estados de consistencia de un suelo.

Fuente: Recuperado de "Manual de carreteras. Volumen II: construcción y mantenimiento", de Bañon, L. y Beviá, J., 2000, p. 15, España, Alicante: Ortiz e Hijos, Contratista de Obras, S.A.

Los estados mostrados son fases por las que pasa el suelo al irse secando. Atterberg planteó criterios para distinguir las fronteras, llamándolas límites de consistencia.

De los límites mencionados, es de especial interés la determinación de los límites líquidos y plástico, debido a la presencia de la alta deformabilidad del suelo y una reducción significativa de su capacidad portante.

La diferencia entre el límite líquido (L.L.) y el límite plástico (L.P) se denomina Índice Plástico (L.P.) del suelo.

$$IP = LL - PL \dots \dots \dots (4)$$

Cuando no se puede determinar uno de los límites o la diferencia es negativo, este se considera no plástico (N.P.) y el índice plástico es igual a cero.

El índice de plasticidad nos muestra el intervalo de humedades en la que el suelo posee consistencia plástica y por ende permite su clasificación, tal como veremos en la Tabla 7.

Tabla 7.
Clasificación de suelos Índice de Plasticidad

Índice De Plasticidad	Plasticidad	Característica
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: Recuperado de “Manuel de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos”, de MTC, 2014, p. 32, Lima, Perú.

2.2.3.2.1. Límite Líquido

Para su determinación, se sigue el método basada en el uso de la Copa de Casagrande, que consiste en colocar diferentes muestras de suelo, con humedad variable en un recipiente de bronce o latón a la cual se le hace caer periódicamente, golpeando contra la base del dispositivo desde 1cm.

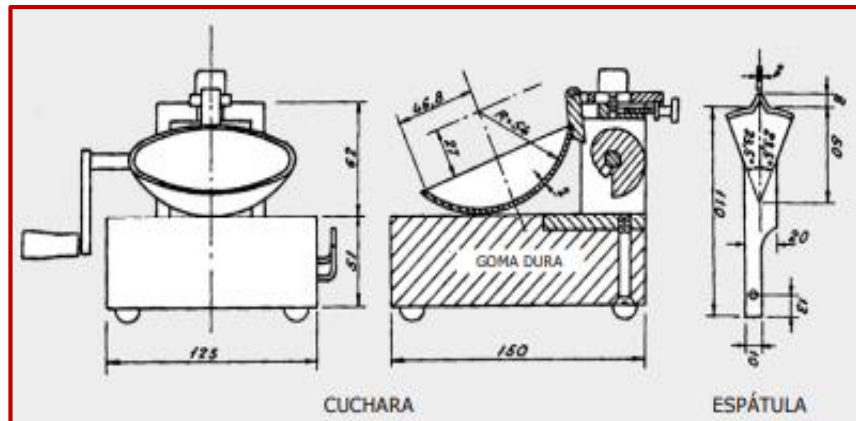


Figura 8. Copa Casagrande.

Fuente: Recuperado de “Manual de carreteras. Volumen II: construcción y mantenimiento”, de Bañon, L. y Beviá, J., 2000, p. 10, España, Alicante: Ortiz e Hijos, Contratista de Obras, S.A.

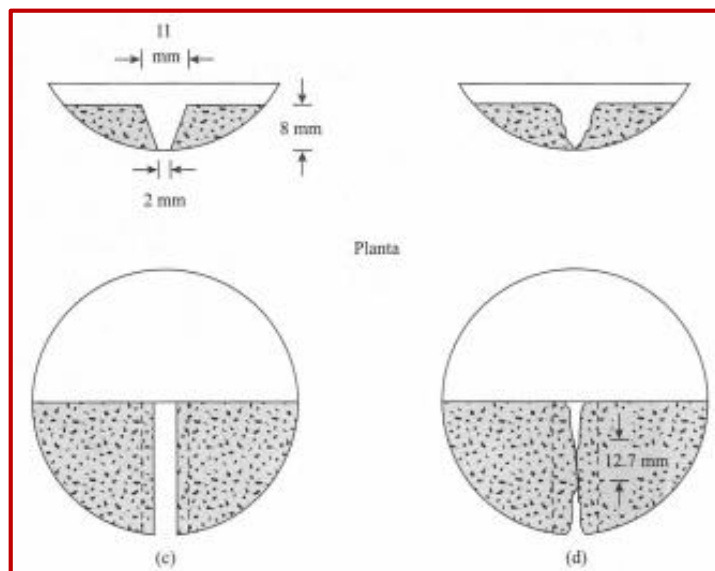


Figura 9. Muestras de suelo antes y después de la prueba.

Fuente: Recuperado de “Fundamentos de Ingeniería Geotécnica”, de Braja, D., 1999, p. 29, México, D.F.: Thomson Editores.

Para realizar este ensayo se toma una muestra representativa de 150g a 200g, la cual paso el tamiz N°40. Sobre la copa se coloca el suelo y con el acanalador se pasa a través de la muestra, dividiéndola esta por la mitad generándose una hendidura de 2mm de ancho en la base de la copa.

Se procede luego a levantar y soltar la copa girando la manivela con una velocidad promedio de 1.9 a 2.1 golpes por

segundo hasta que se unan las dos partes en una longitud de 13mm (1/2”). Contándose el número de golpes para posteriormente tomar una tajada perpendicular al corte realizado del suelo y obtener su contenido de humedad.

Se repite el proceso añadiéndole agua destilada a la muestra aumentándose el contenido de humedad y disminuyendo el número de golpes (N). El ensayo se dará por válido cuando se obtengan tres distintos números de golpes: de 25 a 35 golpes, 20 a 30 golpes, y 15 a 25 golpes.

Para el cálculo del límite líquido, con los datos registrados, se grafican los puntos sobre el plano generado por la abscisa (número de golpes) y la ordenada (contenido de humedad), para luego trazar la mejor línea recta que pase por ellos. La humedad que corresponde al límite líquido será la correspondiente a 25 golpes.

2.2.3.2.2. Límite Plástico

Es la menor humedad de un suelo que pasa del estado semilíquido a plástico y puede ser moldeable.

Para determinar el límite plástico del suelo, aproximadamente se toman 20 g del suelo que pase por el tamiz N°40, se amasa con agua destilada hasta que formarse una esfera. La muestra consistirá en una porción de 1.5 g a 2.0 g de la esfera. Se procede a moldear la mitad de la muestra en forma de elipsoides y después formar barras cilíndricas de 3.2mm (1/8”) de diámetro.

Una vez llegado a este estado, se determina la humedad del suelo y se repite el procedimiento con la otra mitad de la muestra.

Tabla 8.

Tabla de estimados de precisión.

Índice de Precisión y Tipo de Ensayo	Desviación Estándar	Rango Aceptable de dos Resultados
Precisión de un operador		
Límite Plástico	0.9	2.6
Precisión Multilaboratorio		
Límite Plástico	3.7	10.6

Fuente: Recuperado de “Manual de Ensayos de Materiales para Obras Viales”, de M.T.C., 2000, p. 73, Perú, Lima.: Thomson Editores.

2.2.3.3. Clasificación de Suelos

Según Bañon y Beviá (2000), “la determinación y clasificación de las propiedades de los suelos, tienen como objetivo principal una agrupación sistemática de los diferentes tipos de suelos de acuerdo a la similitud de sus características físicas y sus propiedades mecánicas.” (p. 20).

Los dos sistemas de clasificación dados por el Manual de Carreteras: Suelos, Geología y Pavimentos MTC/14 son: AASHTO Y ASTM(SUCS).

2.2.3.3.1. Sistema de Clasificación AASHTO

Este sistema de clasificación en 1945 propuesto por el Highway Research Board’s Committee inspirada en el modelo de Casagrande, considera siete grupos principales, desde el A-1 al A-7, divididos en base a su análisis granulométrico y límites de Atterberg (límite líquido e índice plástico), algunos de estos presentan subdivisiones. Los suelos granulares son los

comprendidos en los grupos A-1, A-2 y A-3, donde el 35% o menos pasan el tamiz N°200, mientras que los suelos finos que pasan más del 35% el tamiz N°200 están dentro de los grupos A-4, A-5, A-6 y A-7. La turba, el lodo y otros suelos orgánicos pertenecen al grupo A-8.

El índice de grupo se desarrolló para poseer una evaluación cualitativa de la conveniencia de un suelo como material de subrasante de un camino. (Braja, 2001).

La fórmula del índice de grupo es la siguiente:

$$GI = (A)[0.2 + 0.005(B)] + 0.01(C)(D)..... (5)$$

Donde:

A= F_{200-35}

B= $LL-40$

C= F_{200-15}

D= $PI-10$

F_{200} = Porcentaje de suelo que pasa la malla N°200.

LL= Límite líquido.

PI= Índice de plasticidad

DIVISIÓN GENERAL	Materiales Granulares (pasa menos del 35% por el tamiz ASTM #200)							Materiales Limo-arcillosos (más del 35% por el tamiz ASTM #200)				
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7	
GRUPO	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5	A-7-6
Subgrupo												
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO (% que pasa por cada tamiz)												
Serie ASTM	#10	≤ 50										
	#40	≤ 30	≤ 50	≥ 51								
	#200	≤ 15	≤ 25	≤ 10	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≤ 35	≥ 36	≥ 36	≥ 36	≥ 36
ESTADO DE CONSISTENCIA (de la fracción de suelo que pasa por el tamiz ASTM #40)												
Límite líquido			NP	≤ 40	≥ 41	≤ 40	≥ 41	≤ 40	≥ 41	≤ 40	>41 (IP<LL-30)	>41 (IP>LL-30)
Índice de plasticidad	≤ 6			≤ 10	≤ 10	≥ 11	≥ 11	≤ 10	≤ 10	≥ 11	≥ 11	≥ 11
ÍNDICE DE GRUPO	0	0	0	≤ 4		≤ 8	≤ 12	≤ 20		≤ 20		
TIPOLOGÍA	Fragmentos de piedra, grava y arena		Arena fina	Gravas y arenas limosas o arcillosas				Suelos limosos		Suelos arcillosos		
CALIDAD	EXCELENTE A BUENA						ACEPTABLE A MALA					

Figura 10. Sistema AASHTO de clasificación de suelos.

Fuente: Nota. Recuperado de "Manual de carreteras. Volumen II: construcción y mantenimiento", de Bañón, L. y Beviá, J., 2000, p.25, España, Alicante: Ortiz e Hijos, Contratista de Obras, S.A.

2.2.3.3.2. Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S)

El doctor Arthur Casagrande presentó el sistema S.U.C.S. basado en el sistema de clasificación para aeropuertos, propuesto en 1942, al cual se le realizó ligeras modificaciones. El sistema unificado de suelos contempla los suelos gruesos y finos, distinguiéndolos mediante el cribado a través de la malla N°200. Un suelo se considera grueso si más del 50% del material, en peso, queda retenido en la malla N°200, y se considera fino si más del 50% del material pasa la malla N°200, como veremos en la siguiente tabla:

Tabla 9.
Símbolos de grupo (SUCS)

Tipo de Suelo	Prefijo	Subgrupo	Sufijo
Grava	G	Bien graduado	W
Arena	S	Pobrementemente graduado	P
Limo	M	Limoso	M
Arcilla	C	Arcilloso	C
Orgánico	O	Límite líquido alto (>50)	L
Turba	Pt	Límite líquido bajo (<50)	H

Fuente: Recuperado de “Manual de carreteras. Volumen II: construcción y mantenimiento”, de Bañon, L. y Beviá, J., 2000, p.21, España, Alicante: Ortiz e Hijos, Contratista de Obras, S.A.

Suelos de Granos Gruesos (G Y S)

En este grupo encontramos las gravas y arenas, las cuales se separan con la malla N°4. Cuando más del 50% de la fracción gruesa (partículas mayores que la malla N°200) queda retenido por la malla N°4, se trata de una grava, perteneciente al grupo G; por el contrario, si menos del 50% de la fracción gruesa queda retenido por la malla N°4, se trata de una arena, perteneciente al grupo S. Existen subdivisiones como las siguientes:

- Grupo GW y SW

Son suelos con pocos o sin existencias de finos y bien graduados. En estos grupos el contenido de la fracción fina debe ser menor o igual al 5% del suelo en peso. Para las gravas, el Cu debe ser mayor a 4 mientras que el Cc debe ser entre 1 y 3. En el caso de las arenas, el Cu debe ser mayor a 6, y el Cc entre el mismo rango de las gravas.

- Grupo GP y SP

Son suelos mal graduados, presentando predominio de un tamaño faltando algunas graduaciones. Respecto al contenido de partículas finas satisfacen las condiciones que los grupos GW y SW. Están comprendidas dentro de este grupo las gravas y arenas uniformes o la mezcla de estas.

- Grupo GM y SM

En este grupo sus características se ven afectados por la presencia de finos en un porcentaje mayor al 12% en peso. La plasticidad varía entre nula y media.

- Grupo GC y SC

La presencia de finos en estos grupos debe ser mayor al 12% en peso y su plasticidad variar de media a alta. En cuanto a los límites de plasticidad de la fracción que pasa la malla N°40 deben estar localizados por encima de la Línea A y el índice plástico sea mayor a 7.

A los suelos gruesos que no corresponden dentro de un grupo, el Sistema de Clasificación SUCS los considera como casos frontera, adjudicándoles un símbolo doble. Juárez y Rico (2011).

Suelos Finos

Formados por partículas con al menos un 50% de contenido en limos inorgánicos (L), arcillas inorgánicas (C) y limos y arcillas orgánicas (O). Este grupo se subdivide, teniendo en cuenta las propiedades mecánicas e hidráulicas como esfuerzo

– deformación y resistencia, permeabilidad y compresibilidad, estando esta última relacionada a las características de plasticidad, específicamente con el valor del límite líquido.

- Grupos CL y CH

En estos grupos se encuentran los suelos arcillosos inorgánicos. El grupo CL se encuentra en la zona sobre la línea A, el límite líquido del suelo debe ser menor al 50% y tener un índice de plasticidad mayor a 7. El grupo CH corresponde también a la zona sobre la línea A, pero en este caso el límite líquido es mayor al 50%.

- Grupos ML-CL y MH-CH

En estos grupos se encuentran los suelos limosos inorgánicos y limos arcillosos. El grupo ML está comprendido en el área sobre la línea A, con un índice plástico menor a 4 y el área bajo la línea A con un límite líquido menor a 50%.

- Grupos OL y OH

El área donde se encuentran estos dos grupos son las mismas que los grupos ML y MH; presentando materia orgánica coloidal, provocando un aumento de su límite líquido sin apreciable cambio en su índice plástico.

- Grupos Pt

Pertencen los suelos con alta contenido de sustancias orgánicas, en el cual su límite líquido se encuentra entre 300% y 500% y su índice plástico entre 100% y 200%. Se ubican por debajo del área de la línea A. Juárez y Rico (2011).

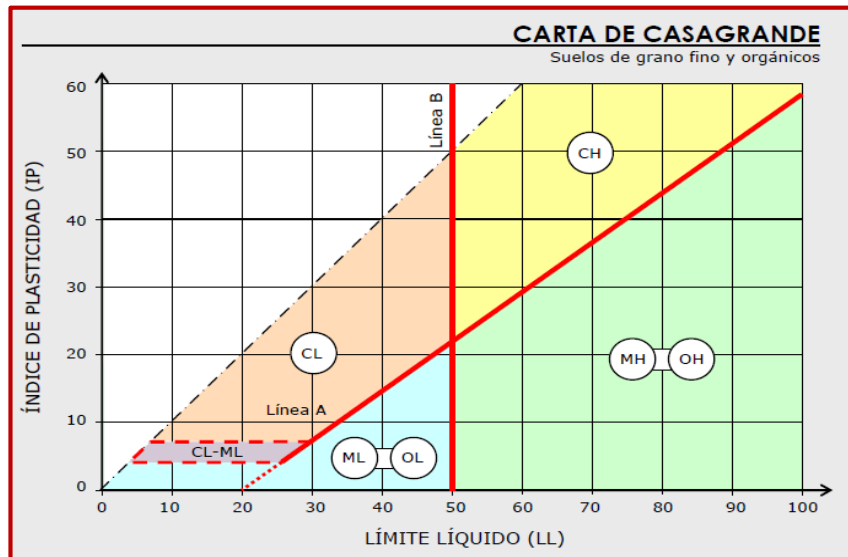


Figura 11. Carta de Casagrande para suelos cohesivos.

Fuente: Recuperado de "Manual de carreteras. Volumen II: construcción y mantenimiento", de Bañon, L. y Beviá, J., 2000, p.22, España, Alicante: Ortiz e Hijos, Contratista de Obras, S.A.

2.2.3.4. Compactación de los Suelos

Se comprende por compactación al incremento de su peso específico seco y disminución de vacíos; empleando medios mecánicos. Es importante porque aumenta la resistencia y disminuye la capacidad de deformación de los suelos. Las técnicas y métodos empleados para la compactación; será según el tipo de materiales o suelos con los que se trabaje en cada caso.

Realizar pruebas de compactación en laboratorio tienen dos finalidades básicas; siendo la primera el de disponer de muestras de suelo compactadas teóricamente con las condiciones de campo, a fin de conocer sus propiedades mecánicas para obtener datos reales del proyecto, y en segundo lugar poder controlar el trabajo de campo, para comprobar que el equipo usado está trabajando efectivamente. Juárez y Rico (1976).

En el año 1933, R.R. Proctor encontró que aplicando al suelo

determinada energía de compactación en tres capas, dentro de un molde de dimensiones, por medio de golpes de un pisón, su peso volumétrico cambia respecto a la humedad que posee, siguiendo una curva la cual tiene un punto máximo que representa el peso volumétrico máximo de dicho suelo con la energía de compactación utilizada.

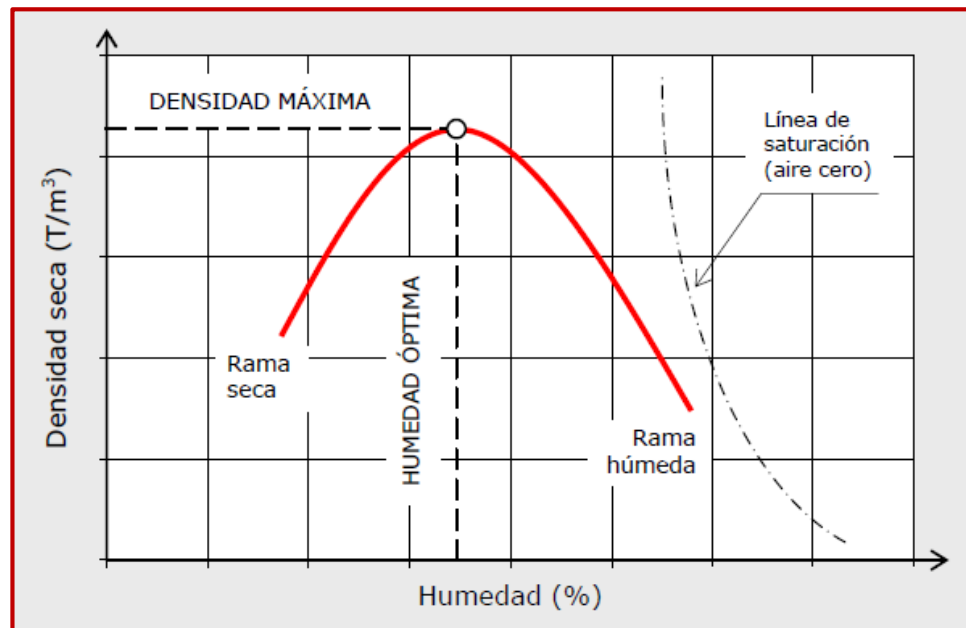


Figura 12. Curva Densidad Seca VS Humedad.

Fuente: Recuperado de "Manual de carreteras. Volumen II: construcción y mantenimiento", de Bañón, L. y Beviá, J., 2000, p.13, España, Alicante: Ortiz e Hijos, Contratista de Obras, S.A.

Al aplicar una cierta energía de compactación, la densidad seca obtenida varía con el contenido de humedad según una curva como se muestra en la figura 12; existiendo un porcentaje de humedad con el cual se adquiere una densidad seca máxima; denominándose a la abscisa y ordenada de ese punto máximo, humedad óptima, W_o y densidad seco máximo, $Y_{s\text{ máx}}$, respectivamente.

La energía específica de compactación que se emplea puede calcularse con la siguiente fórmula:

$$E = \frac{W \cdot H \cdot N}{V} \dots\dots\dots(6)$$

Donde:

E= Energía específica de compactación (kg-cm/cm³).

W= Peso del pisón (Kg).

H= Altura de caída del pisón (cm).

N= Número total de golpes por capa.

V= Volumen total del suelo compactado.

En general, al aumentar la energía usada en la compactación para un mismo suelo, la máxima densidad seca es mayor y la humedad óptima es menor, como se muestra en la figura 12. Es por eso que la energía específica de compactación varía dependiendo del tipo de suelo. Las pruebas de compactación más conocidas son las realizadas con una Energía Estándar (Proctor Estándar) y con una Energía Modificada (Proctor Modificado), la diferencia entre las dos variantes es la energía de compactación empleada, la cual es modificada según el caso variando el número de capas, de golpes, el pisón y el molde; siendo 4.5 veces superior en el segundo caso que en el primero.

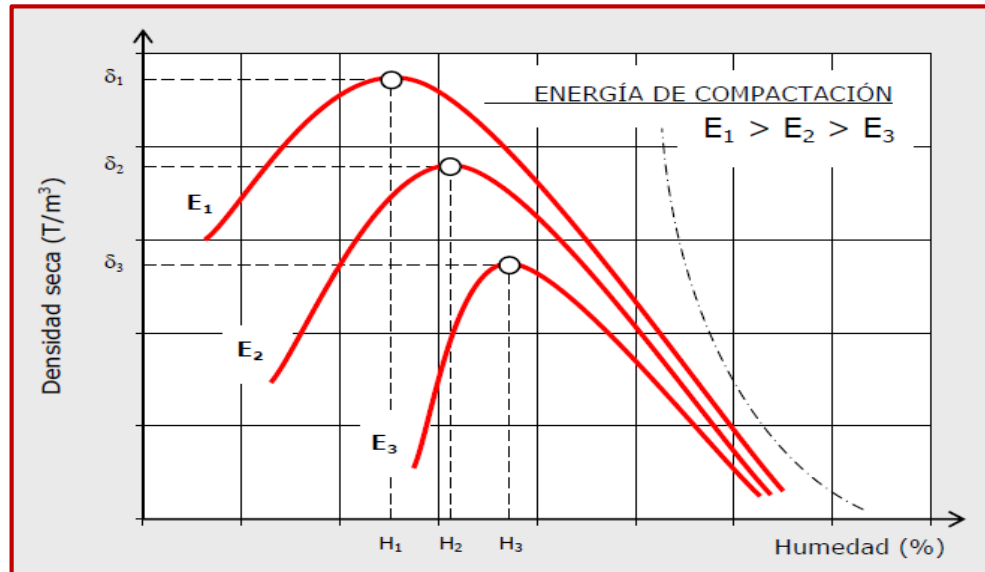


Figura 13. Influencia De La Energía De Compactación.

Fuente: Recuperado de "Manual de carreteras. Volumen II: construcción y mantenimiento", de Bañon, L. y Beviá, J., 2000, p.14, España, Alicante: Ortiz e Hijos, Contratista de Obras, S.A.

2.2.4. Estabilización de Suelos

El correcto funcionamiento de una construcción depende de la calidad de su suelo de sub rasante. Los suelos con comportamiento inestable crean problemas graves en las estructuras y pavimentos. Con el diseño y técnicas de construcción apropiados, el tratamiento con determinado aditivo transforma químicamente los suelos inestables en materiales utilizables.

Crespo (2004), llamamos estabilización de un suelo a todo el proceso en el que los suelos naturales se someten a un tratamiento para aprovechar mejor sus cualidades, obteniéndose así suelos más estables, que pueden soportar los efectos que traen consigo el tránsito y las condiciones climáticas.

López (1983), comenta que se habla de mejora geotécnica de un suelo cuando presenta los siguientes cambios en sus propiedades:

- Elevar la resistencia mecánica.

- Reducir la compresibilidad en orden a minimizar los asientos bajo cargas estáticas.
- Reducir el potencial de licuefacción bajo cargas dinámicas y movimientos sísmicos.
- Disminuir la permeabilidad.
- Disminuir el potencial de colapso estructural.

2.2.4.1. Definición

Según en Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos (2014), la estabilización de suelos es la mejora en las propiedades físicas y mecánicas de un suelo empleando procedimientos mecánicos o incorporando productos químicos, ya sean naturales o sintéticos. Dicha estabilización se emplea en suelos inadecuados o pobres.

La estabilización de suelos, es brindarles a los mismo resistencia mecánica y permanencia de dichas propiedades a través del tiempo. Hay muchas técnicas para este procedimiento, como adicionar otro suelo o incorporar agentes estabilizantes. Posteriormente se debe compactar.

Los criterios a tener en cuenta para realizar una estabilización son:

- Suelos que presenten un nivel de subrasante pobre o inadecuada o caso contrario cuyo CBR sea menor o igual a 6.
- Cuando la capa de subrasante sea del tipo arcillosa o limosa.
- Para estabilizar un suelo se debe determinar el tipo de suelo existente ya sea: los limos, las arcillas, las arenas limosas o arcillosas.

El siguiente diagrama nos muestra un procedimiento para determinar que método de estabilización más apropiado:

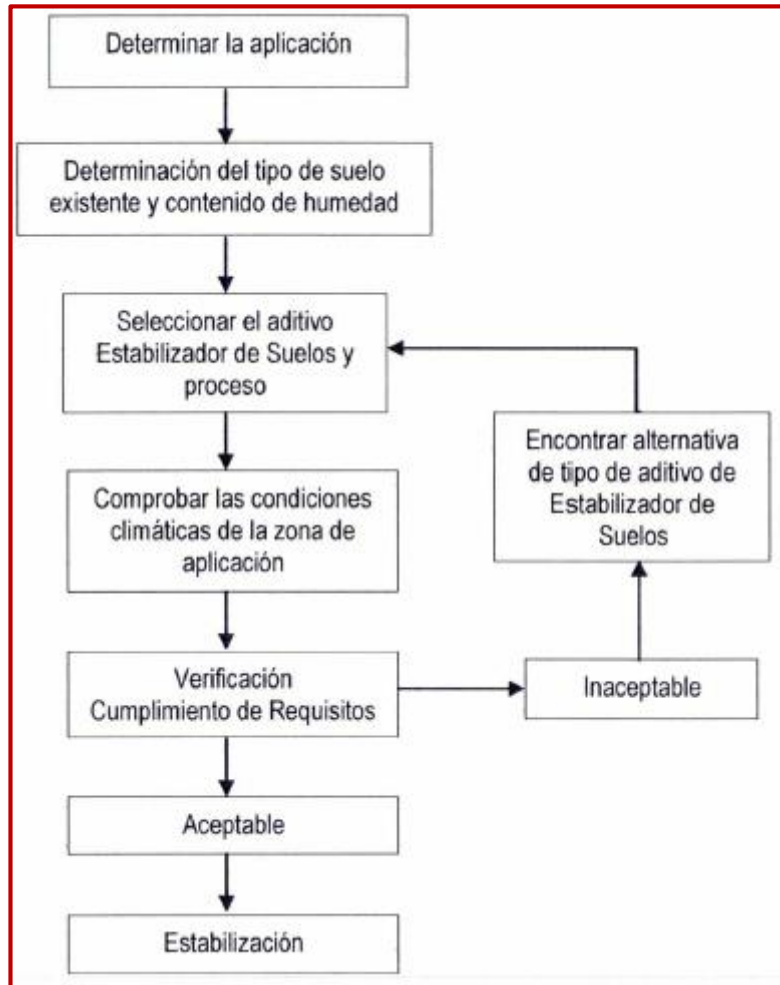


Figura 14. Proceso de selección del Tipo de Estabilización.

Fuente: Recuperado de “Manuel de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos”, de MTC, 2014, p. 95, Lima, Perú.

2.2.4.2. Métodos de Estabilización de Suelos

2.2.4.2.1. Estabilización Física y Mecánica

Produce cambios físicos en el suelo para mejorarlo. Hay varios métodos como lo son:

-Mezclas de Suelos: tiene un amplio uso, se si aplica sola no produce los efectos esperados, es por ello que siempre necesita de la compactación como complemento. Considera la combinación o mezcla del material existente con materiales de

préstamo, necesitando como complemento la compactación. Se tendrá que realizar un escarificado de 15 cm en el suelo existente para luego colocar el material de préstamo. Los materiales tendrán que alcanzar la humedad apropiada de compactación.

Por ejemplo, las arcillas, tienen una alta cohesión y baja fricción lo que provoca pérdida de estabilidad cuando hay mucha humedad. La mezcla de estos dos tipos puede dar como resultado un material estable aprovechando las propiedades de ambos. (Bauzá 2003).

-Estabilización por compactación; Se realiza teniendo en cuenta el contenido de humedad, disminuyendo el porcentaje de vacíos, aumentando la fricción interna y con ello conseguir que su capacidad de soporte se incremente.

-Estabilización por sustitución de suelos; consiste en reemplazar un suelo por otro que posee mejores características físicas y mecánicas. Se puede plantear dos casos: el primero en el cual la capa de subrasante se construya directamente sobre el suelo natural existente o el segundo caso que consiste en realizar una excavación y el reemplazo con el material adicionado.

2.2.4.2.2. Estabilización Química

Es la combinación de un producto con el suelo para que al reaccionar químicamente modifique las propiedades del suelo, logrando mejorarlas.

Cuando se estabiliza un suelo hay que tener en cuenta las consecuencias ambientales ya que pueden aparecer problemas de contaminación durante la etapa de ejecución de la construcción, operación y mantenimiento. Algunas estabilizaciones químicas realizadas son:

-Estabilización con cal: Se aplica mayormente a suelos con granulometría fina de cierta plasticidad. En la combinación de suelo-cal, se producen dos partes en la primera parte se producen dos reacciones rápidas: floculación e intercambio iónico las cuales modifican al suelo. En la segunda parte se producen dos reacciones lentas: carbonatación y otra de tipo puzolánica (se produce la formación de nuevos productos químicos) las cuales estabilizan el suelo.

La cal que se utiliza para la estabilización de suelos son el óxido cálcico (cal anhidra o cal viva) o el hidróxido cálcico (cal hidratada o cal apagada) y deben cumplir con los requisitos establecidos en las Especificaciones Técnicas Generales para construcción de carreteras EG-2013.

El efecto que produce la cal en suelos es:

A. Cambia significativamente la plasticidad. Cuando el suelo presente un IP menor a 15, aumentará ligeramente IP y cuando el IP es mayor a 15 disminuye el IP.

B. Aumenta notablemente la humedad óptima de compactación.

C. Se obtiene un material más trabajable producto de la reducción del contenido de agua.

De acuerdo al estudio realizado por Álvarez & Echeverri (1999), nos plantea los diversos usos que presenta la cal en el tratamiento de suelos, dependiendo del objetivo determinaremos el grado o cantidad a utilizar. Este tratamiento se emplea para la construcción de caminos temporales. Usando una mayor cantidad de cal, se podrá obtener una mayor estabilización estructural permanente del suelo.

La utilización de cal para el secado de suelos, la modificación temporal y la estabilización permanente, es un método práctico y económico para comunidades rurales que no cuentan con suficiente presupuesto para un proyecto de pavimentación.

De acuerdo a la investigación de Gamica, Pérez, y Obil, (2002), la estabilización con cal tiene como resultados el aumento de la resistencia al esfuerzo cortante, que va a aumentar con la proporción de cal utilizada, así como la humedad óptima de compactación, que permite que los suelos de elevada humedad natural puedan conseguir una dosificación adecuada, pero por otro lado la densidad máxima del Proctor disminuye en comparación con la del suelo natural.

- Estabilización con ceniza de cáscara de arroz:

Mayormente se utiliza para estabilizar cenizas de residuos agrícolas, generalmente usados luego de un proceso de

combustión, tales como ceniza de cáscara de arroz, el cual se caracteriza por tener propiedades puzolánicas.

Los diferentes factores que influyen en las propiedades de la ceniza son la condición de incineración (temperatura y duración), la velocidad de calentamiento, la ubicación geográfica, la finura, el color y la variedad de cultivos y el año de la producción agrícola.

De acuerdo al trabajo de Deepa G. (2008), el proceso de quemado debe tener una temperatura de 500 °C y necesitar de 3 a 12 horas para poder lograr una masa de material estable, es decir, cuando los componentes orgánicos hayan sido eliminados completamente.

De acuerdo al trabajo de Chopra (1981), cuando el tiempo de quemado tiene una larga duración provoca un incremento de los cristales de sílice, disminuyendo la presencia de sílice amorfa, el cual tiene una mayor reactividad. Investigaciones con técnicas de difracción de rayos X, capturaron la estructura de la sílice el cual a 700 °C estaba en forma amorfa, pero la combustión a mayor duración a la temperatura de 700 °C causaba que la sílice se cristalizará.

La ceniza de cáscara de arroz al combinarse con el hidróxido de calcio reacciona a temperatura ambiente para formar componentes cementantes, a través de reacciones puzolánicas obteniéndose así, materiales más resistentes, menos deformables y más durables.

La utilización de la ceniza de cáscara de arroz mediante la explotación de sus propiedades puzolánicas inherentes es una manera eficaz de resolver el problema ambiental y de eliminación de la ceniza a través del reciclaje de este material pudiendo establecer un ambiente más limpio y saludable.

2.2.5. Cal

2.2.5.1. Definición

La cal es un aglomerante, resultado de la calcinación de las rocas calizas o de las rocas calizas dolomíticas, como consecuencia de las variaciones de composición de la roca se puede obtener diferentes tipos de cales como: cales muy puras, altamente cálcicas e hidráulicas, siendo dos tipos fundamentales: cal viva y cal apagada.

El óxido de calcio (CaO), también llamada cal viva. Normalmente suele venir con pequeñas cantidades de magnesia (MgO). La cal viva es un material blanco en forma de polvo.

Este último tipo de cal desprende calor, aumentando notablemente de volumen aparente. Estas cales también son llamadas aéreas por la propiedad que tienen de endurecerse en el aire cuando entran en contacto con el agua, mejorando las características de los materiales en donde se hace uso, y a mayor sea el plazo se aumenta su resistencia y consistencia, mejorando la trabajabilidad de los materiales y durabilidad de los materiales.

2.2.5.2. Estabilización con Cal

La cal tiene puede tener diversos campos de aplicación, dependiendo del objetivo. La cal es el agente estabilizador más usado por su versatilidad

en el manejo y aplicación y también por su bajo costo. Un suelo tratado con cal modifica las propiedades físicas del suelo de manera permanente, busca la disminución de la plasticidad del suelo, la contracción lineal y la resistencia a la compresión. Siendo las características del suelo el que va a determinar la cantidad de cal a emplearse.

En la combinación de suelo-cal, se producen dos partes en la primera parte se producen dos reacciones rápidas: floculación e intercambio iónico; cuando se agrega cal a un suelo arcilloso, el calcio reemplaza al sodio y las partículas de arcilla se transforman en hidratos cálcicos de sílice y alúmina; las cuales modifican al suelo, haciendo que la estructura laminar pierda su capacidad de retención de agua y obtenga una estructura granular trabajable de fácil compactación. En la segunda parte se producen dos reacciones lentas: puzolánica (se produce la formación de nuevos productos químicos) y carbonatación.

La estabilización con cal, se aplica mayormente a suelos con granulometría fina con un índice de plasticidad comprendido entre 10 y 50. El beneficio obtenido por el tratamiento es mayor cuanto más sea el contenido de arcilla presente (mínimo 7%) en el suelo. Este tipo de estabilización puede ser aplicado a una amplia variedad de suelos, y puede variar entre 2% y 8% en peso; pero no se debe emplear más del 8% de cal en el suelo, debido a que este aumenta la resistencia pero también la plasticidad, como lo estipula el CE.020 Estabilización de Suelos y Taludes.

La mayor parte de cal para el tratamiento de suelo, se usa en la construcción de carreteras, obteniéndose una capa de asiento estable y

durable, capaz de soportar los efectos del tránsito y las condiciones del clima. Generalmente es suficiente entre 1% y 4% para secar áreas húmedas y luego proceder las actividades de construcción.

Según en Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos (2014), la aplicación más usual de este tipo de estabilización se da en sub rasantes y como en superficies de rodadura, en zonas de suelos arcillosos y/o canteras de materiales granulares lejanos. Los materiales arcillosos son los más adecuados para utilizar la cal para estabilizarlos.

La utilización de la cal en la subrasante puede estabilizar permanentemente el suelo fino y crear una capa con un valor estructural significativo en el sistema del pavimento y pueden ser tratados en el lugar (sub rasante) o el material de préstamo, para dicha estabilización se emplea generalmente la adición de 3% a 6% en peso del suelo seco, para lo cual serán determinados utilizando un diseño de mezcla y un protocolo de prueba.

La cal puede estabilizar permanentemente materiales que no cumplen con las características mínimas para funcionar como una base y que contienen al menos el 50% de material grueso retenido en la malla No. 4. En caminos se requiere la adición de 2% a 4% de cal respecto al peso del suelo seco.

2.2.5.3. Ejecución de la Estabilización con Cal In Situ

A. Escarificación

Para lograr estabilizar el suelo se debe escarificar a la profundidad y homogeneidad de mezclado requerido, haciendo uso de una

motoniveladora.

B. Riego del suelo

Sobre el suelo esponjado y humedecido, el óxido de calcio, según cae, se quedará adherida, esto evitará el riesgo de que las cenizas se dispersen por el viento, y comenzará a actuar de inmediato sobre el suelo.

C. Mezclado y extendido de la cal

Se realiza la mezcla de la cal con el material a estabilizar haciendo uso de una motoniveladora, para lograr una mezcla homogénea, es decir cuando el suelo ya no tenga presencia de grumos de cal y tenga un mismo color.

D. Compactado y acabado de la superficie de la capa

Posterior al mezclado y extendido se realizará el compactado y se dará por terminado este procedimiento cuando se alcance el grado de densidad igual o mayor al 95%.

E. Curado

El tiempo de curado deberá ser de 3 a 7 días para permitir su endurecimiento antes de colocar la correspondiente capa de afirmado, manteniendo la superficie en condiciones húmedas mediante un regado ligero y compactando.

F. Control de calidad

Se realizará la prueba de Densidad de Campo, a fin de lograr una densidad media mayor al 95% de la Densidad Máxima que se obtuvo en el Ensayo de Proctor.

2.2.6. Cenizas de Cáscara de Arroz

2.2.6.1. Cáscara de Arroz (CA)

La planta de arroz está constituida por: germen, endospermo, cutícula y la cascara. El germen es la parte más rica en nutrientes y también da lugar al crecimiento del grano.

Aguilar (2009), nos indica que la cutícula alcanza un 6.8% en volumen en el grano de arroz y es utilizado como alimento para animales por su alto contenido de grasas. La cáscara, constituye aproximadamente el 20% en peso del grano y es separado en el proceso de pilado formándose montañas de cáscara al costado de los molinos, lo que ocasiona problemas de espacio por la acumulación de este desecho. (p. 28).

El arroz básicamente se cultiva entre la costa y la selva peruana, en el 2018 un 47% a la Amazonía y un 53% a la costa peruana. La producción de arroz a partir del 2012 se eleva por encima de los 3 millones de toneladas, alcanzado la cifra récord de 3,1 millones en el 2016, sin embargo, en el 2017 se observa una fuerte contracción de la producción, explicada por el impacto del Fenómeno de “El Niño” (3 millones de toneladas) vacío que será cubierto con mayores importaciones. En el 2018 se logra producir la cifra récord de 3,5 millones toneladas de arroz cáscara, con un incremento de 15,4% respecto al mismo periodo de 2017. Resalta el aumento de la producción de las regiones de La Libertad, Piura, Lambayeque, Ancash y Tumbes (35% de aumento), y en algunas regiones de la selva alta como Amazonas, debido a un incremento de las áreas sembradas y su rendimiento., indicados en la Figura 15.

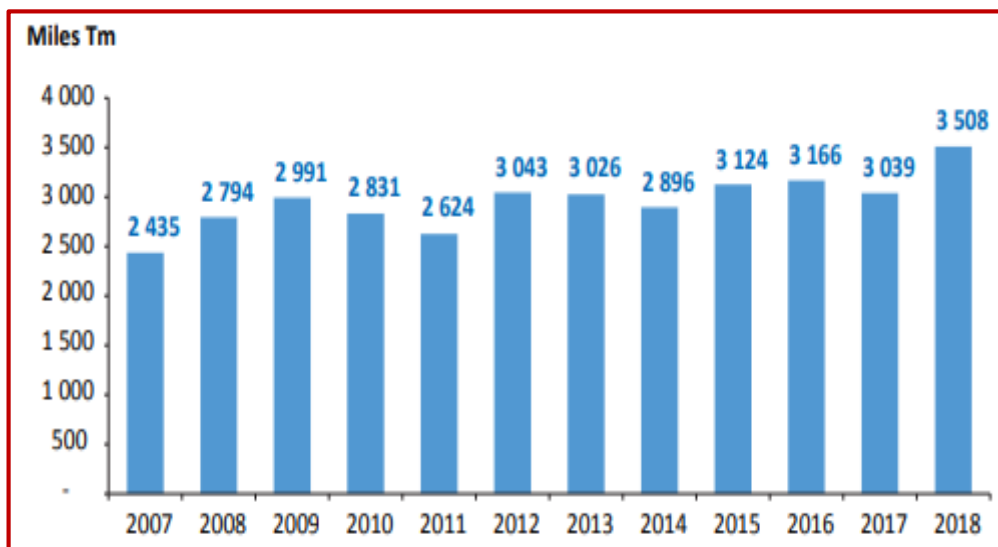


Figura 15. Evolución de la Producción Nacional de Cáscara de Arroz.

Fuente: Recuperado de “Commodities: arroz”, de Dirección General de Políticas Agrarias, 2019, p. 7, Lima, Perú.

	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018
TOTAL	2 831 374	2 624 458	3 043 330	3 025 853	2 895 794	3 124 137	3 165 749	3 038 766	3 507 847
Costa Norte	1 376 875	1 165 678	1 529 004	1 507 382	1 247 928	1 467 741	1 513 292	1 174 395	1 588 350
Tumbes	128 642	141 607	134 849	103 338	142 954	129 016	124 497	123 537	129 194
Piura	499 845	383 315	607 847	553 131	356 507	503 241	589 687	378 864	513 515
Lambayeque	407 735	282 236	421 038	428 425	328 789	441 418	399 038	400 575	474 974
La Libertad	304 003	322 520	335 560	365 440	362 858	344 536	334 920	206 995	387 546
Ancash	36 650	36 000	29 710	57 048	56 820	49 530	65 150	64 425	83 120
Costa Sur	245 950	257 559	241 328	259 574	266 039	263 434	250 051	281 393	276 595
Arequipa	245 950	257 559	241 328	259 574	266 039	263 434	250 051	281 393	276 595
Selva Alta	1 086 668	1 067 802	1 122 773	1 147 534	1 264 040	1 275 960	1 273 090	1 409 977	1 468 665
Cajamarca	217 976	216 413	214 768	212 992	207 966	200 309	195 641	186 759	189 921
Amazonas	322 878	282 120	286 289	329 614	366 648	351 620	307 947	327 568	411 700
San Martín	500 284	522 621	575 558	562 986	647 449	676 150	710 287	822 885	797 767
Huánuco	31 645	33 086	32 048	28 744	27 996	34 554	48 301	63 157	62 232
Pasco	2 954	2 994	2 975	4 279	4 602	4 783	3 641	3 169	2 110
Junin	7 185	6 882	6 515	5 634	5 721	4 575	3 959	4 255	2 207
Ayacucho	980	769	1 015	693	638	345	201	173	120
Cusco	1 992	2 063	2 672	1 856	2 588	3 161	2 598	1 827	2 399
Puno	773	855	933	737	431	463	516	183	209
Selva Baja	121 880	133 418	150 225	138 212	118 605	117 002	129 075	173 001	174 238
Loreto	85 918	103 403	123 957	112 285	87 293	85 071	96 716	101 205	107 807
Ucayali	28 850	25 018	21 199	20 124	25 716	26 879	26 934	66 198	59 507
Madre de Dios	7 112	4 997	5 069	5 804	5 596	5 052	5 425	5 598	6 924

Figura 16. Producción De Cáscara de Arroz por Regiones.

Fuente: Recuperado de “Commodities: arroz”, de Dirección General de Políticas Agrarias, 2019, p. 8, Lima, Perú.

En la Figura 16 se observa el incremento de la producción de arroz en la región de Ancash, debido al aumento de la superficie de cosecha desde los años 2010 al 2018.

2.2.6.2. Proceso de Obtención de la de Cascara de Arroz (CCA)

Se remueve el grano cosechado y seco, las cáscaras, tegumentos para producir arroz pulido o blanco con un mínimo de grano quebrado y de impureza final. El proceso pasa por las siguientes etapas:

- **Recepción:** La cáscara de arroz llega de los campos en sacos de 50 kg.
- **Inspección:** Se realiza el control de humedad y el porcentaje de impurezas.
- **Secado:** Cuando el secado es lento, provoca la aparición de microorganismo por el contenido de humedad y por el otro lado cuando el secado es muy rápido se corre el riesgo que el grano de arroz sufra daños por el excesivo calor. No es recomendable realizar el secado en el campo, sino realizar el secado artificial con aire caliente.
- **Almacenaje:** Para el almacenaje del arroz debemos mantenerlo en condiciones de temperatura (17°C a 18°C) y humedad (Humedad relativa entre 65% a 70%) recomendadas.
- **Descascarado:** Pasado por un proceso de limpieza previo, es llevado a la máquina descascaradora. La descascaradora da lugar a: arroz con cáscara, sin cáscara, a medio descascarar, cáscara, granos partidos
- **Separación:** Se separa el grano en 3 grupos: paddy (arroz con cáscara), paddy con grano morenos y grano descascarado moreno. El primero regresa al proceso de descascarado y el tercero pasa a la pulidora. (Dirección Regional de Energía y Minas, 2014).
- **Blanqueado y pulido:** En el proceso de pulido se remueve el arroz moreno de los tegumentos, el embrión del arroz y partículas de harina que quedan adheridas al grano, para darle un aspecto liso y brillante.

- **Clasificación de producto terminado:** Se separa y selecciona los granos quebrados y partículas de grano enteros.
- **Ensacado y almacenaje:** El arroz pilado se comercializa a granel o en envases; se utiliza un saco de 50 kg que se llena, se cose y se lleva al almacén. La capacidad dependerá del productor o comerciante.



Figura 17. Flujograma del Proceso de Arroz.

Fuente: Recuperado de “Estabilización de suelos arcillosos con ceniza de cascara de arroz para el mejoramiento de subrasante”, de Castro, A., 2017, p. 53, Perú, Lima.

2.2.6.3. Propiedades de la Cascara de Arroz

La cáscara de arroz recubre naturalmente el grano para protegerlo del ambiente. Su longitud varía entre 5 y 11 mm, es de estructura ondulada y apariencia superficial irregular. Tiene propiedades altamente abrasivas, 6 en la escala Mohs en estado natural. Una característica principal de la cáscara de arroz (CA) es su valor calorífico, ya que éste influirá en la

obtención de la sílice, pues como se puede apreciar en la TABLA 10, a menor contenido de humedad mayor poder calorífico y por lo tanto mayor fuente de sílice.

Tabla 10.

Valor Calorífico De Cascarilla De Arroz

Contenido de Humedad	Valor Calorífico
0	19880
10	17644
20	15412
30	13180
40	10947
50	8715
60	6413

Fuente: *Recuperado de “Evaluación del potencial de expansión y capacidad portante en el suelo limo arcilloso incorporando ceniza de cascarilla de arroz en la Av. Aija, Huarmey, Ancash - 2018”, de Maguiña, G., 2018, p. 32, Perú, Lima.*

La cáscara de arroz es de consistencia quebradiza y su color varía del pardo rojizo al púrpura y posee baja densidad. Su estructura presenta un volumen poroso del 54% y posee también un coeficiente de conductividad térmica (0.0330 W/m k) permitiendo ser usado como aislante térmico. Por el alto contenido de sílice la ceniza de cáscara de arroz es de muy baja biodegradabilidad en condiciones de ambiente natural. Las características físicas de la ceniza de cáscara de arroz son las siguientes:

Tabla 11.

Propiedades físicas de la cáscara de arroz

Propiedades	Valor
Densidad (kg/m ³)	2265
Masa unitaria compactada (kg/m ³)	462
Masa unitaria suelta (kg/m ³)	181
Superficie específica (m ² /kg)	2000

Fuente: Recuperado de “Evaluación del potencial de expansión y capacidad portante en el suelo limo arcilloso incorporando ceniza de cascarilla de arroz en la Av. Aija, Huarmey, Ancash - 2018”, de Maguiña, G., 2018, p. 35, Perú, Lima.

Las propiedades químicas de la cáscara de arroz dependen mucho del tipo de arroz del cual procedan como veremos en la Tabla 12.

Tabla 12.

Composición química de la cáscara de arroz

Componente	Contenido (%)
Carbono	39.1
hidrogeno	5.2
Nitrógeno	0.6
Oxígeno	37.2
Azufre	0.7
Cenizas	17.8

Fuente: Recuperado de “Evaluación del potencial de expansión y capacidad portante en el suelo limo arcilloso incorporando ceniza de cascarilla de arroz en la Av. Aija, Huarmey, Ancash - 2018”, de Maguiña, G., 2018, p. 32, Perú, Lima.

2.2.6.4. Métodos de Obtención de la Ceniza de Cascarilla de Arroz (CCA)

El proceso de obtención de la ceniza de cáscara de arroz se da en la transformación del arroz cáscara. Para reducir el volumen de residuo se procede a la quema de la cascarilla de arroz. La combustión puede realizarse descontroladamente a campo abierto o controladamente en hornos industriales, obteniéndose de este último método, valores de 90%

al 95% de sílice.

Juliano (1985), estima que la constitución de la ceniza de cáscara de arroz es 20% aproximadamente en peso de la cascara de la cual fue incinerada.

En nuestro país se siembran cerca de 400 hectáreas de arroz, siendo el promedio nacional de 8 toneladas por hectárea, por las que se obtienen 3 millones de toneladas de arroz en cáscara.

Normalmente, la cáscara de arroz es quemada en pampa, es decir, a campo abierto o en hornos, produciendo la aparición de ceniza de cáscara de arroz. Esta fibra no inicia fácilmente la combustión y durante el proceso de quema no genera llama, debido al alto contenido en minerales. Sin embargo, al realizarse descontroladamente el producto final presentaría una gran cantidad de sílice cristalina no reactiva, por lo cual deberán ser llevados a tamaños más pequeños para que puedan desarrollar su actividad puzolánica, cuando es quemada adecuadamente, se obtiene un residuo, en este caso la ceniza, rico en sílice y alúmina, cuya estructura depende de la temperatura de combustión.

De acuerdo al Art. 12 del Reglamento del cultivo de arroz, es obligatoria la eliminación o quema de restrosos o malezas de los campos y el plazo será establecido en coordinación con la SENASA; la quema de rastrosos y malezas se deberá llevar cabo dentro de los 30 días naturales, después de la cosecha. Las diferentes alternativas de quema de cascarilla de arroz traen un nuevo problema, la disposición final de esta.

Como se mencionó anteriormente la CCA puede ser obtenida mediante tres (03) métodos de calcinación:

- **Calcinación a campo abierto:** La cáscara es reducida a ceniza de forma sencilla, realizándose en recintos circulares de ladrilla con un diámetro aproximado de 16 m y una altura promedio de 2.5m por pila. La cáscara incinerada es separada cada cierto tiempo, visualizándose una ceniza de color negro. Mediante este método la temperatura no es controlada.
- **Calcinación en hornos (circulares o cuadrados):** Los hornos empleados por esta técnica presentan ladrillos los que se disponen alternadamente, para que de esta forma permita el ingreso del aire hacia el interior; su chimenea se prolonga hasta la base horno y está fabricada con una malla fina de alambre que posibilita que el aire fluya y evita el ingreso de la ceniza.

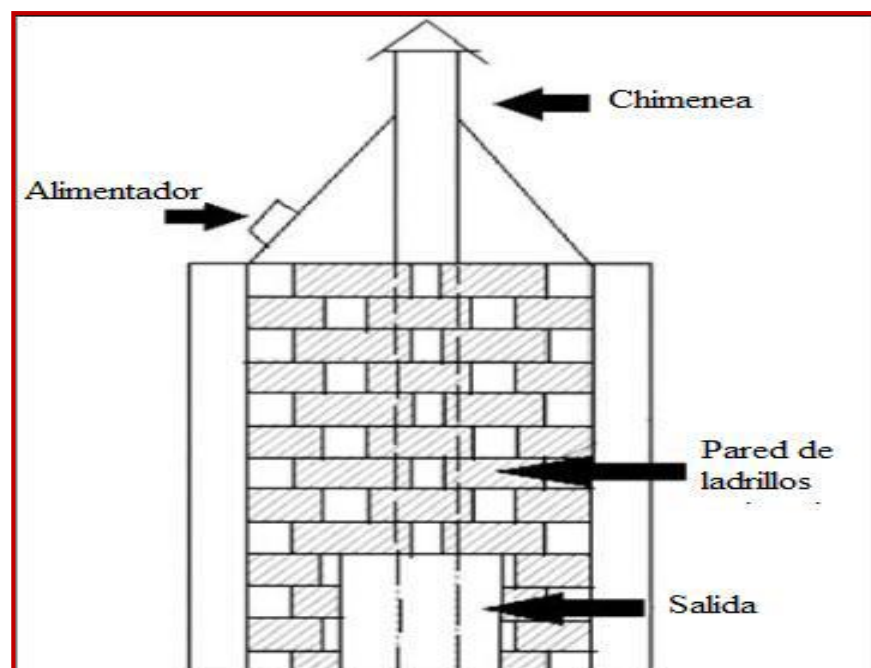


Figura 18. *Calcinación de Cáscara de Arroz en Hornos de ladrillos.*

Fuente: Recuperado de “La utilización de cáscara de arroz bajo el proceso de calcinación controlada como puzolana artificial en el diseño de morteros para acabados”, de Juárez, B., 2012, p. 36, Perú, Lima.

- **Calcinación en lecho fluido:** Esta técnica consiste en un horno que incluye una cámara de combustión de acero inoxidable y un lecho fluido (partículas no combustibles) donde el aire es abastecido a través de un plato perforado que se ubica en la base de la cámara.

-El lecho fluido empleado es precalentado a 500 °C, luego se inicia la alimentación de la cáscara por medio de un alimentador de tornillo, obtenida la ceniza termina el calentamiento del dispositivo eléctrico.

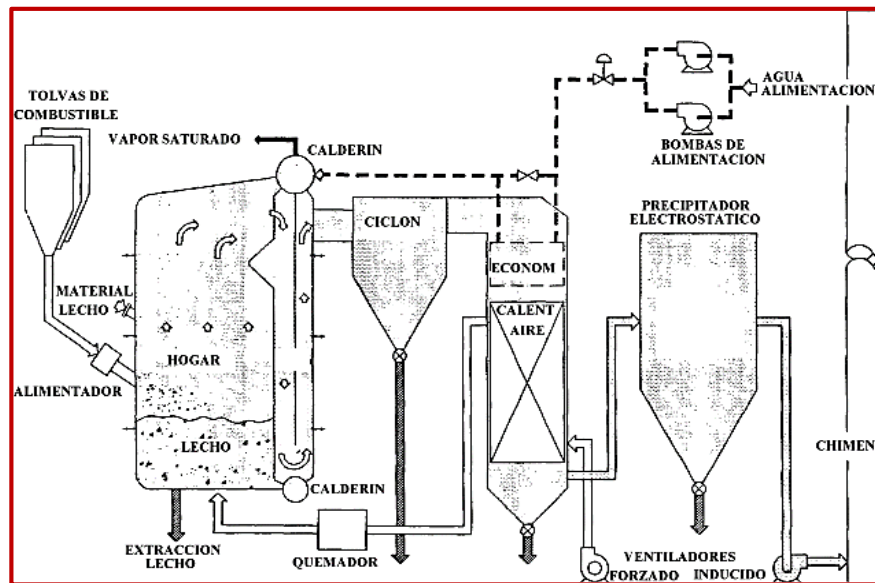


Figura 19. Horno de Lecho Fluidizado.

Fuente: Recuperado de "Evaluación del potencial de expansión y capacidad portante de suelos arcillosos usados en subrasantes al adicionar ceniza de cascarilla de arroz", de Llamoga L., 2017, p. 30, Perú, Cajamarca.

2.3. Definición de Términos

- **Capacidad Portante:** Técnicamente la capacidad portante es la máxima presión media de contacto entre la cimentación y el terreno tal que no se produzcan un fallo por cortante del suelo o un asentamiento diferencial excesivo. Por tanto, la capacidad portante es la capacidad del terreno para soportar las cargas aplicadas sobre el mismo terreno o la estructura (Vega, 2006).
- **Compactación:** Consolidación natural del suelo por el peso de los sedimentos o

- compresión similar mediante el apisonado con rodillo de un árido (Yataco, 2017).
- **Contenido Óptimo de Humedad:** Contenido de agua del terreno que permite obtener una densidad máxima mediante su compactación. (Yataco, 2017).
 - **Curva Granulométrica:** La curva granulométrica de un suelo es una representación gráfica de los resultados obtenidos en un laboratorio cuando se analiza la estructura del suelo desde el punto de vista del tamaño de las partículas que lo forman (Yataco, 2017).
 - **Densidad:** Relación entre la masa y el volumen de un cuerpo (Yataco, 2017).
 - **Esfuerzo Normal:** Esfuerzo que es perpendicular al plano sobre el que se aplica la fuerza de tracción o compresión, que es distribuido de manera uniforme por toda su superficie. También llamado esfuerzo axial (Yataco, 2017).
 - **Esfuerzo Cortante Horizontal:** Esfuerzo cortante que se desarrolla a lo largo de un elemento estructural que es sometido a cargas transversales, que es igual al esfuerzo cortante vertical en ese mismo punto (Yataco, 2017).
 - **Estabilización:** Se denomina estabilización de suelos al proceso por el cual se busca mejorar las características de resistencia, compresibilidad y esfuerzo de los mismos (Pérez, 2008).
 - **Expansión:** Es la hinchazón del suelo causado por la variación de la humedad causando graves daños a las estructuras (Delgado, 2011).
 - **Residuos Agrícolas:** Los desechos son subproductos de la agricultura, de procesos forestales o industriales, que, con tratamiento y procesamiento especial, o unidos con otros materiales, pueden mejorar la calidad de los materiales de construcción convencionales (Juárez, 2012).
 - **Resistencia:** Una de las formas más usuales para elevar la resistencia del suelo es la compactación, pero surge problemas cuando el suelo contiene importantes contenidos

de materia orgánica, por lo que existen otros métodos como la estabilización química con cemento, cal o aditivos líquidos (Yataco, 2017).

- **Subrasante:** La subrasante es la capa superior, que soportará la estructura del pavimento, y está conformada por suelos seleccionados de características aceptables y compactados por capas para constituir un cuerpo estable en óptimo estado, de tal manera que no se vea afectada por la carga de diseño del tránsito (MTC, 2013).
- **Tamiz:** Malla metálica de diferentes aberturas empleada para selección de áridos, arenas y gravas según su granulometría a fin de agregar los mismos a la mezcla para la preparación de morteros y hormigones. (Yataco, 2017).

2.4. Marco Normativo

Las normas que nos sirvieron de base para la realización de esta investigación fueron:

- Evaluación de la aplicabilidad de estabilizadores de suelos del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2005).
- Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018 del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2018).
- Especificaciones Técnicas Generales para construcción de carreteras EG-2013 del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2013).
- Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos. Sección Suelos y Pavimentos del Ministerio de Transporte y Comunicaciones (2014).
- Manual de Ensayos de Materiales del Ministerio de Transporte y Comunicaciones (2016).
- Reglamento Nacional de Edificaciones CE.020 Estabilización de Suelos y Taludes.

CAPÍTULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Tipo de Investigación

- Según su naturaleza: Experimental
- Según su propósito: Aplicativa

3.2. Universo, Población y Muestra

3.2.1. Universo

El universo de nuestra investigación abarca la superficie de rodadura en la vía de Santa Clemencia a Chachapoyas.

3.2.2. Población

Se ha considerado como población al suelo de la subrasante perteneciente a la vía comprendida entre el centro poblado de Santa Clemencia a Chachapoyas, ubicado en el distrito de Chimbote, Provincia Santa-Ancash.

3.2.3. Muestra

Con la finalidad de identificar y realizar la evaluación geotécnica del suelo de la subrasante existente a lo largo del trazo; el tipo de muestreo corresponde a uno no probabilístico, la muestra se seleccionó mediante la excavación de 07 calicatas de 1.5m de profundidad, por debajo de la subrasante.

De acuerdo a nuestra investigación por tratarse de una vía de bajo volumen de tránsito, el número de calicatas de acuerdo al cuadro 4.1. (Número de Calicatas para Exploración de Suelos) del Manual de Carreteras: “Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos”, corresponde a 01 calicata por kilómetro, ubicadas longitudinalmente y alternadamente dentro del ancho de la vía Santa Clemencia a Chachapoyas; las cuales serán guardadas, selladas y llevadas al laboratorio, para realizarse ensayos con fines de identificación y clasificación.

Tabla 13.
Ubicación de calicatas

Calicata N°	Ubicación	Profundidad Excavada
C - 01	770323.32 m E 9004459.20 m S	1.50 m
C - 02	771156.40 m E 9004955.74 m S	1.50 m
C - 03	771963.01 m E 9005459.44 m S	1.50 m
C - 04	772682.31 m E 9006035.87 m S	1.50 m
C - 05	773618.64 m E 9006288.65 m S	1.50 m
C - 06	774587.15 m E 9006468.53 m S	1.50 m
C - 07	774772.53 m E 9007291.59 m S	1.50 m

Fuente: *Elaboración Propia*



Figura 20. *Ubicación de las calicatas en la vía Santa Clemencia – Chachapoyas.*
Fuente: *Elaboración propia del trazo. Imagen obtenida de Google Earth (2018).*

3.3. Variables

3.3.1. Variable Independiente

- Cal
- Cenizas de cáscara de arroz

3.3.2. Variable Dependiente

- Propiedades mecánicas de la superficie de rodadura en la vía Santa Clemencia – Chachapoyas.

3.3.3. Matriz De Consistencia

Ver Anexo 1

3.3.4. Operacionalización De Variables

Variable	Nombre De La Variable	Definicion Conceptual	Definicion Operacional	Dimensiones	Indicadores	Instrumento	Escala De Medicion
INDEPENDIENTE	CAL	La cal es un aglomerante, resultado de la calcinación de las rocas calizas o de las rocas calizas dolomíticas, como consecuencia de las variaciones de composición de la roca se puede obtener diferentes tipos de cales como: cales muy puras, altamente cálcicas e hidráulicas, siendo dos tipos fundamentales: cal viva y cal apagada.	Para fines de análisis detallado de la ceniza de cáscara de arroz se clasifica en el siguiente método: - Método cuantitativo: Permite hacer la evaluación de forma rápida y de manera sencilla obtener resultados numéricos en un estimativo en peso; de cenizas de cáscara de arroz al 5%, 10% y 20% y de cal en 2%, 4 % y 6% del volumen total de la muestra.		► Peso en Kg.	► Tamiz #200 (ASTM D422) ► 01 balanza eléctrica con aprox. 0.01gr ► Recipientes	Porcentajes (%)
	CENIZAS DE CÁSCARA DE ARROZ	Es el residuo de la calcinacion de la cáscara de arroz; para hacerla altamente puzolánica es necesario tener control en la quema de la misma. La temperatura no debe pasar de 700 grados centigrados, si no la silice se cristaliza y pierde su grado de reactividad.		► Cenizas de cáscara de arroz al 5%, 10% y 20% del peso total de la muestra a estabilizar. ► Cal al 2%, 4% y 6% del peso total de la muestra a estabilizar	► Análisis químico	Formato de procesamiento de datos para el ensayo: ► Análisis químico de ceniza mediante el ensayo de Barrido	
DEPENDIENTE	PROPIEDADES MECANICAS DE LA SUPERFICIE DE RODADURA EN LA VÍA SANTA CLEMENCIA - CHACHAPOYAS	Superficie de rodadura: Parte de la carretera destinada a la circulación de vehículos compuesta por uno o más carriles, la cual no incluye la berma. Propiedades mecánicas: Capacidad de resistir las cargas de tráfico y medio ambiente, conservando su estabilidad volumétrica, sin deformarse.	Para fines de análisis detallado de estabilización de suelos se presenta el siguiente método : - Método cuantitativo Permite hacer la evaluación de las propiedades mecánicas de la superficie de rodadura de una forma rápida y sencilla. Son usados para obtener un estimativo de resultados numéricos que nos permite evaluar las muestras mediante ensayos en laboratorio	► Resistencia ► Estabilidad volumétrica	► Análisis granulométrico ► Contenido de humedad ► Gravedad específica ► Límite líquido ► Límite plástico ► Proctor Modificado ► Ensayo CBR	Formatos de procesamiento de datos para los siguientes ensayos: Análisis granulométrico de suelos por tamizado (MTC E 107) Determinación del cotenido de humedad de un suelo (MTC E 108) Método de ensayo estándar para la gravedad específica de sólidos de suelo mediante picnómetro de agua (MTC E 113) Determinación del límite líquido de los suelos (MTC E 110). Determinación del límite plástico (L.P.) de los suelos e índice de plasticidad (I.P.) (MTC E 111). Compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (Proctor Modificado) (MTC E 115). CBR en laboratorio (MTC E 132)	Nominal

Fuente: Elaboracion propia

3.4. Materiales Investigados

3.4.1. Suelo de la Superficie de Rodadura en la Vía Santa Clemencia-Chachapoyas

La vía a estabilizar, que sirve de estudio para el desarrollo de esta investigación, está ubicada entre el centro poblado de Santa Clemencia y Chachapoyas, en el distrito de Chimbote, Provincia de Santa-Ancash, con un ancho promedio de 5.00 metros.

El suelo empleado en esta investigación pertenece a las muestras obtenidas de las calicatas antes mencionadas. Aproximadamente se obtuvo 150kg de muestra de suelo por cada calicata, para poder realizar los ensayos correspondientes para obtener sus propiedades mecánicas en laboratorio.

Las muestras de suelo, de acuerdo a inspección visual, la primera calicata presentaba arcillas, mientras que las 04 calicatas posteriores presentaban características similares en cuanto a su granulometría y color; por último, la calicata N°06 presentaba un color gris claro por la humedad presentada, mientras que la calicata N°07 tiene presencia de pocos finos. A continuación, realizamos una descripción del perfil estratigráfico de la exploración de las calicatas:

La calicata N° 01, no presenta nivel freático a la profundidad de 1.50m, y está conformado por una capa de 0.10 m de espesor de material de relleno no clasificado (mezcla de arenas con materia orgánica e inorgánica), seguido de un único estrato (M1), de 1.40 m de espesor de arcillas arenosas, con presencia de finos plásticos, de color ladrillo, en condición in situ: semi compacto y ligeramente húmedo.

La calicata N° 02, no presenta nivel freático a la profundidad de 1.50m, y está conformado por una capa de 0.10 m de espesor de material de relleno no clasificado (mezcla de arenas con materia orgánica e inorgánica), seguido de un

único estrato (M1), de 1.40 m de espesor de arena mal graduadas de granos sub redondeados, con presencia de finos no plásticos, de color beige oscuro, siendo la condición in situ: semi compacto y ligeramente húmedo.

La calicata N° 03, no presenta nivel freático a la profundidad de 1.50m, y está conformado por una capa de 0.20 m de espesor de material de relleno no clasificado (mezcla de arenas con materia orgánica e inorgánica), seguido de un único estrato (M1), de 1.30 m de espesor de arena mal graduadas de granos sub redondeados, con presencia de finos no plásticos, de color beige oscuro, siendo la condición in situ: semi compacto y ligeramente húmedo.

La calicata N° 04, no presenta nivel freático a la profundidad de 1.50m, y está conformado por una capa de 0.20 m de espesor de material de relleno no clasificado (mezcla de arenas con materia orgánica e inorgánica), seguido de un único estrato (M1), de 1.30 m de espesor de arena mal graduadas de granos sub redondeados, con presencia de finos no plásticos, de color beige oscuro, siendo la condición in situ: semi compacto y ligeramente húmedo.

La calicata N° 05, no presenta nivel freático a la profundidad de 1.50m, y está conformado por una capa de 0.20 m de espesor de material de relleno no clasificado (mezcla de arenas con materia orgánica e inorgánica), seguido de un único estrato (M1), de 1.30 m de espesor de arena mal graduadas de granos sub redondeados, con presencia de finos no plásticos, de color beige oscuro, siendo la condición in situ: semi compacto y húmedo.

La calicata N° 06, no presenta nivel freático a la profundidad de 1.50m, y está conformado por una capa de 0.10 m de espesor de material de relleno no clasificado (mezcla de arenas con materia orgánica e inorgánica), seguido de un único estrato (M1), de 1.40 m de espesor, conformada de arena mal graduada de

color gris claro, sus granos son de forma angular con presencia de pocos finos, siendo la condición in situ: semi compacto y húmedo.

La calicata N° 07, no presenta nivel freático a la profundidad de 1.50m, y está conformado por una capa de 0.20 m de espesor de material de relleno no clasificado (mezcla de arenas con materia orgánica e inorgánica), seguido de un único estrato (M1), de 1.30 m de espesor, conformada de arena mal graduada de color gris claro, sus granos son de forma angular con presencia de pocos finos, siendo la condición in situ: semi compacto y semi húmedo.

Posterior a los ensayos realizados en laboratorio, se pudo comprobar que las muestras de suelo, según la clasificación SUCS, que la primera calicata se trataba de un material de suelo fino, siendo el más desfavorable en el área de estudio, presentando un terreno de fundación de pobre a malo; mientras que las calicatas restantes se trataban de un suelo grueso, con un terreno de fundación de excelente a bueno.

3.4.2. Cal

La cal que se utilizó en la presente tesis fue adquirida en una tienda comercial y fue de la marca MARTELL, la cual en sus especificaciones menciona que es un compuesto formado de trazas de carbonato de calcio, hidróxido de calcio o bien una mezcla de carbonato de calcio y partículas de rocas disgregadas. Es de aspecto polvo granulado y su color varía entre un blanco humo a grisáceo. Es empleada en el mejoramiento de suelos. La cantidad de cal utilizada fue aproximadamente 10kg.

3.4.3. Cenizas de Cáscara de Arroz

La recolección y quema de la cascarilla de arroz se llevó a cabo en las chacras del centro poblado Tambo Real Viejo, en el distrito de Santa. La cascarilla fue

obtenida de “Molindustrias El Chimbotano SAC”; llegado al lugar se realizó las coordinaciones con el capataz de turno el día de la quema de la cascarilla de arroz, para poder regresar a la mañana siguiente y recoger la ceniza. Aproximadamente se recolectaron unos 60kg de cenizas de cáscara de arroz. Ya en laboratorio, se tamizó la ceniza para ser empleada en los ensayos posteriores, con la finalidad de separar de obtener ceniza libre de pajillas, raíces o piedras.

Las cenizas empleadas presentaron un color negro, debido a que la temperatura de quema no es controlada. Fueron almacenadas en baldes cubiertos con tapas, de tal manera que conserven su humedad y no sean contaminadas por otros agentes.

3.5. Diseño Experimental

Para el diseño experimental se realizó empezando con la obtención de los materiales. Para ello se realizaron trabajos de campo, comenzando con el reconocimiento de la zona de estudio, seguido de las exploraciones geotécnicas a través de la ejecución de calicatas para obtener el material. Las cenizas como ya se mencionó fueron obtenidas de “Molindustrias el Chimbotano”.

Realizada la recolección de los materiales y el traslado hacia el laboratorio de suelos de la Universidad Nacional del Santa. El diseño experimental plantea estudiar las muestras de los materiales en su estado natural a través de ensayos en laboratorio. Además del suelo natural, se procedió a realizar ensayos del suelo natural combinándolo con la cal y las cenizas de cáscara de arroz en distintas proporciones con el fin de estudiar sus características mecánicas y conocer su potencial como estabilizador.

Las mezclas de suelo, ceniza de cáscara de arroz y cal se midieron en peso respectivamente de acuerdo a las proporciones que se indican en la Tabla 15. Proporción de las mezclas y Símbolos referentes a cada combinación.

Tabla 14.

Proporción de las mezclas y Símbolos referentes a cada combinación.

Combinación	% Suelo	% Cal	% CCA	Simbología
Suelo Natural	100	0	0	S
Combinación 1	93	2	5	S93-C2-CCA5
Combinación 2	88	2	10	S88-C2-CCA10
Combinación 3	78	2	20	S78-C2-CCA20
Combinación 4	91	4	5	S91-C4-CCA5
Combinación 5	86	4	10	S86-C4-CCA10
Combinación 6	76	4	20	S76-C4-CCA20
Combinación 7	89	6	5	S89-C6-CCA5
Combinación 8	84	6	10	S84-C6-CCA10
Combinación 9	74	6	20	S74-C6-CCA20

Fuente: *Elaboración Propia*

Con el fin de determinar el porcentaje apropiado de ceniza de cáscara de arroz y cal para estabilizar el suelo, se realizaron pruebas de laboratorio con el suelo natural, así como mezclas del mismo con porcentajes de los materiales a usar. Los resultados obtenidos a partir de estos ensayos serán esenciales para definir los parámetros de trabajo óptimo para la realización del tramo de prueba en la superficie de rodadura en la vía que se desea estabilizar.

Los ensayos de laboratorio fueron realizados en las instalaciones del laboratorio de Suelos de la Universidad Nacional del Santa, de acuerdo a las normas del MTC. Los análisis químicos por ensayo de Barrido se realizaron en el Laboratorio de Análisis Químicos ORMELI. Los resultados de los ensayos se presentan en el Anexo 2.

Las muestras representativas de suelo natural y las combinaciones adicionando cáscara de arroz y cal fueron sometidas a los ensayos para su caracterización física y mecánica.

Para conocer las características de resistencia del suelo natural estabilizada con ceniza de cáscara de arroz y cal se tomarán los valores que se obtendrán del ensayo de CBR y Densidad de campo, obteniendo este último después de la realización del tramo de prueba.

3.6. Técnicas e Instrumentos

Para la ejecución de la presente tesis se realizó en primer lugar, ubicar y localizar la muestra, seleccionarla y obtener la muestra representativa (calicatas) para realizar los ensayos preliminares y específicos.

La recolección de datos se realizó a través de ensayos de campo y ensayos en el laboratorio de suelos de la Universidad Nacional del Santa. Estos permitieron, mediante la medición directa e indirecta de los resultados, identificar el tipo de suelo en el sistema SUCS, así como sus propiedades físicas (densidad, contenido de humedad, índice de plasticidad) y mecánicas (máxima densidad seca y CBR), tanto del suelo en estado natural como la de las mezclas realizadas. Para el plan de ensayos de suelos se logró establecer los ensayos necesarios en base a la utilización del “Manual de Carreteras” sección Suelos y Pavimentos. En cuanto a las cenizas de cáscara de arroz, se realizó un análisis químico de ambas para conocer a fondo las propiedades que poseen.

Se emplearon fichas de recolección de datos que nos permitieron recoger información de los ensayos de campo. (Ver Anexo N° 2)

A) Ensayos de campo:

- Muestreo de suelos y rocas (MTC E 101).
- Ensayo para determinar la densidad y peso unitario del suelo in situ mediante el método del cono de arena (MTC E 117).

B) Ensayos de laboratorio para las características físicas, mecánicas y químicas del suelo:

- Análisis químico de ceniza mediante el ensayo de Barrido.
- Obtención en laboratorio de muestras representativas “cuarteo” (MTC E 105).

- Análisis granulométrico de suelos por tamizado (MTC E 107).
- Determinación del contenido de humedad de un suelo (MTC E 108).
- Método de ensayo estándar para la gravedad específica de sólidos de suelo mediante picnómetro de agua (MTC E 113)
- Determinación del límite líquido de los suelos (MTC E 110).
- Determinación del límite plástico (L.P.) de los suelos e índice de plasticidad (I.P.) (MTC E 111).
- Compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (Proctor Modificado) (MTC E 115).
- CBR en laboratorio (MTC E 132).

La información obtenida se procesó en gabinete en tablas y gráficos elaborados en Microsoft Excel. Para su posterior análisis y comparación de los resultados obtenidos de las características físicas y mecánicas por cada ensayo realizado.

3.7. Procedimientos

3.7.1. Ensayos Ejecutados en Campo

Los trabajos en campo se enfocaron fundamentalmente en la toma de muestras de suelo para la realización de los distintos ensayos en laboratorio. Para esto, se realizaron 07 calicatas a cielo abierto excavadas manualmente hasta una profundidad de 1.50m.

➤ Calicatas

Equipos y materiales

- 02 palanas
- 02 barretas
- 01 wincha de 5.00m
- Sacos para recolección.

Procedimiento

- Se ubicó los puntos en cada kilómetro y se ejecutó la excavación.
- Se realizó la demarcación para el área de excavación, siendo de 1.00mx1.50m.
- Antes de iniciar con la excavación, se realizó una limpieza superficial de 0.20m de espesor. Se excavó a una profundidad de 1.50m.
- Habiéndose llegado a los 1.50m de profundidad, se extrajo las muestras de suelo por cada excavación y almacenada en los sacos, para ser trasladadas al laboratorio de Suelos de la Universidad Nacional del Santa.

➤ Densidad Natural del Suelo

Equipos y materiales

- Cenizas de Cáscara de arroz y cal.
- 01 plancha compactadora
- 01 rastrillo
- 01 palana
- Equipo de densidad de campo (cono metálico, arena calibrada, placa metálica hueca)
- Cincel
- 01 cuchara metálica
- 01 balanza eléctrica con aprox. 1gr
- Taras
- Bolsas plásticas
- Baldes
- 01 brocha
- Horno eléctrico a temperatura uniforme de $110 \pm 5^{\circ} \text{C}$ ($230 \pm 9^{\circ} \text{F}$).

Procedimiento

- El ensayo se realizó en el lugar de estudio en el tramo donde del primer kilómetro donde se escavó la calicata 01, para lo cual se trasladó los equipos, materiales y herramientas al sector de Santa Clemencia.
- Se escarificó y homogeneizó la subrasante de manera manual con la utilización de 01 rastrillo y 01 palana a lo largo y ancho del tramo de prueba, siendo las medidas 6m y 3m respectivamente; a una profundidad de 15 cm, permitiendo que obtuviera una condición suelta.
- Se pesaron la cantidad de ceniza de cascara de arroz y cal determinada en laboratorio para el proceso de estabilización del suelo en el lugar de estudio.
- Se esparció de forma manual la mezcla óptima de ceniza de cáscara de arroz y cal obtenida en laboratorio en la subrasante. Realizándose el mezclado homogéneo con el suelo empleándose 01 rastrillo.
- Se humedeció el suelo de la subrasante en forma manual empleándose baldes y el agua adquirida de la acequia colindante, hasta humedecerlo a una condición de ± 2 % con respecto a la humedad óptima de compactación, obtenida en el laboratorio por medio del ensayo proctor.
- Se realizó la compactación del área de prueba con la utilización de 01 plancha compactadora, posterior al humedecimiento y aireación de la subrasante. Realizándose tantas pasadas hasta obtener una superficie sin deformaciones a simple vista para luego proceder con ensayo de densidad de campo in situ.
- Terminada la compactación, se limpió y niveló la superficie donde se realizó la prueba con ayuda de la placa metálica.
- Una vez fijada la placa metálica hueca y con ayuda de una cuchara se excavó el suelo hasta una profundidad de 15cm. El suelo excavado se colocó en un recipiente para su posterior medida.

- Se asentó el embudo metálico del cono (lleno de arena calibrada) en el hueco del plato base, se abrió la válvula y se dejó caer la arena hasta que lo llene, inmediatamente se cerró la válvula.
- Se determinó el peso del cono con la arena calibrada sobrante, calculando así el peso de la arena calibrada que se utilizó para llenar el hueco. Con estos datos se obtiene el volumen del agujero.
- Teniendo el peso del suelo excavado y volumen del agujero, se obtiene la densidad natural del suelo.
- Se recogió una muestra representativa para la determinación del contenido de humedad del suelo.

3.7.2. Ensayos Ejecutados en Laboratorio

Las muestras obtenidas de las calicatas se trasladaron al laboratorio de suelos de la Universidad Nacional del Santa para los respectivos ensayos correspondientes para subrasante de acuerdo al Manual de Ensayos de Materiales 2000 (MTC) y determinar sus características físico-mecánicas.

En cuanto a las cenizas de cáscara de arroz, pasaron por un análisis químico para determinar su composición a través de un ensayo de Barrido. Este ensayo se mandó a realizar en el Laboratorio de Análisis Químicos ORMELI, en la ciudad de Chimbote.

➤ Ensayo de Barrido

El ensayo de barrido es una técnica analítica instrumental no destructiva que determina cualitativa y cuantitativamente la composición elemental de una sustancia, generalmente sólida, al ser expuesta a una radiación de rayos X. El análisis cualitativo se obtiene a partir de la energía característica, o su longitud de onda, de la radiación de fluorescencia de rayos X emitida. El análisis

cuantitativo se obtiene por conteo de los rayos X para una longitud de onda determinada. Los contenidos elementales son contenidos totales, sin distinción de estados de oxidación.

Para esta investigación, se determinó la composición química de la cal y cenizas de cáscara de arroz a través de este ensayo, el cual estuvo a cargo del Laboratorio de Análisis Químicos ORMELI, en la ciudad de Chimbote. Se llevó al laboratorio 10gr de cada material en estado pulverizado y limpio, sellados en bolsas herméticas. Luego de 5 días hábiles se recogieron los resultados.

➤ **Análisis Granulométrico de Suelos por Tamizado**

La finalidad de este ensayo es obtener la distribución por tamaño de las partículas del suelo y de esta manera también su clasificación SUCS y AASHTO.

Equipos y materiales

- Juego de tamices de malla cuadrada (N° 2", N° 1 ½", N° ¾", N° ½", N° 3/8", N° 4, N° 10, N° 20, N° 40, N° 60, N° 100, N° 200, fondo y tapa)
- Máquina tamizadora
- 01 balanza eléctrica con aprox. 1gr
- 01 balanza eléctrica con aprox. 0.01gr
- Recipientes de aluminio
- 01 cucharón metálico
- 01 cepillo
- Horno eléctrico a temperatura uniforme de $110 \pm 5^\circ \text{C}$ ($230 \pm 9^\circ \text{F}$).

Procedimiento

- Cuarteo del suelo para obtener una muestra representativa de aproximadamente 1 kg.
- Se secó de la muestra al aire para determinar su contenido de finos.

- Se pesó la muestra seca.
- Se pasó la muestra por el juego de tamices seleccionados y colocamos en la máquina tamizadora (por un tiempo de 10min).
- Terminado el tamizado se procedió a pesar el material retenido en cada tamiz en la balanza eléctrica.

➤ **Determinación del Contenido de Humedad de un Suelo**

Ensayo para determinar la cantidad de agua presente en una cantidad dada de suelo en términos de su peso en seco.

Equipos y materiales

- Horno eléctrico a temperatura uniforme de $110 \pm 5^\circ \text{C}$ ($230 \pm 9^\circ \text{F}$).
- 01 balanza eléctrica con aprox. 0.01gr
- Recipientes de aluminio (taras)
- 01 espátula

Procedimiento

- Se pesaron y anotaron los pesos de las taras a utilizar.
- Se pesaron las taras con las muestras húmedas y se colocaron en el horno eléctrico (aproximadamente 24h).
- Se pesaron las muestras secas sacadas del horno y se procedió a anotar dichos pesos, para luego calcular el contenido de humedad.

➤ **Determinación de la Gravedad Especifica**

Es la relación de la masa de una unidad de volumen de un material

Equipos y materiales

- Picnómetros de 250 cm³ de capacidad.
- 01 balanza eléctrica con aprox. 0.01gr.
- Estufa eléctrica.

- Agua destilada.
- Recipientes de aluminio
- 01 cucharón metálico
- Horno eléctrico a temperatura uniforme de $110 \pm 5^{\circ} \text{C}$ ($230 \pm 9^{\circ} \text{F}$).
- Pipeta, embudo y espátulas.

Procedimiento

- Se cuarteo el material hasta obtener una muestra representativa de 100gr.
- Se secó el suelo en el horno a una temperatura de $110 \pm 5^{\circ} \text{C}$. Se retiró al día siguiente y se dejó enfriar antes del ensayo.
- Se pesó la muestra que se va a ensayar.
- Se llenó el picnómetro con agua destilada hasta la marca y se registró su peso. Se retiró el agua hasta las $\frac{3}{4}$ de su capacidad, para luego verter la muestra de suelo pesada.
- Con la estufa se calentó de manera indirecta girando constantemente el picnómetro por un periodo de 10 minutos, con la finalidad de eliminar el aire atrapado que sale por calentamiento de la muestra.
- Luego de eliminar el aire, se completó el volumen de agua destilada hasta la marca del picnómetro. Luego de dejar el picnómetro por el tiempo de 24 horas se volvió a enrasar con agua destilada y se anotó su peso.

➤ Determinación del Límite Líquido de los Suelos

Equipos y materiales

- Tamiz N° 40
- Copa de Casagrande y acanalador
- 01 espátula
- 01 balanza eléctrica con aprox. 0.01gr

- Capsula de porcelana
- Recipientes de aluminio (taras)
- Horno eléctrico a temperatura uniforme de $110 \pm 5^{\circ} \text{C}$ ($230 \pm 9^{\circ} \text{F}$).
- Agua destilada

Procedimiento

- Se secó la muestra de suelo y se pasó por el tamiz N° 40.
- Se colocó en la capsula de porcelana, 200gr de muestra y se le agregó de 15 a 20ml de agua destilada, hasta formar una pasta de textura uniforme.
- Se colocó una porción de la pasta de suelo en la cazuela de la copa de Casagrande, con la ayuda de la espátula, hasta conseguir un espesor de 1cm.
- En el centro de la cazuela se realizó una ranura con el acanalador, quedando la muestra dividida en dos partes.
- Se giró la manivela de la Copa de Casagrande, elevando y dejando caer la cazuela. Se contó el número de golpes requeridos para cerrar la ranura, anotándose los datos obtenidos.
- Con la ayuda de la espátula se retiró una tajada de suelo en una tara para determinar su contenido de humedad.
- Se repitió todo el procedimiento anterior agregando agua destilada si el número de golpes ha sido alto o agregando suelo si el número de golpes ha sido bajo, de tal manera que se asegure que haya dos determinaciones sobre los 25 golpes, y otros dos por debajo.

➤ Determinación del Límite Plástico e Índice de Plasticidad

Equipos y materiales

- Tamiz N° 40
- 01 espátula

- 01 balanza eléctrica con aprox. 0.01gr
- Vidrio grueso esmerilado
- Capsula de porcelana
- Taras
- Horno eléctrico a temperatura uniforme de $110 \pm 5^{\circ} \text{C}$ ($230 \pm 9^{\circ} \text{F}$).
- Agua destilada

Procedimiento

- Se pasó por el tamiz N° 40 la muestra de suelo.
- Se amasó con agua destilada hasta que se formó una esfera con la masa de suelo. Tomándose una pequeña porción de dicha esfera para el ensayo.
- Se enrolló con la mano extendida sobre el vidrio grueso esmerilado, con presión suficiente para moldearlo en forma de cilindro o hilo uniforme de diámetro de 3mm.
- Una vez que se presentó agrietamientos, se determinó su contenido de humedad.
- Se continúa con el mismo procedimiento hasta obtener unos 6gr de suelo. El promedio de estos contenidos de humedad viene a ser el límite plástico.
- El índice de plasticidad se define como la diferencia entre el límite líquido y límite plástico de una muestra de suelo.

➤ Compactación de Suelos en Laboratorio utilizando una Energía Modificada (Proctor Modificado)

Equipos y materiales

- Equipo Proctor de 4" de diámetro (molde cilíndrico, placa de base y anillo de extensión)
- 01 pisón manual

- 01 balanza eléctrica con aprox. 1gr
- 01 balanza eléctrica con aprox. 0.01gr
- Probeta de 1000ml
- 01 regla metálica
- Taras
- Horno eléctrico a temperatura uniforme de $110 \pm 5^{\circ} \text{C}$ ($230 \pm 9^{\circ} \text{F}$).
- Herramientas de mezcla (bandejas, cucharas, espátulas)

Procedimiento

- Se seleccionó el método a utilizar (Método A). Para determinar un punto de la curva Proctor se empleó 2.5.kg de muestra seca.
- Se preparó la muestra de suelo adicionando agua. Se mezcló toda la muestra hasta que se encuentre homogéneamente húmeda.
- Se ensambló el molde cilíndrico con la placa de base, para luego determinar el peso.
- Se colocó el collar de extensión para colocar la muestra suelta y húmeda dentro y compactar en tres capas, apisonando con el martillo en una secuencia de 25 golpes por capa.
- Al terminar de compactar, se retiró el collar de extensión y se enrasó con la espátula el espécimen compactado. Se anotó el peso del espécimen y molde.
- Se determinó su contenido de humedad por cada espécimen, para lo cual se tomó dos muestras representativas del suelo húmedo compactado, de la parte superior e inferior del molde.
- Se repitió todo el procedimiento mencionado agregando agua en intervalos de 2%, de tal manera que al formar la curva Proctor se aseguren dos puntos en la rama ascendente y determinar el punto máximo de la curva que nos indicará la

máxima densidad seca y óptimo contenido de humedad del suelo.

➤ CBR

Equipos y materiales

- Equipo CBR (3 moldes cilíndricos con placa de base y collar de extensión, 3 placas de expansión, 3 discos espaciadores, 3 sobrecargas cada una de 4.5kg de peso y 3 trípodes)
- Prensa hidráulica para ensayo CBR
- 01 Pisón proctor modificado
- Papel filtro
- 01 balanza eléctrica con aprox. 1gr
- 01 balanza eléctrica con aprox. 0.01gr
- Probeta de 1000ml
- 01 regla metálica
- Taras
- Tina
- Diales de expansión
- Horno eléctrico a temperatura uniforme de $110 \pm 5^{\circ} \text{C}$ ($230 \pm 9^{\circ} \text{F}$).
- Herramientas de mezcla (bandejas, cucharas, espátulas)

Procedimiento

- Se preparó la muestra de suelo con el contenido óptimo de humedad obtenido en el ensayo de compactación proctor modificado.
- Se ensambló el molde cilíndrico con la placa de base, para luego determinar el peso.
- Se colocó para cada molde el papel filtro y las placas de expansión.
- Se colocó el collar de extensión para colocar la muestra suelta y húmeda dentro

y compactar en cinco capas en cada uno de los 3 moldes CBR, apisonando primero con 12 golpes, segundo con 26 golpes y por ultimo con 55 golpes por capa.

- Al terminar de compactar, se retiró el collar de extensión y se enrasó con la espátula el espécimen compactado. Se invirtieron las muestras de tal manera que el área libre quede en la parte superior cuando se ensambla nuevamente los moldes a su placa de base.

- Se anotó el peso del espécimen y molde.

- Se colocó la sobrecarga, para luego colocar los tres moldes debidamente equipado en una tina de agua durante cuatro días (96 horas).

- Pasado el tiempo establecido se retiraron los moldes de la tina de agua y se retiró de la misma manera el dÍal, el trípode, la sobrecarga y la placa de expansión. Se dejó drenar por 15 minutos.

- Se colocó la sobrecarga en cada molde antes de llevar a la prensa hidráulica y se procedió a realizar el ensayo de penetración. Se registró las lecturas de carga de los 03 moldes.

Nota: Todos los resultados de los ensayos, tanto de campo como de laboratorio, se encuentran en **ANEXO 3**.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIONES

4.1. Análisis e Interpretación de Resultados

El presente capítulo muestra los resultados obtenidos de los ensayos de laboratorio, realizados a las muestras de suelo proveniente de la Vía Santa Clemencia-Chachapoyas, cenizas de cáscara de arroz, cal y combinaciones de estos tres elementos de arroz; los cuales fueron:

4.1.1. Ensayos Realizados al Suelo Natural

4.1.1.1. Ensayos de Caracterización Física

4.1.1.1.1. Distribución Granulométrica

Este ensayo se realizó teniendo en cuenta la norma del MTC E107. A continuación, se mostrará los resultados obtenidos:

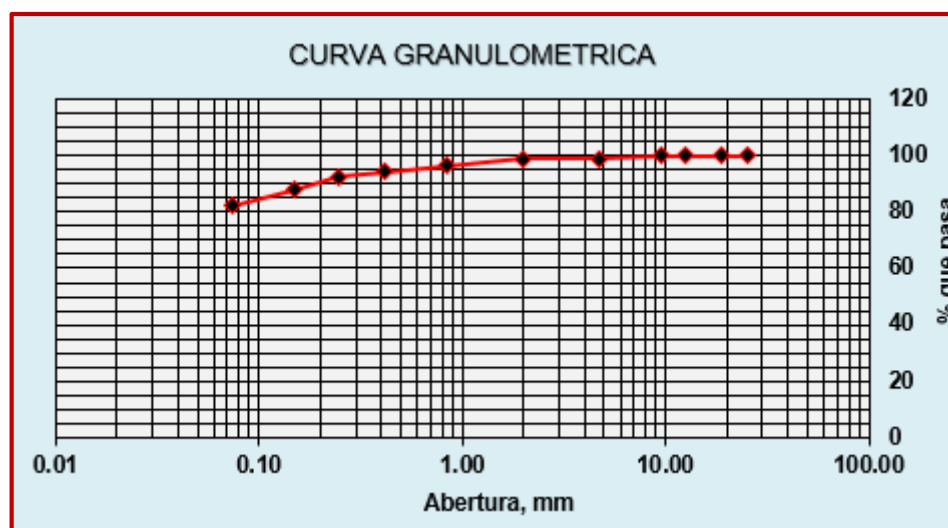


Figura 21. Granulometría de la Calicata N° 01.

Fuente: Elaboración propia

INTERPRETACIÓN: En la Figura 21, se muestra la curva granulométrica del suelo extraído de la calicata N° 01, la cual presentó 1.17 % de grava, 16.691 % de arena y 82.139 % de finos, asimismo, no presentó Coeficiente de Uniformidad (Cu) ni Coeficiente de Curvatura (Cc).

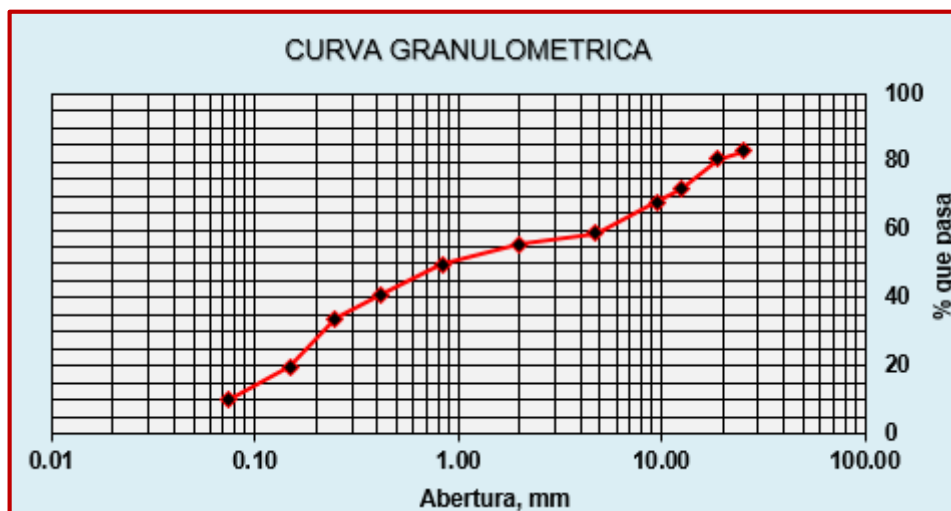


Figura 22. Granulometría de la Calicata N° 02.

Fuente: Elaboración propia.

INTERPRETACIÓN: En la Figura 22, se muestra la curva granulométrica del suelo extraído de la calicata N° 02, la cual presentó 40.985 % de grava, 49.160 % de arena y 9.854 % de finos, asimismo, presentó un Coeficiente de Uniformidad (Cu) de 62.5 y un Coeficiente de Curvatura (Cc) de 0.10.

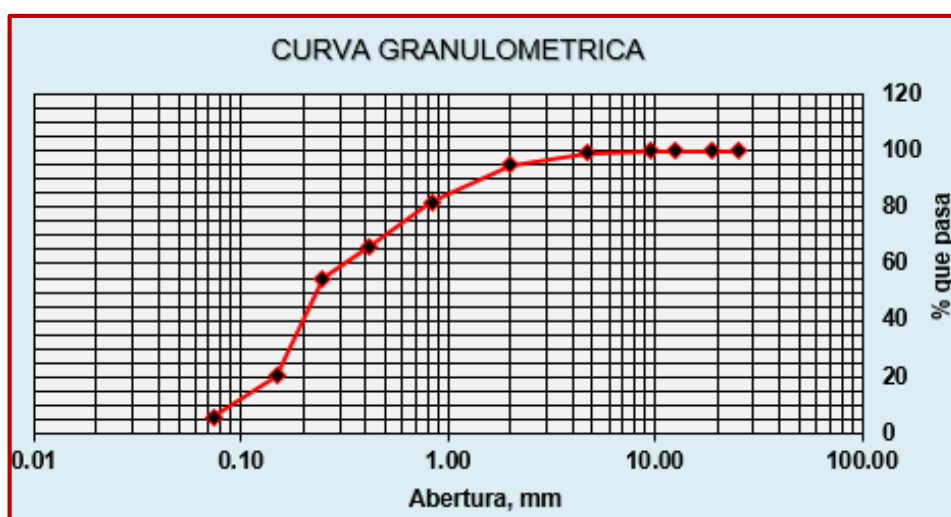


Figura 23. Granulometría de la Calicata N° 03.

Fuente: Elaboración propia

INTERPRETACIÓN: La calicata N° 03, presentó 0.897 % de grava, 93.161 % de arena y 5.942 % de finos, asimismo, presentó un Coeficiente de Uniformidad (Cu) de 3.40 y un Coeficiente de Curvatura (Cc) de 1.00.

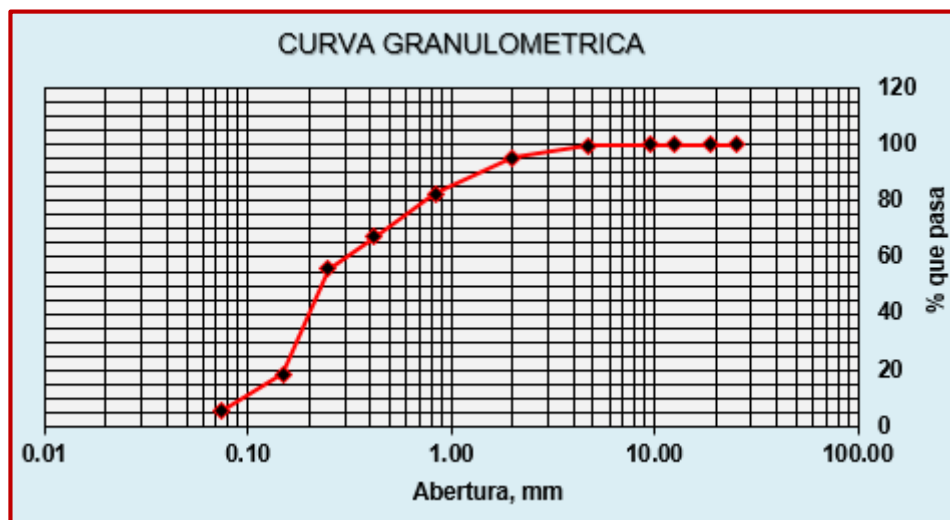


Figura 24. Granulometría de la Calicata N° 04.

Fuente: Elaboración propia

INTERPRETACIÓN: La calicata N° 04, la cual presentó 0.448 % de grava, 93.841 % de arena y 5.711 % de finos, asimismo, presentó un Coeficiente de Uniformidad (Cu) de 3.30 y un Coeficiente de Curvatura (Cc) de 1.00.

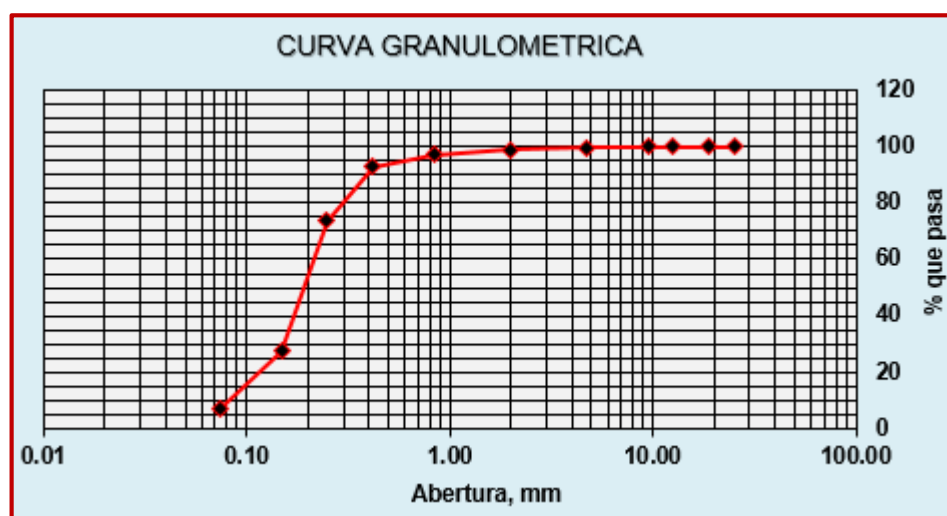


Figura 25. Granulometría de la Calicata N° 05.

Fuente: Elaboración propia

INTERPRETACIÓN: La calicata N° 05, presentó 0.487 % de grava, 92.580 % de arena y 6.933 % de finos, asimismo, presentó un Coeficiente de Uniformidad (Cu) de 2.60 y un Coeficiente de Curvatura (Cc) de 1.40.

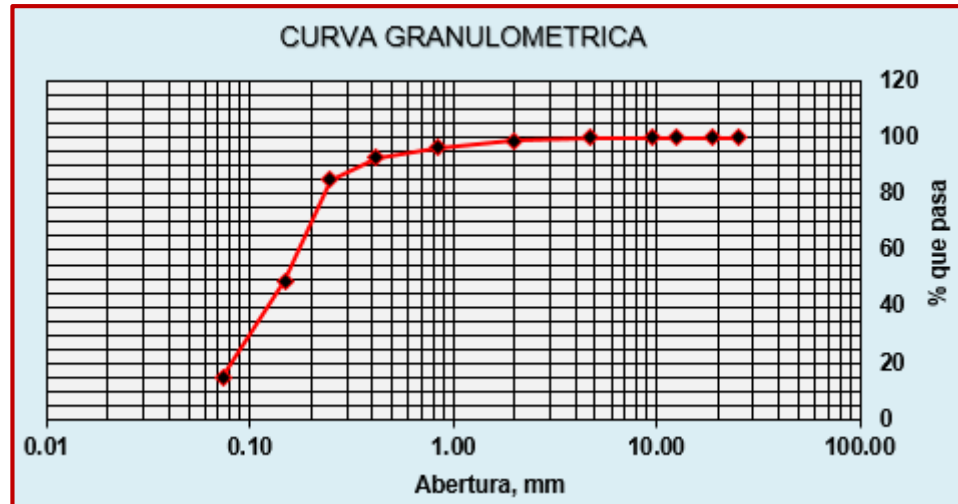


Figura 26. Granulometría de la Calicata N° 06.
Fuente: Elaboración propia

INTERPRETACIÓN: En la Figura 26, se muestra la curva granulométrica del suelo extraído de la calicata N° 06, la cual presentó 0.00 % de grava, 84.865 % de arena y 15.135 % de finos, asimismo, no presentó Coeficiente de Uniformidad (Cu) ni Coeficiente de Curvatura (Cc).

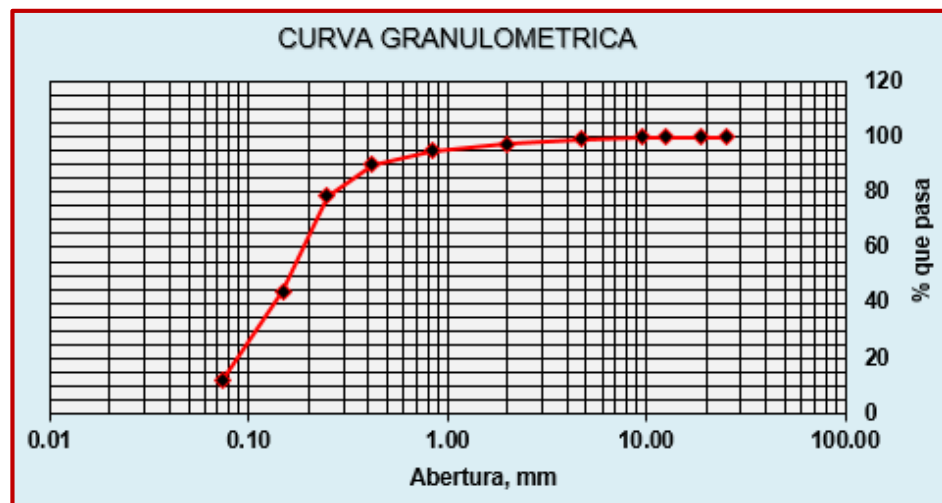


Figura 27. Granulometría de la Calicata N° 07.
Fuente: Elaboración propia.

INTERPRETACIÓN: La calicata N° 07 presentó 0.907 % de grava, 87.206 % de arena y 11.887 % de finos, asimismo, no presentó Coeficiente de Uniformidad (Cu) ni Coeficiente de Curvatura (Cc).

4.1.1.1.2. Gravedad Especifica

Este ensayo se realizó teniendo en cuenta la norma del MTC E107. A continuación, se mostrará los resultados obtenidos:

Tabla 15.
Gravedad Especifica Promedio

Calicata	Gravedad Especifica Promedio
C - 01	2.832
C - 02	2.763
C - 03	2.821
C - 04	2.821
C - 05	2.680
C - 06	2.751
C - 07	2.734

Fuente: *Elaboración propia*

INTERPRETACIÓN: Los resultados obtenidos en la Tabla 15 son el promedio de tres ensayos de gravedad especifica realizados a cada calicata.

4.1.1.1.3. Contenido de Humedad

Este ensayo se realizó teniendo en cuenta la norma del MTC E108. A continuación, se mostrará los resultados obtenidos:

Tabla 16.
Contenido de Humedad Promedio

Calicata	Contenido de Humedad
C - 01	4.463
C - 02	3.777
C - 03	1.457
C - 04	1.213
C - 05	4.853
C - 06	4.233
C - 07	3.077

Fuente: *Elaboración propia*

INTERPRETACIÓN: Los resultados obtenidos en la Tabla 16 son el promedio de tres ensayos de contenido de humedad realizados a cada calicata.

4.1.1.1.4. Límites de Consistencia

Los ensayos de determinación del límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad se realizaron según las normas MTC E110 y E111. A continuación, se mostrará los resultados obtenidos:

Tabla 17.
Límites de Atterberg

Calicatas	Límite Líquido %	Límite Plástico %	Índice De Plasticidad
C - 01	27.28	19.16	8.12
C - 02	N.P.	N.P.	N.P.
C - 03	N.P.	N.P.	N.P.
C - 04	N.P.	N.P.	N.P.
C - 05	N.P.	N.P.	N.P.
C - 06	N.P.	N.P.	N.P.
C - 07	N.P.	N.P.	N.P.

Fuente: *Elaboración propia*

INTERPRETACIÓN: Los resultados obtenidos en la Tabla 17 nos muestra la diversidad en suelo que tenemos en la vía en estudios, como se observa solo la C-01 presenta limite líquido, limite plástico e índice de plasticidad; mientras que las demás calicatas en estudio no presentan.

4.1.1.1.5. Clasificación de Suelos

Según los parámetros definidos anteriormente, clasificamos los suelos tanto en el SISTEMA SUCS como en el SISTEMA AASHTO, siendo los resultados los siguientes:

Tabla 18.
Resumen de Clasificación de Suelos

Calicatas	Clasificación SUCS		Clasificación AASHTO	
	Grupo	Descripción	Grupo	Descripción
C - 01	CL	Arcillas limosas	A-4(8)	Suelos limosos: Pobre a malo
C - 02	SP-SM	Arenas sin finos	A-1-b(0)	Fragmentos de roca, grava y arena: Excelente a bueno
C - 03	SP-SM	Arenas sin finos	A-3(0)	Arena fina: Excelente a bueno
C - 04	SP-SM	Arenas sin finos	A-3(0)	Arena fina: Excelente a bueno
C - 05	SP-SM	Arenas sin finos	A-3(0)	Arena fina: Excelente a bueno
C - 06	SP-SM	Arenas sin finos	A-3(0)	Arena fina: Excelente a bueno
C - 07	SP-SM	Arenas sin finos	A-3(0)	Arena fina: Excelente a bueno

Fuente: *Elaboración propia*

INTERPRETACIÓN: Los resultados obtenidos en la Tabla 18 nos muestra la diversidad en suelo que presenta la vía en estudios, como se observa de todas las clasificaciones a las que fueron sometidas las

calicatas, la que es menos favorable de acuerdo a sus propiedades es la CALICATA N°01.

4.1.1.2. Ensayos de Caracterización Mecánica

4.1.1.2.1. Proctor Modificado

Se realizaron los ensayos de Proctor Modificado según la norma MTC E117. Los cuales arrojaron los siguientes resultados:

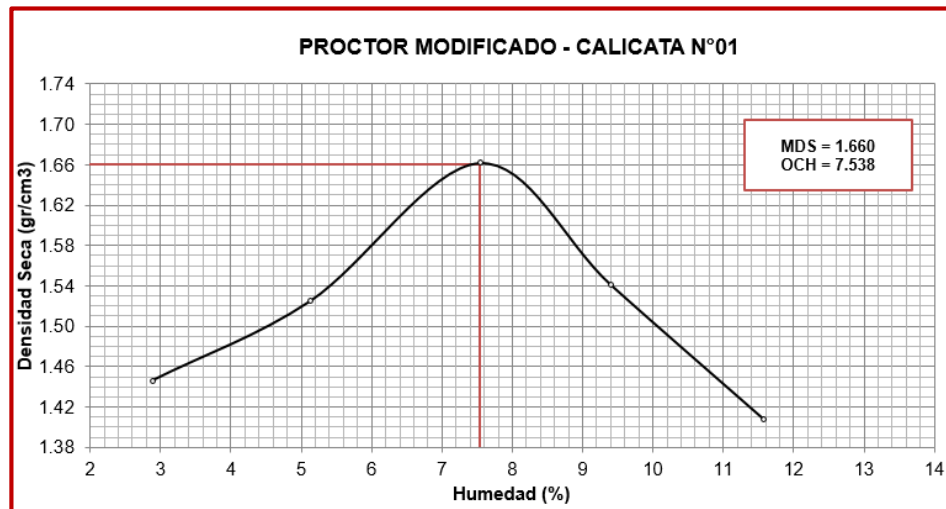


Figura 28. Proctor Modificado de la C-01.

Fuente: Elaboración propia.

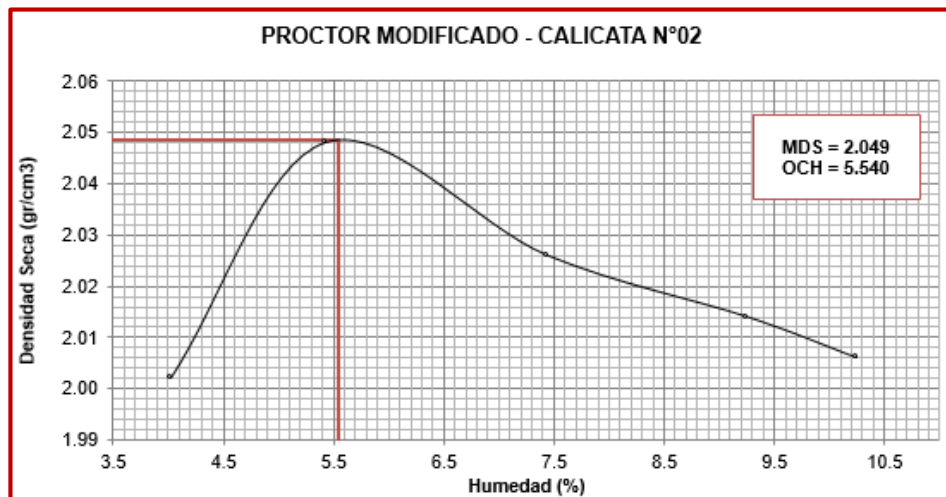


Figura 29. Proctor Modificado de la C-02.

Fuente: Elaboración propia.

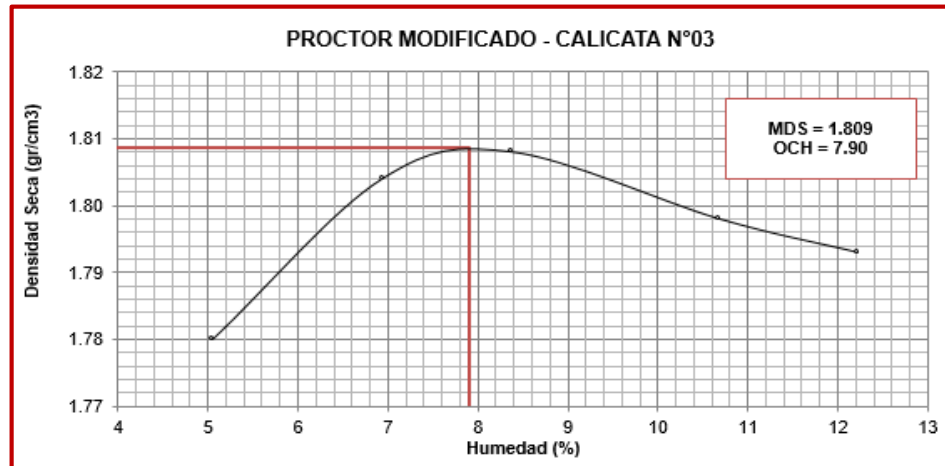


Figura 30. Proctor Modificado de la C-03.
Fuente: Elaboración propia.

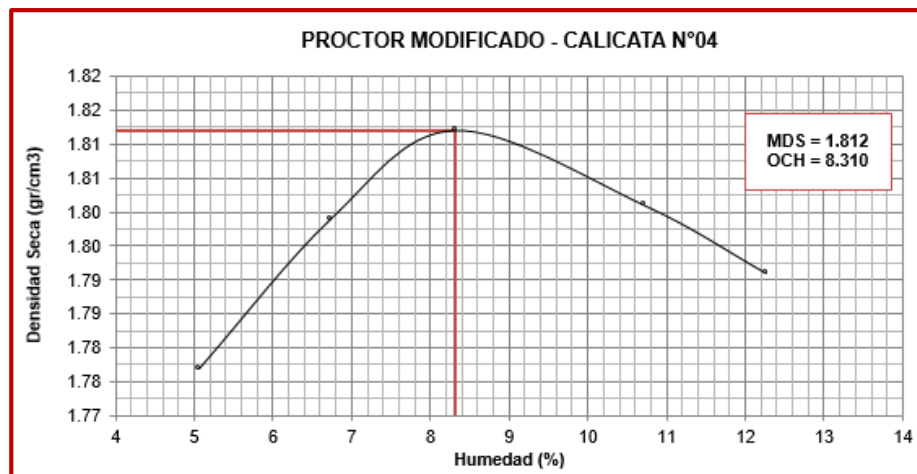


Figura 31. Proctor Modificado de la C-04.
Fuente: Elaboración propia.

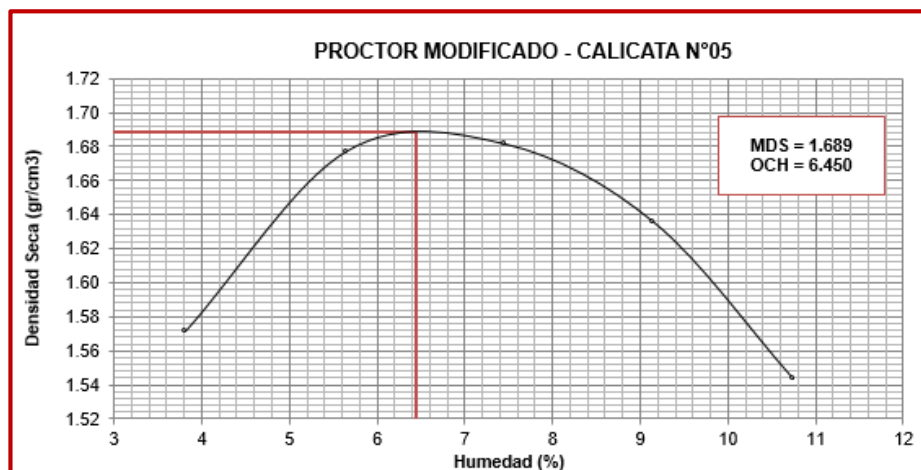


Figura 32. Proctor Modificado de la C-05.
Fuente: Elaboración propia.

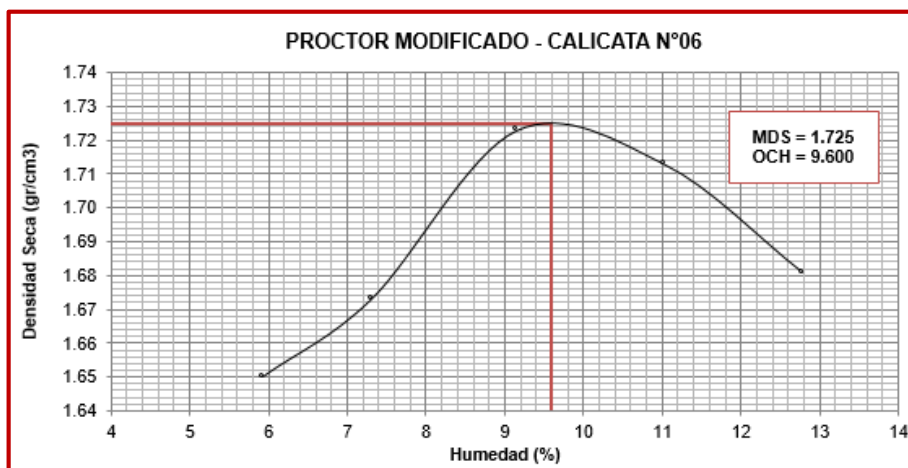


Figura 33. Proctor Modificado de la C-06.

Fuente: *Elaboración propia.*

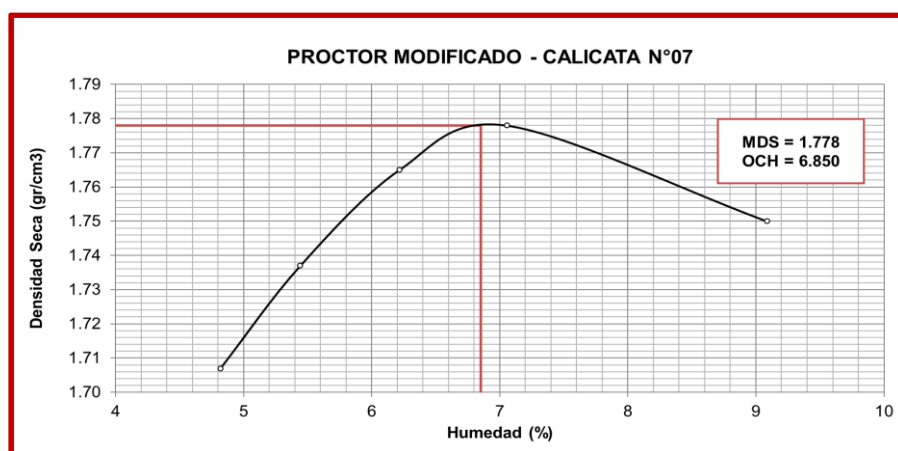


Figura 34. Proctor Modificado de la C-07.

Fuente: *Elaboración propia.*

En la Tabla 19 se muestran los resultados del Proctor modificado.

Tabla 19.

Resultados del Proctor Modificado

Calicatas	Proctor Modificado	
	OCH (%)	MDS (g/cm ³)
C - 01	7.538	1.660
C - 02	5.540	2.049
C - 03	7.900	1.809
C - 04	8.310	1.812
C - 05	6.450	1.689
C - 06	9.600	1.725
C - 07	6.850	1.778

Fuente: *Elaboración propia*

INTERPRETACIÓN: En la Tabla 19 observamos los resultados del ensayo de Proctor modificado, tanto para CALICATA N° 06 como la CALICATA N° 07 el contenido de humedad que se utilizará es mayor respecto a las demás; pero la máxima densidad seca se obtiene con la CALICATA N° 02.

4.1.1.2.2. Ensayo CBR

Con los resultados del peso específico máximo y humedad óptima, del ensayo Proctor Modificado se prosiguió a realizar los ensayos de CBR, los cuales se muestran a manera de resumen en la siguiente tabla:

Tabla 20.

Resultados del Ensayo CBR

Calicatas	CBR 0.1" (KG/CM2)	
	95 (%) de la MDS	100 (%) de la MDS
C - 01	10.00	14.00
C – 02	18.50	28.00
C – 03	11.70	22.30
C – 04	12.00	20.40
C – 05	14.00	21.50
C – 06	12.30	21.50
C - 07	12.60	22.90

Fuente: *Elaboración propia*

INTERPRETACIÓN: En la Tabla 20 observamos los resultados del ensayo de CBR, tanto al 95% como al 100%, como se observa la CALICATA N°01, presenta valores más bajos a comparación de las demás, por lo que se procederá a realizar la estabilización en este tramo.

4.1.2. Ensayos realizados a la cal

4.1.2.1. Ensayos de Caracterización Química

La cal que se utilizó en la presente tesis fue adquirida en una tienda comercial y fue de la marca MARTELL, la cual en sus especificaciones menciona que es un compuesto formado de trazas de carbonato de calcio, hidróxido de calcio o bien una mezcla de carbonato de calcio y partículas de rocas disgregadas. Es de aspecto polvo granulado y su color varía entre un blanco humo a grisáceo. Es empleada en el mejoramiento de suelos.

En la siguiente Tabla se muestran los principales componentes químicos de la cal utilizada en la investigación.

Tabla 21.

Composición Química de la cal

Análisis	Resultado (%)
Materia orgánica	4.80
Elementos livianos ⁽¹⁾	37.276
Óxido de calcio, CaO	52.45
Óxido de silicio, SiO ₂	3.355
Óxido de aluminio, Al ₂ O ₃	1.779
Óxido de hierro, Fe ₂ O ₃	0.340

⁽¹⁾ Elementos livianos (del hidrógeno al sodio)

Como se observa, el óxido de calcio (CaO) el componente químico predominante en la cal, el cual representa el 52.45% del total.

4.1.3. Ensayos Realizados a las Cenizas de Cáscara de Arroz

4.1.3.1. Ensayos de Caracterización Química

Se realizaron ensayos químicos para determinar de este modo los compuestos químicos por los cuales están conformadas las cenizas de cáscara de arroz.

El presente ensayo químico de la muestra de cenizas de hoja de caña de azúcar fue realizado por el Laboratorio de Análisis Químicos ORMELI, empleando el ENSAYO DE BARRIDO.

En la siguiente Tabla, se muestran los principales componentes químicos de la ceniza usada en la presente tesis.

Tabla 22.

Composición Química de la Ceniza de Cáscara de Arroz

Análisis	Resultado (%)
Materia Volátil (Mv)	8.41
Ceniza (Cz)	6.47
Oxido De Silicio (SiO ₂)	80.85
Oxido De Aluminio(Al ₂ O ₃)	0.87
Oxido De Calcio (CaO)	1.02
Oxido De Magnesio (MgO)	0.98
Oxido Ferrico (Fe ₂ O ₃)	0.97
Calcinación (-CP)	0.43

Fuente: *Elaboración propia*

Siendo el óxido de silicio (SiO₂) el componente químico predominante en la ceniza, representando el 80.85% del total.

4.1.4. Ensayos Realizados a las Combinaciones de Suelo Natural, Cenizas de Cascara de Arroz y Cal

A continuación, se presentan y analizan los resultados de los ensayos realizados a las combinaciones de suelo natural, cal y cenizas de cascara de arroz, las cuales en total son 9.

4.1.4.1. Ensayos de Caracterización Física

4.1.4.1.1. Distribución Granulométrica

Este ensayo se realizó teniendo en cuenta la norma del MTC E107. A continuación, se mostrará los resultados obtenidos:

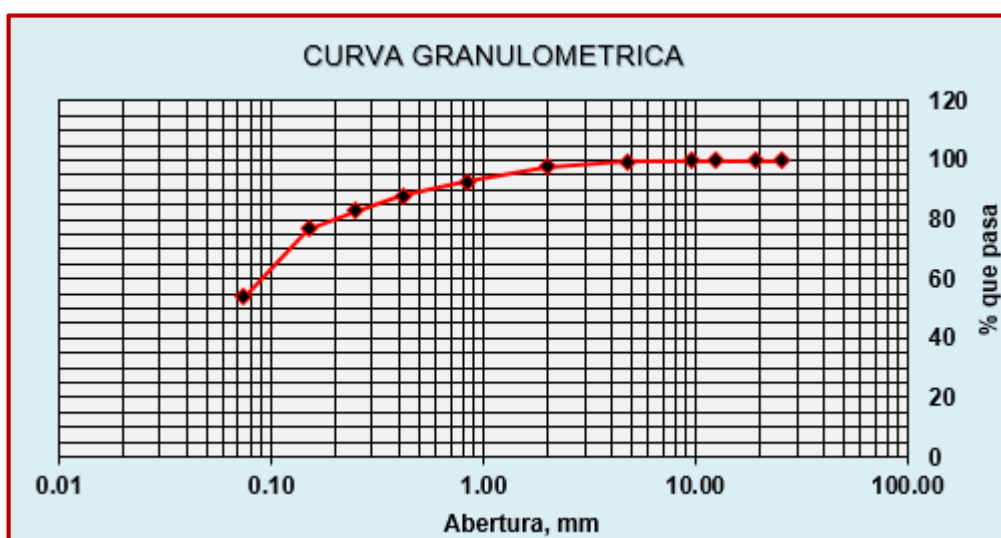


Figura 35. Granulometría de: S74-C6-CCA20.
Fuente: Elaboración propia.

INTERPRETACIÓN: La combinación S74-C6-CCA20 presentó 0.553 % de grava, 45.636 % de arena y 53.811 % de finos, asimismo, no presentó Coeficiente de Uniformidad (Cu) ni Coeficiente de Curvatura (Cc).

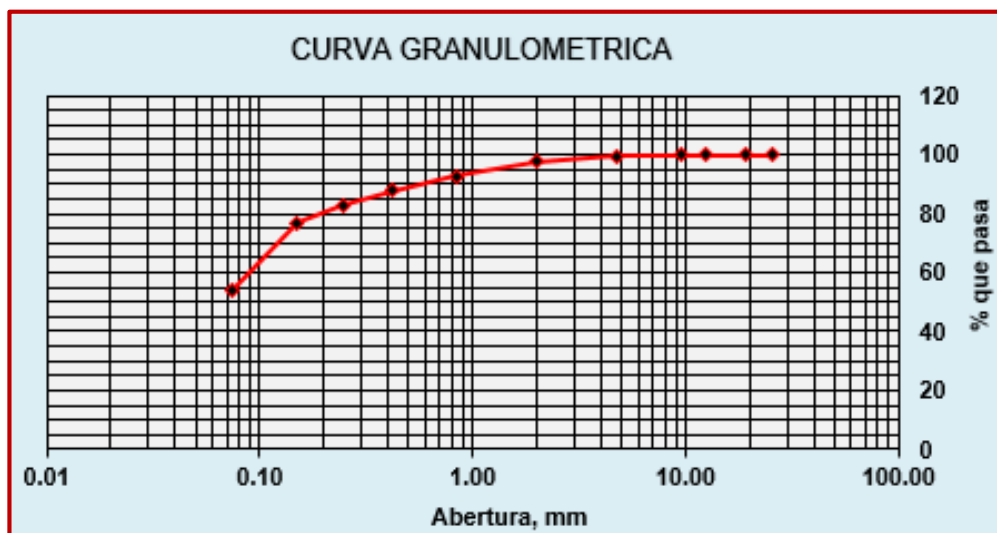


Figura 36. Granulometría de: S76-C4-CCA20.
Fuente: Elaboración propia.

INTERPRETACIÓN: La combinación S76-C4-CCA20 presentó 0.559 % de grava, 45.696 % de arena y 53.745 % de finos, asimismo, no presentó Coeficiente de Uniformidad (Cu) ni Coeficiente de Curvatura (Cc).

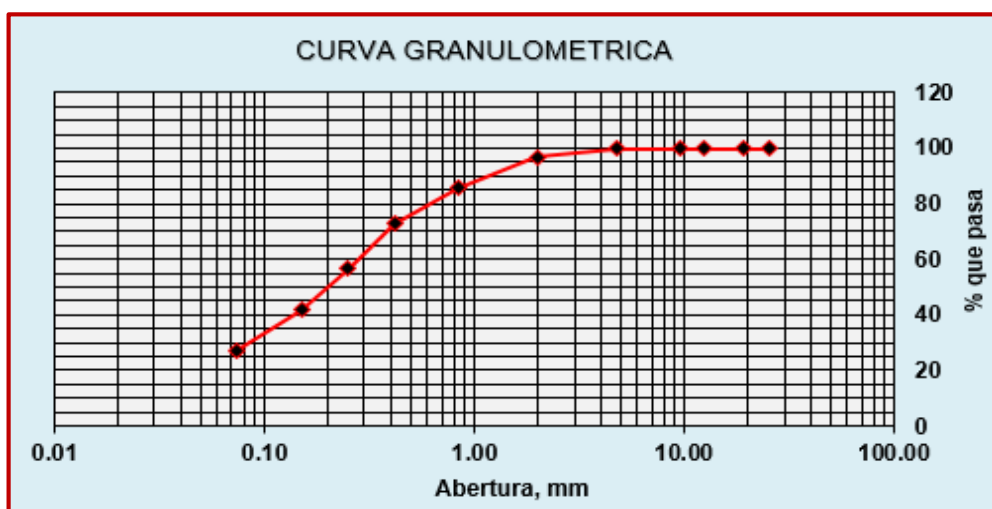


Figura 37. Granulometría de: S78-C2-CCA20.
Fuente: Elaboración propia.

INTERPRETACIÓN: La combinación S78-C2-CCA20 presentó 0.167 % de grava, 72.575 % de arena y 27.258 % de finos, asimismo, no presentó Coeficiente de Uniformidad (Cu) ni Coeficiente de Curvatura (Cc).

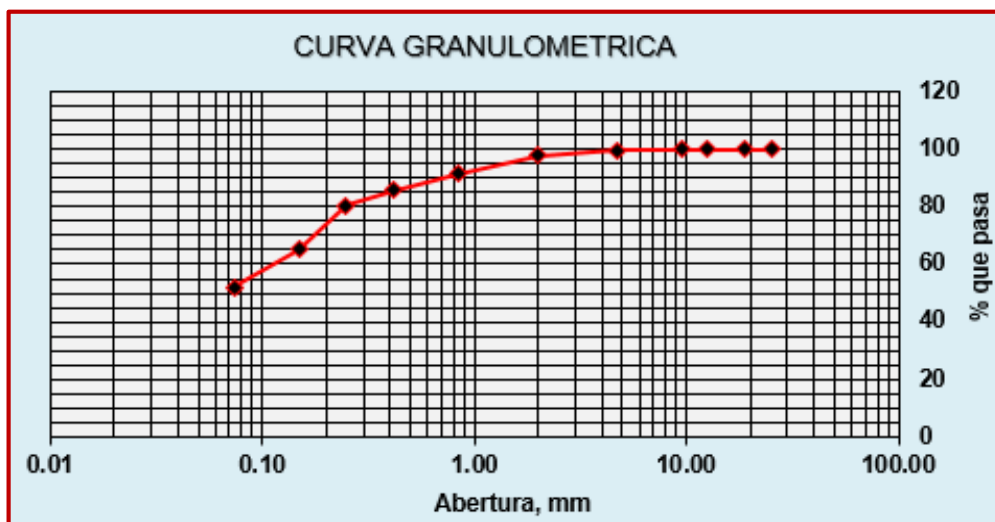


Figura 38. Granulometría de: S84-C6-CCA10.

Fuente: Elaboración propia.

INTERPRETACIÓN: La combinación S84-C6-CCA10 presentó 0.370 % de grava, 47.499 % de arena y 52.131 % de finos, asimismo, no presentó Coeficiente de Uniformidad (Cu) ni Coeficiente de Curvatura (Cc).

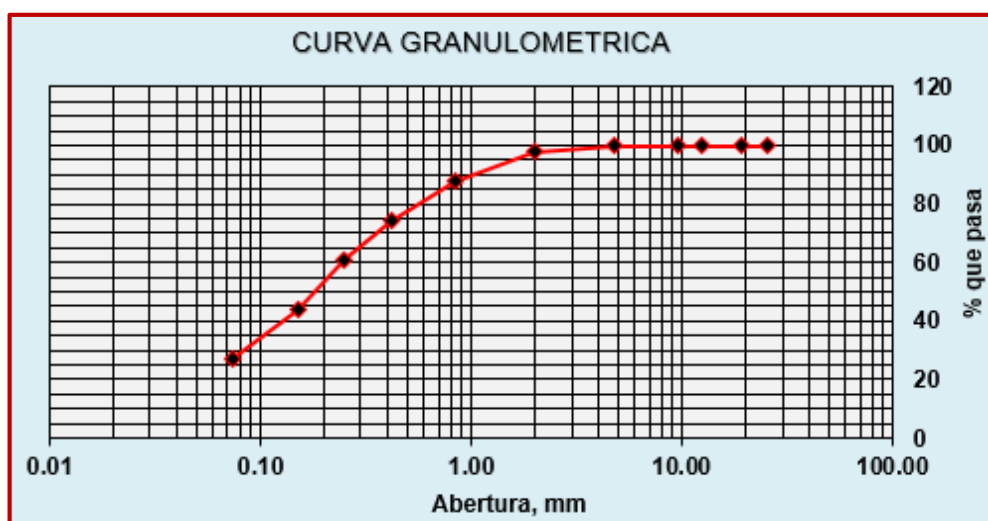


Figura 39. Granulometría de: S86-C4-CCA10.

Fuente: Elaboración propia.

INTERPRETACIÓN: La combinación S86-C4-CCA10 presentó 0.0 % de grava, 72.910 % de arena y 27.090 % de finos, asimismo, no presentó Coeficiente de Uniformidad (Cu) ni Coeficiente de Curvatura (Cc).

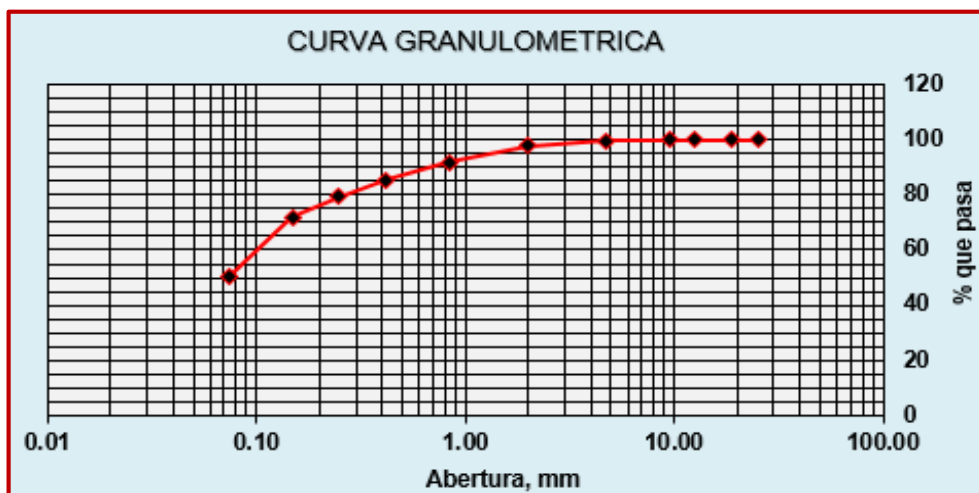


Figura 40. Granulometría de: S88-C2-CCA10.

Fuente: *Elaboración propia.*

INTERPRETACIÓN: La combinación S88-C2-CCA10 presentó 0.522 % de grava, 49.097 % de arena y 50.381 % de finos, asimismo, no presentó Coeficiente de Uniformidad (Cu) ni Coeficiente de Curvatura (Cc).

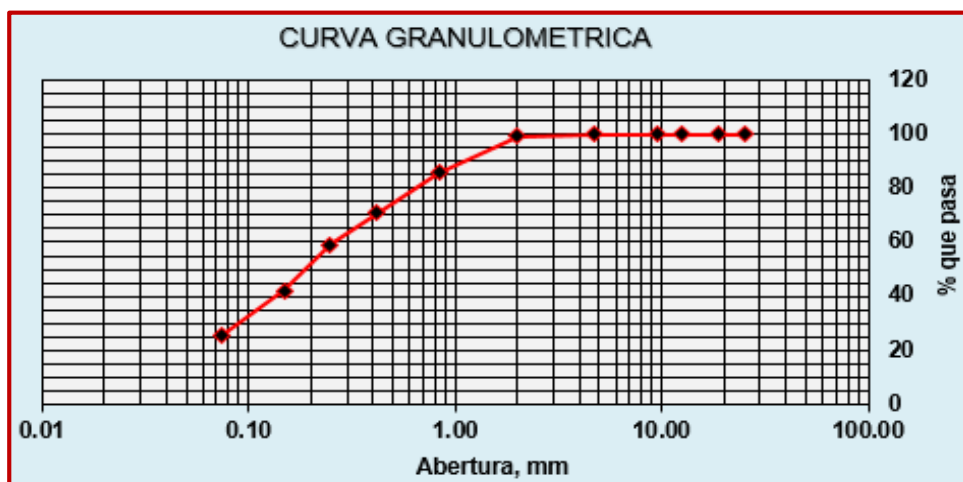


Figura 41. Granulometría de: S89-C6-CCA5.

Fuente: *Elaboración propia.*

INTERPRETACIÓN: La combinación S89-C6-CCA5 presentó 0.0 % de grava, 74.539 % de arena y 25.461 % de finos, asimismo, no presentó Coeficiente de Uniformidad (Cu) ni Coeficiente de Curvatura (Cc).

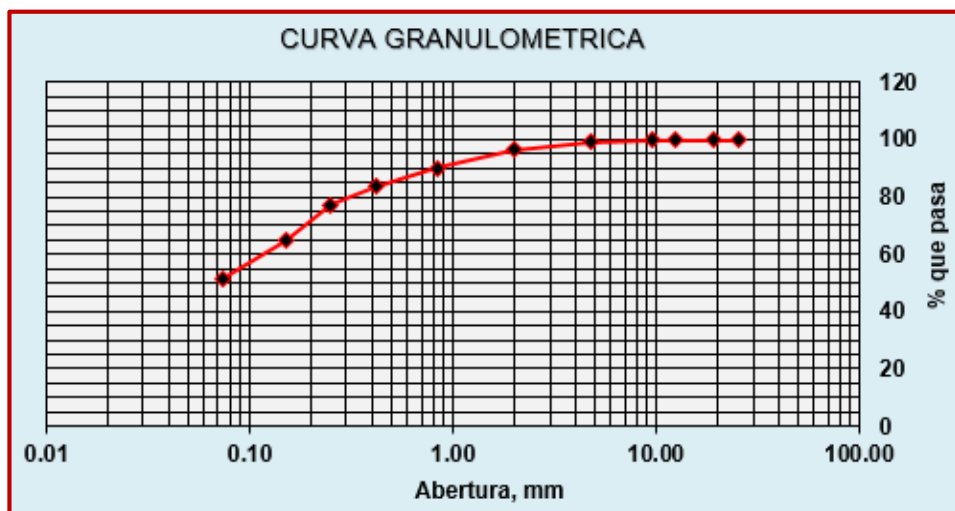


Figura 42. Granulometría de: S91-C4-CCA5.
Fuente: Elaboración propia.

INTERPRETACIÓN: En la Figura 42, se muestra la curva granulométrica de la combinación S91-C4-CCA5, la cual presentó 0.684 % de grava, 47.614 % de arena y 51.702 % de finos, asimismo, no presentó Coeficiente de Uniformidad (Cu) ni Coeficiente de Curvatura (Cc).

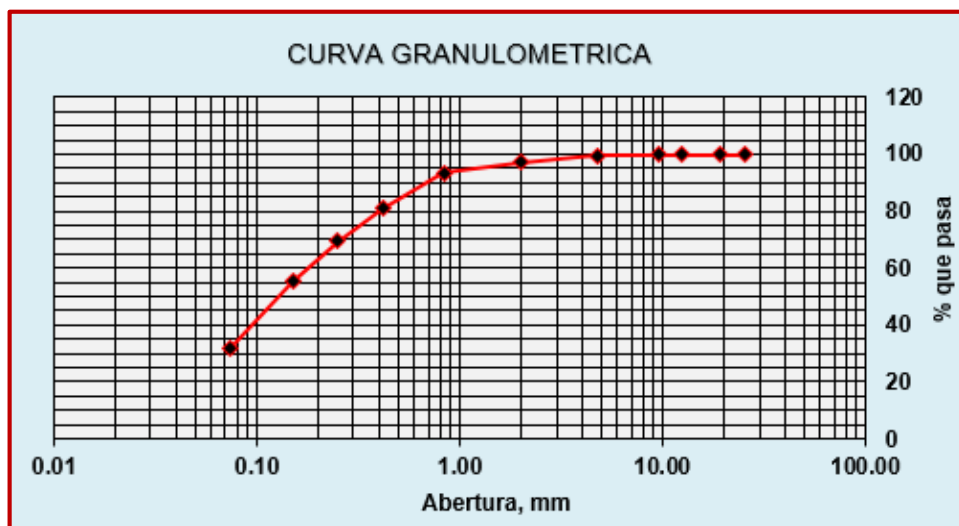


Figura 43. Granulometría de: S93-C2-CCA5.
Fuente: Elaboración propia.

INTERPRETACIÓN: En la Figura 43, se muestra la curva granulométrica de la combinación S93-C2-CCA5, la cual presentó 0.504 % de grava, 67.395 % de arena y 32.101 % de finos, asimismo,

no presentó Coeficiente de Uniformidad (Cu) ni Coeficiente de Curvatura (Cc).

4.1.4.1.2. Gravedad Especifica

Este ensayo se realizó teniendo en cuenta la norma del MTC E107. A continuación, se mostrará los resultados obtenidos:

Tabla 23.

Gravedad Especifica Promedio de las Combinaciones de Suelo Natural, Cal y CCA

Calicata	Gravedad Especifica
	Promedio
S74-C6-CCA20	2.601
S76-C4-CCA20	2.600
S78-C2-CCA20	2.552
S84-C6-CCA10	2.653
S86-C4-CCA10	2.660
S88-C2-CCA10	2.832
S89-C6-CCA5	2.665
S91-C4-CCA5	2.832
S93-C2-CCA5	2.605

Fuente: *Elaboración propia*

INTERPRETACIÓN: Los resultados obtenidos en la Tabla 23 son el promedio de tres ensayos de gravedad especifica realizados a combinación. Con 20% de CCA, se observa que a medida que aumenta la cal aumenta la gravedad especifica. Con 10% de CCA, los resultados son variables al igual que con 5% de CCA.

4.1.4.1.3. Límites De Consistencia

Los ensayos de determinación del límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad se realizaron según las normas MTC E110 y E111. A

continuación, se mostrará los resultados obtenidos:

Tabla 24.

Límites de Atterberg de las Combinaciones de Suelo Natural, Cal y CCA

Calicatas	Limite Liquido %	Limite Plástico %	Índice De Plasticidad
S74-C6-CCA20	44.60	N.P.	N.P.
S76-C4-CCA20	44.94	N.P.	N.P.
S78-C2-CCA20	33.01	N.P.	N.P.
S84-C6-CCA10	38.82	35.68	3.14
S86-C4-CCA10	29.29	N.P.	N.P.
S88-C2-CCA10	37.39	19.16	18.23
S89-C6-CCA5	31.19	N.P.	N.P.
S91-C4-CCA5	27.35	19.16	8.19
S93-C2-CCA5	22.17	N.P.	N.P.

Fuente: *Elaboración propia*

INTERPRETACIÓN: Los resultados obtenidos en la Tabla 25 nos muestra que todas las combinaciones presentan limite liquido en su totalidad, en cuanto al límite plástico las únicas combinaciones que no presentan son las que tienen 20% de CCA, mientras que para las combinaciones de 10% y 5% de CCA, este resultado varía según la cantidad de cal que se le adiciono.

4.1.4.2. Ensayos De Caracterización Mecánica

4.1.4.2.1. Proctor Modificado

Se realizaron los ensayos de Proctor Modificado según la norma MTC E117. Los cuales arrojaron los siguientes resultados:

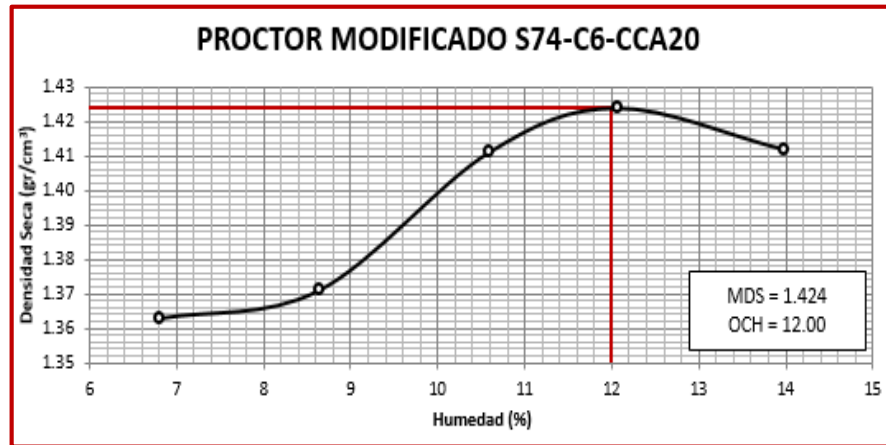


Figura 44. Proctor Modificado de: S74-C6-CCA20.
Fuente: Elaboración propia.

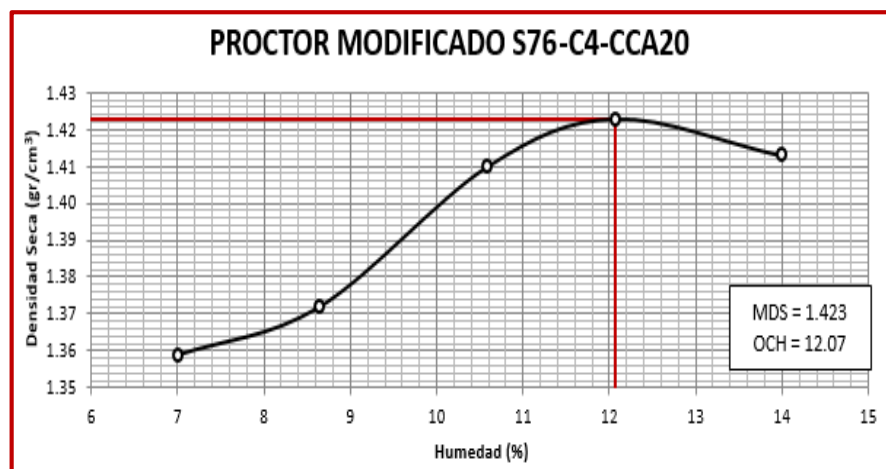


Figura 45. Proctor Modificado de: S76-C4-CCA20.
Fuente: Elaboración propia.

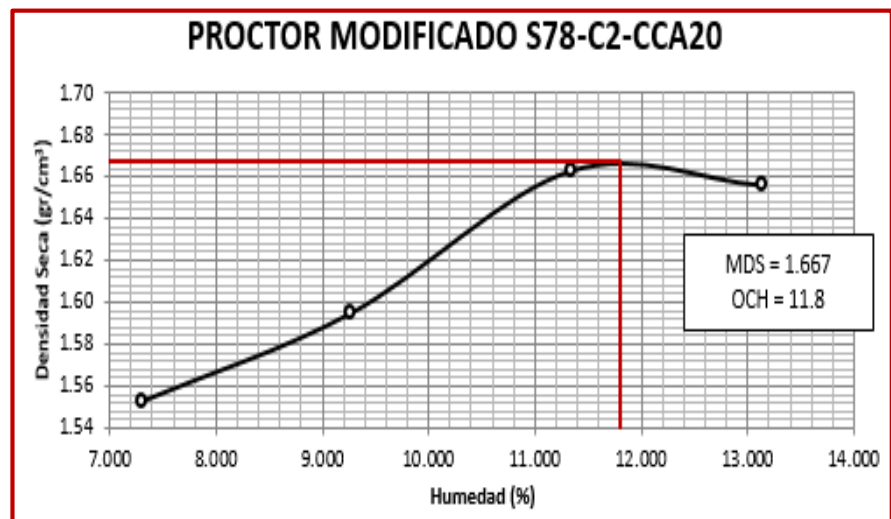


Figura 46. Proctor Modificado de: S78-C2-CCA20.
Fuente: Elaboración propia.

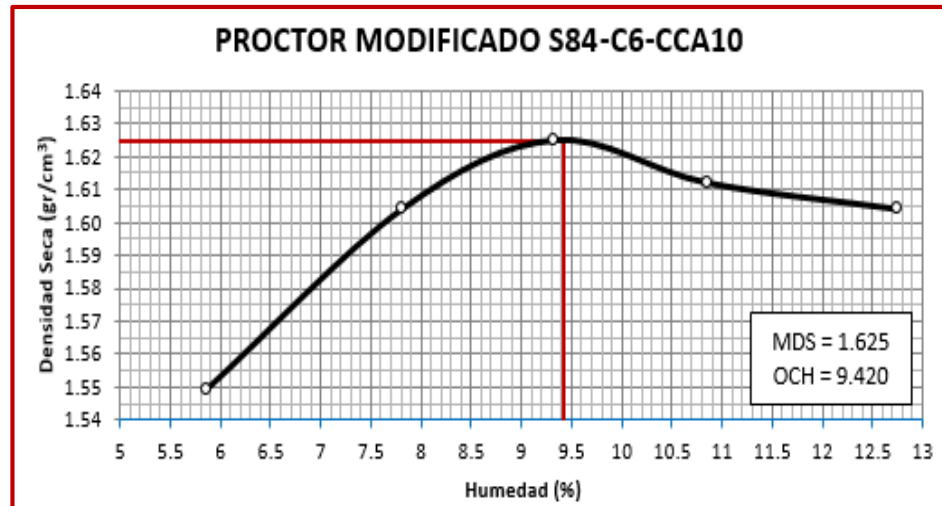


Figura 47. Proctor Modificado de: S84-C6-CCA10.
Fuente: *Elaboración propia.*

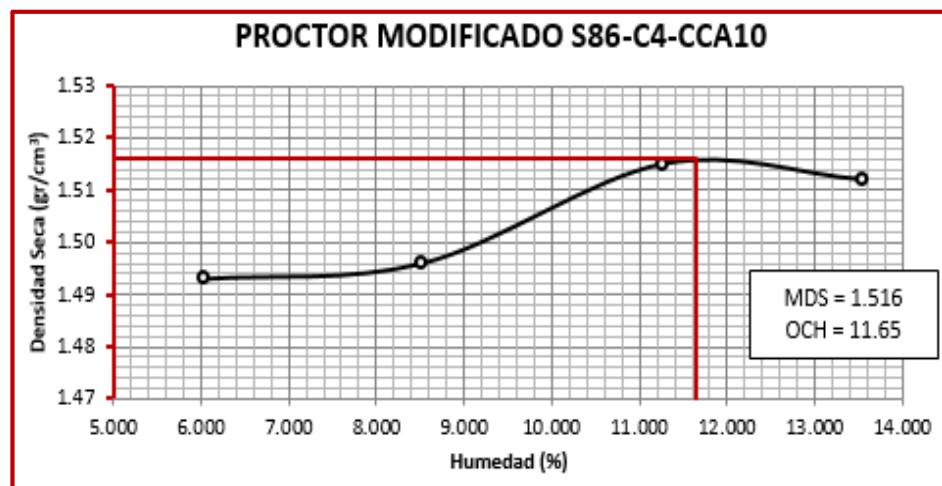


Figura 48. Proctor Modificado de: S86-C4-CCA10.
Fuente: *Elaboración propia.*

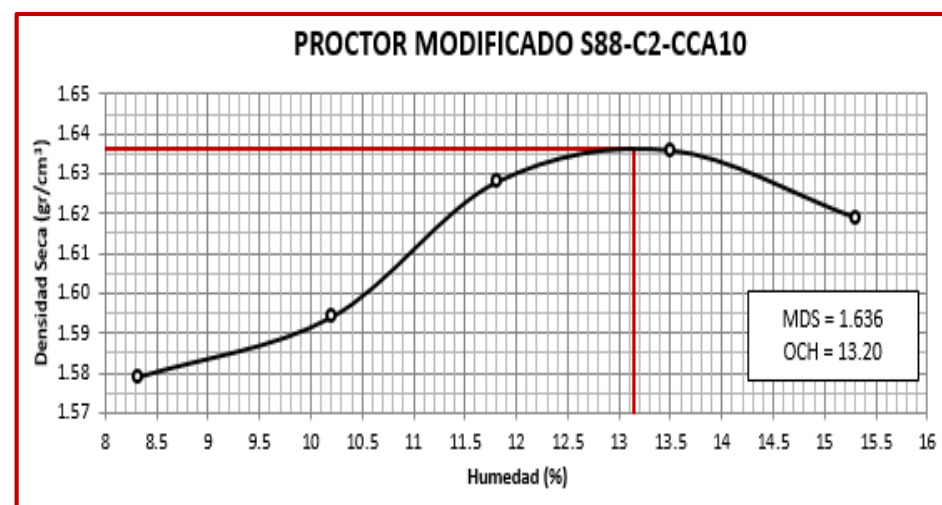


Figura 49. Proctor Modificado de: S88-C2-CCA10.
Fuente: *Elaboración propia.*

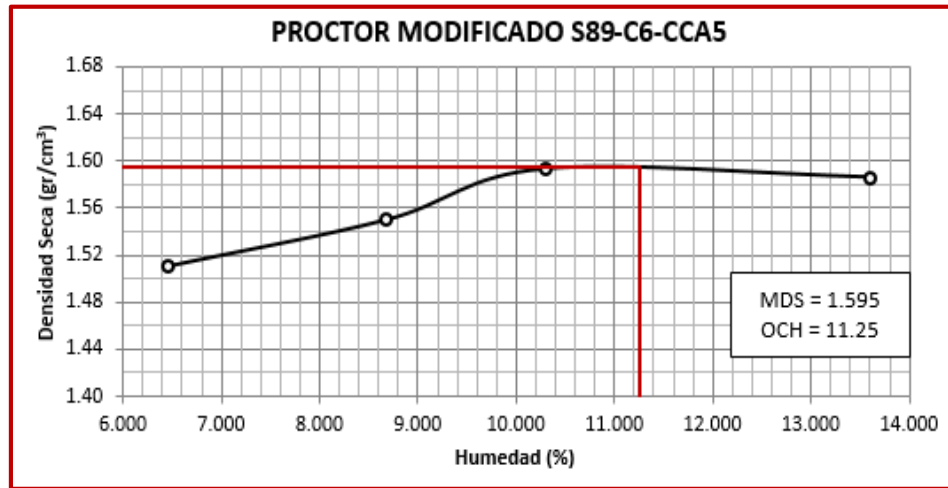


Figura 50. Proctor Modificado de: S89-C6-CCA5.
Fuente: Elaboración propia.

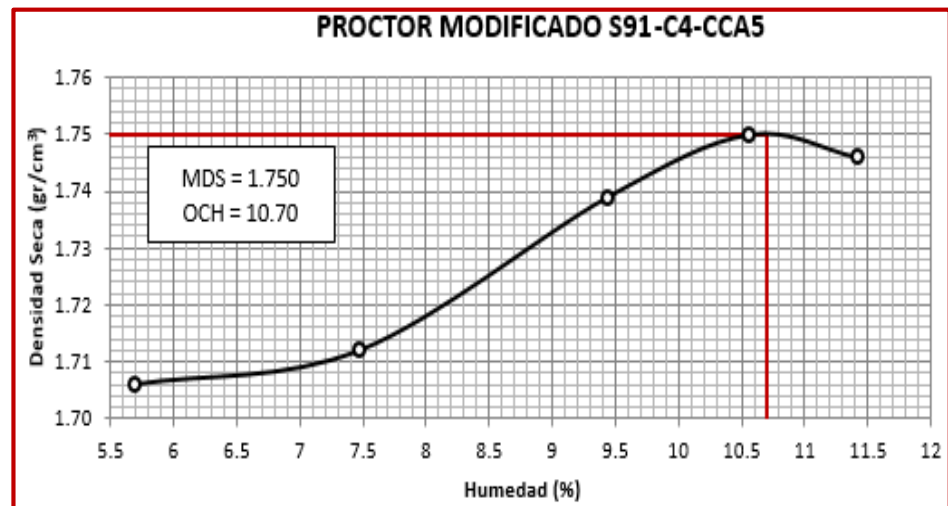


Figura 51. Proctor Modificado de: S91-C4-CCA5.
Fuente: Elaboración propia.

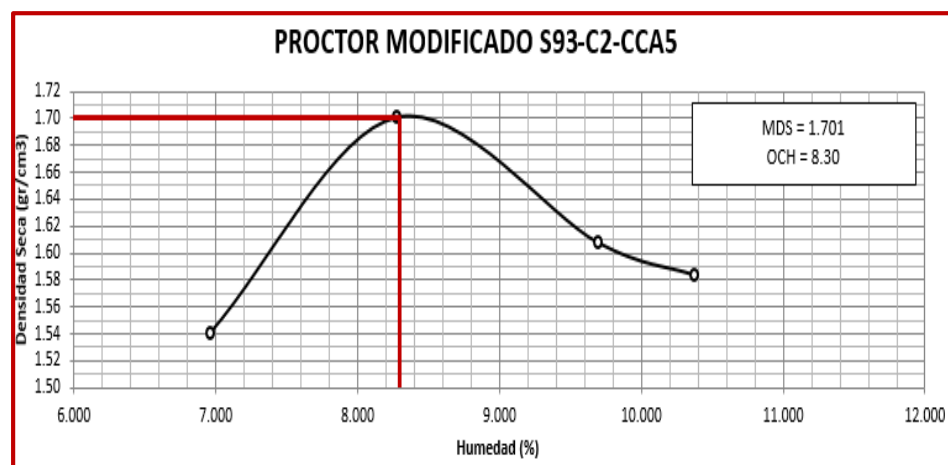


Figura 52. Proctor Modificado de: S93-C2-CCA5.
Fuente: Elaboración propia.

En la Tabla 25 se muestran los valores resumidos del óptimo contenido de humedad y máxima densidad seca de las combinaciones en estudio.

Tabla 25.

Resultados del Proctor Modificado del Suelo Natural, Cal y CCA

Calicatas	OCH (%)	MDS (g/cm ³)
S74-C6-CCA20	12.00	1.424
S76-C4-CCA20	12.07	1.423
S78-C2-CCA20	11.80	1.667
S84-C6-CCA10	9.420	1.625
S86-C4-CCA10	11.65	1.516
S88-C2-CCA10	13.20	1.636
S89-C6-CCA5	11.25	1.595
S91-C4-CCA5	10.70	1.750
S93-C2-CCA5	8.30	1.701

Fuente: *Elaboración propia*

4.1.4.2.2. Ensayo CBR

Con los resultados del peso específico máximo y humedad óptima, del ensayo Proctor Modificado se prosiguió a realizar los ensayos de CBR, los cuales se muestran a manera de resumen en la siguiente tabla:

Tabla 26.

Resultados del Ensayo CBR

Calicatas	CBR 0.1" (KG/CM ²)	
	95(%) de la MDS	100 (%) de la MDS
S74-C6-CCA20	20.50	35.00
S76-C4-CCA20	13.00	32.50
S78-C2-CCA20	22.70	37.50
S84-C6-CCA10	17.00	35.00
S86-C4-CCA10	22.50	33.50
S88-C2-CCA10	16.50	35.00
S89-C6-CCA5	19.00	28.00
S91-C4-CCA5	23.50	45.50
S93-C2-CCA5	26.00	39.00

Fuente: *Elaboración propia*

INTERPRETACIÓN: En la Tabla 26 observamos los CBR al 95% y 100%, estabilizaremos a nivel de sub rasante, por lo que según los datos señalados líneas arriba la combinación S93-C2-CCA5 presenta el valor más alto al 95% de la MDS a comparación de las demás, por ello esta combinación se usara para la ejecución del tramo de prueba.

4.1.5. Resultados del Tramo de Prueba

Se realizó el tramo de prueba de la CALICATA N°01, CALICATA N° 02 y CALICATA N°03, con la combinación S93-C2-CCA5, la cual según los ensayos presentó el mayor porcentaje al 95% de la MDS.

- **CALICATA N° 01**

✓ **Características del Tramo y Pruebas de Control de Calidad Durante su Ejecución**

Tabla 27.
Características del Tramo de Prueba

Datos Técnicos	Descripción
Vía	Santa Clemencia-Chachapoyas
Clasificación	Trocha Carrozable
Dosificación	S93-C2-CCA5
Largo Del Tramo	6 metros
Ancho Del Tramo	3 metros
Altura Del Tramo	0.20 metros
Volumen Del Tramo	3.60 metros ³
Dosificación de cal	128.52 gr.
Dosificación de CCA	321.29 gr.
OCH (%)	8.30
CBR Al 95% De La MDS	26.00
EQUIPO DE COMPACTACIÓN	Plancha Compactadora

Tabla 28.

Resultados del Ensayo de Cono de Densidad In Situ

Ensayo Cono De Densidad In Situ	Resultado
% De Compactación	90.54

Fuente: *Elaboración propia*

✓ **Evaluación del Tramo de Prueba al Cabo de 15 Días.**

Al cabo de 15 días se procedió a evaluar el estado en el que se encontraba el tramo de prueba, teniendo los siguientes resultados:

- **COMPACTACIÓN:** Debido al bajo volumen de tránsito, el tramo en evaluación lució semi compactado y firme aun después de dos semanas, demostrando de esta manera que se logró la estabilización y la mejora de las propiedades de esta vía, aumentando su resistencia notablemente.
- **ESPESOR:** Se verificó que el espesor no presenta disminución notable, es decir se mantiene con los 15 cm. que se mejoraron inicialmente.
- **REGULARIDAD SUPERFICIAL:** Se realizó una inspección visual al tramo realizado donde notamos que no se han producido deflexiones ni hundimientos que puedan afectar el normal tránsito de los vehículos. Presenta una superficie irregular, que ha sido afectada por el polvo del tránsito diario.

• **CALICATA N° 02**

- ✓ **Características del Tramo y Pruebas de Control de Calidad Durante su Ejecución**

Tabla 29.
Características del Tramo de Prueba

Datos Técnicos	Descripción
Vía	Santa Clemencia-Chachapoyas
Clasificación	Trocha Carrozable
Dosificación	S93-C2-CCA5
Largo Del Tramo	6 metros
Ancho Del Tramo	3 metros
Altura Del Tramo	0.20 metros
Volumen Del Tramo	3.6 metros ³
Dosificación de cal	158.63 gr.
Dosificación de CCA	396.58 gr.
OCH (%)	5.50
CBR Al 95% De La MDS	35.00
EQUIPO DE COMPACTACIÓN	Plancha Compactadora

Tabla 30.
Resultados del Ensayo de Cono de Densidad In Situ

Ensayo Cono De Densidad In Situ	Resultado
% De Compactación	93.57

Fuente: *Elaboración propia*

✓ **Evaluación del Tramo de Prueba N° 01 al Cabo de 15 Días.**

Al cabo de 15 días se procedió a evaluar el estado en el que se encontraba el tramo de prueba, teniendo los siguientes resultados:

- **COMPACTACIÓN:** Debido al bajo volumen de tránsito, el tramo en evaluación lució semi compactado y firme aun después de dos semanas, demostrando de esta manera que se logró la estabilización y la mejora de las propiedades de esta vía, aumentando su resistencia notablemente.
- **ESPESOR:** Se verificó que el espesor no presenta disminución notable,

es decir se mantiene con los 15 cm. que se mejoraron inicialmente.

- **REGULARIDAD SUPERFICIAL:** Se realizó una inspección visual al tramo realizado donde notamos que no se han producido deflexiones ni hundimientos que puedan afectar el normal tránsito de los vehículos.

- **CALICATA N° 03**

- ✓ **Características del Tramo y Pruebas de Control de Calidad Durante su Ejecución**

Tabla 31.

Características del Tramo de Prueba

Datos Técnicos	Descripción
Vía	Santa Clemencia-Chachapoyas
Clasificación	Trocha Carrozable
Dosificación	S93-C2-CCA5
Largo Del Tramo	6 metros
Ancho Del Tramo	3 metros
Altura Del Tramo	0.20 metros
Volumen Del Tramo	3.6 metros ³
Dosificación de cal	140.05 gr.
Dosificación de CCA	350.13 gr.
OCH (%)	7.72
CBR Al 95% De La MDS	27.00
EQUIPO DE COMPACTACIÓN	Plancha Compactadora

Tabla 32.

Resultados del Ensayo de Cono de Densidad In Situ

Ensayo Cono De Densidad In Situ	Resultado
% De Compactación	92.17

Fuente: *Elaboración propia*

✓ **Evaluación del Tramo de Prueba al Cabo de 15 Días.**

Al cabo de 15 días se procedió a evaluar el estado en el que se encontraba el tramo de prueba, teniendo los siguientes resultados:

- **COMPACTACIÓN:** Debido al bajo volumen de tránsito, el tramo en evaluación lució semi compactado y firme aun después de dos semanas, demostrando de esta manera que se logró la estabilización y la mejora de las propiedades de esta vía, aumentando su resistencia notablemente.
- **ESPESOR:** Se verificó que el espesor no presenta disminución notable, es decir se mantiene con los 15 cm. que se mejoraron inicialmente.
- **REGULARIDAD SUPERFICIAL:** Se realizó una inspección visual al tramo realizado donde notamos que no se han producido deflexiones ni hundimientos que puedan afectar el normal tránsito de los vehículos.

4.1.6. Cantidades a Emplearse de Cal y Cenizas de Cascara de Arroz por m³

Tabla 33.

Cantidades a emplearse por m³

Material	Cantidad
Suelo	1 m ³
Cal	35.70 gr.
Cenizas de Cascara de Arroz	89.25 gr.

Tabla 34.

Cantidades a utilizarse en todo el tramo de estudio

Material	Cantidad
Suelo	6600 m ³
Cal	235.62 kg.
Cenizas de Cascara de Arroz	589.05 kg.

4.2. Discusión

- ✓ Behak y Peres (2008), realizaron un análisis de la influencia de diferentes mezclas de suelo con CCA y cal sobre suelos arenosos, observándose un significativo aumento del CBR en la mezcla de suelo +20 % CCA+ 10% Cal; para las humedades óptimas de compactación, el valor de CBR del suelo fue de 9%; mientras que el de la mezcla mencionada fue de 25%; aumentando en 2.8 veces el CBR de la mezcla con relación al del suelo. Para la presente investigación se utilizó la combinación 93% de suelo + 2% de cal + 5% CCA, donde el valor del CBR fue de 26%, mientras que del suelo sin estabilizar fue 10%, aumentando con la estabilización 2.6 veces, comprobando de esta manera que la capacidad de soporte del suelo aumenta con la estabilización.
- ✓ Llamoga (2016), evaluó la capacidad portante de suelos arcillosos adicionándoles cenizas de cascara de arroz, donde concluyó que se obtiene un mayor valor de CBR con menos incremento de porcentaje de cenizas de cascara de arroz. Contrastando dicha información con nuestra investigación, aceptamos su teoría que, a menor incremento de porcentaje de ceniza de cáscara de arroz, se obtiene un mayor valor de CBR, pues así lo indican los resultados de nuestros ensayos.
- ✓ Castro (2017), menciona que la estabilización tiene como fin mejorar las condiciones de transividad y el comportamiento esfuerzo – deformación del suelo en caminos no pavimentados de bajo volumen de tránsito. Con la presente investigación se confirma lo dicho por Castro, ya que el CBR al 95% de nuestros suelos estabilizados aumentó más del doble con respecto a su estado natural calificándolos dentro de un rango de excelentes conforme a lo indicado en la Norma de Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos del MTC.

- ✓ Caamaño (2016), nos detalla que la resistencia de los suelos se debe al esfuerzo cortante y también a la clasificación que cada tipo de suelo va tomando de acuerdo a sus propiedades, donde los suelos con baja resistencia tienen propiedades que son muy débiles y requieren de mejora. La presente investigación fue en busca de un suelo débil, logrando mejorar sus propiedades físicas y mecánicas, corroborando la información brindada por Caamaño que nos dice que las propiedades que pueden ser mejoradas siguiendo un respectivo proceso.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- ✓ Se logró estabilizar la superficie de rodadura de la vía Santa Clemencia-Chachapoyas haciendo uso de la ceniza de cascara de arroz y cal, se utilizó la combinación 93% de suelo + 2% de cal + 5% CCA, donde el valor del CBR para la CALICATA N° 01 fue de 26%, mientras que del suelo sin estabilizar fue 10%, aumentando con la estabilización 2.6 veces, comprobando de esta manera que la capacidad de soporte del suelo aumenta con la estabilización. Asimismo, también se realizó el tramo de prueba para la calicata N°01 y 02. Para la CALICATA N° 02 el valor del CBR usando la combinación antes mencionada aumenta de 18.5% a 35%, es decir en 1.89 veces. En el caso de la CALICATA N°03 el valor del CBR usando la combinación antes mencionada aumenta de 11.70% a 27%, es decir en 2.31 veces.
- ✓ Las muestras de suelo a estabilizar se clasificaron en dos sistemas diferentes: SUCS y AASHTO. La calicata N° 01 en clasificación SUCS es del tipo CL es decir arcillas limosas y en clasificación AASHTO es del tipo A-4(8) es decir suelos limosos: pobre a malo. La calicata N° 02 en SUCS es del tipo SP-SM es decir arenas sin finos y en AASHTO es del tipo A-1-b (0) es decir fragmentos de roca, grava y arena: excelente a bueno. La calicata N° 03, 04, 05, 06 y 07 en SUCS son del tipo SP-SM es decir arenas sin finos y en AASHTO son del tipo A-3(0) es decir arena fina: excelente a bueno.
- ✓ Dentro de las ventajas que presenta el uso de las cenizas de cascara de arroz en la estabilización de suelos tenemos como principal razón el aprovechar los residuos agrícolas e industriales y de este modo ayudar a mitigar la contaminación ambiental. Así mismo, la ceniza de cáscara de arroz que se empleó en la presente tesis está compuesta mayormente por sílice, esta al reaccionar con la cal forman productos puzolánicos, obteniéndose así pavimentos más resistentes, menos deformables y más

durables. En cuanto a las limitaciones que presenta el uso de cenizas de cáscara de arroz tenemos que el usarlo en grandes porcentajes según los antecedentes es perjudicial, ya que disminuye la capacidad portante de los suelos

- ✓ Se realizó el ensayo de CBR a las 9 combinaciones de suelo natural, cal y cenizas de cascara de arroz, obteniendo los siguientes resultados al 95% de la MDS: S74-C6-CCA20 20.50%, S76-C4-CCA20 13.00%, S78-C2-CCA20 22.70%, S84-C6-CCA10 17.00%, S86-C4-CCA10 22.50%, S88-C2-CCA10 16.50%, S89-C6-CCA5 19.00%, S91-C4-CCA5 23.50% y S93-C2-CCA5 26.00%. Después de evaluar los resultados, la combinación que mayor resistencia presento fue la S93-C2-CCA5.
- ✓ Se realizaron tres tramos de prueba in situ de 6.00 x 3.00 x 0.20 m. utilizando la combinación S93-C2-CCA5, debido a los escasos recursos de los tesisistas no se empleó rodillo compactador sino plancha, por lo que al evaluar el resultado de compactación usando el ensayo de cono de densidad no se llegó al 95% sino al 90.54%, 93.57% y 92.17%. Demostrando así que se obtienen mejores resultados si se utiliza la maquinaria adecuada.

5.2. Recomendaciones

- ✓ Se recomienda a los investigadores, utilizar otros porcentajes de cenizas de cáscara de arroz, así como también de cal, para evaluar sus propiedades y el comportamiento que tiene.
- ✓ Se recomienda a los investigadores, aplicar las dosificaciones empleadas en la presente tesis en otro tipo de suelo diferente al que se estudió, ya que se puede encontrar porcentajes mayores que podrían dar mejores resultados que los que se obtuvieron en este proyecto de investigación.
- ✓ Se recomienda a los investigadores, como una línea de investigación futura realizar el análisis comparativo de costos entre la estabilización de suelos con cenizas de cáscara de arroz y otro tipo de estabilizadores como cal, cemento, etc.
- ✓ En la ejecución del tramo de prueba se recomienda a los investigadores, que se realice con las maquinarias adecuadas, debido al bajo presupuesto de la presente tesis, la compactación se hizo con plancha compactadora, lo cual nos dio un resultado de compactación por debajo del 95% de la MDS que es lo mínimo que se requiere en sub rasantes.
- ✓ Después de demostrar que la estabilización de la vía Santa Clemencia- Chachapoyas con cenizas de cáscara de arroz y cal si es posible, se recomienda a la Municipalidad Provincial del Santa, poner en práctica este método de estabilización al momento de ejecutar proyectos en esta vía, tanto por los buenos resultados que se obtienen como también por lo económico que resulta.

CAPÍTULO VI

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y VIRTUALES

6.1. Referencias Bibliográficas y Virtuales

- Aguilar, S. (2009). *Alternativas de aprovechamiento de la cascarilla de arroz en Colombia*. (Tesis de maestría). Universidad de Sucre. Sucre, Colombia.
- Allauca, L., Amen, H., & Lung, J. (2009). *Uso de Sílice en hormigones de Alto Desempeño*. (Tesis de pregrado). Escuela Superior Politécnica del Litoral. Facultad de Ingeniería en Ciencias de La Tierra. Guayaquil, Ecuador.
- Altamirano, G., & Díaz, A. (2015). *Estabilización de suelos cohesivos por medio de Cal en las Vías de la comunidad de San Isidro de Pegón, municipio Potosi-Rivas*. Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua. Facultad de Ciencias e Ingenierías, Departamento de Construcción. Managua.
- Álvarez, J., C., & Echeverri, J., D. (1999). *Estabilización de arcillas expansivas con cal hidratada*. Universidad Nacional de Colombia. Medellín.
- Aparna, R. (2014). *Soil Stabilization using Rice Husk Ash and Cement [Estabilización de suelos usando cáscara de arroz Ash y Cemento]*. International Journal of Civil Engineering Research. Vol 5, pp. 49-54.
- Bañón, L. & Bevia, J. (2010). *Manual de Carreteras. Volumen II: Construcción y Mantenimiento*. Alicante, España: Ortiz e Hijos, Contratista de Obras, S.A.
- Bauzá, J. (2003). *Mezclas con cemento en las infraestructuras del transporte. Estabilización de suelos con cal*. Madrid.
- Behak, L. & Núñez, W. P. (2008). *Caracterización de un material compuesto por suelo arenoso, ceniza de cáscara de arroz y cal potencialmente útil para su uso en pavimentación*. Revista Ingeniería de Construcción, 23(1), 34-41. Santiago, Chile.

- Berry, P., & Reid, D. (1993). *Mecánica de Suelos*. (B. Caicedo, Trad.). Bogotá, Colombia: McGraw-Hill Latinoamérica, S.A.
- Biswas, G. (2010). *Some studies on stabilization of subgrade of flexible pavement with rice husk, rice husk as and lime* [Algunos estudios sobre la estabilización de subrasante de un pavimento flexible con cáscara de arroz, cáscara de arroz y cal]. Jadavpur University, Bengala Occidental. India.
- Braja, M. (2001) *Fundamentos de Ingeniería Geotécnica*. California, Estados Unidos: International Thomson Editoriales.
- Caamaño, I. (2016). *Mejoramiento de un suelo blando de subrasante mediante la adición de cascarilla de arroz y su efecto en el módulo resiliente*. Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá D.C.
- Castro, A. (2017). *Estabilización de suelos arcillosos con ceniza de cáscara de arroz para el mejoramiento de subrasante*. (Tesis de pregrado). Universidad Nacional de Ingeniería. Lima, Perú.
- Chopra, S.K., S.C. Ahluwalia, & S. Laxmi (1981). *Technology and manufacture of rice husk ash masonry cement* [Tecnología y fabricación de mampostería de cemento de cascarilla de arroz]. Proceedings of ESCAP/ RCTT Workshop on Rice-Husk Ash Cement, New Delhi, India.
- Crespo, C. (2004). *Mecánica de Suelos y Cimentaciones*. Ciudad de México, México: Limusa.
- De la Pared, D. (2013). *Estabilización del suelo mediante adiciones de ceniza de cascarilla de arroz*. Universidad de los Andes.

- Dirección Regional de Energía y Minas (2014). *Evaluación del potencial de generación energética con cáscara de arroz en la zona del Huallaga*. Central del departamento de San Martín. San Martín, Perú.
- Doria, G., Hormaza, A., & Suarez, D. (2011). *Cascarilla de arroz: material alternativo y de bajo costo para el tratamiento de aguas contaminadas con cromo (VI)*. Revista Gestión y Ambiente. Medellín, pp. 73-84.
- Gamica, P., Pérez, A., & Obil, E. (2002). *Estabilización de suelos con cloruro de sodio para su uso en vías terrestres*. Publicación Técnica N°201.
- Houston, D. (1972). *Rice Hulls. Rice: Chemistry and Technology*. American Association of Cereal Chemists, pp 301-340. Minnesota, Estados Unidos.
- Jaramillo, D. (2010). *Criterios de Diseño y Construcción*. Recuperado de: <https://www.slideshare.net/jaga126/2-criterios-de-diseo-y-construccion>
- Juárez, B. (2012). *La utilización de cáscara de arroz bajo el proceso de calcinación controlada como puzolana artificial en el diseño de morteros para acabados*. (Tesis de pregrado). Universidad de San Carlos, Guatemala.
- Juárez, E. y Rico, A. (2011). *Mecánica de Suelos I: Fundamentos de la Mecánica de Suelos*. Ciudad de México, México: Editorial Limusa.
- Juliano, B. (1985). *Rice: Chemistry and Technology [Arroz: Química y Tecnología]*. American Association of Cereal Chemists. Saint Paul, Minnesota, Estados Unidos.
- Llamoga, L. (2017). *Evaluación del potencial de expansión y capacidad portante de suelos arcillosos usados en subrasantes al adicionar ceniza de cascarilla de arroz,*

Cajamarca 2016. Universidad Privada del Norte. Facultad de Ingeniería.
Cajamarca, Perú.

López, A. (1983). *Mejora geotécnica del suelo*. Conferencia pronunciada en el Colegio de Arquitectos, de Las Palmas.

Maguiña, G. (2018). *Evaluación del potencial de expansión y capacidad portante en el suelo limo arcilloso incorporando ceniza de cascarilla de arroz en la Av. Aija, Huarmey, Ancash (tesis de pregrado)*. Universidad Cesar Vallejo, Lima, Perú.

Mehta, P.K. (1977). *Properties of blended cements made from rice husk ash [Propiedades de los cementos mezclados con cascara de arroz]*. Journal American Concrete Institute.

Ministerio de Agricultura y Riego (MINAGRI), (2019). Boletín de publicación trimestral enero. Observatorio de COMMODITIES: Arroz-2019. Dirección General de Políticas Agrarias – Dirección de Estudios Económicos e Información Agraria (DGPA-DEEIA).

Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2013). *Especificaciones Técnicas Generales para construcción de carreteras EG-2013*. Lima, Perú.

Ministerio de Transporte y Comunicaciones (2014). *Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos. Sección Suelos y Pavimentos*. Lima, Perú.

Ministerio de Transporte y Comunicaciones (2016). *Manual de Ensayos de Materiales*. Lima, Perú.

- Muthadhi, A., & Kothandaraman, S. (2010). *Optimum production conditions for reactive rice husk ashes [Condiciones óptimas de producción para la reactividad de las cenizas de cáscara de arroz]*. Materials and Structures.
- Nair, D., Fraaij, A., Klaassen, A.A., & Kentgens, A.P. (2008). *A structural investigation relating to the pozzolanic activity of rice husk ashes. [Investigación estructural relacionada con la actividad puzolánica de las cenizas de cáscara de arroz]*. Vol. 38, pp. 861-869. Cement and Concrete Research.
- Okafor, F. y Okonkwo, U. (2009). *Effects of Rice Husk Ash on Some Geotechnical Properties of Lateritic Soil. [Efectos de la ceniza de cáscara de arroz sobre algunas propiedades geotécnicas del suelo laterítico]*. Leonardo revista electrónica de prácticas y tecnologías, Nigeria.
- Peña, S. & Zambrano, G. (2001). *Hormigón Celular con la utilización de materiales locales*. Escuela Superior Politécnica. Guayaquil, Ecuador.
- Ravinez, M. (2010). *Prueba con un producto enzimático como agente estabilizadores de suelos para carreteras*. Universidad de Piura. Piura, Perú.
- Reglamento del Cultivo del Arroz (1999). Resolución Ministerial N° 0164-99-AG, Ministerio de Agricultura. Diario El Peruano, Artículo 12.
- Reglamento Nacional de Edificaciones (2012). *CE.020 Estabilización de Suelos y Taludes*. Lima, Perú.
- Seyed, A., Farshad, A., Farzan, D. & Mojtaba, A. (2017). *Rice husk ash as a partial replacement of cement in high strength concrete containing micro silica: Evaluating durability and mechanical properties [Ceniza de cascara de arroz como reemplazo parcial del cemento para concreto de alta Resistencia: Evaluación de la*

durabilidad y propiedades mecánicas]. Case Studies in Construction Materials, Vol 7 p. 73-81.

Sierra, J. (2009). *Alternativas de aprovechamiento de la cascarilla de arroz en Colombia*. Universidad de Sucre. Departamento de Ingeniería Agrícola. Sincelejo.

Ugaz, R. (2006). *Estabilización de suelos y su aplicación en el mejoramiento de subrasante*. Universidad Nacional de Ingeniería. Facultad de Ingeniería Civil. Lima, Perú.

Varón, J. (2005). *Diseño, construcción y puesta a punto de un prototipo de quemador de quemador para la combustión continua y eficiente de la cascarilla de arroz*. Revista El Hombre y la Máquina.

CAPÍTULO VII

ANEXOS

ANEXO 1

MATRIZ DE

CONSISTENCIA

MATRIZ DE CONSISTENCIA

Proyecto: "CAL Y CENIZAS DE CÁSCARA DE ARROZ PARA ESTABILIZAR LA SUPERFICIE DE RODADURA EN LA VÍA SANTA CLEMENCIA - CHACHAPOYAS"

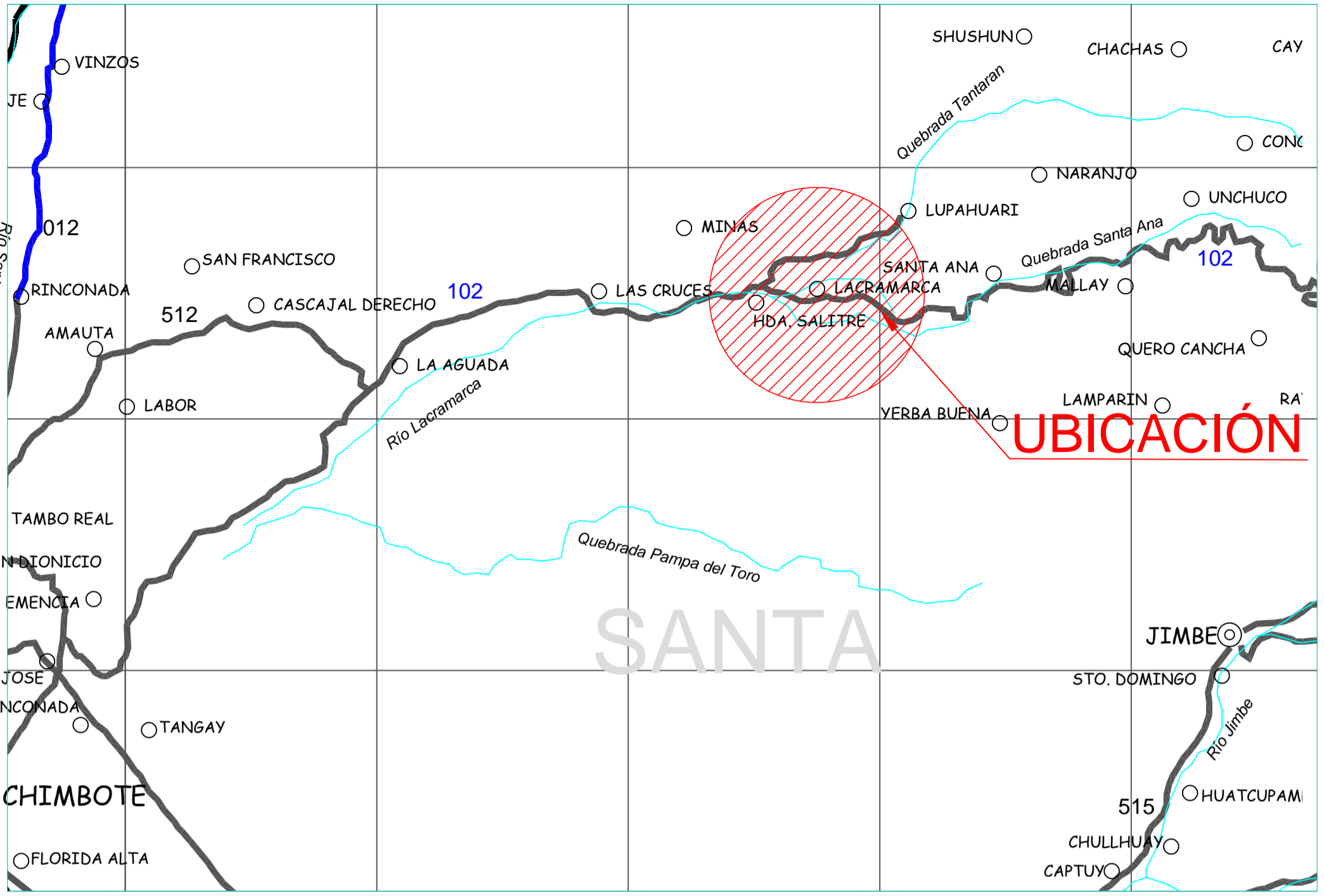
	PREGUNTA DE INVESTIGACIÓN	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL DE LA VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTO	ESCALA DE MEDICIÓN	
PREGUNTA PRINCIPAL				INDEPENDIENTE	Cal	La cal es un aglomerante, resultado de la calcinación de las rocas calizas o de las rocas calizas dolomíticas, como consecuencia de las variaciones de composición de la roca se puede obtener diferentes tipos de cales como: cales muy puras, altamente cálcicas e hidráulicas, siendo dos tipos fundamentales: cal viva y cal apagada.	Cenizas de cáscara de arroz al 5%, 10% y 20% del peso total de la muestra a estabilizar. Cal al 2%, 4% y 6% del peso total de la muestra a estabilizar	Peso en KG	Tamiz #200 (ASTM D422) 01 balanza eléctrica con aprox. 0.01gr Recipientes	Porcentajes (%)
					Cenizas de cáscara de arroz	Es el residuo de la calcinación de la cáscara de arroz; para hacerla altamente puzolánica es necesario tener control en la quema de la misma. La temperatura no debe pasar de 700 grados centígrados, si no la sílice se cristaliza y pierde su grado de reactividad.		Análisis químico	Formato de procesamiento de datos para el ensayo: Análisis químico de ceniza mediante el ensayo de Barrido	
PREGUNTA PRINCIPAL	¿La cal y cenizas de cáscara de arroz estabilizará la superficie de rodadura en la vía Santa Clemencia-Chachapoyas?	Estabilizar la superficie de rodadura en la vía Santa Clemencia-Chachapoyas con cal y cenizas de cáscara de arroz.	La cal y cenizas de cáscara de arroz estabilizó la superficie de rodadura en la vía Santa Clemencia-Chachapoyas.	DEPENDIENTE	Propiedades mecánicas de la superficie de rodadura en la vía Santa Clemencia - Chachapoyas	<p>Superficie de rodadura: Parte de la carretera destinada a la circulación de vehículos compuesta por uno o más carriles, la cual no incluye la berna.</p> <p>Propiedades mecánicas: Capacidad de resistir las cargas de tráfico y medio ambiente, conservando su estabilidad volumétrica, sin deformarse.</p>	Resistencia Estabilidad volumétrica	Análisis granulométrico	Formatos de procesamiento de datos para los siguientes ensayos: Análisis granulométrico de suelos por tamizado (MTC E 107)	Nominal
								Contenido de humedad	Determinación del contenido de humedad de un suelo (MTC E 108)	
Gravedad específica	Método de ensayo estándar para la gravedad específica de sólidos de suelo mediante picnómetro de agua (MTC E 113)									
Límite líquido	Determinación del límite líquido de los suelos (MTC E 110).									
Límite plástico	Determinación del límite plástico (L.P.) de los suelos e índice de plasticidad (I.P.) (MTC E 111).									
Proctor Modificado	Compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (Proctor Modificado) (MTC E 115).									
Ensayo CBR	CBR en laboratorio (MTC E 132)									
PREGUNTA ESPECÍFICA N 01	¿Qué clasificación tendrán las muestras de la Vía Santa Clemencia-Chachapoyas de acuerdo a la metodología SUCS y AASHTO?	Clasificar las muestras de la vía Santa Clemencia-Chachapoyas de acuerdo a SUCS y AASHTO.	De acuerdo a la clasificación SUCS Y AASHTO, las muestras obtenidas son suelos de mala calidad.	DEPENDIENTE	Clasificación SUCS y AASHTO	Juárez y Rico (2010) refieren que la distribución de las partículas de un suelo, ofrecen un criterio importante para la clasificación descriptiva del mismo.	Grupos de Suelos Clasificación con prefijos y sufijos	A-1, A-2, A-3, A-4, A-5, A-6, A-7, GW, SW, GP, SP, GM, SM, GC, SC, CL, CH, ML, CL, MH, CH, OL, OH, Pt	Sistema de Clasificación AASHTO Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS)	Nomenclatura
					INDEPENDIENTE	Muestras de la vía Santa Clemencia - Chachapoyas		Con la finalidad de identificar y realizar la evaluación geotécnica del suelo de la subrasante existente a lo largo del trazo; el tipo de muestreo corresponde a uno no probabilístico, la muestra se seleccionó mediante la excavación de 07 calicatas de 1.5m de profundidad, por debajo de la subrasante.	Propiedades mecánicas del suelo extraído de las calicatas	
Contenido de humedad	Determinación del contenido de humedad de un suelo (MTC E 108)									
Gravedad específica	Método de ensayo estándar para la gravedad específica de sólidos de suelo mediante picnómetro de agua (MTC E 113)									
Límite líquido	Determinación del límite líquido de los suelos (MTC E 110).									
Límite plástico	Determinación del límite plástico (L.P.) de los suelos e índice de plasticidad (I.P.) (MTC E 111).									

PREGUNTA ESPECÍFICA N02							Proctor Modificado	Compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (Proctor Modificado) (MTC E 115).		
							Ensayo CBR	CBR en laboratorio (MTC E 132)		
¿Cuáles son las ventajas y limitaciones del uso de cenizas de cáscara de arroz con cal a emplearse en la estabilización de la superficie de rodadura en la vía Santa Clemencia-Chachapoyas?	Evaluar las ventajas y limitaciones sobre el uso de cenizas de cáscara de arroz con cal a emplearse para la estabilización de la superficie de rodadura en la vía Santa Clemencia-Chachapoyas.	El uso de cenizas de cáscara de arroz con cal presentó significativas ventajas en las estabilización de la superficie de rodadura en la vía Santa Clemencia-Chachapoyas.	DEPENDIENTE	Superficie de rodadura en la vía Santa Clemencia - Chachapoyas	Parte de la carretera destinada a la circulación de vehículos compuesta por uno o más carriles, la cual no incluye la berma.	Propiedades mecánicas del suelo	Análisis granulométrico	Formatos de procesamiento de datos para los siguientes ensayos: Análisis granulométrico de suelos por tamizado (MTC E 107)	Nominal	
								Contenido de humedad		Determinación del contenido de humedad de un suelo (MTC E 108)
							Gravedad específica	Método de ensayo estándar para la gravedad específica de sólidos de suelo mediante picnómetro de agua (MTC E 113)		
							Limite líquido	Determinación del limite líquido de los suelos (MTC E 110).		
							Limite plástico	Determinación del limite plástico (L.P.) de los suelos e índice de plasticidad (I.P.) (MTC E 111).		
							Proctor Modificado	Compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (Proctor Modificado) (MTC E 115).		
							Ensayo CBR	CBR en laboratorio (MTC E 132)		
PREGUNTA ESPECÍFICA N03	¿Cuáles son los resultados del CBR con adición de 2%, 4% y 6% de cal y 5%, 10% y 20% de cenizas de cáscara de arroz y cuál es el óptimo?	Realizar diversos ensayos de CBR con adición de 2%, 4% y 6% de cal y 5%, 10% y 20% de cenizas de cáscara de arroz y determinar el óptimo.	La dosificación de 2% de cal y 5% de cenizas de cáscara de arroz influye sustancialmente en la mejora del CBR de la superficie de rodadura en la vía Santa Clemencia Chachapoyas.	INDEPENDIENTE	Cal	La cal es un aglomerante, resultado de la calcinación de las rocas calizas o de las rocas calizas dolomíticas, como consecuencia de las variaciones de composición de la roca se puede obtener diferentes tipos de cales como: cales muy puras, altamente cálcicas e hidráulicas, siendo dos tipos fundamentales: cal viva y cal apagada.	Cenizas de cáscara de arroz al 5%, 10% y 20% del peso total de la muestra a estabilizar. Cal al 2%, 4% y 6% del peso total de la muestra a estabilizar	Peso en KG	Tamiz #200 (ASTM D422) 01 balanza eléctrica con aprox. 0.01gr Recipientes	Porcentajes (%)
					Cenizas de cáscara de arroz	Es el residuo de la calcinación de la cáscara de arroz; para hacerla altamente puzolánica es necesario tener control en la quema de la misma. La temperatura no debe pasar de 700 grados centígrados, si no la sílice se cristaliza y pierde su grado de reactividad.		Análisis químico	Formato de procesamiento de datos para el ensayo: Análisis químico de ceniza mediante el ensayo de Barrido	
				DEPENDIENTE	CBR de la superficie de rodadura en la vía Santa Clemencia - Chachapoyas	Proceso que se aplica para determinar las cantidades de materiales por metro cúbico de concreto.	Variación de la resistencia mecánica del tramo de prueba	Ensayo de CBR	Formatos de procesamiento de datos para los siguientes ensayos: CBR en laboratorio (MTC E 132)	Porcentajes (%)
				INDEPENDIENTE	Dosificación de cal y cenizas de cáscara de arroz	Llamados también áridos, los cuales constituyen entre el 70% al 75% del volumen total de la mezcla de concreto. Pueden ser tratados o elaborados, cuyas dimensiones se encuentran en la NTP 400.011.	Cenizas de cáscara de arroz al 5%, 10% y 20% del peso total de la muestra a estabilizar. Cal al 2%, 4% y 6% del peso total de la muestra a estabilizar	Peso en KG	Tamiz #200 (ASTM D422) 01 balanza eléctrica con aprox. 0.01gr Recipientes	Porcentajes (%)
				DEPENDIENTE	Capacidad de soporte del tramo de prueba	Se define como la carga que este es capaz de soportar, sin que se produzcan asientos excesivos.	Variación de la resistencia mecánica del tramo de prueba	Densidad de campo	Formatos de procesamiento de datos para los siguientes ensayos: Ensayo para determinar la densidad y peso unitario del suelo in situ mediante el metodo del cono de arena (MTC E 117)	Porcentajes (%)

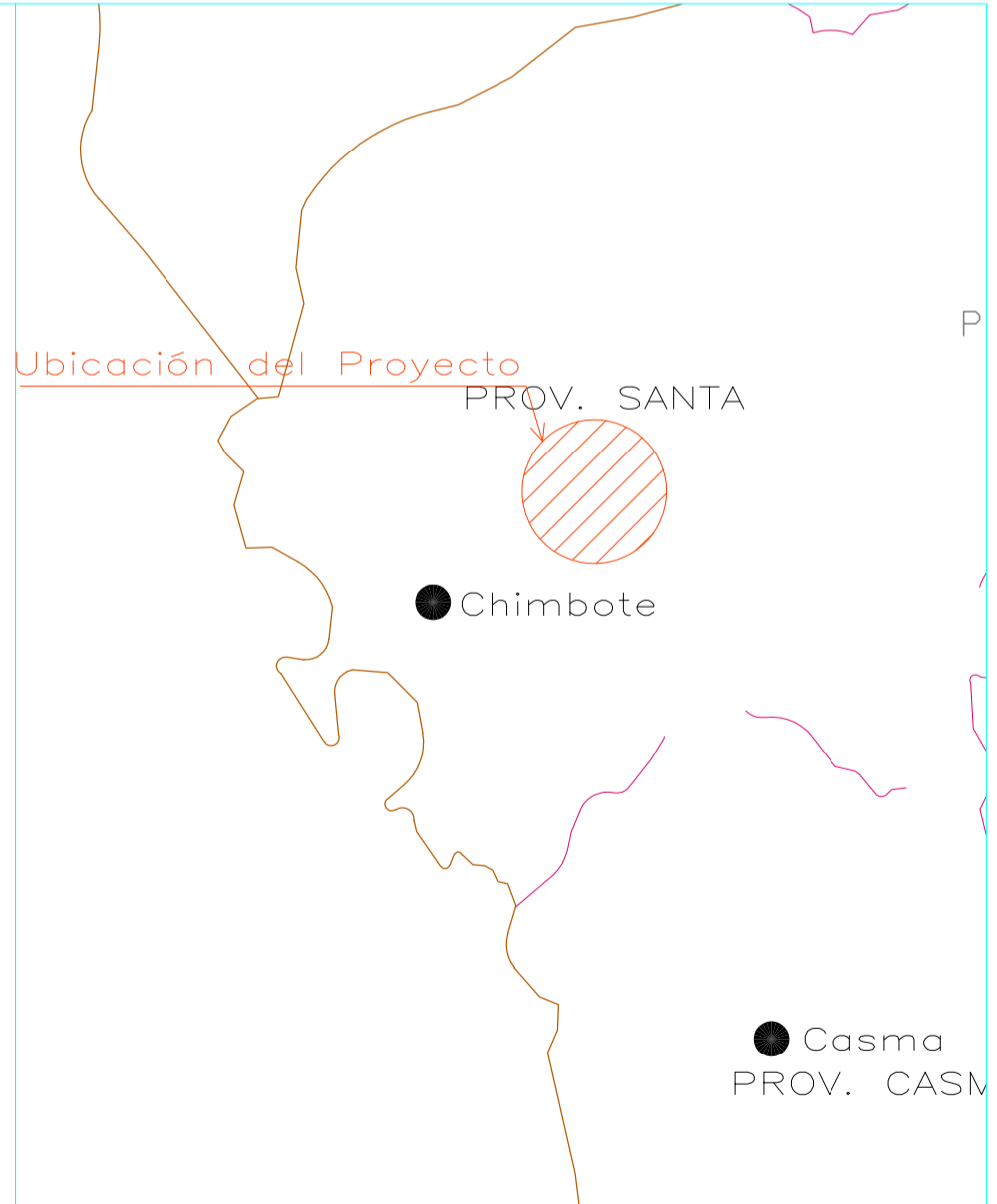
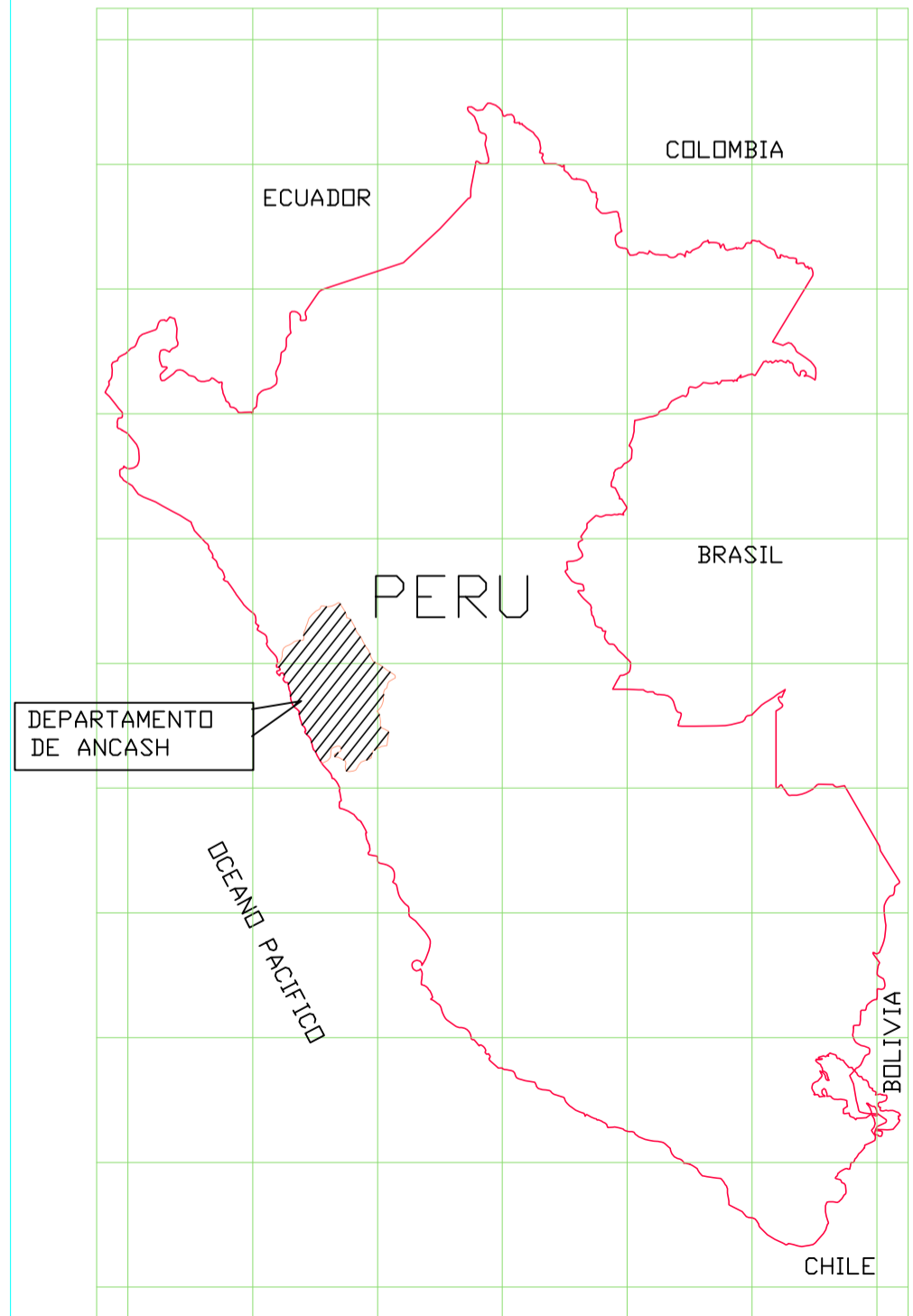
PREGUNTA ESPECÍFICA N04	¿Cuál será el comportamiento del tramo de prueba realizado in situ al cabo de 15 días?	Realizar un tramo de prueba in situ y evaluar su comportamiento al cabo de 15 días.	El uso de las cenizas de cáscara de arroz y cal mejoró la capacidad de soporte de resistencia del tramo de prueba al cabo de 15 días	INDEPENDIENTE	Cal	La cal es un aglomerante, resultado de la calcinación de las rocas calizas o de las rocas calizas dolomíticas, como consecuencia de las variaciones de composición de la roca se puede obtener diferentes tipos de cales como: cales muy puras, altamente cálcicas e hidráulicas, siendo dos tipos fundamentales: cal viva y cal apagada.	Dosificación adecuada de la mezcla de cenizas de cáscara de arroz y cal.	Peso en KG	Tamiz #200 (ASTM D422) 01 balanza eléctrica con aprox. 0.01gr Recipientes	Porcentajes (%)
					Cenizas de cáscara de arroz	Es el residuo de la calcinación de la cáscara de arroz; para hacerla altamente puzolánica es necesario tener control en la quema de la misma. La temperatura no debe pasar de 700 grados centígrados, si no la sílice se cristaliza y pierde su grado de reactividad.				

ANEXO 2

PLANO DE UBICACIÓN DE LA ZONA EN ESTUDIO



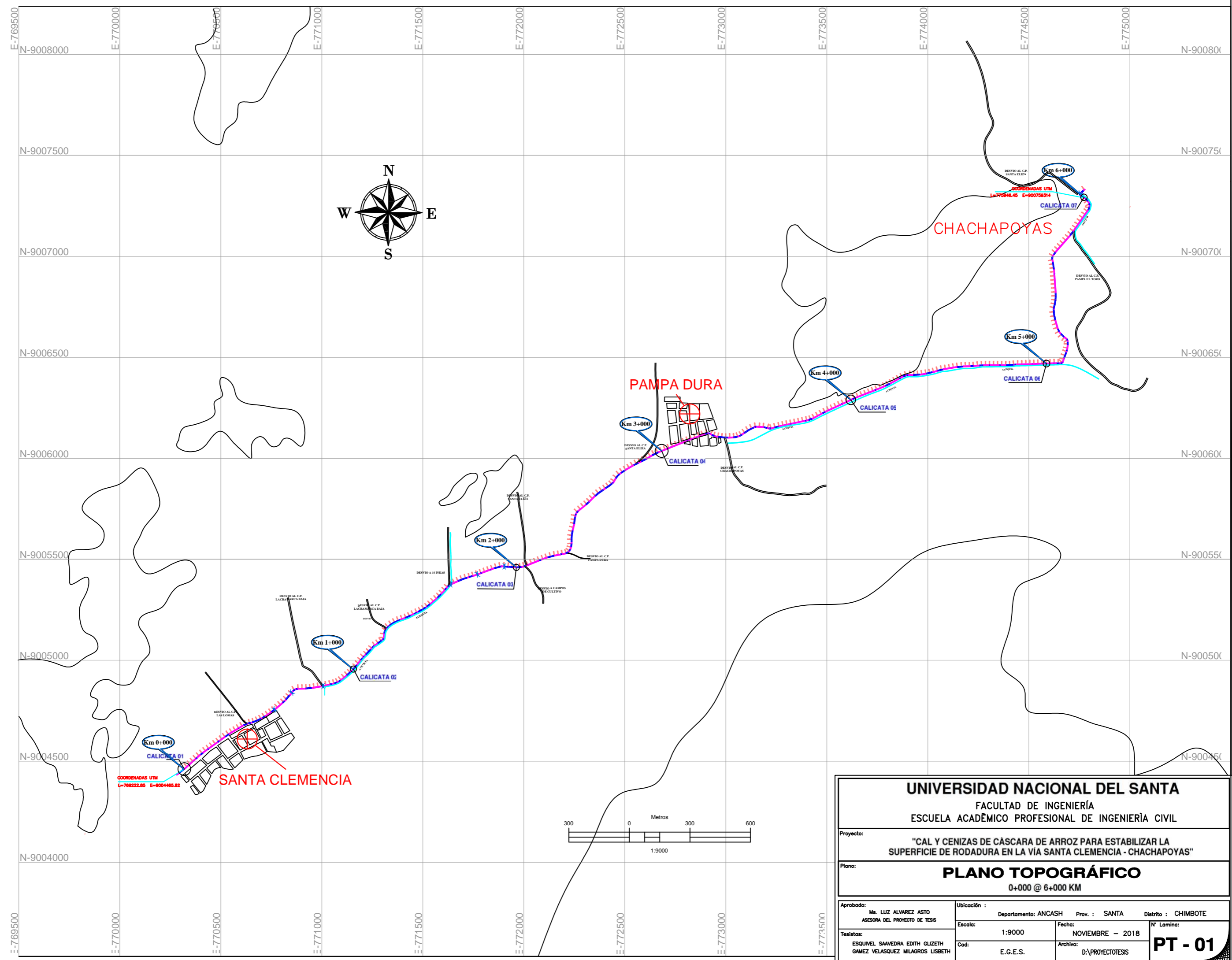
MAPA DE UBICACION



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA			
FACULTAD DE INGENIERÍA			
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL			
Proyecto: "CAL Y CENIZAS DE CASCARA DE ARROZ PARA ESTABILIZAR LA SUPERFICIE DE RODADURA EN LA VIA SANTA CLEMENCIA - CHACHAPOYAS"			
PLANO DE UBICACIÓN			
0+000 @ 6+000 KM			
Aprobado:	Ubicación:	Departamento:	Prov.:
Ms. LUZ ALVAREZ ASTO ASESORA DEL PROYECTO DE TESIS		ANCASH	SANTA
Tesis:	Escala:	Fecha:	N° Lamina:
ESQUIVEL SAAVEDRA EDITH GLIZETH GAMEZ VELASQUEZ MILAGROS LISBETH	1:10000	DICIEMBRE - 2018	
	Cod:	Archivo:	
	E.G.E.S.	D:\PROYECTOTESIS	
			PU - 01

ANEXO 3

**PLANO TOPOGRAFICO
DE LA ZONA EN ESTUDIO**



COORDENADAS UTM
L=769222.85 E=9004485.82

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA			
FACULTAD DE INGENIERÍA			
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL			
Proyecto: "CAL Y CENIZAS DE CÁSCARA DE ARROZ PARA ESTABILIZAR LA SUPERFICIE DE RODADURA EN LA VIA SANTA CLEMENCIA - CHACHAPOYAS"			
Plano: PLANO TOPOGRÁFICO 0+000 @ 6+000 KM			
Aprobado: Ms. LUZ ALVAREZ ASTO ASESORA DEL PROYECTO DE TESIS	Ubicación : Departamento: ANCASH Prov. : SANTA Distrito : CHIMBOTE	Fecha: NOVIEMBRE - 2018	N° Lamina: PT - 01
Telistas: ESQUIVEL SAAVEDRA EDITH GLIZETH GAMEZ VELASQUEZ MILAGROS USBETH	Escala: 1:9000	Cod: E.G.E.S.	Archivo: D:\PROYECTOTESIS

ANEXO 4

ENSAYOS DE

LABORATORIO

ENSAYO QUIMICO DE LA CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ



LABORATORIO DE ANALISIS QUIMICOS

Análisis de minerales, Calicatas, Carbón, etc.

Control de procesos de cianuración aurífera, control de maduración de caña de azúcar y Control de calidad.

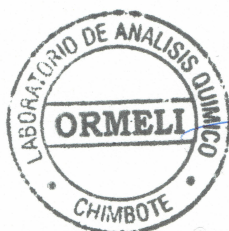
FICHA TECNICA

1. **DATOS DEL SOLICITANTE** : MILAGROS LISBETH GAMEZ VELASQUEZ
GLIZETH EDITH ESQUIVEL SAAVEDRA
2. **CRONOGRAMA DE FECHAS** :
 - 2.1 **FECHA DE RECEPCION** : 18 / 11 / 2018
 - 2.2 **FECHA DE ENSAYO** : 24 / 11 / 2018
 - 2.3 **FECHA DE EMISIÓN** : 27 / 11 / 2018
3. **ANALISIS SOLICITADO** : MUESTRA DE CENIZAS DE CASCARA DE ARROZ
4. **DATOS REFERENCIALES DE LA MUESTRA SEGÚN SOLICITANTE**
 - 4.1 **DETERMINACIÓN** : POR ENSAYO DE BARRIDO
 - 4.2 **TESIS** : CAL Y CENIZAS DE CASCARA DE ARROZ PARA ESTABILIZAR LA SUPERFICE DE RODADURA EN LA VIA SANTA CLEMENCIA – CHACHAPOYAS
5. **RESULTADOS** :

MUESTRA	ANALISIS	RESULTADOS (%)	C/M
Cenizas de cascara De arroz	MATERIA VOLÁTIL (Mv)	8.41	1
	CENIZA (Cz)	6.47	1
	OXIDO DE SILICIO (SiO ₂)	80.85	1
	OXIDO DE ALUMINIO(Al ₂ O ₃)	0.87	1
	OXIDO DE CALCIO (CaO)	1.02	1
	OXIDO DE MAGNESIO(MgO)	0.98	1
	OXIDO FERRICO (Fe ₂ O ₃)	0.97	1
	CALCINACIÓN (-CP)	0.43	1
T.P.	0	0	210

NOTA: La muestra fue traída por el solicitante a este Laboratorio.

Chimbote, 27 de Noviembre del 2018



Nelson Augusto Ramírez Siche
INGENIERO QUÍMICO
C.I.P. 23051

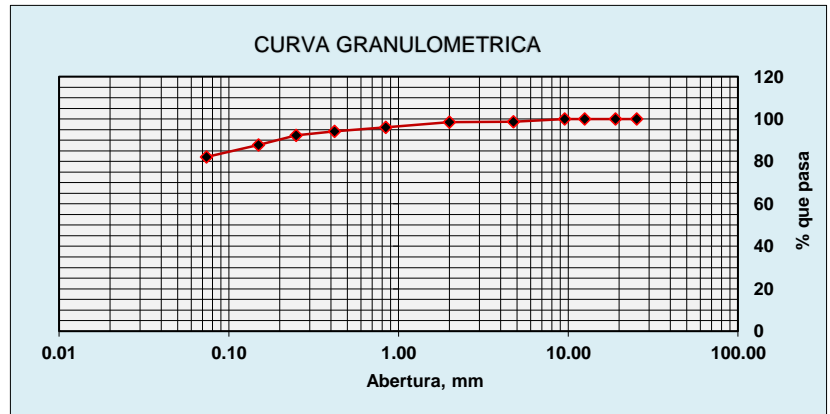
ENSAYO REALIZADOS AL SUELO NATURAL, CENIZAS DE CASCARA DE ARROZ Y CAL

Proyecto: "Cal y cenizas de cáscara de arroz para estabilizar la superficie de rodadura en la vía Santa Clemencia-Chachapoyas"
Localización: Santa Clemencia, Chachapoyas, Distrito de Chimbote, Provincia Santa-Ancash
Muestra: Calicata N°01 - Estrato 1 de 0.00 a -1.50 m. **Responsables:** Tesistas
Fecha: Diciembre del 2018

1. ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (MTC E 107)

Peso Total de la Muestra (g):	960.000
Peso Final de la Muestra (g):	957.890

MALLAS	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (grs)	% PASA
1"	25.400	0.000	100.00
3/4"	19.050	0.000	100.00
1/2"	12.500	0.000	100.00
3/8"	9.525	0.000	100.00
Nº 4	4.760	11.210	98.83
Nº 10	2.000	1.840	98.64
Nº 20	0.840	23.850	96.15
Nº 40	0.420	18.500	94.22
Nº 60	0.250	18.660	92.27
Nº 100	0.150	42.530	87.83
Nº 200	0.074	54.500	82.14
< Nº 200		786.800	0.00



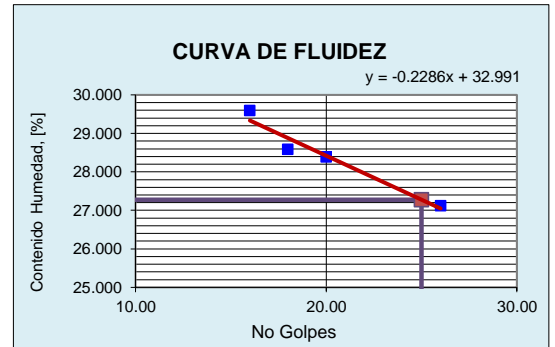
2. LIMITES DE CONSISTENCIA (MTC E 110 - MTC E 111)

A. LIMITE LIQUIDO (MTC E 110)

PROCEDIMIENTO	Tara No			
	1	2	3	4
1. No de Golpes	16	18	20	26
2. Peso Tara, [gr]	29.125	27.021	26.799	27.320
3. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	45.741	43.382	44.324	47.495
4. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	41.947	39.745	40.449	43.191
5. Peso Agua, [gr]	3.794	3.637	3.875	4.304
6. Peso Suelo Seco, [gr]	12.822	12.724	13.650	15.871
7. Contenido de Humedad, [%]	29.590	28.580	28.390	27.120

B. LIMITE PLASTICO (MTC E 111)

PROCEDIMIENTO	Tara No		
	1	2	3
1. Peso Tara, [gr]	28.110	27.549	28.191
2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	31.432	30.766	29.769
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	31.242	30.329	29.354
4. Peso Suelo Seco, [gr]	3.132	2.780	1.163
5. Peso Agua, [gr]	0.190	0.437	0.415
6. Contenido de Humedad, [%]	6.070	15.720	35.680



Grava(%)	1.170
Arena (%)	16.691
Finos(%)	82.139
Límite Líquido	27.28
Límite Plástico	19.16
Índice Plasticidad	8.12
Clasif. SUCS	CL
Clasif. AASHTO	A-4 (8)
Contenido de Humedad	4.463
Peso específico	2.832
Índice de Grupo	8

3. CONTENIDO DE HUMEDAD (MTC E 108)

PROCEDIMIENTO	Tara No		
	1	2	3
1. Peso Tara, [gr]	28.110	27.549	28.191
2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	81.240	86.230	77.229
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	78.982	83.726	75.121
4. Peso Agua, [gr]	2.258	2.504	2.108
5. Peso Suelo Seco, [gr]	50.872	56.177	46.930
6. Contenido de Humedad, [%]	4.440	4.460	4.490
7. Contenido de Humedad Prom, [%]	4.463		



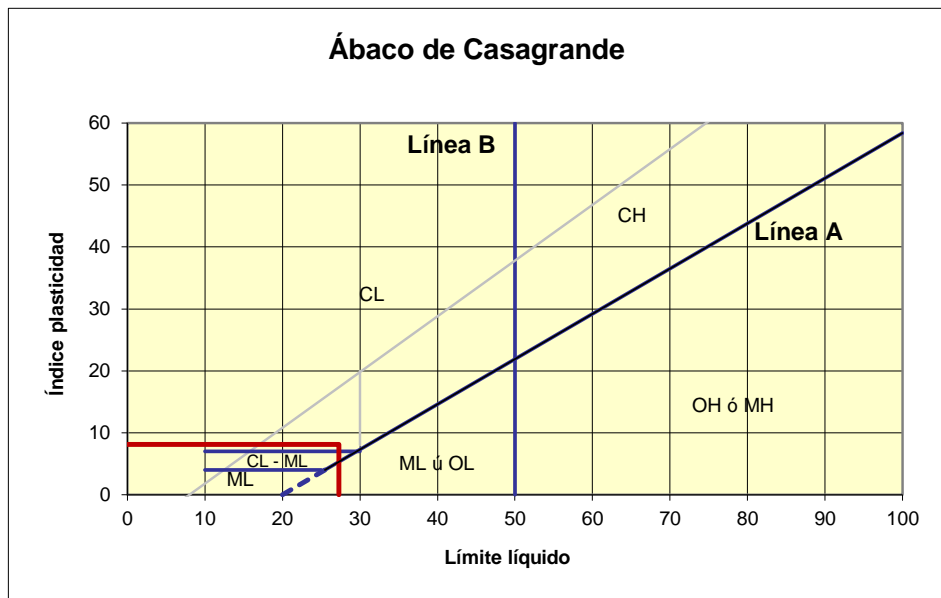
CLASIFICACION DE SUELOS POR EL METODO SUCS

Proyecto: "Cal y cenizas de cáscara de arroz para estabilizar la superficie de rodadura en la vía Santa Clemencia-Chachapoyas"
Localización: Santa Clemencia, Chachapoyas, Distrito de Chimbote, Provincia Santa-Ancash
Muestra: Calicata N°01-Estrato 1 de 0.00 a -1.50 m. **Responsables:** Tesistas
Fecha: Diciembre del 2018

- PORCENTAJE QUE PASA POR LA MALLA # 200

PORCENTAJE: **ENTONCES ES UN TIPO DE :**

- SI SE TRATA DE UN SUELO FINO



LL:

IP: %

DE ACUERDO AL ABACO SE TRATA DE:



CLASIFICACION DE SUELOS POR EL METODO AASHTO

Proyecto: "Cal y cenizas de cáscara de arroz para estabilizar la superficie de rodadura en la vía Santa Clemencia-Chachapoyas"
Localización: Santa Clemencia, Chachapoyas, Distrito de Chimbote, Provincia Santa-Ancash
Muestra: Calicata N°01-Estrato 1 de 0.00 a -1.50 m. **Responsables:** Tesistas
Fecha: Diciembre del 2018

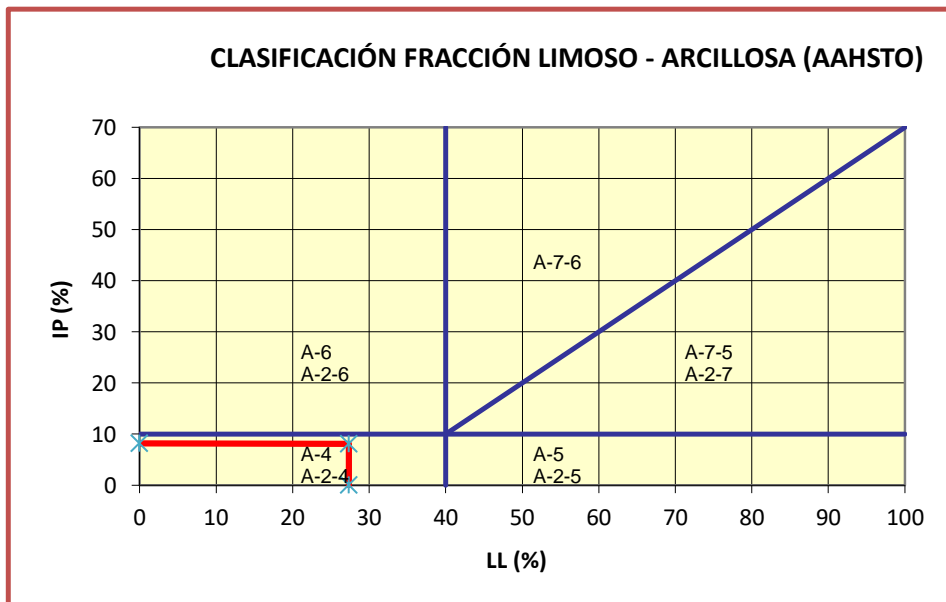
- PORCENTAJE QUE PASA:

MALLA N°10	98.638
MALLA N°40	94.216
MALLA N°200	82.139

ENTONCES ES UN TIPO DE :

MATERIALES LIMOSO ARCILLOSO

SI SE TRATA DE MATERIALES LIMOSOS ARCILLOSOS UTILIZAR LA SIGUIENTE CLASIFICACIÓN:



LL: 27.28 %

IP: 8.12

MATERIALES LIMOSO ARCILLOSO		
A-4	Suelos limosos	Pobre a malo

Valor del índice de grupo (IG): 8

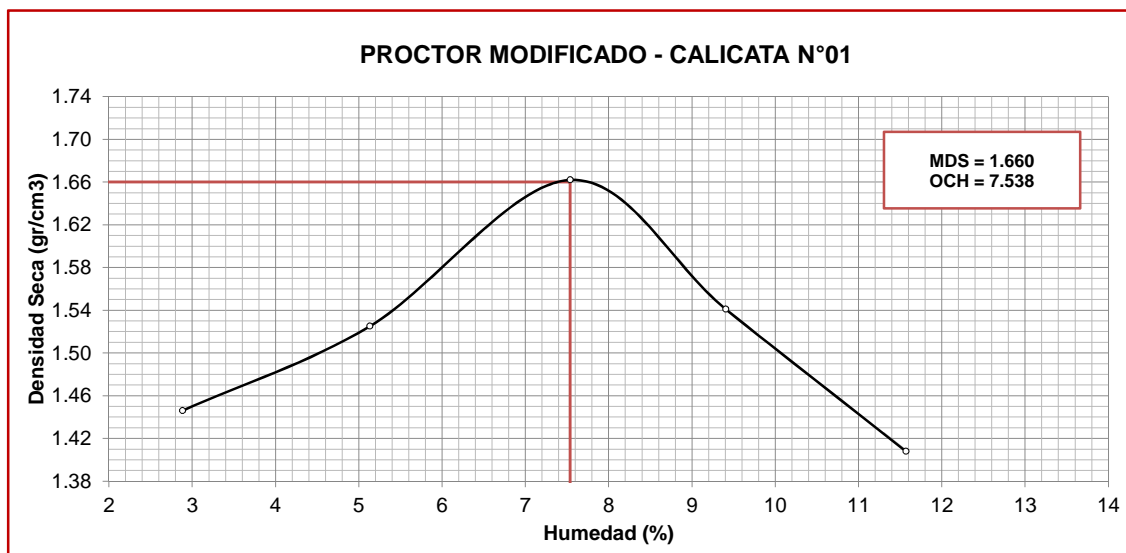
ENTONCES ES UN TIPO DE SUELO: A-4(8)



PROCTOR MODIFICADO (MTC E 115)

Proyecto: "Cal y cenizas de cáscara de arroz para estabilizar la superficie de rodadura en la vía Santa Clemencia-Chachapoyas"
Localización: Santa Clemencia, Chachapoyas, Distrito de Chimbote, Provincia Santa-Ancash
Muestra: Calicata N°01 **Responsables:** Tesistas
Fecha: Diciembre del 2018

Ensayo	N°	1	2	3	4	5										
PESO ESPECÍFICO																
Peso de muestra húmeda + molde	gr	3411.00	3520.00	3695.00	3599.00	3490.00										
Peso del molde	gr	2000.00	2000.00	2000.00	2000.00	2000.00										
Peso de muestra húmeda	gr	1411.00	1520.00	1695.00	1599.00	1490.00										
Volúmen del molde	cm ³	948.45	948.45	948.45	948.45	948.45										
Densidad Húmeda	gr/cm³	1.488	1.603	1.787	1.686	1.571										
CONTENIDO DE HUMEDAD																
Tara	N°	1A	1B	1C	2A	2B	2C	3A	3B	3C	4A	4B	4C	5A	5B	5C
Peso de muestra húmeda + tara	gr	91.799	85.280	84.985	78.032	50.625	76.851	64.605	69.605	55.700	57.672	62.214	70.785	86.334	59.729	92.940
Peso muestra seca + tara	gr	90.018	83.384	83.678	75.656	49.537	74.371	61.857	66.634	53.792	54.947	59.340	67.319	80.660	56.666	85.561
Peso del agua	gr	1.781	1.896	1.307	2.376	1.088	2.480	2.748	2.971	1.908	2.725	2.874	3.466	5.674	3.063	7.379
Peso de tara	gr	27.481	28.362	28.278	27.990	27.283	29.456	27.465	27.422	26.718	27.863	27.876	28.900	28.505	27.793	29.743
Peso de la muestra seca	gr	62.537	55.022	55.400	47.666	22.254	44.915	34.392	39.212	27.074	27.084	31.464	38.419	52.155	28.873	55.818
Contenido de humedad	%	2.884	5.132	7.538	9.406	11.569										
PESO ESPECÍFICO SECO																
Densidad seca	gr/cm³	1.446	1.525	1.662	1.541	1.408										





UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

VALOR SOPORTE RELATIVO (C.B.R.) ASTM - D 1883

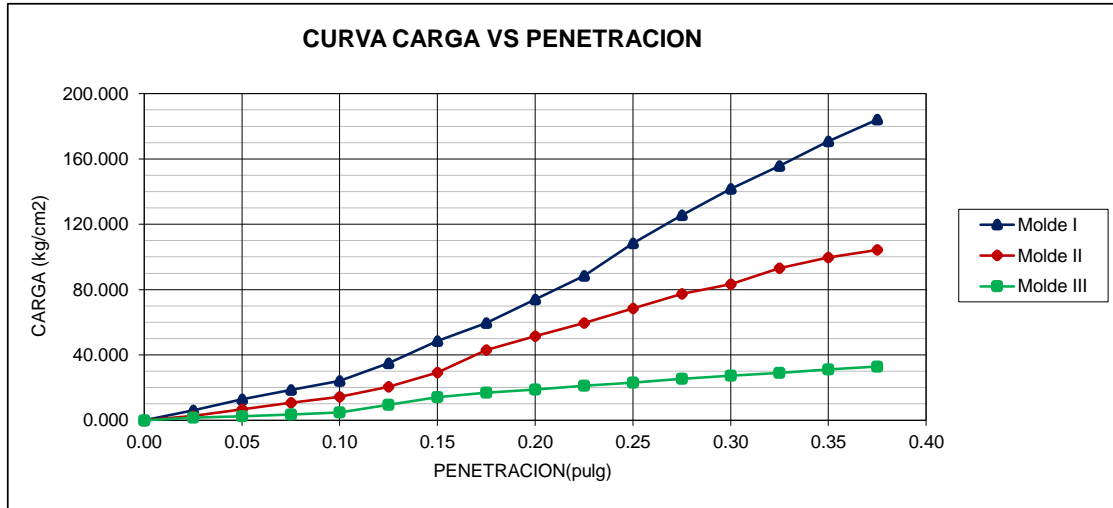
Proyecto: "Cal y cenizas de cáscara de arroz para estabilizar la superficie de rodadura en la vía Santa Clemencia-Chachapoyas"
Localización: Santa Clemencia, Chachapoyas, Distrito de Chimbote, Provincia Santa-Ancash
Muestra: Calicata N°01 **Responsables:** Tesistas
Fecha: Diciembre del 2018

MUESTRA: TERRENO NATURAL - C 01
CLASIFICACION (SUCS): CL
DENSIDAD MAXIMA: 1.66
HUMEDAD OPTIMA: 7.538

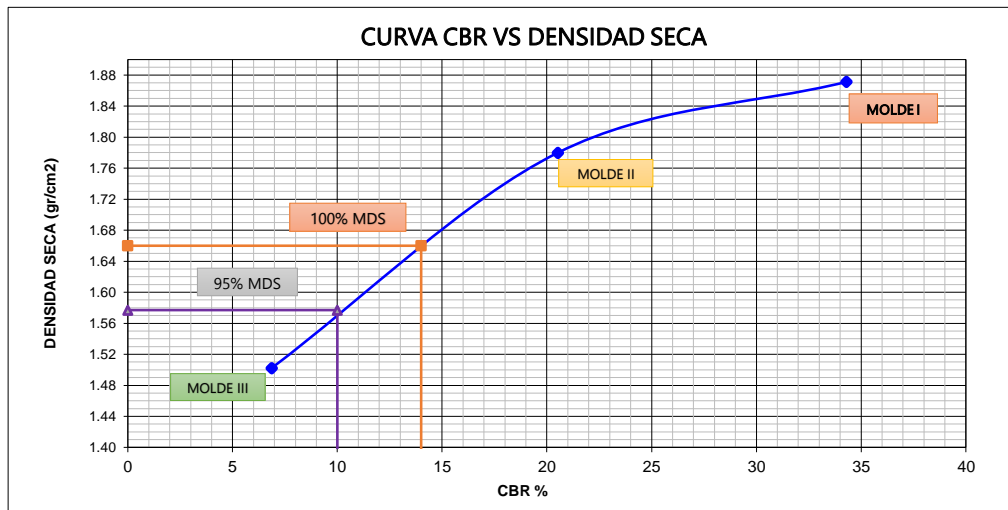
COMPACTACION DE LOS MOLDES CBR			
Molde N°	I	II	III
Altura Molde	11.6	11.5	11.6
Diámetro Molde	15.2	15.2	15.2
Capas N°	5	5	5
Golpes por capa N°	55	26	12
CONDICIONES DE LA MUESTRA			
	Despues de mojado	Despues de mojado	Despues de mojado
Peso del molde + suelo húmedo (grs.)	10955	10700	10125
Peso del molde (gramos)	6716	6728	6755
Peso del suelo húmedo (grs.)	4239	3972	3370
Volumen del molde (cc)	2105	2087	2105
Densidad húmeda (grs./cm3)	2.014	1.903	1.601
Densidad seca (grs./cm3)	1.871	1.780	1.502
CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA			
Tarro N°	1	2	3
Peso del tarro + suelo húmedo (grs.)	136.994	126.413	102.653
Peso del tarro + suelo seco (grs.)	129.261	119.997	98.044
Peso del tarro (grs.)	27.805	27.499	27.973
Peso del agua (grs.)	7.73	6.42	4.61
Peso del suelo seco (grs.)	101.46	92.50	70.07
% de humedad	7.62	6.94	6.58

PRUEBA DE PENETRACION								
PENETRACIÓN		Carga Estándar kg/cm2	Molde N° I		Molde N° II		Molde N° III	
pulg	mm		LECTURA	PRESIÓN	LECTURA	PRESIÓN	LECTURA	PRESIÓN
0.000	0.000			0.000		0.000		0.000
0.025	0.025		1.174	6.169	0.506	2.660	0.295	1.551
0.050	0.050		2.446	12.855	1.294	6.797	0.471	2.475
0.075	0.075		3.557	18.691	2.039	10.712	0.668	3.509
0.100	0.100	70.000	4.570	24.010	2.735	14.369	0.914	4.802
0.125	0.125		6.629	34.833	3.895	20.464	1.786	9.382
0.150	0.150		9.230	48.501	5.675	29.293	2.692	14.148
0.175	0.175		11.339	59.583	8.169	42.923	3.213	16.881
0.200	0.200	105.000	14.081	73.989	9.793	51.456	3.564	18.728
0.225	0.225		16.823	88.395	11.325	59.509	4.028	21.166
0.250	0.250		20.633	108.416	13.034	68.485	4.380	23.013
0.275	0.275		23.916	125.666	14.721	77.350	4.837	25.414
0.300	0.300	133.000	26.967	141.698	15.839	83.223	5.202	27.335
0.325	0.325		29.624	155.661	17.709	93.049	5.526	29.034
0.350	0.350		32.493	170.732	18.960	99.624	5.905	31.029
0.375	0.375		35.030	184.067	19.846	104.279	6.264	32.913
0.400	0.400							





Molde	Penetración (pulg.)	Presion Aplicada (kg/cm ²)	Presion Patrón (kg/cm ²)	C.B.R. (%)	Expansion
I	0.100	24.010	70.000	34.300	0.000
II	0.100	14.369	70.000	20.528	0.000
III	0.100	4.802	70.000	6.860	0.000



CBR para el 100% de la maxima densidad seca (%):	1.660	14.00	%
CBR para el 95% de la maxima densidad seca (%):	1.577	10.00	%

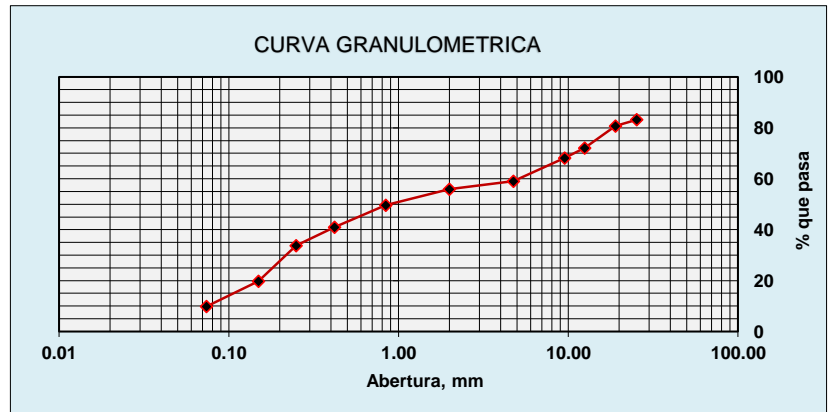


Proyecto: "Cal y cenizas de cáscara de arroz para estabilizar la superficie de rodadura en la vía Santa Clemencia-Chachapoyas"
Localización: Santa Clemencia, Chachapoyas, Distrito de Chimbote, Provincia Santa-Ancash
Muestra: Calicata N°02- Estrato 1 de 0.00 a -1.50 m. **Responsables:** Tesistas
Fecha: Diciembre del 2018

1. ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (MTC E 107)

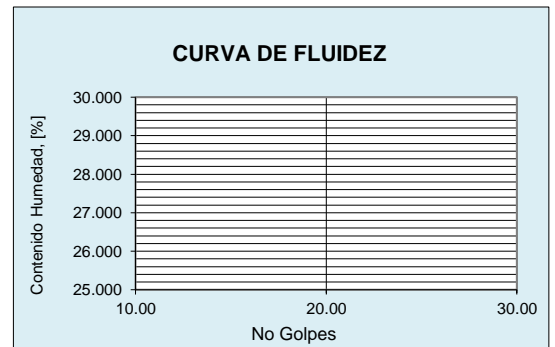
Peso Total de la Muestra (g):	900.00
Peso Final de la Muestra (g):	893.00

MALLAS	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (grs)	% PASA
1"	25.400	150.000	83.20
3/4"	19.050	22.000	80.74
1/2"	12.500	77.000	72.12
3/8"	9.525	35.000	68.20
Nº 4	4.760	82.000	59.01
Nº 10	2.000	28.000	55.88
Nº 20	0.840	55.000	49.72
Nº 40	0.420	78.000	40.99
Nº 60	0.250	64.000	33.82
Nº 100	0.150	125.000	19.82
Nº 200	0.074	89.000	9.85
< Nº 200		88.000	0.00



2. LIMITES DE CONSISTENCIA (MTC E 110 - MTC E 111)

PROCEDIMIENTO	Tara No			
	1	2	3	4
1. No de Golpes				
2. Peso Tara, [gr]				
3. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]		N.P		
4. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]				
5. Peso Agua, [gr]				
6. Peso Suelo Seco, [gr]				
7. Contenido de Humedad, [%]				



PROCEDIMIENTO	Tara No		
	1	2	3
1. Peso Tara, [gr]			
2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]			
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]		N.P	
4. Peso Suelo Seco, [gr]			
5. Peso Agua, [gr]			
6. Contenido de Humedad, [%]			

Grava(%)	40.985
Arena (%)	49.160
Finos(%)	9.854
Límite Líquido	N.P
Límite Plástico	N.P
Índice Plasticidad	N.P
Clasif. SUCS	SP-SM
Clasif. AASHTO	A-1-b (0)
Contenido de Humedad	3.777
Peso específico	2.763
Índice de Grupo	0

3. CONTENIDO DE HUMEDAD (MTC E 108)

PROCEDIMIENTO	Tara No		
	1	2	3
1. Peso Tara, [gr]	27.525	29.342	28.135
2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	83.168	82.361	80.875
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	81.122	80.384	79.025
4. Peso Agua, [gr]	2.046	1.977	1.850
5. Peso Suelo Seco, [gr]	53.597	51.042	50.890
6. Contenido de Humedad, [%]	3.820	3.870	3.640
7. Contenido de Humedad Prom, [%]	3.777		



CLASIFICACION DE SUELOS POR EL METODO SUCS

Proyecto: "Cal y cenizas de cáscara de arroz para estabilizar la superficie de rodadura en la vía Santa Clemencia-Chachapoyas"
Localización: Santa Clemencia, Chachapoyas, Distrito de Chimbote, Provincia Santa-Ancash
Muestra: Calicata N°02-Estrato 1 de 0.00 a -1.50 m. Responsables: Tesistas
Fecha: Diciembre del 2018

- PORCENTAJE QUE PASA POR LA MALLA # 200

PORCENTAJE: 9.85 ENTONCES ES UN TIPO DE : SUELO GRUESO

- SI SE TRATA DE UN SUELO GRUESO:

- PORCENTAJE QUE PASA POR LA MALLA # 4

PORCENTAJE: 59.01 ENTONCES LA MUESTRA SERA: ARENA

- CRITERIO DE GRANULOMETRIA:

- PORCENTAJE QUE PASA LA MALLA 5% < # 200 < 12%:

CU: 62.5 CC: 0.10
LL: N.P IP: N.P

ENTONCES ES UN TIPO DE SUELO:

SP-SM

ARENAS SIN FINOS



CLASIFICACION DE SUELOS POR EL METODO AASHTO

Proyecto: "Cal y cenizas de cáscara de arroz para estabilizar la superficie de rodadura en la vía Santa Clemencia-Chachapoyas"
Localización: Santa Clemencia, Chachapoyas, Distrito de Chimbote, Provincia Santa-Ancash
Muestra: Calicata N°02-Estrato 1 de 0.00 a -1.50 m. **Responsables:** Tesisistas
Fecha: Diciembre del 2018

- PORCENTAJE QUE PASA:

MALLA N°10	55.879
MALLA N°40	40.985
MALLA N°200	9.854

ENTONCES ES UN TIPO DE :

MATERIALES GRANULARES

LL: **N.P** %

IP: **N.P**

MATERIALES GRANULARES		
A-1-b	Fragmentos de roca, grava y arena	Excelente a bueno



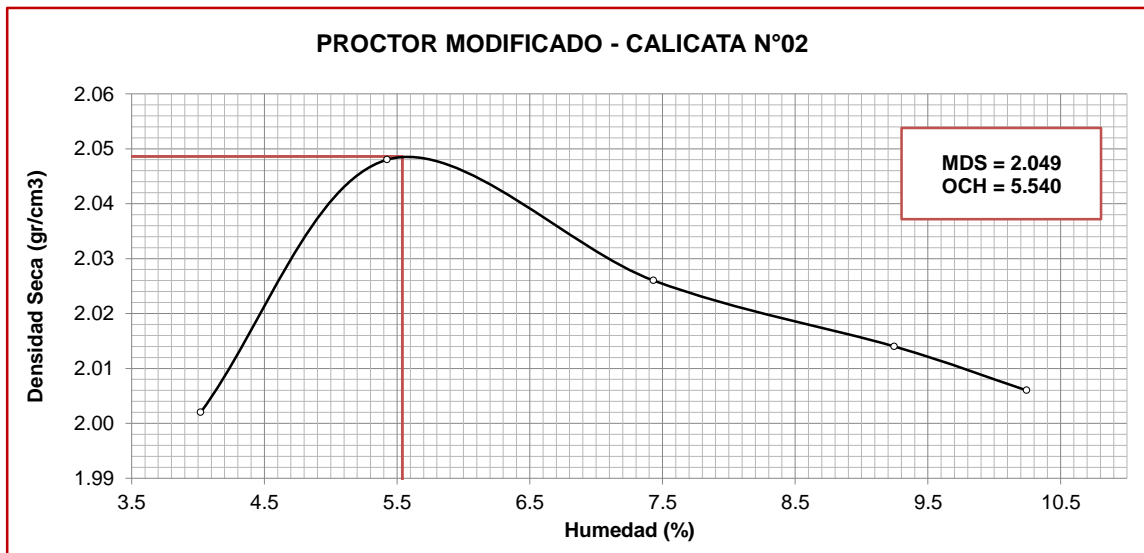
Valor del índice de grupo (IG):	0
--	----------

ENTONCES ES UN TIPO DE SUELO: A-1-b(0)

PROCTOR MODIFICADO (MTC E 115)

Proyecto: "Cal y cenizas de cáscara de arroz para estabilizar la superficie de rodadura en la vía Santa Clemencia-Chachapoyas"
Localización: Santa Clemencia, Chachapoyas, Distrito de Chimbote, Provincia Santa-Ancash
Muestra: Calicata N°02 **Responsables:** Tesisistas
Fecha: Diciembre del 2018

Ensayo	N°	1	2	3	4	5											
PESO ESPECÍFICO																	
Peso de muestra húmeda + molde	gr	7118.00	7279.00	7317.00	7365.00	7390.00											
Peso del molde	gr	2714.00	2714.00	2714.00	2714.00	2714.00											
Peso de muestra húmeda	gr	4404.00	4565.00	4603.00	4651.00	4676.00											
Volúmen del molde	cm ³	2114.32	2114.32	2114.32	2114.32	2114.32											
Densidad Húmeda	gr/cm³	2.083	2.159	2.177	2.200	2.212											
CONTENIDO DE HUMEDAD																	
Tara	N°	1A	1B	1C	2A	2B	2C	3A	3B	3C	4A	4B	4C	5A	5B	5C	
Peso de muestra húmeda + tara	gr	83.132	98.220	103.293	89.068	69.333	87.823	82.349	73.187	92.098	139.188	130.632	106.347	112.189	90.333	101.901	
Peso muestra seca + tara	gr	81.312	95.797	99.604	85.817	66.855	84.904	78.577	70.072	87.802	129.903	121.726	100.100	103.686	84.220	96.070	
Peso del agua	gr	1.820	2.423	3.689	3.251	2.478	2.919	3.772	3.115	4.296	9.285	8.906	6.247	8.503	6.113	5.831	
Peso de tara	gr	28.210	27.535	27.037	27.580	21.371	29.199	27.626	27.458	31.169	26.955	28.116	32.257	27.751	28.287	28.300	
Peso de la muestra seca	gr	53.102	68.262	72.567	58.237	45.484	55.705	50.951	42.614	56.633	102.948	93.610	67.843	75.935	55.933	67.770	
Contenido de humedad	%	4.020			5.424			7.433			9.247			10.244			
PESO ESPECÍFICO SECO																	
Densidad seca	gr/cm³	2.002		2.048		2.026		2.014		2.006							





UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

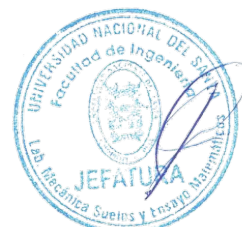
VALOR SOPORTE RELATIVO (C.B.R.) ASTM - D 1883

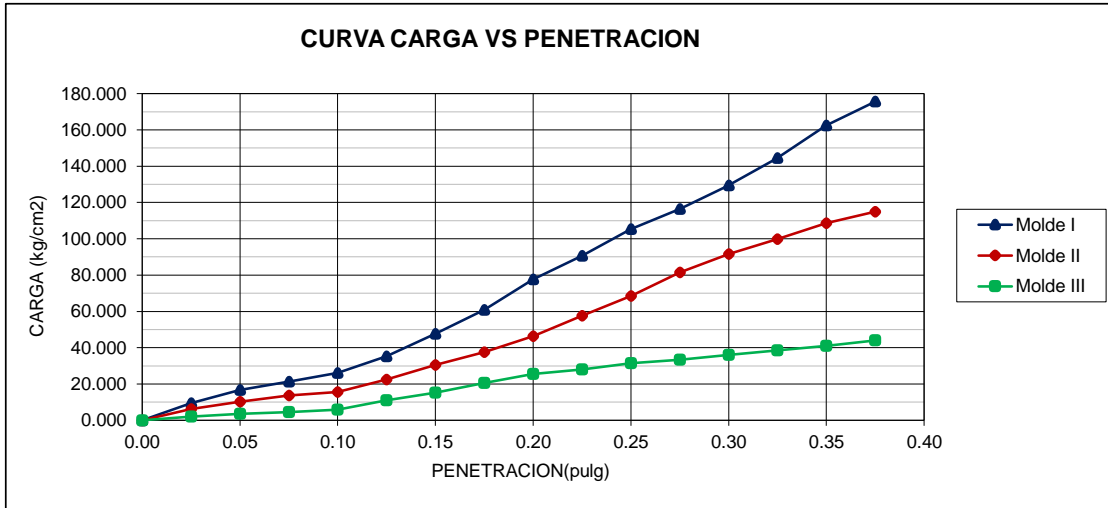
Proyecto: "Cal y cenizas de cáscara de arroz para estabilizar la superficie de rodadura en la vía Santa Clemencia-Chachapoyas"
Localización: Santa Clemencia, Chachapoyas, Distrito de Chimbote, Provincia Santa-Ancash
Muestra: Calicata N°02 **Responsables:** Tesistas
Fecha: Diciembre del 2018

MUESTRA: TERRENO NATURAL - C 02
CLASIFICACION (SUCS): SP-SM
DENSIDAD MAXIMA: 2.049
HUMEDAD OPTIMA: 5.540

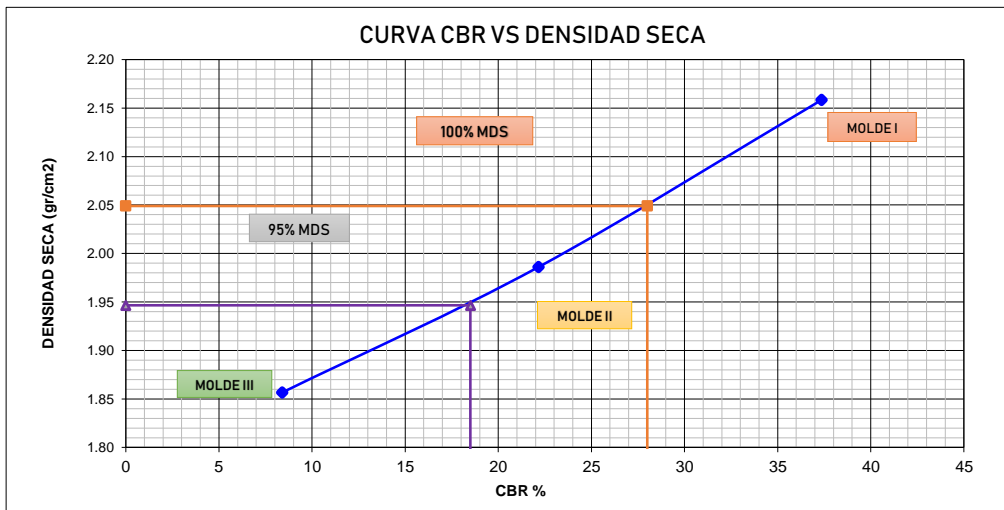
COMPACTACION DE LOS MOLDES CBR			
Molde N°	I	II	III
Altura Molde	11.6	11.5	11.6
Diámetro Molde	15.2	15.2	15.2
Capas N°	5	5	5
Golpes por capa N°	55	26	12
CONDICIONES DE LA MUESTRA			
	Despues de mojado	Despues de mojado	Despues de mojado
Peso del molde + suelo húmedo (grs.)	11590	11075	10885
Peso del molde (gramos)	6790	6700	6760
Peso del suelo húmedo (grs.)	4800	4375	4125
Volumen del molde (cc)	2105	2087	2105
Densidad húmeda (grs./cm3)	2.280	2.097	1.960
Densidad seca (grs./cm3)	2.158	1.986	1.857
CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA			
Tarro N°	1	2	3
Peso del tarro + suelo húmedo (grs.)	100.29	89.553	85.213
Peso del tarro + suelo seco (grs.)	96.416	86.411	82.284
Peso del tarro (grs.)	27.888	29.932	29.552
Peso del agua (grs.)	3.87	3.14	2.93
Peso del suelo seco (grs.)	68.53	56.48	52.73
% de humedad	5.653	5.563	5.555

PRUEBA DE PENETRACION								
PENETRACIÓN		Carga Estándar kg/cm2	Molde N° I		Molde N° II		Molde N° III	
			LECTURA	PRESIÓN	LECTURA	PRESIÓN	LECTURA	PRESIÓN
pulg	mm							
0.000	0.000			0.000		0.000		0.000
0.025	0.025		1.807	9.493	1.202	6.317	0.394	2.069
0.050	0.050		3.192	16.770	1.933	10.158	0.661	3.472
0.075	0.075		4.070	21.388	2.608	13.704	0.858	4.507
0.100	0.100	70.000	4.977	26.153	2.953	15.514	1.118	5.873
0.125	0.125		6.700	35.203	4.274	22.459	2.081	10.934
0.150	0.150		9.076	47.688	5.786	30.401	2.910	15.293
0.175	0.175		11.585	60.875	7.135	37.493	3.916	20.575
0.200	0.200	105.000	14.777	77.646	8.830	46.395	4.844	25.451
0.225	0.225		17.266	90.722	10.981	57.699	5.322	27.963
0.250	0.250		20.064	105.424	13.020	68.411	5.990	31.472
0.275	0.275		22.152	116.395	15.494	81.413	6.334	33.282
0.300	0.300	133.000	24.647	129.508	17.420	91.535	6.868	36.089
0.325	0.325		27.501	144.505	18.995	99.809	7.325	38.490
0.350	0.350		30.939	162.568	20.682	108.674	7.803	41.002
0.375	0.375		33.414	175.571	21.877	114.954	8.373	43.994
0.400	0.400							





Molde	Penetración (pulg.)	Presion Aplicada (kg/cm²)	Presion Patrón (kg/cm2)	C.B.R. (%)	Expansion
I	0.100	26.153	70.000	37.361	0.000
II	0.100	15.514	70.000	22.163	0.000
III	0.100	5.873	70.000	8.390	0.000



CBR para el 100% de la maxima densidad seca (%):	2.049	28.00	%
CBR para el 95% de la maxima densidad seca (%):	1.947	18.50	%

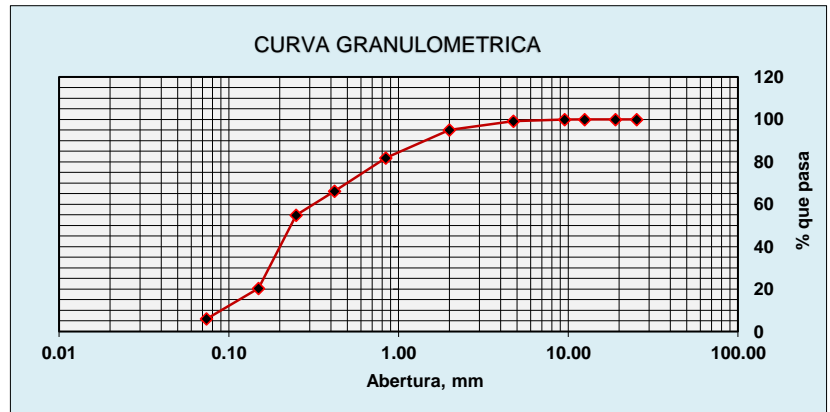


Proyecto: "Cal y cenizas de cáscara de arroz para estabilizar la superficie de rodadura en la vía Santa Clemencia-Chachapoyas"
Localización: Santa Clemencia, Chachapoyas, Distrito de Chimbote, Provincia Santa-Ancash
Muestra: Calicata N°03- Estrato 1 de 0.00 a -1.50 m. **Responsables:** Tesistas
Fecha: Diciembre del 2018

1. ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (MTC E 107)

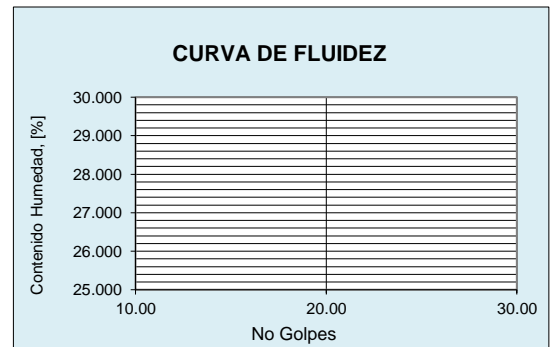
Peso Total de la Muestra (g):	900.000
Peso Final de la Muestra (g):	892.000

MALLAS	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (grs)	% PASA
1"	25.400	0.000	100.00
3/4"	19.050	0.000	100.00
1/2"	12.500	0.000	100.00
3/8"	9.525	1.000	99.89
Nº 4	4.760	7.000	99.10
Nº 10	2.000	37.000	94.96
Nº 20	0.840	117.000	81.84
Nº 40	0.420	140.000	66.14
Nº 60	0.250	101.000	54.82
Nº 100	0.150	307.000	20.40
Nº 200	0.074	129.000	5.94
< Nº 200		53.000	0.00



2. LIMITES DE CONSISTENCIA (MTC E 110 - MTC E 111)

PROCEDIMIENTO	Tara No			
	1	2	3	4
1. No de Golpes				
2. Peso Tara, [gr]				
3. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]		N.P		
4. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]				
5. Peso Agua, [gr]				
6. Peso Suelo Seco, [gr]				
7. Contenido de Humedad, [%]				



PROCEDIMIENTO	Tara No		
	1	2	3
1. Peso Tara, [gr]			
2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]			
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]		N.P	
4. Peso Suelo Seco, [gr]			
5. Peso Agua, [gr]			
6. Contenido de Humedad, [%]			

Grava(%)	0.897
Arena (%)	93.161
Finos(%)	5.942
Límite Líquido	N.P
Límite Plástico	N.P
Índice Plasticidad	N.P
Clasif. SUCS	SP-SM
Clasif. AASHTO	A-3 (0)
Contenido de Humedad	1.457
Peso específico	2.821
Índice de Grupo	0

3. CONTENIDO DE HUMEDAD (MTC E 108)

PROCEDIMIENTO	Tara No		
	1	2	3
1. Peso Tara, [gr]	28.110	28.123	28.113
2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	99.002	94.174	97.774
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	98.000	93.247	96.734
4. Peso Agua, [gr]	1.002	0.927	1.040
5. Peso Suelo Seco, [gr]	69.890	65.124	68.621
6. Contenido de Humedad, [%]	1.430	1.420	1.520
7. Contenido de Humedad Prom, [%]	1.457		



CLASIFICACION DE SUELOS POR EL METODO SUCS

Proyecto: "Cal y cenizas de cáscara de arroz para estabilizar la superficie de rodadura en la vía Santa Clemencia-Chachapoyas"
Localización: Santa Clemencia, Chachapoyas, Distrito de Chimbote, Provincia Santa-Ancash
Muestra: Calicata N°03-Estrato 1 de 0.00 a -1.50 m. **Responsables:** Tesistas
Fecha: Diciembre del 2018

- PORCENTAJE QUE PASA POR LA MALLA # 200

PORCENTAJE: ENTONCES ES UN TIPO DE :

- SI SE TRATA DE UN SUELO GRUESO:

- PORCENTAJE QUE PASA POR LA MALLA # 4

PORCENTAJE: ENTONCES LA MUESTRA SERA:

- CRITERIO DE GRANULOMETRIA:

- PORCENTAJE QUE PASA LA MALLA %5 < # 200 > 12%:

CU: CC:

LL: IP:

ENTONCES ES UN TIPO DE SUELO:

SP-SM

ARENAS SIN FINOS



CLASIFICACION DE SUELOS POR EL METODO AASHTO

Proyecto: "Cal y cenizas de cáscara de arroz para estabilizar la superficie de rodadura en la vía Santa Clemencia-Chachapoyas"
Localización: Santa Clemencia, Chachapoyas, Distrito de Chimbote, Provincia Santa-Ancash
Muestra: Calicata N°03-Estrato 1 de 0.00 a -1.50 m. **Responsables:** Tesisistas
Fecha: Diciembre del 2018

- PORCENTAJE QUE PASA:

MALLA N°10	94.955
MALLA N°40	66.143
MALLA N°200	5.942

ENTONCES ES UN TIPO DE :

MATERIALES GRANULARES

LL: **N.P** %

IP: **N.P**

MATERIALES GRANULARES		
A-3	Arena fina	Excelente a bueno

Valor del índice de grupo (IG): **0**

ENTONCES ES UN TIPO DE SUELO: A-3(0)



PROCTOR MODIFICADO (MTC E 115)

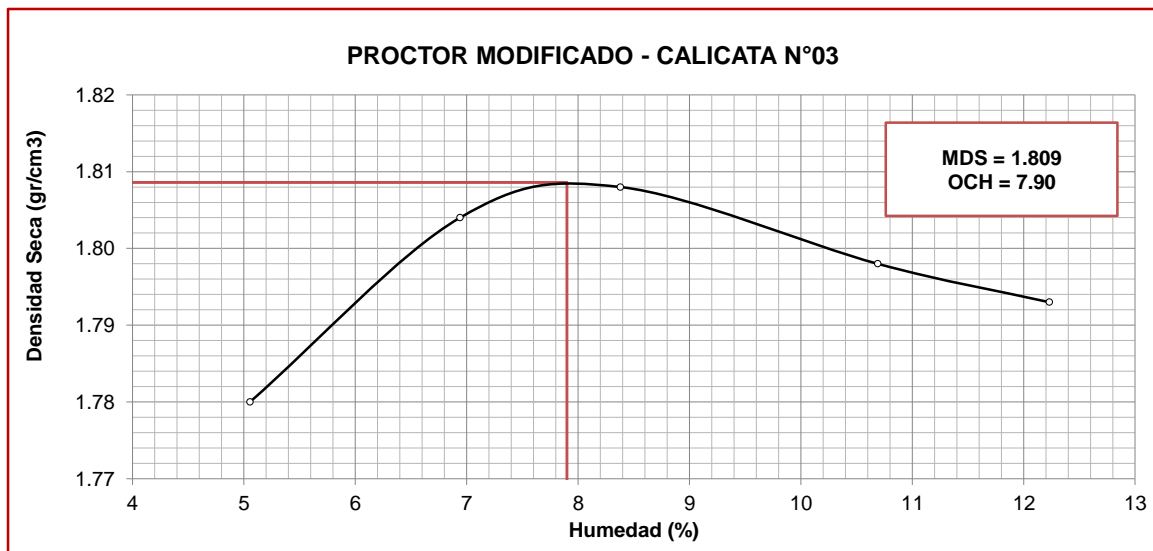
Proyecto: "Cal y cenizas de cáscara de arroz para estabilizar la superficie de rodadura en la vía Santa Clemencia-Chachapoyas"

Localización: Santa Clemencia, Chachapoyas, Distrito de Chimbote, Provincia Santa-Ancash

Muestra: Calicata N°03 **Responsables:** Tesistas

Fecha: Diciembre del 2018

Ensayo	N°	1	2	3	4	5											
PESO ESPECÍFICO																	
Peso de muestra húmeda + molde	gr	3771.00	3827.00	3856.00	3885.00	3906.00											
Peso del molde	gr	2000.00	2000.00	2000.00	2000.00	2000.00											
Peso de muestra húmeda	gr	1771.00	1827.00	1856.00	1885.00	1906.00											
Volumen del molde	cm ³	947.26	947.26	947.26	947.26	947.26											
Densidad Húmeda	gr/cm³	1.870	1.929	1.959	1.990	2.012											
CONTENIDO DE HUMEDAD																	
Tara	N°	1A	1B	1C	2A	2B	2C	3A	3B	3C	4A	4B	4C	5A	5B	5C	
Peso de muestra húmeda + tara	gr	99.514	102.375	98.312	112.011	110.853	109.695	119.576	111.134	102.692	119.020	114.150	109.279	96.272	96.410	96.548	
Peso muestra seca + tara	gr	96.108	98.736	95.012	106.524	105.440	104.355	112.741	104.745	96.749	110.483	105.880	101.277	89.168	88.932	88.695	
Peso del agua	gr	3.406	3.639	3.300	5.487	5.413	5.340	6.835	6.389	5.943	8.537	8.269	8.002	7.104	7.479	7.853	
Peso de tara	gr	27.896	28.712	28.632	27.126	27.427	27.727	29.267	28.369	27.471	27.477	28.285	29.092	27.946	27.781	27.615	
Peso de la muestra seca	gr	68.212	70.024	66.380	79.398	78.013	76.628	83.474	76.376	69.278	83.006	77.596	72.185	61.222	61.151	61.080	
Contenido de humedad	%	5.054			6.940			8.380			10.690			12.230			
PESO ESPECÍFICO SECO																	
Densidad seca	gr/cm³	1.780		1.804		1.808		1.798		1.793							





UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

VALOR SOPORTE RELATIVO (C.B.R.) ASTM - D 1883

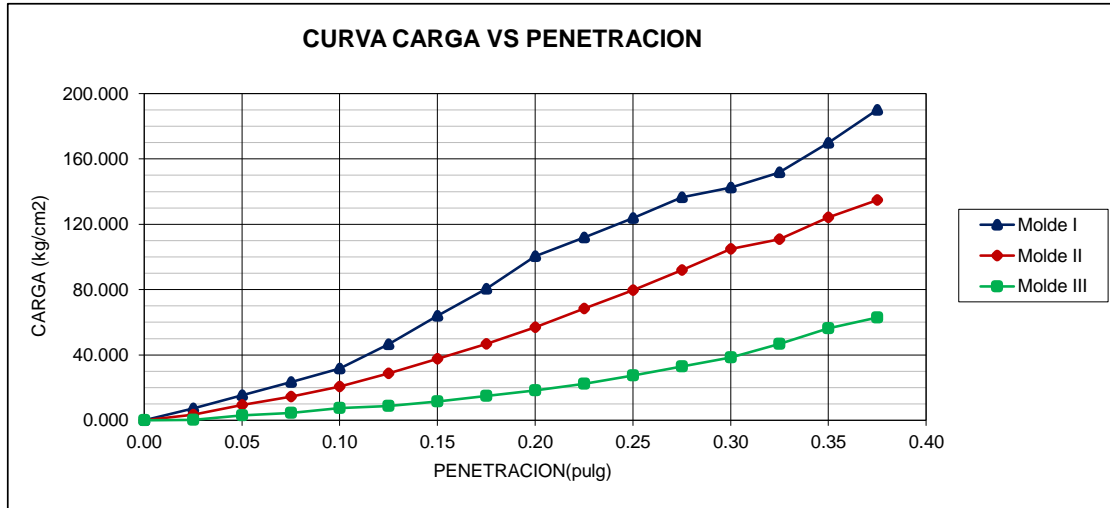
Proyecto: "Cal y cenizas de cáscara de arroz para estabilizar la superficie de rodadura en la vía Santa Clemencia-Chachapoyas"
Localización: Santa Clemencia, Chachapoyas, Distrito de Chimbote, Provincia Santa-Ancash
Muestra: **Calicata N°03** **Responsables:** Tesistas
Fecha: **Diciembre del 2018**

MUESTRA: **TERRENO NATURAL - C 03**
CLASIFICACION (SUCS): **SP-SM**
DENSIDAD MAXIMA: **1.809**
HUMEDAD OPTIMA: **7.900**

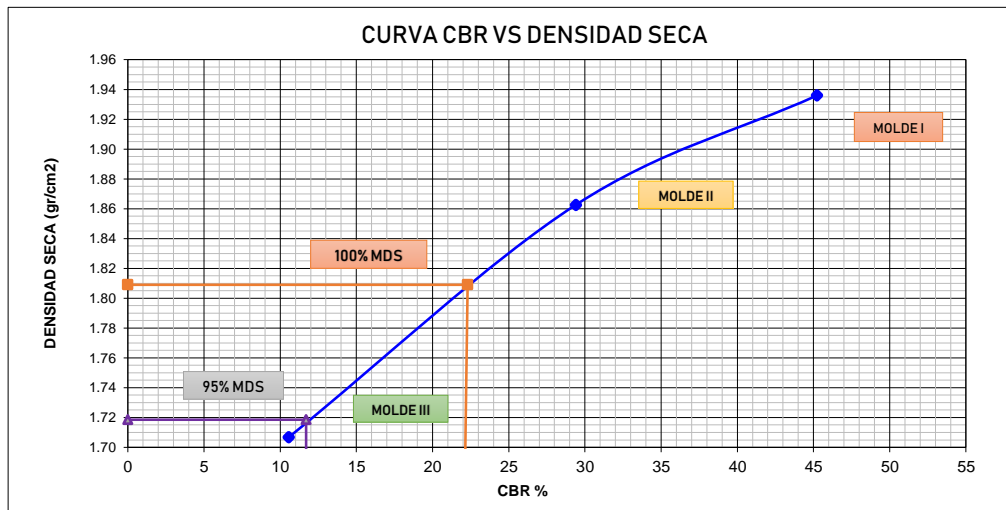
COMPACTACION DE LOS MOLDES CBR			
Molde N°	I	II	III
Altura Molde	11.6	11.5	11.6
Diámetro Molde	15.2	15.2	15.2
Capas N°	5	5	5
Golpes por capa N°	55	26	12
CONDICIONES DE LA MUESTRA			
	Despues de mojado	Despues de mojado	Despues de mojado
Peso del molde + suelo húmedo (grs.)	11097	10910	10706
Peso del molde (gramos)	6729	6764	6911
Peso del suelo húmedo (grs.)	4368	4146	3795
Volumen del molde (cc)	2105	2087	2105
Densidad húmeda (grs./cm3)	2.075	1.987	1.803
Densidad seca (grs./cm3)	1.936	1.863	1.707
CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA			
Tarro N°	1	2	3
Peso del tarro + suelo húmedo (grs.)	105.776	74.900	101.874
Peso del tarro + suelo seco (grs.)	100.507	71.972	97.921
Peso del tarro (grs.)	27.235	28.082	27.78
Peso del agua (grs.)	5.27	2.93	3.95
Peso del suelo seco (grs.)	73.27	43.89	70.14
% de humedad	7.19	6.67	5.64

PRUEBA DE PENETRACION								
PENETRACIÓN		Carga Estándar kg/cm2	Molde N° I		Molde N° II		Molde N° III	
pulg	mm		LECTURA	PRESIÓN	LECTURA	PRESIÓN	LECTURA	PRESIÓN
0.000	0.000			0.000				0.000
0.025	0.025		1.392	7.314	0.661	3.472	0.063	0.332
0.050	0.050		2.917	15.330	1.779	9.346	0.569	2.992
0.075	0.075		4.464	23.456	2.735	14.369	0.865	4.543
0.100	0.100	70.000	6.025	31.657	3.916	20.575	1.406	7.388
0.125	0.125		8.837	46.432	5.455	28.665	1.652	8.681
0.150	0.150		12.183	64.015	7.150	37.567	2.172	11.414
0.175	0.175		15.311	80.453	8.879	46.654	2.840	14.923
0.200	0.200	105.000	19.108	100.400	10.833	56.923	3.494	18.359
0.225	0.225		21.273	111.777	13.027	68.448	4.239	22.274
0.250	0.250		23.558	123.782	15.136	79.530	5.216	27.409
0.275	0.275		25.969	136.452	17.477	91.830	6.264	32.913
0.300	0.300	133.000	27.108	142.437	19.972	104.944	7.304	38.380
0.325	0.325		28.872	151.708	21.104	110.891	8.907	46.802
0.350	0.350		32.324	169.845	23.628	124.152	10.693	56.184
0.375	0.375		36.176	190.088	25.652	134.790	11.972	62.907
0.400	0.400							

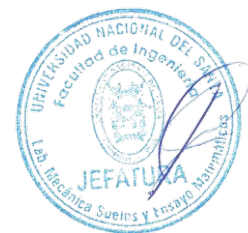




Molde	Penetración (pulg.)	Presion Aplicada (kg/cm ²)	Presion Patrón (kg/cm ²)	C.B.R. (%)	Expansion
I	0.100	31.657	70.000	45.224	0.000
II	0.100	20.575	70.000	29.393	0.000
III	0.100	7.388	70.000	10.554	0.000



CBR para el 100% de la maxima densidad seca (%):	1.809	22.30	%
CBR para el 95% de la maxima densidad seca (%):	1.719	11.70	%

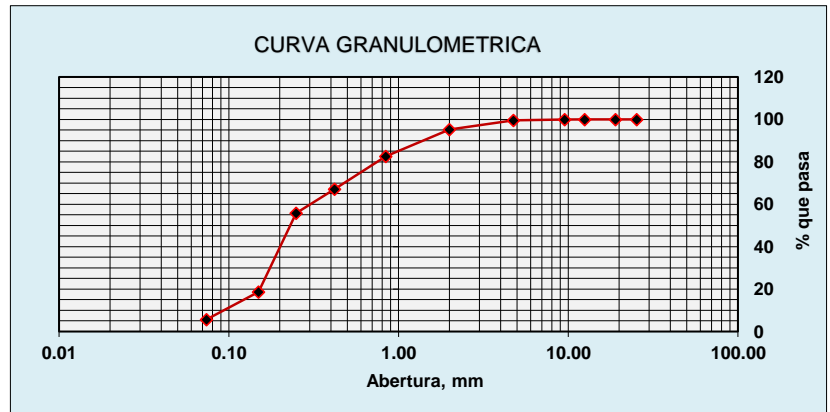


Proyecto: "Cal y cenizas de cáscara de arroz para estabilizar la superficie de rodadura en la vía Santa Clemencia-Chachapoyas"
Localización: Santa Clemencia, Chachapoyas, Distrito de Chimbote, Provincia Santa-Ancash
Muestra: Calicata N°04- Estrato 1 de 0.00 a -1.50 m. **Responsables:** Tesistas
Fecha: Diciembre del 2018

1. ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (MTC E 107)

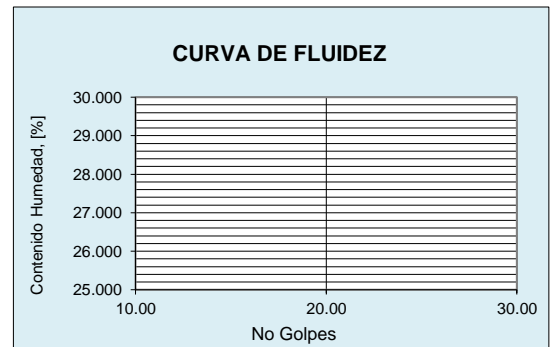
Peso Total de la Muestra (g):	900.000
Peso Final de la Muestra (g):	893.000

MALLAS	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (grs)	% PASA
1"	25.400	0.000	100.00
3/4"	19.050	0.000	100.00
1/2"	12.500	0.000	100.00
3/8"	9.525	1.000	99.89
N° 4	4.760	3.000	99.55
N° 10	2.000	38.000	95.30
N° 20	0.840	114.000	82.53
N° 40	0.420	137.000	67.19
N° 60	0.250	102.000	55.77
N° 100	0.150	331.000	18.70
N° 200	0.074	116.000	5.71
< N° 200		51.000	0.00



2. LIMITES DE CONSISTENCIA (MTC E 110 - MTC E 111)

PROCEDIMIENTO	Tara No			
	1	2	3	4
1. No de Golpes				
2. Peso Tara, [gr]				
3. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]		N.P		
4. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]				
5. Peso Agua, [gr]				
6. Peso Suelo Seco, [gr]				
7. Contenido de Humedad, [%]				



PROCEDIMIENTO	Tara No		
	1	2	3
1. Peso Tara, [gr]			
2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]			
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]		N.P	
4. Peso Suelo Seco, [gr]			
5. Peso Agua, [gr]			
6. Contenido de Humedad, [%]			

Grava(%)	0.448
Arena (%)	93.841
Finos(%)	5.711
Límite Líquido	N.P
Límite Plástico	N.P
Índice Plasticidad	N.P
Clasif. SUCS	SP-SM
Clasif. AASHTO	A-3 (0)
Contenido de Humedad	1.213
Peso específico	2.821
Índice de Grupo	0

3. CONTENIDO DE HUMEDAD (MTC E 108)

PROCEDIMIENTO	Tara No		
	1	2	3
1. Peso Tara, [gr]	27.084	34.456	27.348
2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	92.082	83.598	91.493
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	91.248	82.973	90.829
4. Peso Agua, [gr]	0.834	0.625	0.664
5. Peso Suelo Seco, [gr]	64.164	48.517	63.481
6. Contenido de Humedad, [%]	1.300	1.290	1.050
7. Contenido de Humedad Prom, [%]	1.213		



CLASIFICACION DE SUELOS POR EL METODO SUCS

Proyecto: "Cal y cenizas de cáscara de arroz para estabilizar la superficie de rodadura en la vía Santa Clemencia-Chachapoyas"
Localización: Santa Clemencia, Chachapoyas, Distrito de Chimbote, Provincia Santa-Ancash
Muestra: Calicata N°04-Estrato 1 de 0.00 a -1.50 m. Responsables: Tesisistas
Fecha: Diciembre del 2018

- PORCENTAJE QUE PASA POR LA MALLA # 200

PORCENTAJE: 5.71 ENTONCES ES UN TIPO DE : SUELO GRUESO

- SI SE TRATA DE UN SUELO GRUESO:

- PORCENTAJE QUE PASA POR LA MALLA # 4

PORCENTAJE: 99.55 ENTONCES LA MUESTRA SERA: ARENA

- CRITERIO DE GRANULOMETRIA:

- PORCENTAJE QUE PASA LA MALLA %5 < # 200 > 12%:

CU: 3.3 CC: 1.1
LL: 0.0 IP: 1.0

ENTONCES ES UN TIPO DE SUELO:

SP-SM

ARENAS SIN FINOS



CLASIFICACION DE SUELOS POR EL METODO AASHTO

Proyecto: "Cal y cenizas de cáscara de arroz para estabilizar la superficie de rodadura en la vía Santa Clemencia-Chachapoyas"
Localización: Santa Clemencia, Chachapoyas, Distrito de Chimbote, Provincia Santa-Ancash
Muestra: Calicata N°04-Estrato 1 de 0.00 a -1.50 m. **Responsables:** Tesisistas
Fecha: Diciembre del 2018

- PORCENTAJE QUE PASA:

MALLA N°10	95.297
MALLA N°40	67.189
MALLA N°200	5.711

ENTONCES ES UN TIPO DE :

MATERIALES GRANULARES

LL: **N.P** %

IP: **N.P**

MATERIALES GRANULARES		
A-3	Arena fina	Excelente a bueno

Valor del índice de grupo (IG): **0**

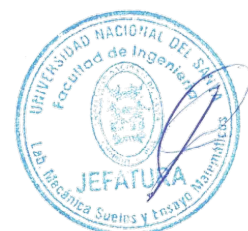
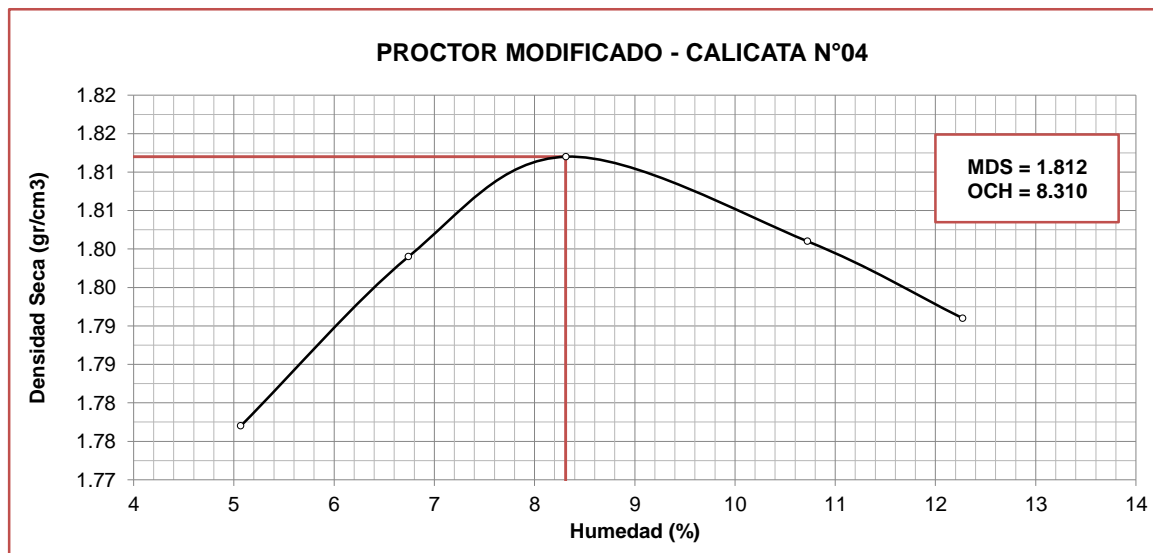
ENTONCES ES UN TIPO DE SUELO: A-3(0)



PROCTOR MODIFICADO (MTC E 115)

Proyecto: "Cal y cenizas de cáscara de arroz para estabilizar la superficie de rodadura en la vía Santa Clemencia-Chachapoyas"
Localización: Santa Clemencia, Chachapoyas, Distrito de Chimbote, Provincia Santa-Ancash
Muestra: Calicata N°04 **Responsables:** Tesisistas
Fecha: Diciembre del 2018

Ensayo	N°	1	2	3	4	5										
PESO ESPECÍFICO																
Peso de muestra húmeda + molde	gr	3769.00	3819.00	3859.00	3889.00	3905.00										
Peso del molde	gr	2000.00	2000.00	2000.00	2000.00	2000.00										
Peso de muestra húmeda	gr	1769.00	1819.00	1859.00	1889.00	1905.00										
Volúmen del molde	cm ³	947.26	947.26	947.26	947.26	947.26										
Densidad Húmeda	gr/cm³	1.867	1.920	1.963	1.994	2.011										
CONTENIDO DE HUMEDAD																
Tara	N°	1A	1B	1C	2A	2B	2C	3A	3B	3C	4A	4B	4C	5A	5B	5C
Peso de muestra húmeda + tara	gr	99.471	100.836	102.200	112.351	110.968	109.584	100.518	101.550	102.581	107.668	108.464	109.259	120.288	108.327	96.365
Peso muestra seca + tara	gr	96.021	97.342	98.662	107.162	105.709	104.255	95.126	95.882	96.638	100.174	100.715	101.256	110.159	99.501	88.843
Peso del agua	gr	3.450	3.494	3.538	5.189	5.259	5.329	5.392	5.667	5.943	7.494	7.749	8.003	10.129	8.825	7.522
Peso de tara	gr	28.123	28.418	28.712	27.608	27.668	27.727	27.997	27.734	27.471	27.818	28.455	29.092	27.545	27.580	27.615
Peso de la muestra seca	gr	67.898	68.924	69.950	79.554	78.041	76.528	67.129	68.148	69.167	72.356	72.260	72.164	82.614	71.921	61.228
Contenido de humedad	%	5.069			6.742			8.314			10.723			12.272		
PESO ESPECÍFICO SECO																
Densidad seca	gr/cm³	1.777		1.799		1.812		1.801		1.791						





UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

VALOR SOPORTE RELATIVO (C.B.R.) ASTM - D 1883

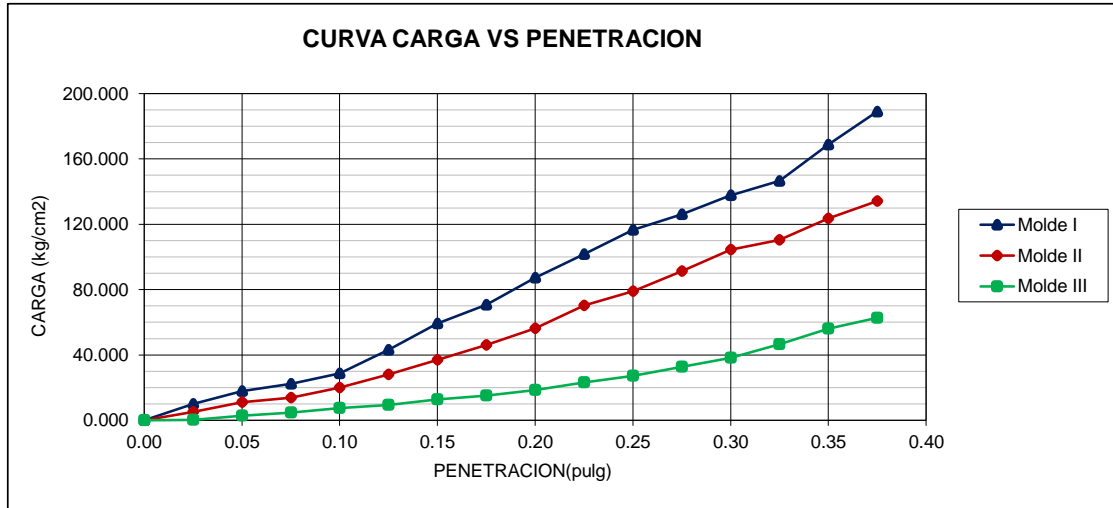
Proyecto: "Cal y cenizas de cáscara de arroz para estabilizar la superficie de rodadura en la vía Santa Clemencia-Chachapoyas"
Localización: Santa Clemencia, Chachapoyas, Distrito de Chimbote, Provincia Santa-Ancash
Muestra: Calicata N°04 **Responsables:** Tesistas
Fecha: Diciembre del 2018

MUESTRA: TERRENO NATURAL - C 03
CLASIFICACION (SUCS): SP-SM
DENSIDAD MAXIMA: 1.812
HUMEDAD OPTIMA: 8.310

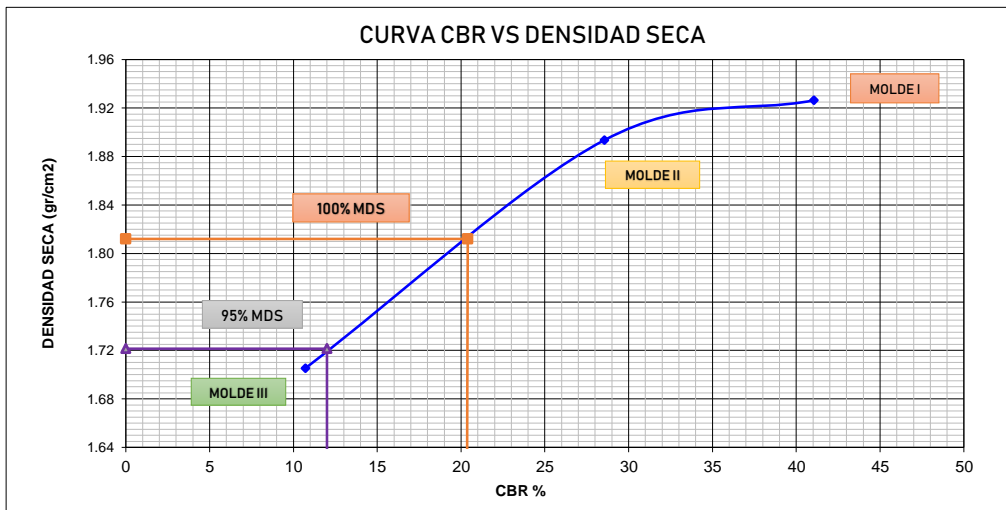
COMPACTACION DE LOS MOLDES CBR			
Molde N°	I	II	III
Altura Molde	11.6	11.5	11.6
Diámetro Molde	15.2	15.2	15.2
Capas N°	5	5	5
Golpes por capa N°	55	26	12
CONDICIONES DE LA MUESTRA			
	Despues de mojado	Despues de mojado	Despues de mojado
Peso del molde + suelo húmedo (grs.)	11062	10978	10710
Peso del molde (gramos)	6720	6752	6916
Peso del suelo húmedo (grs.)	4342	4226	3794
Volumen del molde (cc)	2105	2087	2105
Densidad húmeda (grs./cm3)	2.063	2.025	1.802
Densidad seca (grs./cm3)	1.926	1.894	1.705
CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA			
Tarro N°	1	2	3
Peso del tarro + suelo húmedo (grs.)	87.613	91.439	81.929
Peso del tarro + suelo seco (grs.)	83.683	87.262	79.011
Peso del tarro (grs.)	28.191	27.175	27.78
Peso del agua (grs.)	3.93	4.18	2.92
Peso del suelo seco (grs.)	55.49	60.09	51.23
% de humedad	7.08	6.95	5.70

PRUEBA DE PENETRACION								
PENETRACIÓN		Carga Estándar kg/cm2	Molde N° I		Molde N° II		Molde N° III	
pulg	mm		LECTURA	PRESIÓN	LECTURA	PRESIÓN	LECTURA	PRESIÓN
0.000	0.000			0.000		0.000		0.000
0.025	0.025		1.891	9.937	0.970	5.098	0.028	0.148
0.050	0.050		3.417	17.952	2.088	10.971	0.534	2.807
0.075	0.075		4.260	22.385	2.622	13.778	0.900	4.728
0.100	0.100	70.000	5.469	28.739	3.803	19.984	1.427	7.499
0.125	0.125		8.211	43.145	5.343	28.074	1.772	9.309
0.150	0.150		11.276	59.250	7.037	36.976	2.411	12.670
0.175	0.175		13.448	70.664	8.766	46.063	2.875	15.108
0.200	0.200	105.000	16.598	87.213	10.721	56.332	3.522	18.506
0.225	0.225		19.354	101.693	13.378	70.295	4.422	23.235
0.250	0.250		22.201	116.653	15.023	78.939	5.181	27.224
0.275	0.275		24.007	126.147	17.364	91.239	6.229	32.728
0.300	0.300	133.000	26.201	137.671	19.860	104.353	7.269	38.195
0.325	0.325		27.895	146.574	20.992	110.300	8.872	46.617
0.350	0.350		32.120	168.774	23.515	123.561	10.657	55.999
0.375	0.375		35.973	189.017	25.540	134.199	11.937	62.722
0.400	0.400							





Molde	Penetración (pulg.)	Presion Aplicada (kg/cm ²)	Presion Patrón (kg/cm ²)	C.B.R. (%)	Expansion
I	0.100	28.739	70.000	41.055	0.000
II	0.100	19.984	70.000	28.549	0.000
III	0.100	7.499	70.000	10.712	0.000



CBR para el 100% de la maxima densidad seca (%):	1.812	20.40	%
CBR para el 95% de la maxima densidad seca (%):	1.721	12.00	%

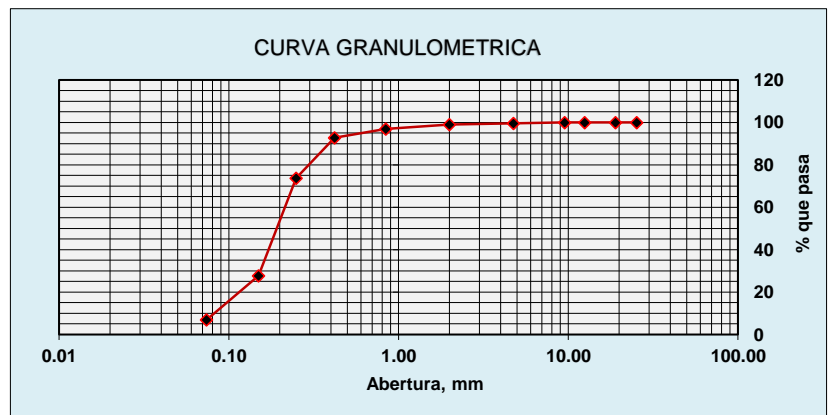


Proyecto: "Cal y cenizas de cáscara de arroz para estabilizar la superficie de rodadura en la vía Santa Clemencia-Chachapoyas"
Localización: Santa Clemencia, Chachapoyas, Distrito de Chimbote, Provincia Santa-Ancash
Muestra: Calicata N°05- Estrato 1 de 0.00 a -1.50 m. **Responsables:** Tesistas
Fecha: Diciembre del 2018

1. ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (MTC E 107)

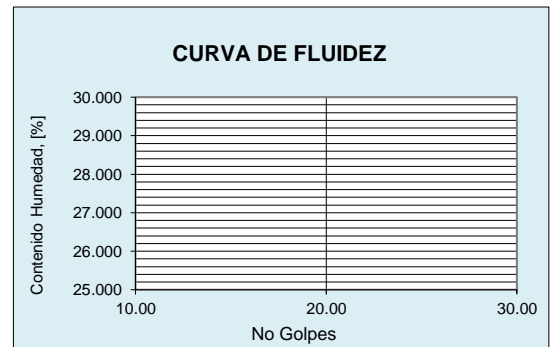
Peso Total de la Muestra (g):	900.000
Peso Final de la Muestra (g):	895.690

MALLAS	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (grs)	% PASA
1"	25.400	0.000	100.00
3/4"	19.050	0.000	100.00
1/2"	12.500	0.000	100.00
3/8"	9.525	0.000	100.00
Nº 4	4.760	4.360	99.51
Nº 10	2.000	5.260	98.93
Nº 20	0.840	18.120	96.90
Nº 40	0.420	36.400	92.84
Nº 60	0.250	171.790	73.66
Nº 100	0.150	412.250	27.63
Nº 200	0.074	185.410	6.93
< Nº 200		62.100	0.00



2. LIMITES DE CONSISTENCIA (MTC E 110 - MTC E 111)

PROCEDIMIENTO	Tara No			
	1	2	3	4
1. No de Golpes				
2. Peso Tara, [gr]				
3. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]		N.P		
4. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]				
5. Peso Agua, [gr]				
6. Peso Suelo Seco, [gr]				
7. Contenido de Humedad, [%]				



PROCEDIMIENTO	Tara No		
	1	2	3
1. Peso Tara, [gr]			
2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]			
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]		N.P	
4. Peso Suelo Seco, [gr]			
5. Peso Agua, [gr]			
6. Contenido de Humedad, [%]			

Grava(%)	0.487
Arena (%)	92.580
Finos(%)	6.933
Límite Líquido	N.P
Límite Plástico	N.P
Índice Plasticidad	N.P
Clasif. SUCS	SP-SM
Clasif. AASHTO	A-3 (0)
Contenido de Humedad	4.853
Peso específico	2.680
Índice de Grupo	0

3. CONTENIDO DE HUMEDAD (MTC E 108)

PROCEDIMIENTO	Tara No		
	1	2	3
1. Peso Tara, [gr]	27.126	27.844	27.608
2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	82.144	82.950	85.320
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	79.579	80.401	82.667
4. Peso Agua, [gr]	2.565	2.549	2.653
5. Peso Suelo Seco, [gr]	52.453	52.557	55.059
6. Contenido de Humedad, [%]	4.890	4.850	4.820
7. Contenido de Humedad Prom, [%]	4.853		



CLASIFICACION DE SUELOS POR EL METODO SUCS

Proyecto: "Cal y cenizas de cáscara de arroz para estabilizar la superficie de rodadura en la vía Santa Clemencia-Chachapoyas"
Localización: Santa Clemencia, Chachapoyas, Distrito de Chimbote, Provincia Santa-Ancash
Muestra: Calicata N°05-Estrato 1 de 0.00 a -1.50 m. **Responsables:** Tesisistas
Fecha: Diciembre del 2018

- PORCENTAJE QUE PASA POR LA MALLA # 200

PORCENTAJE: **ENTONCES ES UN TIPO DE :**

- SI SE TRATA DE UN SUELO GRUESO:

- PORCENTAJE QUE PASA POR LA MALLA # 4

PORCENTAJE: **ENTONCES LA MUESTRA SERA:**

- CRITERIO DE GRANULOMETRIA:

- PORCENTAJE QUE PASA LA MALLA %5 < # 200 > 12%:

CU: **CC:**

LL: **IP:**

ENTONCES ES UN TIPO DE SUELO:

SP-SM

ARENAS SIN FINOS



CLASIFICACION DE SUELOS POR EL METODO AASHTO

Proyecto: "Cal y cenizas de cáscara de arroz para estabilizar la superficie de rodadura en la vía Santa Clemencia-Chachapoyas"
Localización: Santa Clemencia, Chachapoyas, Distrito de Chimbote, Provincia Santa-Ancash
Muestra: Calicata N°05-Estrato 1 de 0.00 a -1.50 m. **Responsables:** Tesistas
Fecha: Diciembre del 2018

- PORCENTAJE QUE PASA:

MALLA N°10	98.926
MALLA N°40	92.839
MALLA N°200	6.933

ENTONCES ES UN TIPO DE :

MATERIALES GRANULARES

LL: **N.P** %

IP: **N.P**

MATERIALES GRANULARES		
A-3	Arena fina	Excelente a bueno



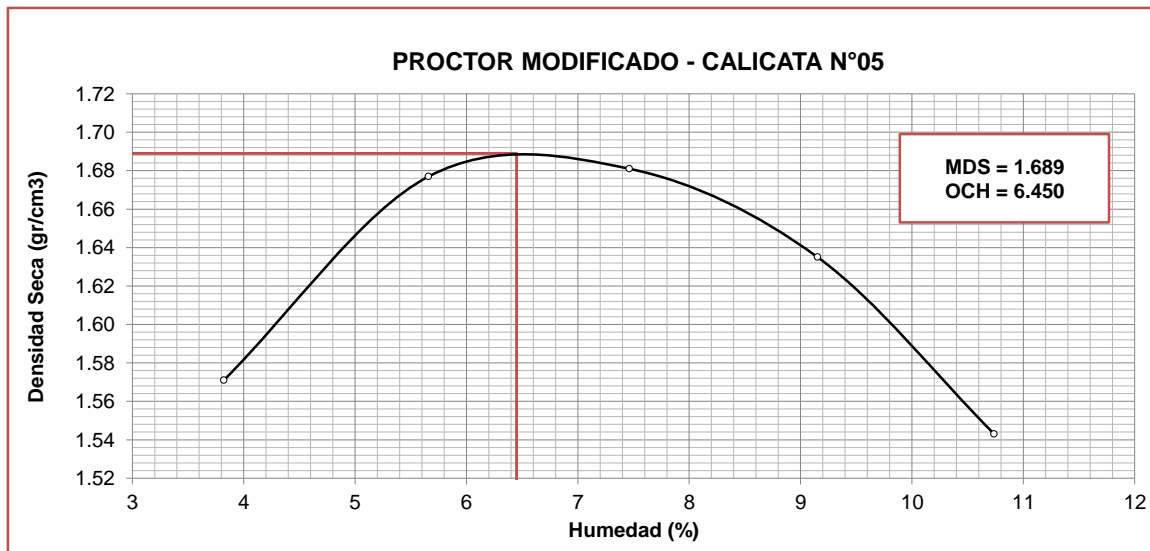
Valor del índice de grupo (IG): **0**

ENTONCES ES UN TIPO DE SUELO: A-3(0)

PROCTOR MODIFICADO (MTC E 115)

Proyecto: "Cal y cenizas de cáscara de arroz para estabilizar la superficie de rodadura en la vía Santa Clemencia-Chachapoyas"
Localización: Santa Clemencia, Chachapoyas, Distrito de Chimbote, Provincia Santa-Ancash
Muestra: Calicata N°05 **Responsables:** Tesisistas
Fecha: Diciembre del 2018

Ensayo	N°	1	2	3	4	5										
PESO ESPECÍFICO																
Peso de muestra húmeda + molde	gr	3547.00	3681.00	3713.00	3693.00	3621.00										
Peso del molde	gr	2000.00	2000.00	2000.00	2000.00	2000.00										
Peso de muestra húmeda	gr	1547.00	1681.00	1713.00	1693.00	1621.00										
Volúmen del molde	cm ³	948.45	948.45	948.45	948.45	948.45										
Densidad Húmeda	gr/cm³	1.631	1.772	1.806	1.785	1.709										
CONTENIDO DE HUMEDAD																
Tara	N°	1A	1B	1C	2A	2B	2C	3A	3B	3C	4A	4B	4C	5A	5B	5C
Peso de muestra húmeda + tara	gr	91.852	96.818	89.631	103.520	80.657	88.479	95.516	77.811	83.067	77.637	93.894	91.947	92.859	109.818	89.234
Peso muestra seca + tara	gr	89.155	94.463	87.531	99.406	77.868	85.636	90.809	74.326	79.336	73.421	88.351	86.481	86.504	101.650	83.356
Peso del agua	gr	2.697	2.355	2.100	4.114	2.789	2.843	4.707	3.485	3.731	4.216	5.543	5.466	6.355	8.168	5.878
Peso de tara	gr	28.178	28.037	27.466	28.385	27.961	34.853	29.034	28.143	27.684	27.194	27.276	27.481	27.031	27.302	27.619
Peso de la muestra seca	gr	60.977	66.426	60.065	71.021	49.907	50.783	61.775	46.183	51.652	46.227	61.075	59.000	59.473	74.348	55.737
Contenido de humedad	%	3.821			5.660			7.463			9.153			10.739		
PESO ESPECÍFICO SECO																
Densidad seca	gr/cm³	1.571		1.677		1.681		1.635		1.543						





UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

VALOR SOPORTE RELATIVO (C.B.R.) ASTM - D 1883

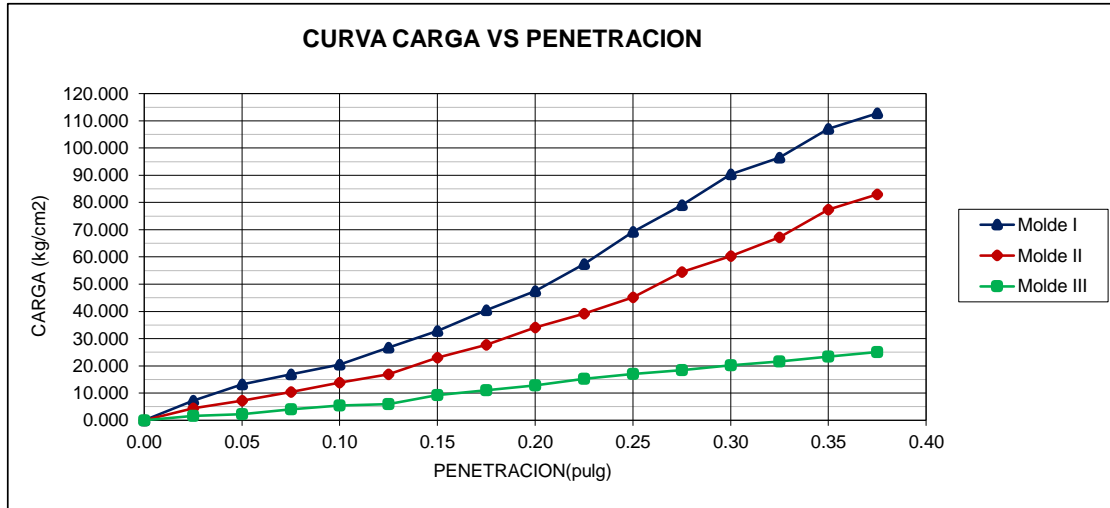
Proyecto: "Cal y cenizas de cáscara de arroz para estabilizar la superficie de rodadura en la vía Santa Clemencia-Chachapoyas"
Localización: Santa Clemencia, Chachapoyas, Distrito de Chimbote, Provincia Santa-Ancash
Muestra: Calicata N°05 **Responsables:** Tesistas
Fecha: Diciembre del 2018

MUESTRA: TERRENO NATURAL - C 05
CLASIFICACION (SUCS): SP - SM
DENSIDAD MAXIMA: 1.689
HUMEDAD OPTIMA: 6.45

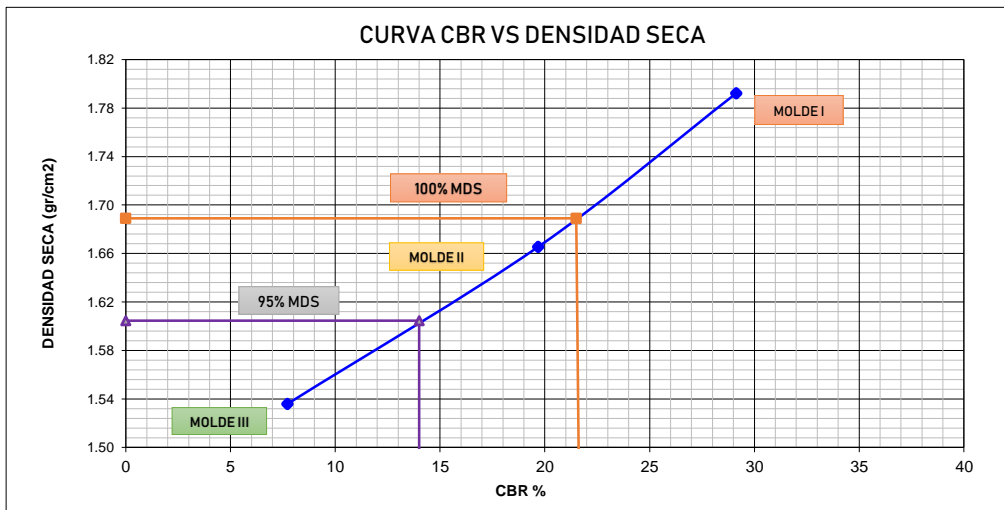
COMPACTACION DE LOS MOLDES CBR			
Molde N°	I	II	III
Altura Molde	11.6	11.5	11.6
Diámetro Molde	15.2	15.2	15.2
Capas N°	5	5	5
Golpes por capa N°	55	26	12
CONDICIONES DE LA MUESTRA			
	Despues de mojado	Despues de mojado	Despues de mojado
Peso del molde + suelo húmedo (grs.)	10800	10395	10195
Peso del molde (gramos)	6780	6700	6760
Peso del suelo húmedo (grs.)	4020	3695	3435
Volumen del molde (cc)	2105	2087	2105
Densidad húmeda (grs./cm3)	1.910	1.771	1.632
Densidad seca (grs./cm3)	1.792	1.665	1.536
CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA			
Tarro N°	1	2	3
Peso del tarro + suelo húmedo (grs.)	100.29	89.553	85.213
Peso del tarro + suelo seco (grs.)	95.828	86.011	81.934
Peso del tarro (grs.)	27.888	29.932	29.552
Peso del agua (grs.)	4.46	3.54	3.28
Peso del suelo seco (grs.)	67.94	56.08	52.38
% de humedad	6.57	6.32	6.26

PRUEBA DE PENETRACION								
PENETRACIÓN		Carga Estándar kg/cm2	Molde N° I		Molde N° II		Molde N° III	
pulg	mm		LECTURA	PRESIÓN	LECTURA	PRESIÓN	LECTURA	PRESIÓN
0.000	0.000			0.000		0.000		0.000
0.025	0.025		1.364	7.166	0.837	4.396	0.295	1.551
0.050	0.050		2.517	13.224	1.364	7.166	0.429	2.253
0.075	0.075		3.220	16.918	1.968	10.343	0.759	3.989
0.100	0.100	70.000	3.881	20.390	2.622	13.778	1.026	5.393
0.125	0.125		5.069	26.633	3.213	16.881	1.139	5.984
0.150	0.150		6.236	32.765	4.373	22.976	1.758	9.235
0.175	0.175		7.691	40.411	5.280	27.741	2.088	10.971
0.200	0.200	105.000	9.027	47.430	6.489	34.095	2.432	12.781
0.225	0.225		10.932	57.440	7.466	39.229	2.896	15.219
0.250	0.250		13.167	69.187	8.591	45.139	3.241	17.029
0.275	0.275		15.051	79.086	10.362	54.448	3.515	18.469
0.300	0.300	133.000	17.195	90.353	11.473	60.284	3.838	20.169
0.325	0.325		18.362	96.485	12.795	67.229	4.120	21.646
0.350	0.350		20.380	107.086	14.735	77.424	4.443	23.345
0.375	0.375		21.456	112.738	15.789	82.965	4.773	25.082
0.400	0.400							





Molde	Penetración (pulg.)	Presion Aplicada (kg/cm²)	Presion Patrón (kg/cm2)	C.B.R. (%)	Expansion
I	0.100	20.390	70.000	29.129	0.000
II	0.100	13.778	70.000	19.683	0.000
III	0.100	5.393	70.000	7.704	0.000



CBR para el 100% de la maxima densidad seca (%):	1.689	21.50	%
CBR para el 95% de la maxima densidad seca (%):	1.605	14.00	%

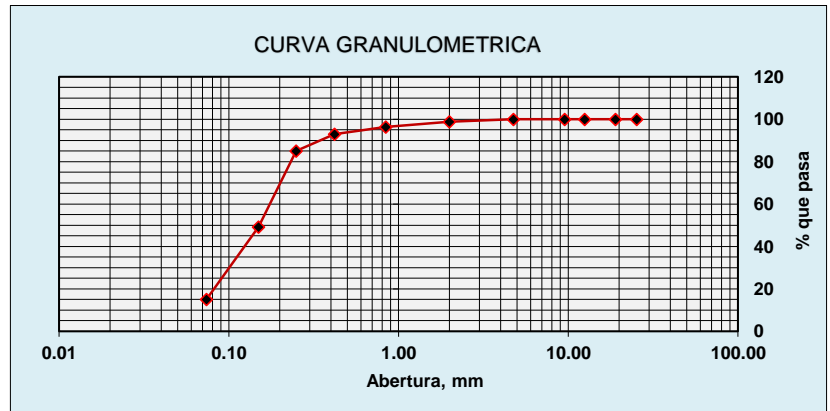


Proyecto: "Cal y cenizas de cáscara de arroz para estabilizar la superficie de rodadura en la vía Santa Clemencia-Chachapoyas"
Localización: Santa Clemencia, Chachapoyas, Distrito de Chimbote, Provincia Santa-Ancash
Muestra: Calicata N°06- Estrato 1 de 0.00 a -1.50 m. **Responsables:** Tesistas
Fecha: Diciembre del 2018

1. ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (MTC E 107)

Peso Total de la Muestra (g):	900.00
Peso Final de la Muestra (g):	894.96

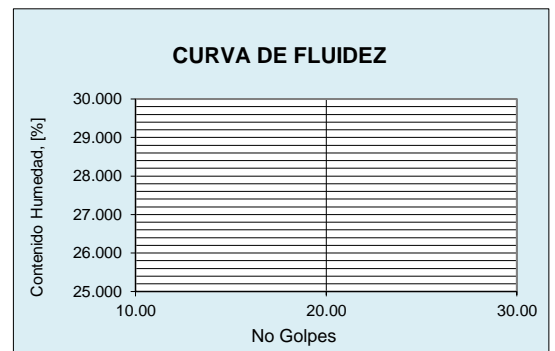
MALLAS	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (grs)	% PASA
1"	25.400	0.000	100.00
3/4"	19.050	0.000	100.00
1/2"	12.500	0.000	100.00
3/8"	9.525	0.000	100.00
Nº 4	4.760	0.000	100.00
Nº 10	2.000	10.210	98.86
Nº 20	0.840	22.770	96.31
Nº 40	0.420	30.370	92.92
Nº 60	0.250	70.550	85.04
Nº 100	0.150	320.330	49.25
Nº 200	0.074	305.280	15.13
< Nº 200		135.450	0.00



2. LIMITES DE CONSISTENCIA (MTC E 110 - MTC E 111)

A. LIMITE LIQUIDO (MTC E 110)

PROCEDIMIENTO	Tara No			
	1	2	3	4
1. No de Golpes				
2. Peso Tara, [gr]				
3. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]		N.P		
4. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]				
5. Peso Agua, [gr]				
6. Peso Suelo Seco, [gr]				
7. Contenido de Humedad, [%]				



B. LIMITE PLASTICO (MTC E 111)

PROCEDIMIENTO	Tara No		
	1	2	3
1. Peso Tara, [gr]			
2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]			
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]		N.P	
4. Peso Suelo Seco, [gr]			
5. Peso Agua, [gr]			
6. Contenido de Humedad, [%]			

Grava(%)	0.000
Arena (%)	84.865
Finos(%)	15.135
Límite Líquido	N.P
Límite Plástico	N.P
Índice Plasticidad	N.P
Clasif. SUCS	SP - SM
Clasif. AASHTO	A-3 (0)
Contenido de Humedad	4.233
Peso específico	2.751
Índice de Grupo	0

3. CONTENIDO DE HUMEDAD (MTC E 108)

PROCEDIMIENTO	Tara No		
	1	2	3
1. Peso Tara, [gr]	27.793	27.569	28.748
2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	90.167	88.946	90.927
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	87.662	86.432	88.392
4. Peso Agua, [gr]	2.505	2.514	2.535
5. Peso Suelo Seco, [gr]	59.869	58.863	59.644
6. Contenido de Humedad, [%]	4.180	4.270	4.250
7. Contenido de Humedad Prom, [%]	4.233		



CLASIFICACION DE SUELOS POR EL METODO SUCS

Proyecto: "Cal y cenizas de cáscara de arroz para estabilizar la superficie de rodadura en la vía Santa Clemencia-Chachapoyas"
Localización: Santa Clemencia, Chachapoyas, Distrito de Chimbote, Provincia Santa-Ancash
Muestra: Calicata N°06-Estrato 1 de 0.00 a -1.50 m. Responsables: Tesisistas
Fecha: Diciembre del 2018

- PORCENTAJE QUE PASA POR LA MALLA # 200

PORCENTAJE: 15.13 ENTONCES ES UN TIPO DE : SUELO GRUESO

- SI SE TRATA DE UN SUELO GRUESO:

- PORCENTAJE QUE PASA POR LA MALLA # 4

PORCENTAJE: 100.00 ENTONCES LA MUESTRA SERA: ARENA

- CRITERIO DE GRANULOMETRIA:

- PORCENTAJE QUE PASA LA MALLA # 200 > 12%:

LL: N.P % IP: N.P

ENTONCES ES UN TIPO DE SUELO:

SP - SM

ARENAS SIN FINOS



CLASIFICACION DE SUELOS POR EL METODO AASHTO

Proyecto: "Cal y cenizas de cáscara de arroz para estabilizar la superficie de rodadura en la vía Santa Clemencia-Chachapoyas"
Localización: Santa Clemencia, Chachapoyas, Distrito de Chimbote, Provincia Santa-Ancash
Muestra: Calicata N°06-Estrato 1 de 0.00 a -1.50 m. **Responsables:** Tesistas
Fecha: Diciembre del 2018

- PORCENTAJE QUE PASA:

MALLA N°10	98.859
MALLA N°40	92.921
MALLA N°200	15.135

ENTONCES ES UN TIPO DE :

MATERIALES GRANULARES

LL: **N.P** %

IP: **N.P**

MATERIALES GRANULARES		
A-3	Arena fina	Excelente a bueno

Valor del índice de grupo (IG): **0**

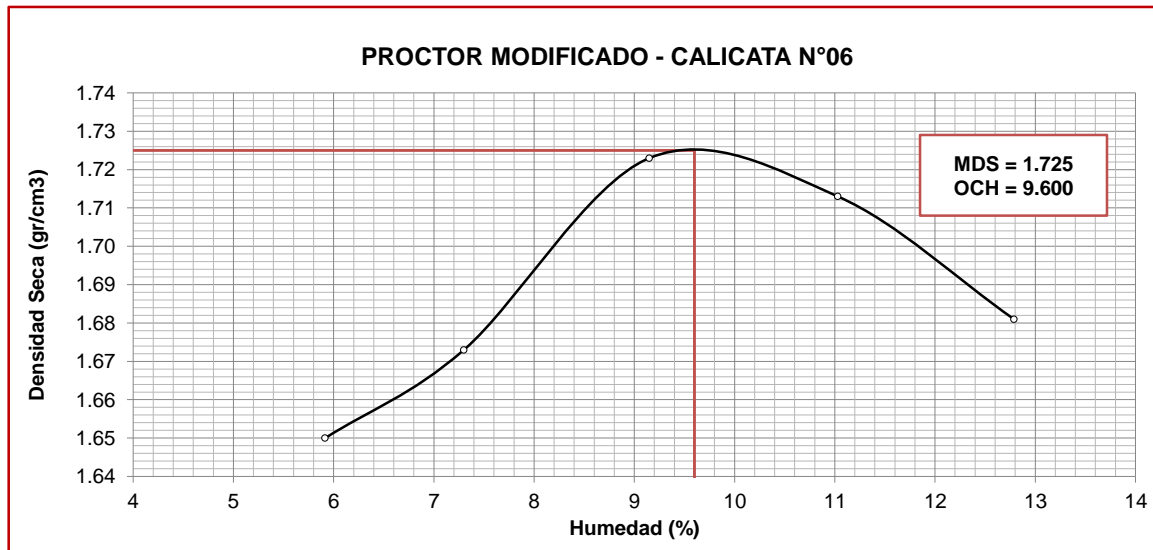
ENTONCES ES UN TIPO DE SUELO: A-3(0)



PROCTOR MODIFICADO (MTC E 115)

Proyecto: "Cal y cenizas de cáscara de arroz para estabilizar la superficie de rodadura en la vía Santa Clemencia-Chachapoyas"
Localización: Santa Clemencia, Chachapoyas, Distrito de Chimbote, Provincia Santa-Ancash
Muestra: Calicata N°06 **Responsables:** Tesisistas
Fecha: Diciembre del 2018

Ensayo	N°	1	2	3	4	5											
PESO ESPECÍFICO																	
Peso de muestra húmeda + molde	gr	3656.00	3700.00	3782.00	3802.00	3796.00											
Peso del molde	gr	2000.00	2000.00	2000.00	2000.00	2000.00											
Peso de muestra húmeda	gr	1656.00	1700.00	1782.00	1802.00	1796.00											
Volumen del molde	cm ³	947.26	947.26	947.26	947.26	947.26											
Densidad Húmeda	gr/cm³	1.748	1.795	1.881	1.902	1.896											
CONTENIDO DE HUMEDAD																	
Tara	N°	1A	1B	1C	2A	2B	2C	3A	3B	3C	4A	4B	4C	5A	5B	5C	
Peso de muestra húmeda + tara	gr	80.478	79.219	77.960	70.541	78.095	85.649	88.269	85.335	82.400	90.231	89.969	89.707	96.135	96.185	96.234	
Peso muestra seca + tara	gr	77.858	76.383	74.908	67.735	74.652	81.508	83.483	80.557	77.649	84.005	83.837	83.682	88.168	88.427	88.695	
Peso del agua	gr	2.620	2.836	3.052	2.806	3.443	4.141	4.786	4.778	4.751	6.226	6.132	6.025	7.967	7.757	7.539	
Peso de tara	gr	27.896	28.304	28.712	27.126	27.427	27.727	29.267	28.369	27.471	27.477	28.285	29.092	27.946	27.781	27.615	
Peso de la muestra seca	gr	49.962	48.079	46.196	40.609	47.226	53.781	54.216	52.188	50.178	56.528	55.553	54.590	60.222	60.647	61.080	
Contenido de humedad	%	5.916			7.300			9.150			11.030			12.788			
PESO ESPECÍFICO SECO																	
Densidad seca	gr/cm³	1.650		1.673		1.723		1.713		1.681		1.681		1.681		1.681	





UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

VALOR SOPORTE RELATIVO (C.B.R.) ASTM - D 1883

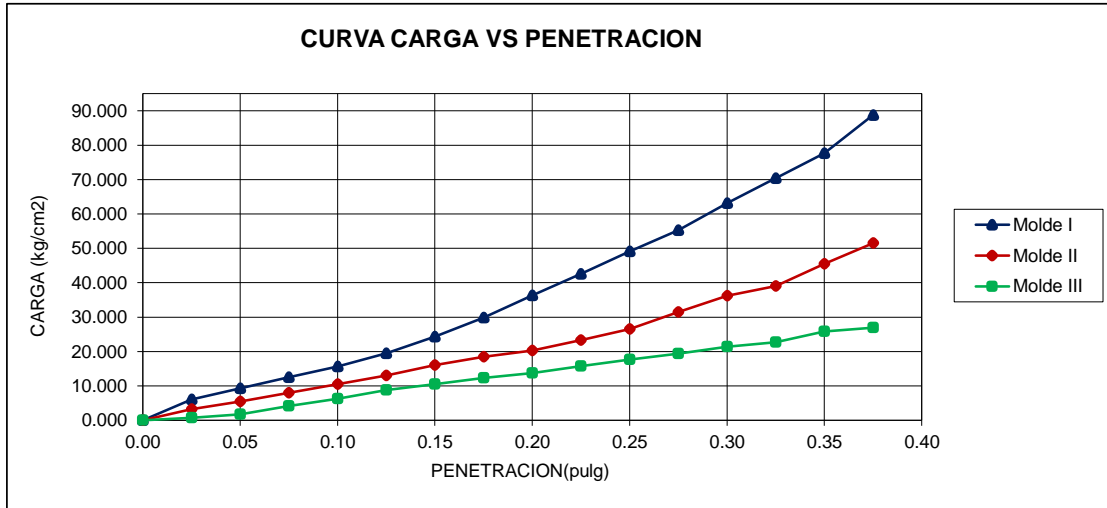
Proyecto: "Cal y cenizas de cáscara de arroz para estabilizar la superficie de rodadura en la vía Santa Clemencia-Chachapoyas"
Localización: Santa Clemencia, Chachapoyas, Distrito de Chimbote, Provincia Santa-Ancash
Muestra: Calicata N°06 **Responsables:** Tesistas
Fecha: Diciembre del 2018

MUESTRA: TERRENO NATURAL -C 06
CLASIFICACION (SUCS): SP-SM
DENSIDAD MAXIMA: 1.725
HUMEDAD OPTIMA: 9.6

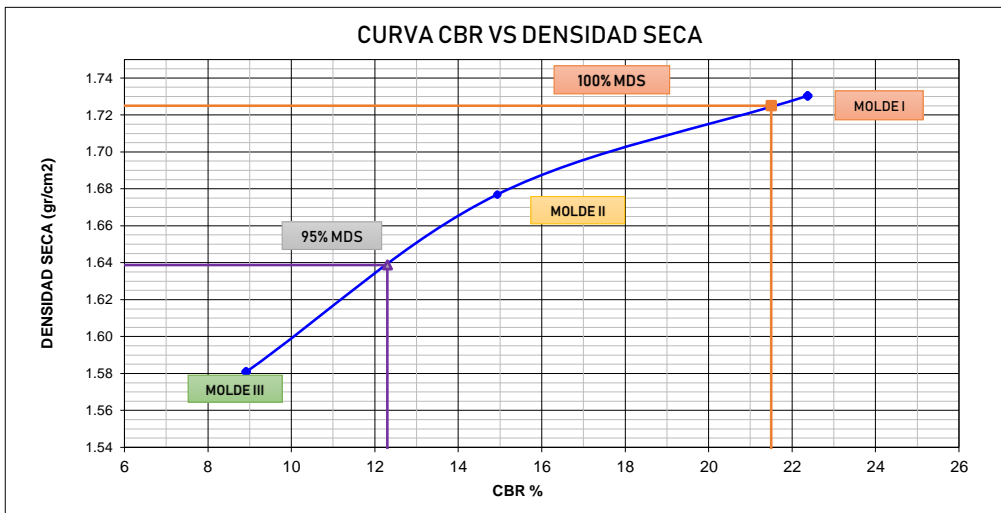
COMPACTACION DE LOS MOLDES CBR			
Molde N°	I	II	III
Altura Molde	11,6	11,5	11,6
Diámetro Molde	15,2	15,2	15,2
Capas N°	5	5	5
Golpes por capa N°	55	26	12
CONDICIONES DE LA MUESTRA			
	Despues de mojado	Despues de mojado	Despues de mojado
Peso del molde + suelo húmedo (grs)	11121	10855	10700
Peso del molde (gramos)	6717	6695	6625
Peso del suelo húmedo (grs.)	4404	4160	4075
Volumen del molde (cc)	2105	2087	2105
Densidad húmeda (grs./cm3)	2.092	1.994	1.936
Densidad seca (grs./cm3)	1.730	1.677	1.581
CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA			
Tarro N°	1	2	3
Peso del tarro + suelo húmedo (grs.)	115.608	108.593	83.897
Peso del tarro + suelo seco (grs.)	100.323	95.995	73.529
Peso del tarro (grs.)	27.234	29.265	27.37
Peso del agua (grs.)	15.29	12.60	10.37
Peso del suelo seco (grs.)	73.09	66.73	46.16
% de humedad	20.91	18.88	22.46

PRUEBA DE PENETRACION								
PENETRACIÓN		Carga Estándar kg/cm2	Molde N° I		Molde N° II		Molde N° III	
pulg	mm		LECTURA	PRESIÓN	LECTURA	PRESIÓN	LECTURA	PRESIÓN
0.000	0.000			0.000		0.000		0.000
0.025	0.025		1.146	6.021	0.612	3.214	0.134	0.702
0.050	0.050		1.765	9.272	1.047	5.504	0.330	1.736
0.075	0.075		2.376	12.485	1.526	8.016	0.787	4.137
0.100	0.100	70.000	2.981	15.662	1.989	10.454	1.188	6.243
0.125	0.125		3.712	19.504	2.482	13.039	1.666	8.755
0.150	0.150		4.626	24.306	3.044	15.995	1.997	10.491
0.175	0.175		5.680	29.847	3.508	18.433	2.348	12.338
0.200	0.200	105.000	6.918	36.348	3.859	20.279	2.608	13.704
0.225	0.225		8.092	42.517	4.429	23.272	3.002	15.773
0.250	0.250		9.343	49.092	5.048	26.522	3.353	17.620
0.275	0.275		10.510	55.224	5.997	31.509	3.684	19.356
0.300	0.300	133.000	12.014	63.129	6.882	36.163	4.077	21.425
0.325	0.325		13.399	70.406	7.431	39.044	4.323	22.717
0.350	0.350		14.777	77.646	8.661	45.509	4.907	25.783
0.375	0.375		16.893	88.764	9.800	51.493	5.125	26.928
0.400	0.400							

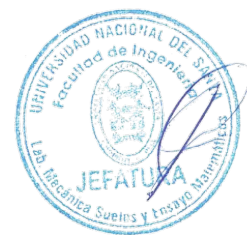




Molde	Penetración (pulg.)	Presion Aplicada (kg/cm²)	Presion Patrón (kg/cm²)	C.B.R. (%)	Expansion
I	0.100	15.662	70.000	22.374	0.000
II	0.100	10.454	70.000	14.934	0.000
III	0.100	6.243	70.000	8.918	0.000



CBR para el 100% de la maxima densidad seca (%):	1.725	21.50	%
CBR para el 95% de la maxima densidad seca (%):	1.639	12.30	%

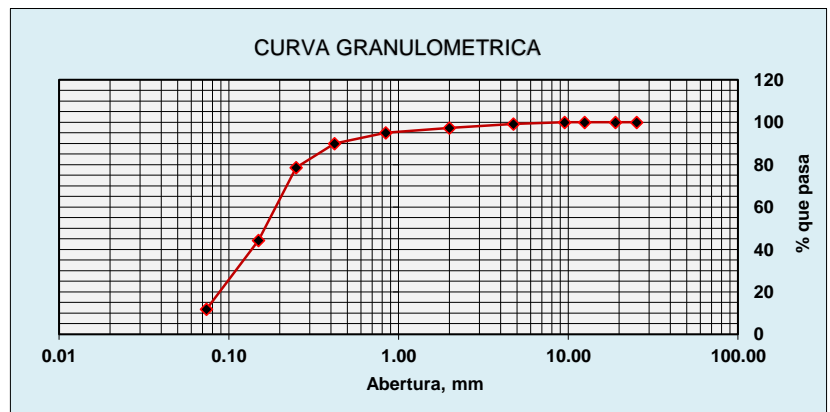


Proyecto: "Cal y cenizas de cáscara de arroz para estabilizar la superficie de rodadura en la vía Santa Clemencia-Chachapoyas"
Localización: Santa Clemencia, Chachapoyas, Distrito de Chimbote, Provincia Santa-Ancash
Muestra: Calicata N°07- Estrato 1 de 0.00 a -1.50 m. **Responsables:** Tesistas
Fecha: Diciembre del 2018

1. ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (MTC E 107)

Peso Total de la Muestra (g):	900.00
Peso Final de la Muestra (g):	894.03

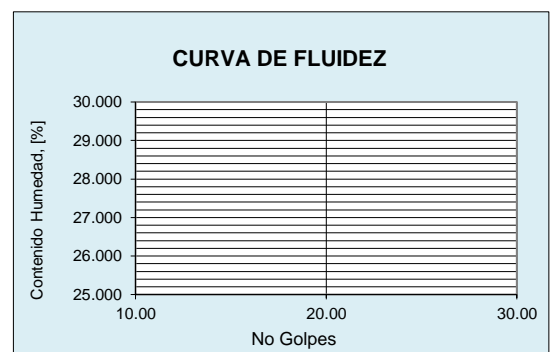
MALLAS	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (grs)	% PASA
1"	25.400	0.000	100.00
3/4"	19.050	0.000	100.00
1/2"	12.500	0.000	100.00
3/8"	9.525	0.000	100.00
Nº 4	4.760	8.120	99.09
Nº 10	2.000	15.290	97.38
Nº 20	0.840	21.580	94.97
Nº 40	0.420	45.870	89.85
Nº 60	0.250	100.450	78.62
Nº 100	0.150	307.200	44.30
Nº 200	0.074	290.070	11.89
< Nº 200		105.450	0.00



2. LIMITES DE CONSISTENCIA (MTC E 110 - MTC E 111)

A. LIMITE LIQUIDO (MTC E 110)

PROCEDIMIENTO	Tara No			
	1	2	3	4
1. No de Golpes				
2. Peso Tara, [gr]				
3. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]		N.P		
4. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]				
5. Peso Agua, [gr]				
6. Peso Suelo Seco, [gr]				
7. Contenido de Humedad, [%]				



B. LIMITE PLASTICO (MTC E 111)

PROCEDIMIENTO	Tara No		
	1	2	3
1. Peso Tara, [gr]			
2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]			
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]		N.P	
4. Peso Suelo Seco, [gr]			
5. Peso Agua, [gr]			
6. Contenido de Humedad, [%]			

Grava(%)	0.907
Arena (%)	87.206
Finos(%)	11.887
Límite Líquido	N.P
Límite Plástico	N.P
Índice Plasticidad	N.P
Clasif. SUCS	SP - SM
Clasif. AASHTO	A-3 (0)
Contenido de Humedad	3.077
Peso específico	2.734
Índice de Grupo	0

3. CONTENIDO DE HUMEDAD (MTC E 108)

PROCEDIMIENTO	Tara No		
	1	2	3
1. Peso Tara, [gr]	28.782	27.926	27.935
2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	95.228	94.853	94.741
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	93.248	92.803	92.796
4. Peso Agua, [gr]	1.980	2.050	1.945
5. Peso Suelo Seco, [gr]	64.466	64.877	64.861
6. Contenido de Humedad, [%]	3.070	3.160	3.000
7. Contenido de Humedad Prom, [%]	3.077		



CLASIFICACION DE SUELOS POR EL METODO SUCS

Proyecto: "Cal y cenizas de cáscara de arroz para estabilizar la superficie de rodadura en la vía Santa Clemencia-Chachapoyas"
Localización: Santa Clemencia, Chachapoyas, Distrito de Chimbote, Provincia Santa-Ancash
Muestra: Calicata N°07-Estrato 1 de 0.00 a -1.50 m. Responsables: Tesisistas
Fecha: Diciembre del 2018

- PORCENTAJE QUE PASA POR LA MALLA # 200

PORCENTAJE: 11.89 ENTONCES ES UN TIPO DE : SUELO GRUESO

- SI SE TRATA DE UN SUELO GRUESO:

- PORCENTAJE QUE PASA POR LA MALLA # 4

PORCENTAJE: 99.09 ENTONCES LA MUESTRA SERA: ARENA

- CRITERIO DE GRANULOMETRIA:

- PORCENTAJE QUE PASA LA MALLA %5 < # 200 > 12%:

LL: N.P % IP: N.P

ENTONCES ES UN TIPO DE SUELO: SP - SM ARENAS SIN FINOS



CLASIFICACION DE SUELOS POR EL METODO AASHTO

Proyecto: "Cal y cenizas de cáscara de arroz para estabilizar la superficie de rodadura en la vía Santa Clemencia-Chachapoyas"
Localización: Santa Clemencia, Chachapoyas, Distrito de Chimbote, Provincia Santa-Ancash
Muestra: Calicata N°07-Estrato 1 de 0.00 a -1.50 m. **Responsables:** Tesistas
Fecha: Diciembre del 2018

- PORCENTAJE QUE PASA:

MALLA N°10	97.384
MALLA N°40	89.848
MALLA N°200	11.887

ENTONCES ES UN TIPO DE :

MATERIALES GRANULARES

LL: N.P %

IP: N.P

MATERIALES GRANULARES		
A-3	Arena fina	Excelente a bueno

Valor del índice de grupo (IG): **0**

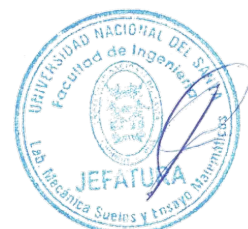
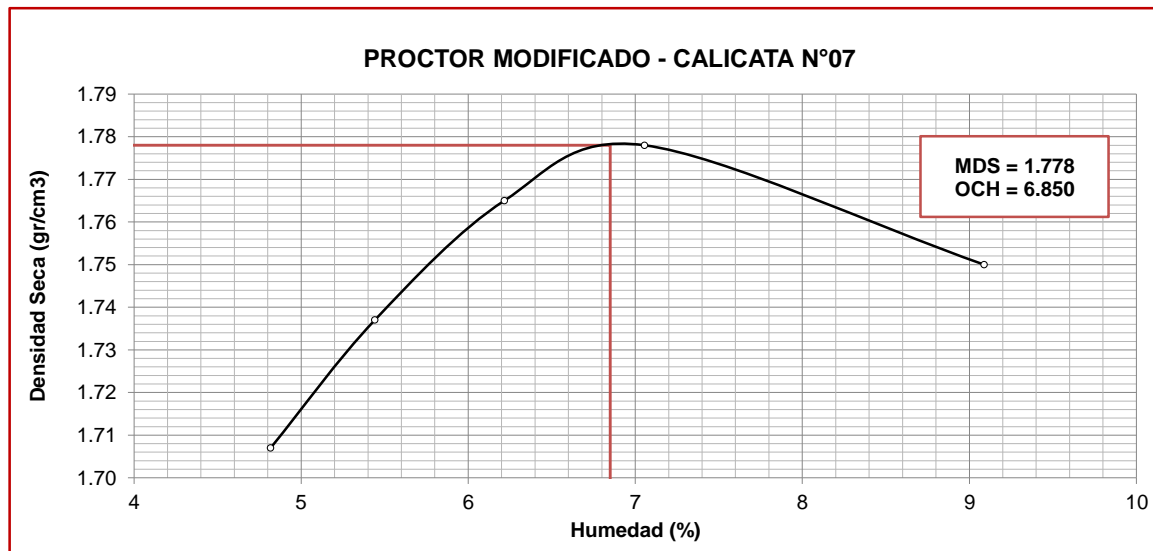
ENTONCES ES UN TIPO DE SUELO: A-3(0)



PROCTOR MODIFICADO (MTC E 115)

Proyecto: "Cal y cenizas de cáscara de arroz para estabilizar la superficie de rodadura en la vía Santa Clemencia-Chachapoyas"
Localización: Santa Clemencia, Chachapoyas, Distrito de Chimbote, Provincia Santa-Ancash
Muestra: Calicata N°07 **Responsables:** Tesisistas
Fecha: Diciembre del 2018

Ensayo	N°	1	2	3	4	5										
PESO ESPECÍFICO																
Peso de muestra húmeda + molde	gr	3695.00	3735.00	3776.00	3803.00	3808.00										
Peso del molde	gr	2000.00	2000.00	2000.00	2000.00	2000.00										
Peso de muestra húmeda	gr	1695.00	1735.00	1776.00	1803.00	1808.00										
Volúmen del molde	cm ³	947.26	947.26	947.26	947.26	947.26										
Densidad Húmeda	gr/cm³	1.789	1.832	1.875	1.903	1.909										
CONTENIDO DE HUMEDAD																
Tara	N°	1A	1B	1C	2A	2B	2C	3A	3B	3C	4A	4B	4C	5A	5B	5C
Peso de muestra húmeda + tara	gr	118.984	119.854	120.724	120.159	118.934	117.709	121.241	121.241	121.241	127.216	123.611	120.005	116.811	117.622	118.433
Peso muestra seca + tara	gr	114.845	115.260	115.675	114.142	113.791	113.439	115.049	115.549	116.049	119.712	116.615	113.517	109.089	109.352	109.614
Peso del agua	gr	4.139	4.594	5.049	6.017	5.144	4.270	6.192	5.692	5.192	7.504	6.996	6.488	7.722	8.271	8.819
Peso de tara	gr	18.984	19.854	20.724	17.709	19.462	21.214	27.216	23.611	20.005	16.811	17.543	18.274	18.274	18.354	18.433
Peso de la muestra seca	gr	95.861	95.406	94.951	96.433	94.329	92.225	87.833	91.939	96.044	102.901	99.072	95.243	90.815	90.998	91.181
Contenido de humedad	%	4.817			5.441			6.216			7.055			9.088		
PESO ESPECÍFICO SECO																
Densidad seca	gr/cm³	1.707		1.737		1.765		1.778		1.750						





UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

VALOR SOPORTE RELATIVO (C.B.R.) ASTM - D 1883

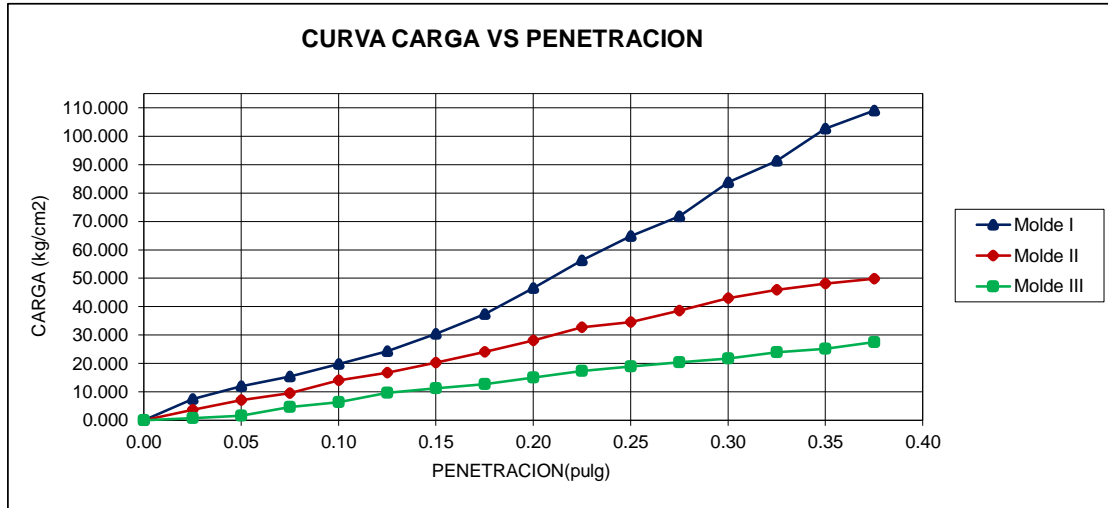
Proyecto: "Cal y cenizas de cáscara de arroz para estabilizar la superficie de rodadura en la vía Santa Clemencia-Chachapoyas"
Localización: Santa Clemencia, Chachapoyas, Distrito de Chimbote, Provincia Santa-Ancash
Muestra: Calicata N°07 **Responsables:** Tesistas
Fecha: Diciembre del 2018

MUESTRA: TERRENO NATURAL - C 07
CLASIFICACION (SUCS): SP - SM
DENSIDAD MAXIMA: 1.778
HUMEDAD OPTIMA: 6.85

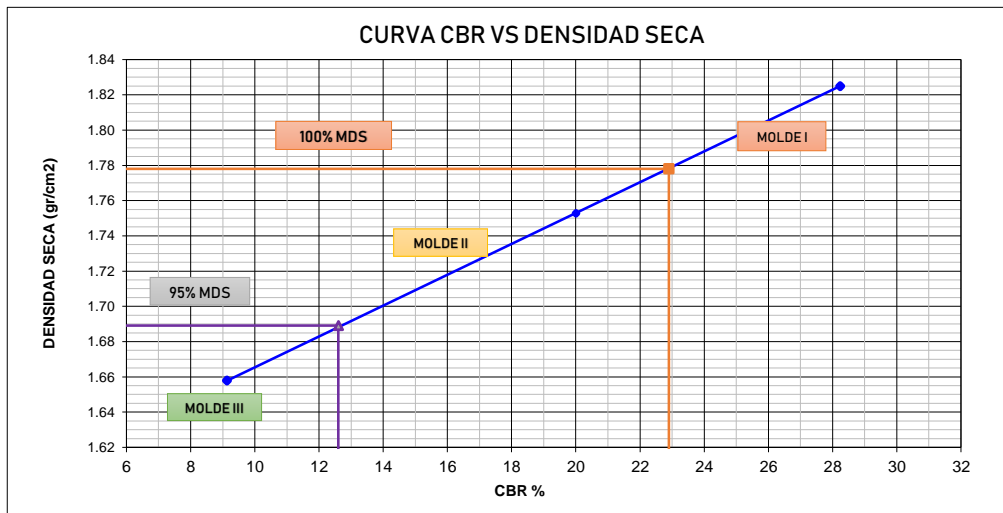
COMPACTACION DE LOS MOLDES CBR			
Molde N°	I	II	III
Altura Molde	11,6	11,5	11,6
Diámetro Molde	15,2	15,2	15,2
Capas N°	5	5	5
Golpes por capa N°	55	26	12
CONDICIONES DE LA MUESTRA			
	Despues de mojado	Despues de mojado	Despues de mojado
Peso del molde + suelo húmedo (grs)	10825	10595	10325
Peso del molde (gramos)	6717	6695	6625
Peso del suelo húmedo (grs.)	4108	3900	3700
Volumen del molde (cc)	2105	2087	2105
Densidad húmeda (grs./cm3)	1.952	1.869	1.758
Densidad seca (grs./cm3)	1.825	1.753	1.658
CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA			
Tarro N°	1	2	3
Peso del tarro + suelo húmedo (grs.)	105.182	100.253	97.211
Peso del tarro + suelo seco (grs.)	100.165	95.889	93.362
Peso del tarro (grs.)	27.888	29.932	29.552
Peso del agua (grs.)	5.02	4.36	3.85
Peso del suelo seco (grs.)	72.28	65.96	63.81
% de humedad	6.94	6.62	6.03

PRUEBA DE PENETRACION								
PENETRACIÓN		Carga Estándar kg/cm2	Molde N° I		Molde N° II		Molde N° III	
pulg	mm		LECTURA	PRESIÓN	LECTURA	PRESIÓN	LECTURA	PRESIÓN
0.000	0.000			0.000		0.000		0.000
0.025	0.025		1.413	7.425	0.710	3.731	0.148	0.776
0.050	0.050		2.271	11.931	1.357	7.129	0.295	1.551
0.075	0.075		2.924	15.367	1.814	9.530	0.879	4.617
0.100	0.100	70.000	3.761	19.762	2.664	14.000	1.216	6.390
0.125	0.125		4.633	24.343	3.185	16.733	1.849	9.715
0.150	0.150		5.793	30.438	3.852	20.243	2.137	11.229
0.175	0.175		7.114	37.382	4.577	24.047	2.425	12.744
0.200	0.200	105.000	8.858	46.543	5.336	28.037	2.868	15.071
0.225	0.225		10.707	56.258	6.229	32.728	3.311	17.398
0.250	0.250		12.338	64.828	6.573	34.538	3.606	18.950
0.275	0.275		13.652	71.735	7.339	38.564	3.881	20.390
0.300	0.300	133.000	15.937	83.741	8.169	42.923	4.141	21.757
0.325	0.325		17.371	91.276	8.731	45.878	4.555	23.936
0.350	0.350		19.529	102.616	9.146	48.058	4.787	25.155
0.375	0.375		20.746	109.007	9.483	49.831	5.237	27.520
0.400	0.400							





Molde	Penetración (pulg.)	Presión Aplicada (kg/cm²)	Presión Patrón (kg/cm²)	C.B.R. (%)	Expansion
I	0.100	19.762	70.000	28.232	0.000
II	0.100	14.000	70.000	20.000	0.000
III	0.100	6.390	70.000	9.129	0.000



CBR para el 100% de la maxima densidad seca (%):	1.778	22.90 %
CBR para el 95% de la maxima densidad seca (%):	1.689	12.60 %

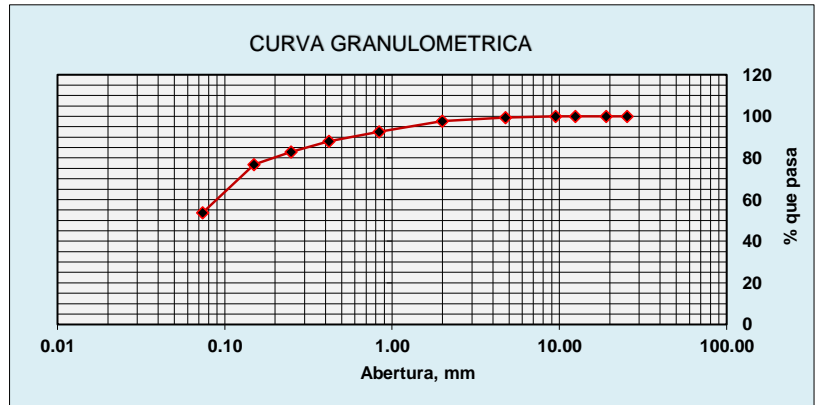


Proyecto: "Cal y cenizas de cáscara de arroz para estabilizar la superficie de rodadura en la vía Santa Clemencia-Chachapoyas"
Localización: Santa Clemencia, Chachapoyas, Distrito de Chimbote, Provincia Santa-Ancash
Muestra: Calicata N°01-Estrato 1 de 0.00 a -1.50 m. **Dosificación:** S74-C6-CCA20
Fecha: Enero del 2019 **Responsables:** Tesistas

1. ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (MTC E 107)

Peso Total de la Muestra (g):	700.00
Peso Final de la Muestra (g):	692.41

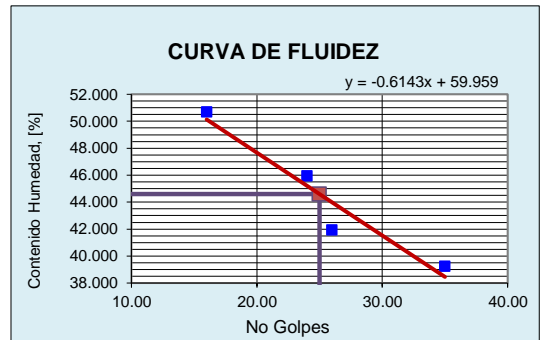
MALLAS	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (grs)	% PASA
1"	25.400	0.000	100.00
3/4"	19.050	0.000	100.00
1/2"	12.500	0.000	100.00
3/8"	9.525	0.000	100.00
Nº 4	4.760	3.832	99.45
Nº 10	2.000	11.500	97.79
Nº 20	0.840	35.361	92.68
Nº 40	0.420	32.300	88.01
Nº 60	0.250	35.248	82.92
Nº 100	0.150	41.860	76.88
Nº 200	0.074	159.716	53.81
< Nº 200		372.590	0.00



2. LIMITES DE CONSISTENCIA (MTC E 110 - MTC E 111)

A. LIMITE LIQUIDO (MTC E 110)

PROCEDIMIENTO	Tara No			
	1	2	3	4
1. No de Golpes	16	24	26	35
2. Peso Tara, [gr]	27.860	26.990	27.023	27.791
3. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	40.681	34.865	37.913	38.854
4. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	36.369	32.386	34.695	35.737
5. Peso Agua, [gr]	4.312	2.479	3.218	3.117
6. Peso Suelo Seco, [gr]	8.509	5.396	7.672	7.946
7. Contenido de Humedad, [%]	50.680	45.940	41.940	39.230



B. LIMITE PLASTICO (MTC E 111)

PROCEDIMIENTO	Tara No		
	1	2	3
1. Peso Tara, [gr]			
2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]			
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]		N.P	
4. Peso Suelo Seco, [gr]			
5. Peso Agua, [gr]			
6. Contenido de Humedad, [%]			

Grava(%)	0.553
Arena (%)	45.636
Finos(%)	53.811
Límite Líquido	44.60
Límite Plástico	N.P
Índice Plasticidad	N.P.
Peso específico	2.601

3. GRAVEDAD ESPECÍFICA (MTC E 113)

PROCEDIMIENTO	Tara No		
	1	2	3
1. Peso Fiola, [gr]	156.361	184.590	173.146
2. Peso suelo seco, [gr]	120.000	120.000	120.000
3. Peso Fiola + Suelo Seco, [gr]	276.361	304.590	293.146
4. Peso Fiola + Agua, [gr]	647.126	680.569	669.900
5. Peso Fiola + Suelo seco + Agua, [gr]	721.510	754.540	743.100
6. Gravedad Específica, [gr/cm3]	2.631	2.607	2.564
7. Gravedad Específica Prom, [%]	2.601		



PROCTOR MODIFICADO (MTC E 115)

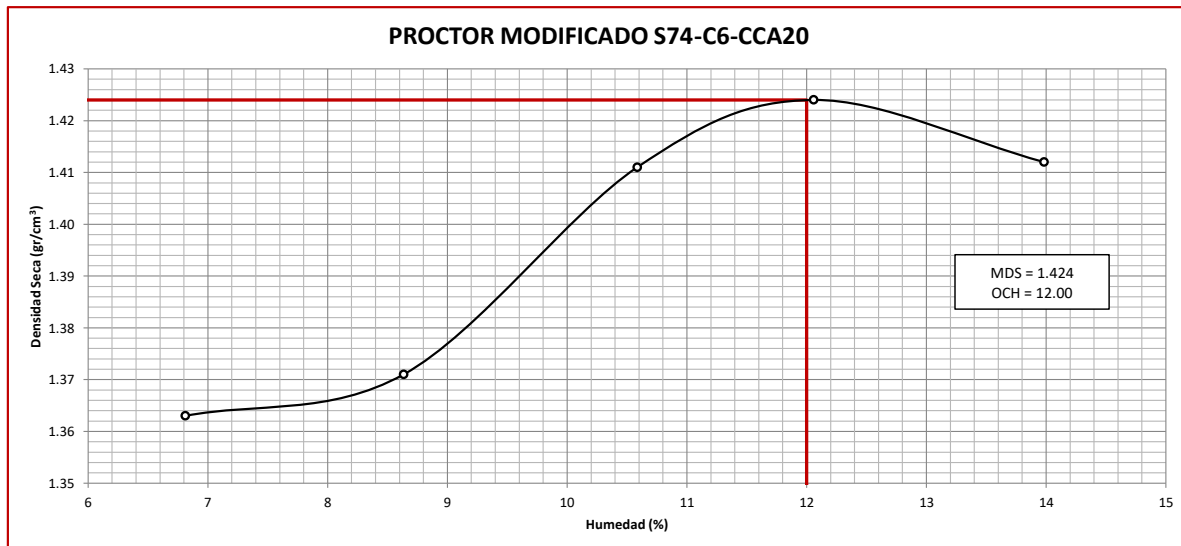
Proyecto: "Cal y cenizas de cáscara de arroz para estabilizar la superficie de rodadura en la vía Santa Clemencia-Chachapoyas"

Localización: Santa Clemencia, Chachapoyas, Distrito de Chimbote, Provincia Santa-Ancash

Muestra: Calicata N°01 **Dosificación:** S74-C6-CCA20

Fecha: Mayo del 2019 **Responsables:** Tesistas

Ensayo	N°	1	2	3	4	5										
PESO ESPECÍFICO																
Peso de muestra húmeda + molde	gr	3147.00	3179.00	3246.00	3281.00	3294.00										
Peso del molde	gr	1755.00	1755.00	1755.00	1755.00	1755.00										
Peso de muestra húmeda	gr	1392.00	1424.00	1491.00	1526.00	1539.00										
Volúmen del molde	cm ³	956.04	956.04	956.04	956.04	956.04										
Densidad Húmeda	gr/cm ³	1.456	1.489	1.560	1.596	1.610										
CONTENIDO DE HUMEDAD																
Tara	N°	1A	1B	1C	2A	2B	2C	3A	3B	3C	4A	4B	4C	5A	5B	5C
Peso de muestra húmeda + tara	gr	72.490	93.453	63.419	81.615	85.063	91.462	79.324	89.633	88.427	82.759	55.785	87.638	84.879	82.576	68.960
Peso muestra seca + tara	gr	69.484	89.879	60.629	77.129	80.238	86.974	73.928	84.457	82.533	77.466	51.129	81.719	78.300	74.689	62.726
Peso del agua	gr	3.006	3.574	2.790	4.486	4.825	4.488	5.396	5.176	5.894	5.293	4.656	5.919	6.579	7.887	6.234
Peso de tara	gr	23.379	39.830	19.439	27.580	28.168	27.789	27.550	27.171	29.368	27.888	18.198	29.630	23.549	21.750	21.273
Peso de la muestra seca	gr	46.105	50.049	41.190	49.549	52.070	59.185	46.378	57.286	53.165	49.578	32.931	52.089	54.751	52.939	41.453
Contenido de humedad	%		6.811		8.634		10.585		12.059		13.984					
PESO ESPECÍFICO SECO																
Densidad seca	gr/cm ³		1.363		1.371		1.411		1.424		1.412					





UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

VALOR SOPORTE RELATIVO (C.B.R.) ASTM - D 1883

Proyecto: "Cal y cenizas de cáscara de arroz para estabilizar la superficie de rodadura en la vía Santa Clemencia-Chachapoyas"
Localización: Santa Clemencia, Chachapoyas, Distrito de Chimbote, Provincia Santa-Ancash
Muestra: Calicata N°01-Estrato 1 de 0.00 a -1.50 m. **Dosificación:** S74-C6-CCA20
Fecha: Junio del 2019

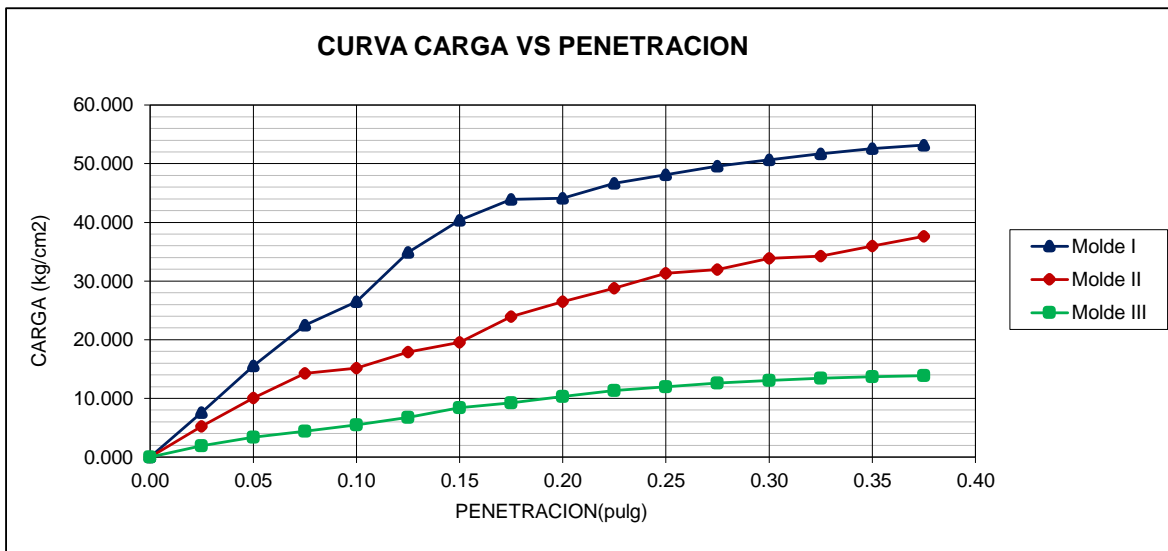
MUESTRA: TERRENO NATURAL - C 01

DENSIDAD MAXIMA 1.424
HUMEDAD OPTIMA: 12.00

COMPACTACION DE LOS MOLDES CBR			
Molde N°	I	II	III
Altura Molde	11.6	11.5	11.6
Diámetro Molde	15.2	15.2	15.2
Capas N°	5	5	5
Golpes por capa N°	55	26	12
CONDICIONES DE LA MUESTRA			
	Despues de mojado	Despues de mojado	Despues de mojado
Peso del molde + suelo húmedo (grs.)	10150	9825	9795
Peso del molde (gramos)	6780	6700	6760
Peso del suelo húmedo (grs.)	3370	3125	3035
Volumen del molde (cc)	2105	2087	2105
Densidad húmeda (grs./cm3)	1.601	1.498	1.442
Densidad seca (grs./cm3)	1.436	1.357	1.304
CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA			
Tarro N°	1	2	3
Peso del tarro + suelo húmedo (grs.)	30.440	79.993	39.590
Peso del tarro + suelo seco (grs.)	30.228	75.311	38.391
Peso del tarro (grs.)	28.38	29.932	27.06
Peso del agua (grs.)	0.21	4.68	1.20
Peso del suelo seco (grs.)	1.85	45.38	11.33
% de humedad	11.47	10.32	10.58

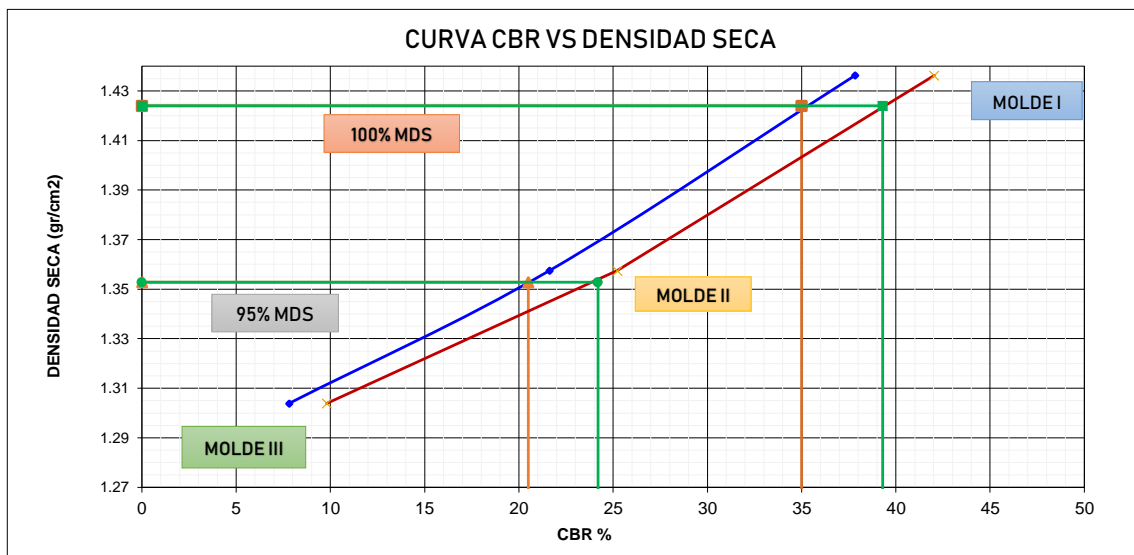
PRUEBA DE PENETRACION								
PENETRACIÓN		Carga Estándar kg/cm2	Molde N° I		Molde N° II		Molde N° III	
pulg	mm		LECTURA	PRESIÓN	LECTURA	PRESIÓN	LECTURA	PRESIÓN
0.000	0.000			0.000		0.000		0.000
0.025	0.025		1.440	7.566	0.992	5.212	0.360	1.892
0.050	0.050		2.960	15.553	1.920	10.089	0.640	3.363
0.075	0.075		4.280	22.489	2.720	14.292	0.840	4.414
0.100	0.100	70.000	5.040	26.483	2.880	15.133	1.040	5.465
0.125	0.125		6.640	34.890	3.400	17.865	1.280	6.726
0.150	0.150		7.680	40.354	3.720	19.547	1.600	8.407
0.175	0.175		8.360	43.927	4.560	23.960	1.760	9.248
0.200	0.200	105.000	8.400	44.138	5.040	26.483	1.960	10.299
0.225	0.225		8.880	46.660	5.480	28.795	2.160	11.350
0.250	0.250		9.160	48.131	5.960	31.317	2.280	11.980
0.275	0.275		9.440	49.602	6.080	31.947	2.400	12.611
0.300	0.300	133.000	9.640	50.653	6.440	33.839	2.480	13.031
0.325	0.325		9.840	51.704	6.520	34.259	2.560	13.451
0.350	0.350		10.000	52.545	6.840	35.941	2.600	13.662
0.375	0.375		10.120	53.175	7.160	37.622	2.640	13.872
0.400	0.400							





Molde	Penetracion (pulg.)	Presion Aplicada (kg/cm ²)	Presion Patrón (kg/cm ²)	C.B.R. (%)
I	0.100	26.483	70.000	37.832
II	0.100	15.133	70.000	21.618
III	0.100	5.465	70.000	7.807

Molde	Penetracion (pulg.)	Presion Aplicada (kg/cm ²)	Presion Patrón (kg/cm ²)	C.B.R. (%)
I	0.200	44.138	105.000	42.036
II	0.200	26.483	105.000	25.221
III	0.200	10.299	105.000	9.808



		0.1"	0.2"
CBR para el 100% de la maxima densidad seca (%):	1.424	35.00	39.30
CBR para el 95% de la maxima densidad seca (%):	1.353	20.50	24.20

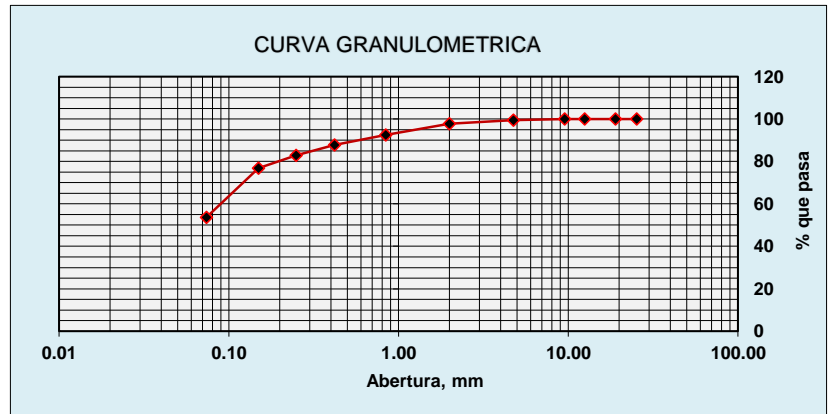


Proyecto: "Cal y cenizas de cáscara de arroz para estabilizar la superficie de rodadura en la vía Santa Clemencia-Chachapoyas"
Localización: Santa Clemencia, Chachapoyas, Distrito de Chimbote, Provincia Santa-Ancash
Muestra: Calicata N°01-Estrato 1 de 0.00 a -1.50 m. **Dosificación:** S76-C4-CCA20
Fecha: Enero del 2019 **Responsables:** Tesistas

1. ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (MTC E 107)

Peso Total de la Muestra (g): 700.00
Peso Final de la Muestra (g): 693.70

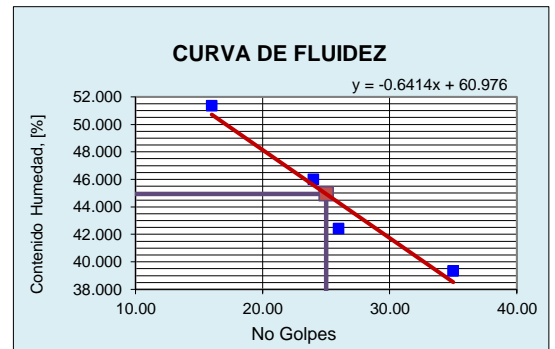
MALLAS	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (grs)	% PASA
1"	25.400	0.000	100.00
3/4"	19.050	0.000	100.00
1/2"	12.500	0.000	100.00
3/8"	9.525	0.000	100.00
Nº 4	4.760	3.880	99.44
Nº 10	2.000	11.530	97.78
Nº 20	0.840	36.280	92.55
Nº 40	0.420	32.300	87.89
Nº 60	0.250	35.250	82.81
Nº 100	0.150	41.890	76.77
Nº 200	0.074	159.740	53.75
< Nº 200		372.830	0.00



2. LIMITES DE CONSISTENCIA (MTC E 110 - MTC E 111)

A. LIMITE LIQUIDO (MTC E 110)

PROCEDIMIENTO	Tara No			
	1	2	3	4
1. No de Golpes	16	24	26	35
2. Peso Tara, [gr]	27.960	27.000	27.040	27.820
3. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	40.700	34.870	37.950	38.860
4. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	36.377	32.390	34.701	35.743
5. Peso Agua, [gr]	4.323	2.480	3.249	3.117
6. Peso Suelo Seco, [gr]	8.417	5.390	7.661	7.923
7. Contenido de Humedad, [%]	51.360	46.010	42.410	39.340



B. LIMITE PLASTICO (MTC E 111)

PROCEDIMIENTO	Tara No		
	1	2	3
1. Peso Tara, [gr]			
2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]			
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]		N.P	
4. Peso Suelo Seco, [gr]			
5. Peso Agua, [gr]			
6. Contenido de Humedad, [%]			

Grava(%)	0.559
Arena (%)	45.696
Finos(%)	53.745
Límite Líquido	44.94
Límite Plástico	N.P
Índice Plasticidad	N.P.
Peso específico	2.600

3. GRAVEDAD ESPECÍFICA (MTC E 113)

PROCEDIMIENTO	Tara No		
	1	2	3
1. Peso Fiola, [gr]	156.370	184.640	173.150
2. Peso suelo seco, [gr]	120.000	120.000	120.000
3. Peso Fiola + Suelo Seco, [gr]	276.370	304.640	293.150
4. Peso Fiola + Agua, [gr]	647.550	680.840	669.210
5. Peso Fiola + Suelo seco + Agua, [gr]	721.510	754.540	743.100
6. Gravedad Especifica, [gr/cm3]	2.606	2.592	2.602
7. Gravedad Especifica Prom, [%]	2.600		



PROCTOR MODIFICADO (MTC E 115)
Proyecto: "Cal y cenizas de cáscara de arroz para estabilizar la superficie de rodadura en la vía Santa Clemencia-Chachapoyas"

Localización: Santa Clemencia, Chachapoyas, Distrito de Chimbote, Provincia Santa-Ancash

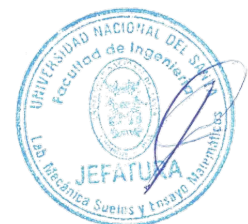
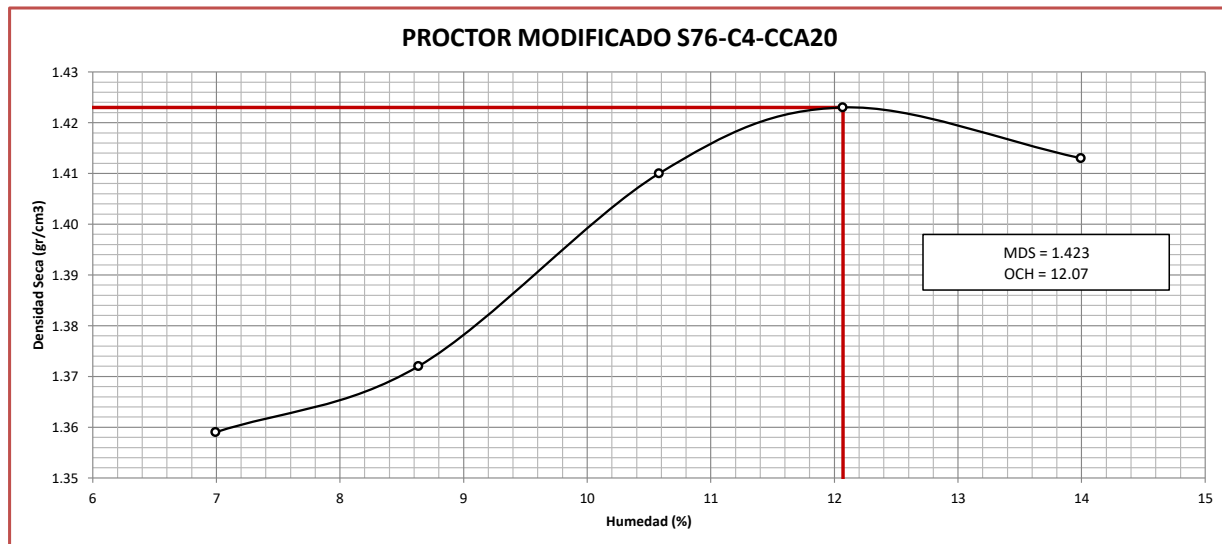
Muestra: Calicata N°01

Dosificación: S76-C4-CCA20

Fecha: Mayo del 2019

Responsables: Tesistas

Ensayo	N°	1	2	3	4	5										
PESO ESPECÍFICO																
Peso de muestra húmeda + molde	gr	3145.00	3180.00	3245.00	3280.00	3295.00										
Peso del molde	gr	1755.00	1755.00	1755.00	1755.00	1755.00										
Peso de muestra húmeda	gr	1390.00	1425.00	1490.00	1525.00	1540.00										
Volúmen del molde	cm ³	956.04	956.04	956.04	956.04	956.04										
Densidad Húmeda	gr/cm ³	1.454	1.491	1.559	1.595	1.611										
CONTENIDO DE HUMEDAD																
Tara	N°	1A	1B	1C	2A	2B	2C	3A	3B	3C	4A	4B	4C	5A	5B	5C
Peso de muestra húmeda + tara	gr	72.753	93.460	63.417	81.612	85.062	91.461	79.320	89.630	88.425	82.758	55.786	87.632	84.880	82.571	68.957
Peso muestra seca + tara	gr	69.484	89.884	60.638	77.125	80.235	86.976	73.926	84.459	82.530	77.461	51.126	81.712	78.297	74.685	62.712
Peso del agua	gr	3.269	3.576	2.779	4.487	4.827	4.485	5.394	5.171	5.895	5.297	4.660	5.920	6.583	7.886	6.245
Peso de tara	gr	23.377	39.840	19.435	27.571	28.164	27.785	27.549	27.175	29.363	27.880	18.196	29.623	23.542	21.741	21.267
Peso de la muestra seca	gr	46.107	50.044	41.203	49.554	52.071	59.191	46.377	57.284	53.167	49.581	32.930	52.089	54.755	52.944	41.445
Contenido de humedad	%	6.993			8.634			10.582			12.067			13.995		
PESO ESPECÍFICO SECO																
Densidad seca	gr/cm ³	1.359		1.372		1.410		1.423		1.413						





UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

VALOR SOPORTE RELATIVO (C.B.R.) ASTM - D 1883

Proyecto: "Cal y cenizas de cáscara de arroz para estabilizar la superficie de rodadura en la vía Santa Clemencia-Chachapoyas"
Localización: Santa Clemencia, Chachapoyas, Distrito de Chimbote, Provincia Santa-Ancash
Muestra: Calicata N°01-Estrato 1 de 0.00 a -1.50 m. **Dosificación:** S76-C4-CCA20
Fecha: Junio del 2019

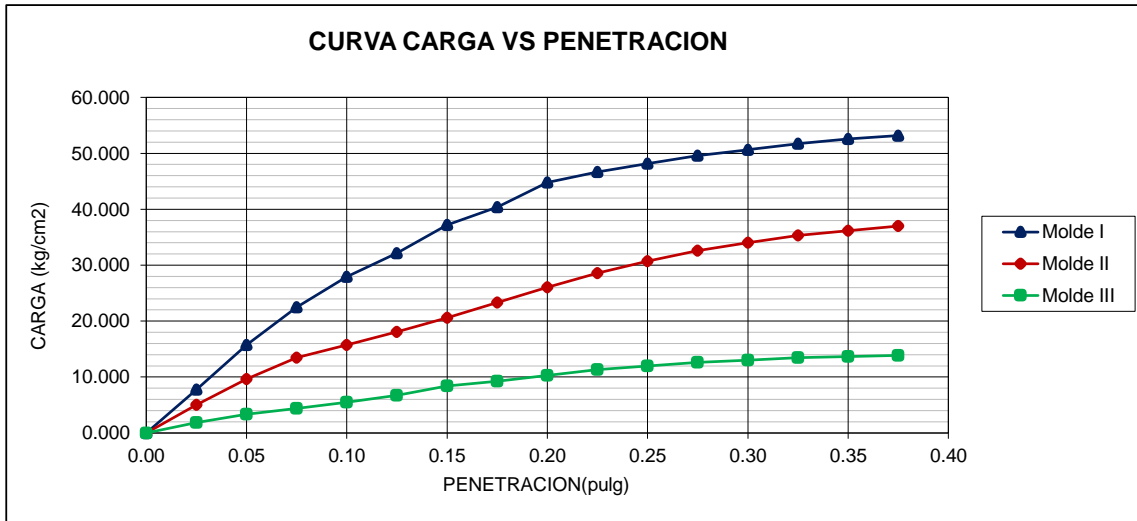
MUESTRA: TERRENO NATURAL - C 01

DENSIDAD MAXIMA: 1.392
HUMEDAD OPTIMA: 10.2

COMPACTACION DE LOS MOLDES CBR			
Molde N°	I	II	III
Altura Molde	11.6	11.5	11.6
Diámetro Molde	15.2	15.2	15.2
Capas N°	5	5	5
Golpes por capa N°	55	26	12
CONDICIONES DE LA MUESTRA			
	Despues de mojado	Despues de mojado	Despues de mojado
Peso del molde + suelo húmedo (grs)	10075	9825	9795
Peso del molde (gramos)	6780	6700	6760
Peso del suelo húmedo (grs.)	3295	3125	3035
Volumen del molde (cc)	2105	2087	2105
Densidad húmeda (grs./cm3)	1.565	1.498	1.442
Densidad seca (grs./cm3)	1.417	1.357	1.300
CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA			
Tarro N°	1	2	3
Peso del tarro + suelo húmedo (grs.)	88.198	79.993	77.013
Peso del tarro + suelo seco (grs.)	82.493	75.311	72.354
Peso del tarro (grs.)	27.888	29.932	29.552
Peso del agua (grs.)	5.71	4.68	4.66
Peso del suelo seco (grs.)	54.61	45.38	42.80
% de humedad	10.45	10.32	10.89

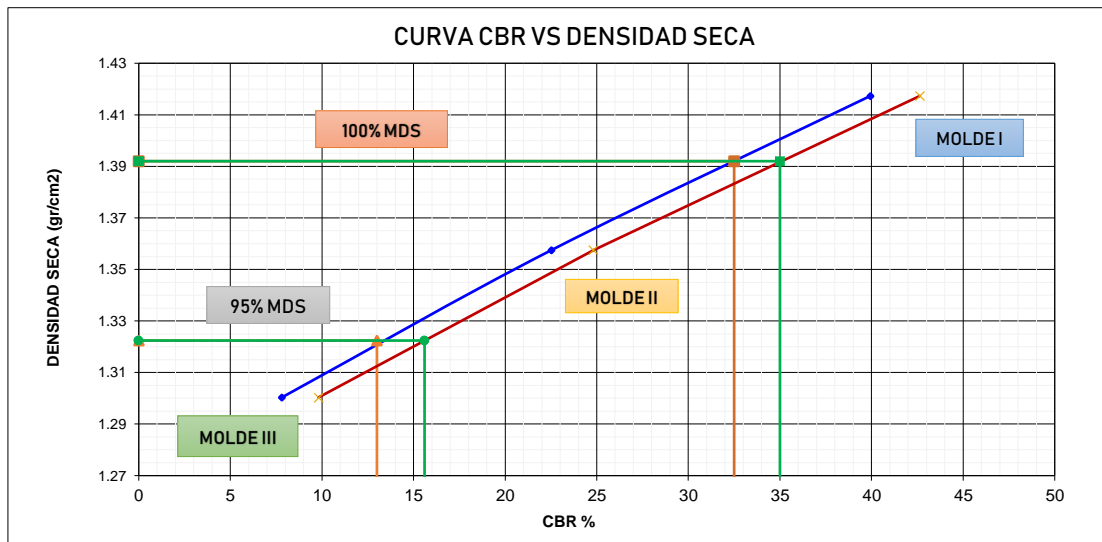
PRUEBA DE PENETRACION								
PENETRACIÓN		Carga Estándar kg/cm2	Molde N° I		Molde N° II		Molde N° III	
pulg	mm		LECTURA	PRESIÓN	LECTURA	PRESIÓN	LECTURA	PRESIÓN
0.000	0.000			0.000		0.000		0.000
0.025	0.025		1.480	7.777	0.960	5.044	0.360	1.892
0.050	0.050		3.000	15.763	1.840	9.668	0.640	3.363
0.075	0.075		4.280	22.489	2.560	13.451	0.840	4.414
0.100	0.100	70.000	5.320	27.954	3.000	15.763	1.040	5.465
0.125	0.125		6.120	32.157	3.440	18.075	1.280	6.726
0.150	0.150		7.080	37.202	3.920	20.598	1.600	8.407
0.175	0.175		7.680	40.354	4.440	23.330	1.760	9.248
0.200	0.200	105.000	8.520	44.768	4.960	26.062	1.960	10.299
0.225	0.225		8.880	46.660	5.440	28.584	2.160	11.350
0.250	0.250		9.160	48.131	5.840	30.686	2.280	11.980
0.275	0.275		9.440	49.602	6.200	32.578	2.400	12.611
0.300	0.300	133.000	9.640	50.653	6.480	34.049	2.480	13.031
0.325	0.325		9.840	51.704	6.720	35.310	2.560	13.451
0.350	0.350		10.000	52.545	6.880	36.151	2.600	13.662
0.375	0.375		10.120	53.175	7.040	36.991	2.640	13.872
0.400	0.400							





Molde	Penetracion (pulg.)	Presion Aplicada (kg/cm ²)	Presion Patrón (kg/cm ²)	C.B.R. (%)
I	0.100	27.954	70.000	39.934
II	0.100	15.763	70.000	22.519
III	0.100	5.465	70.000	7.807

Molde	Penetracion (pulg.)	Presion Aplicada (kg/cm ²)	Presion Patrón (kg/cm ²)	C.B.R. (%)
I	0.200	44.768	105.000	42.636
II	0.200	26.062	105.000	24.821
III	0.200	10.299	105.000	9.808



		0.1"	0.2"
CBR para el 100% de la maxima densidad seca (%):	1.392	32.50	35.00
CBR para el 95% de la maxima densidad seca (%):	1.322	13.00	15.60

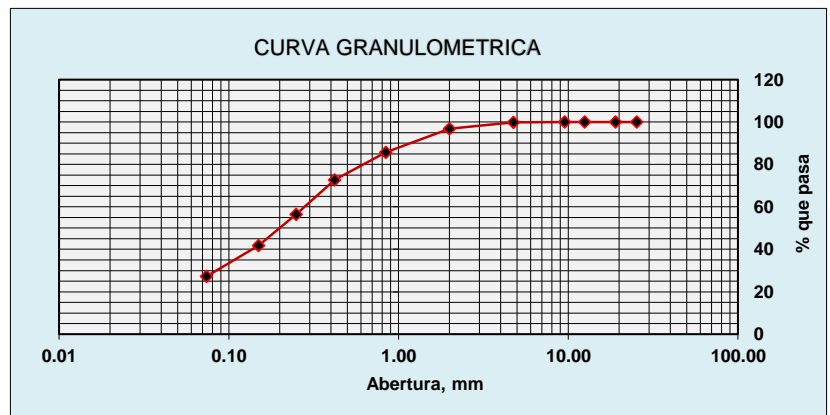


Proyecto: "Cal y cenizas de cáscara de arroz para estabilizar la superficie de rodadura en la vía Santa Clemencia-Chachapoyas"
Localización: Santa Clemencia, Chachapoyas, Distrito de Chimbote, Provincia Santa-Ancash
Muestra: Calicata N°01-Estrato 1 de 0.00 a -1.50 m. **Dosificación:** S78-C2-CCA20
Fecha: Enero del 2019 **Responsables:** Tesistas

1. ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (MTC E 107)

Peso Total de la Muestra (g): 600.00
Peso Final de la Muestra (g): 598.00

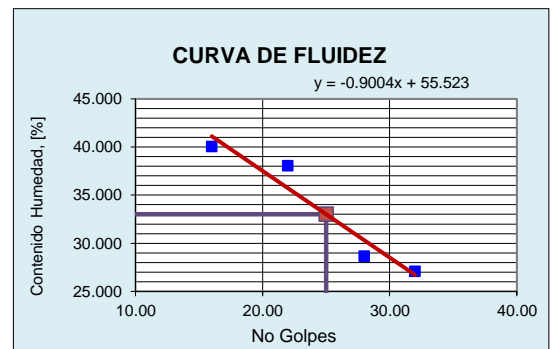
MALLAS	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (grs)	% PASA
1"	25.400	0.000	100.00
3/4"	19.050	0.000	100.00
1/2"	12.500	0.000	100.00
3/8"	9.525	0.000	100.00
Nº 4	4.760	1.000	99.83
Nº 10	2.000	18.000	96.82
Nº 20	0.840	66.000	85.79
Nº 40	0.420	78.000	72.74
Nº 60	0.250	97.000	56.52
Nº 100	0.150	88.000	41.81
Nº 200	0.074	87.000	27.26
< Nº 200		163.000	0.00



2. LIMITES DE CONSISTENCIA (MTC E 110 - MTC E 111)

A. LIMITE LIQUIDO (MTC E 110)

PROCEDIMIENTO	Tara No			
	1	2	3	4
1. No de Golpes	16	22	28	32
2. Peso Tara, [gr]	27.459	27.852	26.799	27.528
3. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	39.737	38.244	44.324	42.236
4. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	36.225	35.379	40.419	39.104
5. Peso Agua, [gr]	3.512	2.865	3.905	3.132
6. Peso Suelo Seco, [gr]	8.766	7.527	13.620	11.576
7. Contenido de Humedad, [%]	40.060	38.060	28.670	27.060



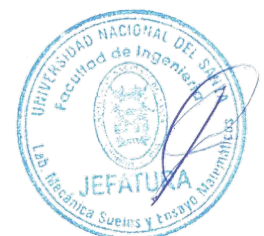
B. LIMITE PLASTICO (MTC E 111)

PROCEDIMIENTO	Tara No		
	1	2	3
1. Peso Tara, [gr]			
2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]			
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]		N.P	
4. Peso Suelo Seco, [gr]			
5. Peso Agua, [gr]			
6. Contenido de Humedad, [%]			

Grava(%)	0.167
Arena (%)	72.575
Finos(%)	27.258
Límite Líquido	33.01
Límite Plástico	N.P
Índice Plasticidad	N.P.
Peso específico	2.552

3. GRAVEDAD ESPECÍFICA (MTC E 113)

PROCEDIMIENTO	Tara No		
	1	2	3
1. Peso Fiola, [gr]	178.000	178.000	177.000
2. Peso suelo seco, [gr]	125.000	125.000	125.000
3. Peso Fiola + Suelo Seco, [gr]	303.000	303.000	302.000
4. Peso Fiola + Agua, [gr]	675.000	675.390	675.640
5. Peso Fiola + Suelo seco + Agua, [gr]	751.000	750.000	753.000
6. Gravedad Especifica, [gr/cm3]	2.551	2.481	2.624
7. Gravedad Especifica Prom, [%]	2.552		



PROCTOR MODIFICADO (MTC E 115)
Proyecto: "Cal y cenizas de cáscara de arroz para estabilizar la superficie de rodadura en la vía Santa Clemencia-Chachapoyas"

Localización: Santa Clemencia, Chachapoyas, Distrito de Chimbote, Provincia Santa-Ancash

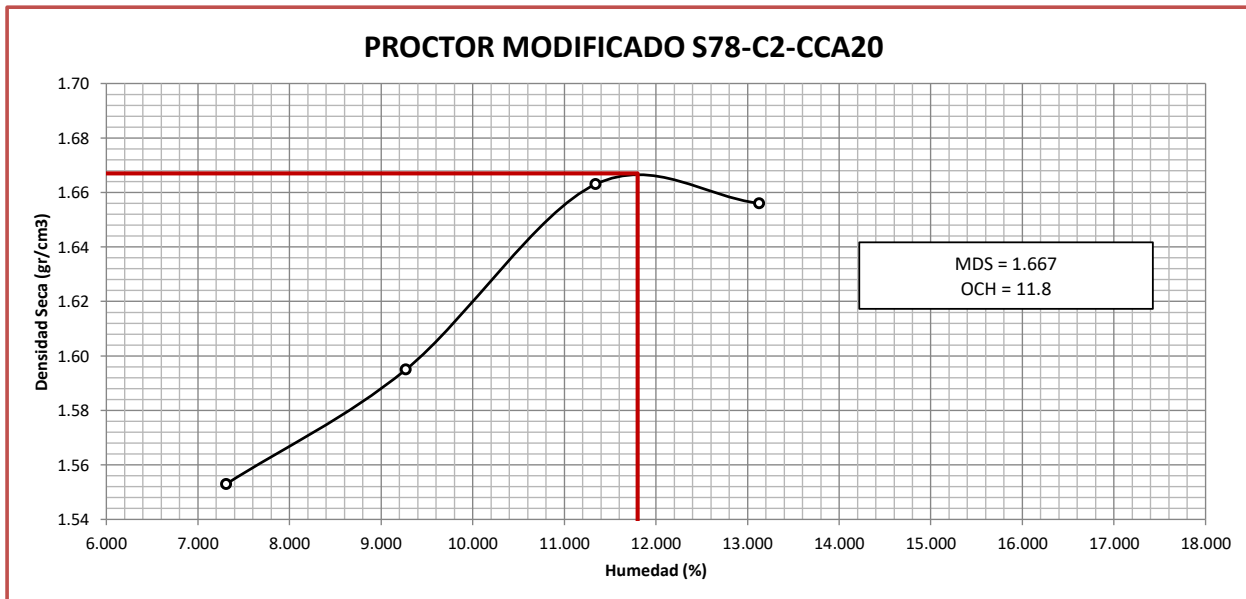
Muestra: Calicata N°01

Dosificación: S78-C2-CCA20

Fecha: Mayo del 2019

Responsables: Tesistas

Ensayo	N°	1	2	3	4								
PESO ESPECÍFICO													
Peso de muestra húmeda + molde	gr	5815.00	5890.00	5995.00	6015.00								
Peso del molde	gr	4205.00	4205.00	4205.00	4205.00								
Peso de muestra húmeda	gr	1610.00	1685.00	1790.00	1810.00								
Volúmen del molde	cm ³	966.55	966.55	966.55	966.55								
Densidad Húmeda	gr/cm ³	1.666	1.743	1.852	1.873								
CONTENIDO DE HUMEDAD													
Tara	N°	1A	1B	1C	2A	2B	2C	3A	3B	3C	4A	4B	4C
Peso de muestra húmeda + tara	gr	50.000	55.000	51.000	48.500	46.200	47.852	66.100	65.800	66.500	73.500	73.300	73.800
Peso muestra seca + tara	gr	48.250	53.450	49.424	46.632	44.675	46.094	61.993	62.117	62.681	68.217	68.153	68.614
Peso del agua	gr	1.750	1.550	1.576	1.868	1.525	1.758	4.107	3.683	3.819	5.283	5.147	5.186
Peso de tara	gr	27.850	27.800	27.853	27.300	27.500	27.126	27.800	27.600	28.997	28.450	28.500	29.100
Peso de la muestra seca	gr	20.400	25.650	21.571	19.332	17.175	18.968	34.193	34.517	33.684	39.767	39.653	39.514
Contenido de humedad	%	7.309			9.270			11.340			13.130		
PESO ESPECÍFICO SECO													
Densidad seca	gr/cm ³	1.553		1.595		1.663		1.656					





UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

VALOR SOPORTE RELATIVO (C.B.R.) ASTM - D 1883

Proyecto: "Cal y cenizas de cáscara de arroz para estabilizar la superficie de rodadura en la vía Santa Clemencia-Chachapoyas"

Localización: Santa Clemencia, Chachapoyas, Distrito de Chimbote, Provincia Santa-Ancash

Muestra: Calicata N°01-Estrato 1 de 0.00 a -1.50 m. S78-C2-CCA20

Fecha: Junio del 2019

MUESTRA: TERRENO NATURAL - C 01

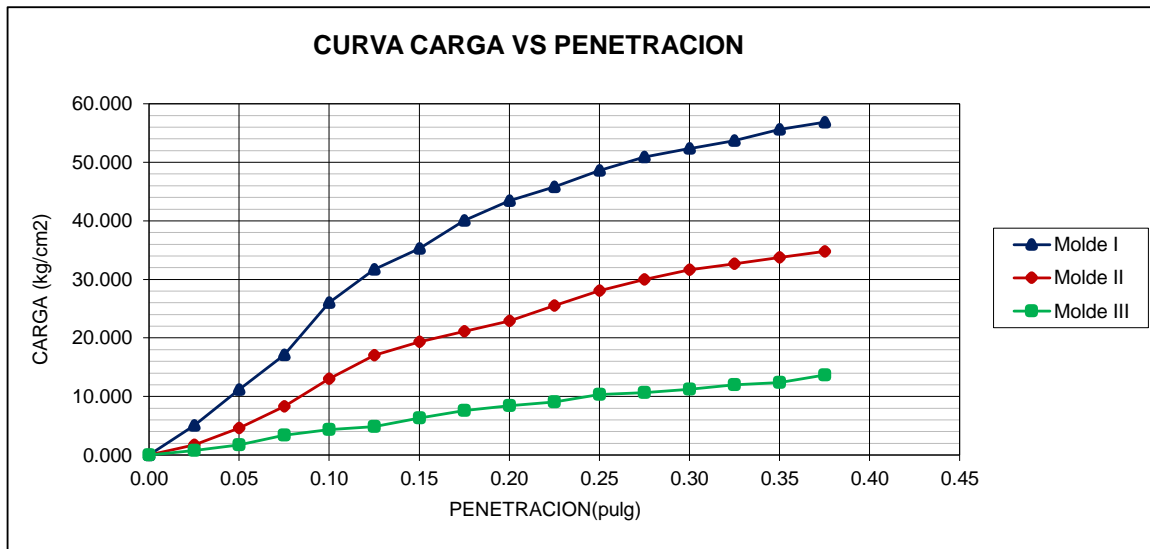
DENSIDAD MAXIMA: 1.667

HUMEDAD OPTIMA: 11.800

COMPACTACION DE LOS MOLDES CBR			
Molde N°	I	II	III
Altura Molde	11.6	11.6	11.6
Diámetro Molde	15.2	15.2	15.2
Capas N°	5	5	5
Golpes por capa N°	55	26	12
CONDICIONES DE LA MUESTRA			
	Despues de mojado	Despues de mojado	Despues de mojado
Peso del molde + suelo húmedo (grs)	10735	10405	10265
Peso del molde (gramos)	6775	6695	6760
Peso del suelo húmedo (grs.)	3960	3710	3505
Volumen del molde (cc)	2105	2105	2105
Densidad húmeda (grs./cm3)	1.881	1.763	1.665
Densidad seca (grs./cm3)	1.688	1.577	1.506
CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA			
Tarro N°	1	2	3
Peso del tarro + suelo húmedo (grs.)	30.440	33.300	39.590
Peso del tarro + suelo seco (grs.)	30.228	32.857	38.391
Peso del tarro (grs.)	28.38	29.1	27.06
Peso del agua (grs.)	0.21	0.44	1.20
Peso del suelo seco (grs.)	1.85	3.76	11.33
% de humedad	11.47	11.79	10.58

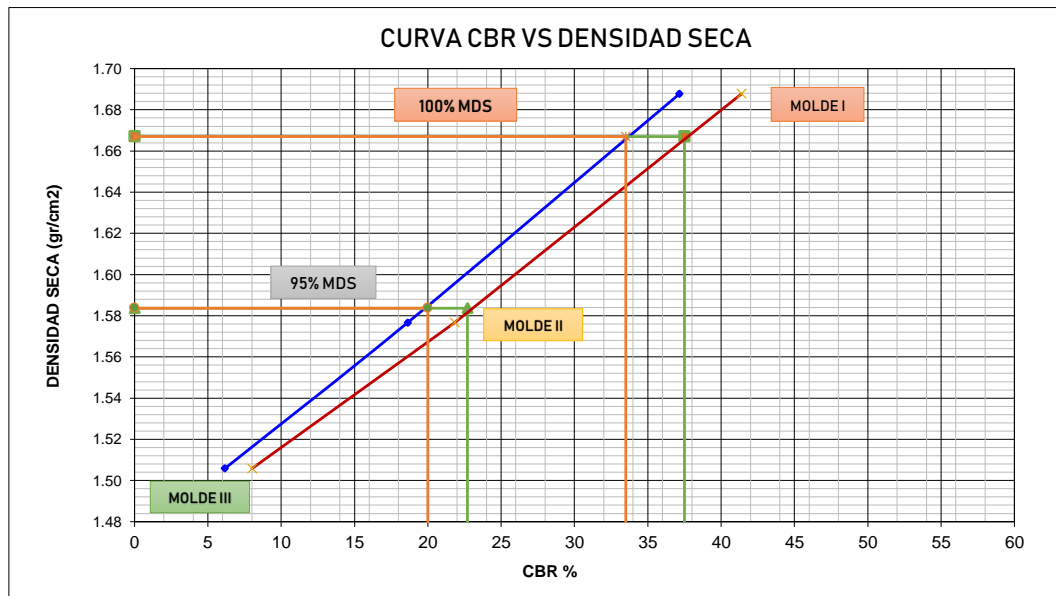
PRUEBA DE PENETRACION								
PENETRACIÓN		Carga Estándar kg/cm2	Molde N° I		Molde N° II		Molde N° III	
			LECTURA	PRESIÓN	LECTURA	PRESIÓN	LECTURA	PRESIÓN
pulg	mm							
0.000	0.000			0.000		0.000		0.000
0.025	0.025		0.963	5.060	0.330	1.734	0.150	0.788
0.050	0.050		2.130	11.192	0.870	4.571	0.330	1.734
0.075	0.075		3.259	17.124	1.580	8.302	0.640	3.363
0.100	0.100	70.000	4.950	26.010	2.480	13.031	0.820	4.309
0.125	0.125		6.035	31.711	3.240	17.024	0.923	4.850
0.150	0.150		6.710	35.258	3.680	19.336	1.205	6.332
0.175	0.175		7.620	40.039	4.020	21.123	1.449	7.614
0.200	0.200	105.000	8.270	43.455	4.360	22.910	1.600	8.407
0.225	0.225		8.720	45.819	4.850	25.484	1.723	9.053
0.250	0.250		9.250	48.604	5.340	28.059	1.963	10.315
0.275	0.275		9.690	50.916	5.710	30.003	2.025	10.640
0.300	0.300	133.000	9.960	52.335	6.020	31.632	2.136	11.224
0.325	0.325		10.220	53.701	6.210	32.630	2.279	11.975
0.350	0.350		10.580	55.592	6.420	33.734	2.360	12.401
0.375	0.375		10.820	56.853	6.620	34.785	2.600	13.662
0.400	0.400							





Molde	Penetración (pulg.)	Presión Aplicada (kg/cm ²)	Presión Patrón (kg/cm ²)	C.B.R. (%)
I	0.100	26.010	70.000	37.157
II	0.100	13.031	70.000	18.616
III	0.100	4.309	70.000	6.155

Molde	Penetración (pulg.)	Presión Aplicada (kg/cm ²)	Presión Patrón (kg/cm ²)	C.B.R. (%)
I	0.200	43.455	105.000	41.385
II	0.200	22.910	105.000	21.819
III	0.200	8.407	105.000	8.007



		0.1"	0.2"
CBR para el 100% de la máxima densidad seca (%):	1.667	37.50	33.50
CBR para el 95% de la máxima densidad seca (%):	1.584	22.70	20.00

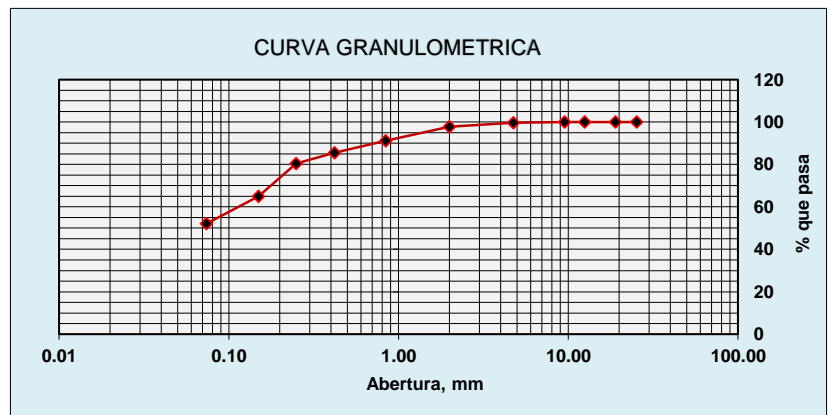


Proyecto: "Cal y cenizas de cáscara de arroz para estabilizar la superficie de rodadura en la vía Santa Clemencia-Chachapoyas"
Localización: Santa Clemencia, Chachapoyas, Distrito de Chimbote, Provincia Santa-Ancash
Muestra: Calicata N°01-Estrato 1 de 0.00 a -1.50 m. **Dosificación:** S84-C6-CCA10
Fecha: Enero del 2019 **Responsables:** Tesistas

1. ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (MTC E 107)

Peso Total de la Muestra (g): 700.00
Peso Final de la Muestra (g): 694.86

MALLAS	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (grs)	% PASA
1"	25.400	0.000	100.00
3/4"	19.050	0.000	100.00
1/2"	12.500	0.000	100.00
3/8"	9.525	0.000	100.00
Nº 4	4.760	2.570	99.63
Nº 10	2.000	12.800	97.79
Nº 20	0.840	45.650	91.22
Nº 40	0.420	39.110	85.59
Nº 60	0.250	35.270	80.51
Nº 100	0.150	107.970	64.98
Nº 200	0.074	89.250	52.13
< N° 200		362.240	0.00



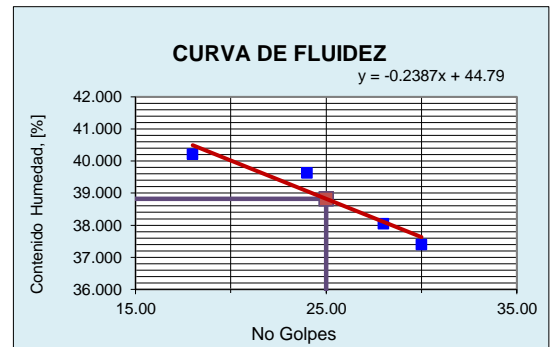
2. LIMITES DE CONSISTENCIA (MTC E 110 - MTC E 111)

A. LIMITE LIQUIDO (MTC E 110)

PROCEDIMIENTO	Tara No			
	1	2	3	4
1. No de Golpes	18	24	28	30
2. Peso Tara, [gr]	27.281	27.715	27.712	27.036
3. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	37.652	39.734	41.591	39.872
4. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	34.677	36.323	37.766	36.378
5. Peso Agua, [gr]	2.975	3.411	3.825	3.494
6. Peso Suelo Seco, [gr]	7.396	8.608	10.054	9.342
7. Contenido de Humedad, [%]	40.220	39.630	38.040	37.400

B. LIMITE PLASTICO (MTC E 111)

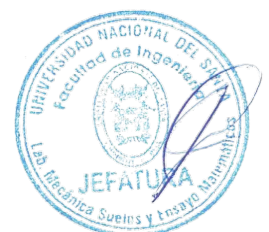
PROCEDIMIENTO	Tara No		
	1	2	3
1. Peso Tara, [gr]	28.205	27.196	28.460
2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	29.508	28.914	30.031
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	29.188	28.469	29.586
4. Peso Suelo Seco, [gr]	0.983	1.273	1.126
5. Peso Agua, [gr]	0.320	0.445	0.445
6. Contenido de Humedad, [%]	32.550	34.960	39.520



Grava(%)	0.370
Arena (%)	47.499
Finos(%)	52.131
Límite Líquido	38.82
Límite Plástico	35.68
Índice Plasticidad	3.14
Peso específico	2.653

3. GRAVEDAD ESPECÍFICA (MTC E 113)

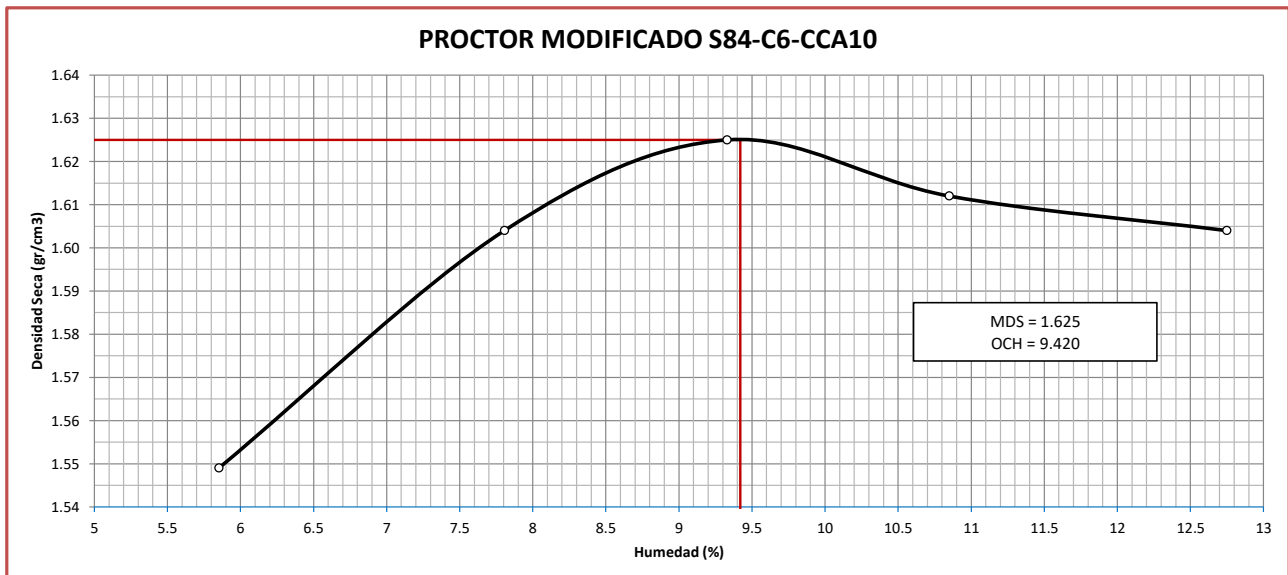
PROCEDIMIENTO	Tara No		
	1	2	3
1. Peso Fiola, [gr]	158.790	177.690	178.740
2. Peso suelo seco, [gr]	125.000	125.000	125.000
3. Peso Fiola + Suelo Seco, [gr]	283.790	302.690	303.740
4. Peso Fiola + Agua, [gr]	655.260	674.110	675.180
5. Peso Fiola + Suelo seco + Agua, [gr]	733.140	752.070	753.010
6. Gravedad Especifica, [gr/cm3]	2.653	2.657	2.650
7. Gravedad Especifica Prom, [%]	2.653		



PROCTOR MODIFICADO (MTC E 115)

Proyecto: "Cal y cenizas de cáscara de arroz para estabilizar la superficie de rodadura en la vía Santa Clemencia-Chachapoyas"
Localización: Santa Clemencia, Chachapoyas, Distrito de Chimbote, Provincia Santa-Ancaash
Muestra: Calicata N°01 **Dosificación:** S84-C6-CCA10
Fecha: Mayo del 2019 **Responsables:** Tesistas

Ensayo	N°	1	2	3	4	5											
PESO ESPECÍFICO																	
Peso de muestra húmeda + molde	gr	3555.00	3640.00	3685.00	3695.00	3715.00											
Peso del molde	gr	2000.00	2000.00	2000.00	2000.00	2000.00											
Peso de muestra húmeda	gr	1555.00	1640.00	1685.00	1695.00	1715.00											
Volúmen del molde	cm ³	948.45	948.45	948.45	948.45	948.45											
Densidad Húmeda	gr/cm ³	1.640	1.729	1.777	1.787	1.808											
CONTENIDO DE HUMEDAD																	
Tara	N°	1A	1B	1C	2A	2B	2C	3A	3B	3C	4A	4B	4C	5A	5B	5C	
Peso de muestra húmeda + tara	gr	65.070	80.643	76.641	72.275	81.017	84.865	73.075	78.195	93.186	75.188	84.250	79.275	79.463	86.232	78.453	
Peso muestra seca + tara	gr	63.545	77.339	73.565	69.396	76.956	80.587	69.348	73.470	87.832	70.709	78.624	74.196	73.827	79.361	72.781	
Peso del agua	gr	1.525	3.304	3.076	2.879	4.061	4.278	3.727	4.725	5.354	4.479	5.626	5.079	5.636	6.871	5.672	
Peso de tara	gr	27.265	27.774	27.560	27.731	27.477	29.048	27.642	27.179	27.303	29.036	26.875	27.715	27.567	29.122	26.990	
Peso de la muestra seca	gr	36.280	49.565	46.005	41.665	49.479	51.539	41.706	46.291	60.529	41.673	51.749	46.481	46.260	50.239	45.791	
Contenido de humedad	%	5.852			7.806			9.330			10.849			12.749			
PESO ESPECÍFICO SECO																	
Densidad seca	gr/cm ³	1.549		1.604		1.625		1.612		1.604							





UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

VALOR SOPORTE RELATIVO (C.B.R.) ASTM - D 1883

Proyecto: "Cal y cenizas de cáscara de arroz para estabilizar la superficie de rodadura en la vía Santa Clemencia-Chachapoyas"
Localización: Santa Clemencia, Chachapoyas, Distrito de Chimbote, Provincia Santa-Ancash
Muestra: Calicata N°01 **Dosificación:** S84-C6-CCA10
Fecha: Junio del 2019

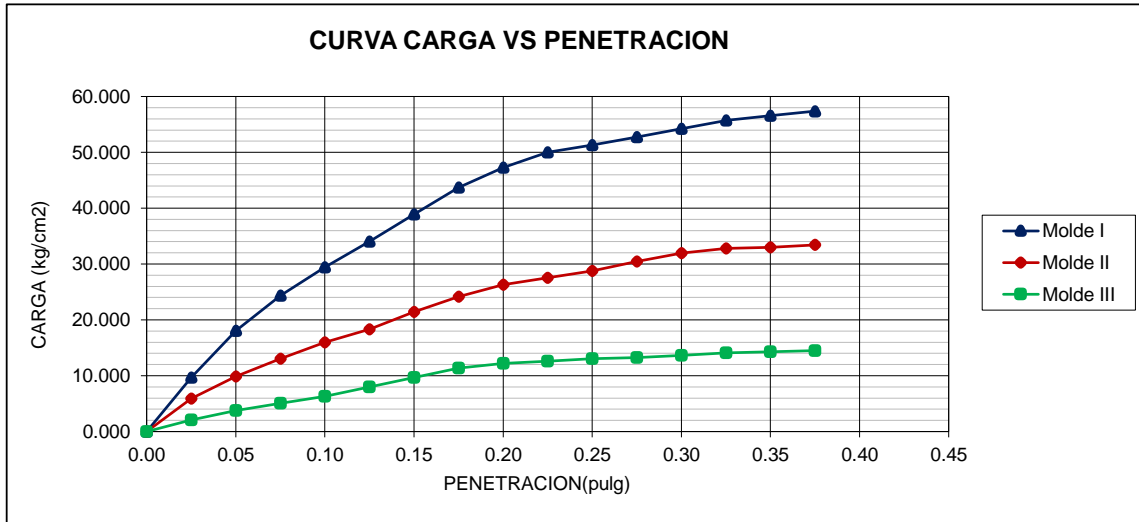
MUESTRA: TERRENO NATURAL - C 01

DENSIDAD MAXIMA: 1.625
HUMEDAD OPTIMA: 9.42

COMPACTACION DE LOS MOLDES CBR			
Molde N°	I	II	III
Altura Molde	11.6	11.55	11.6
Diámetro Molde	15.2	15.2	15.2
Capas N°	5	5	5
Golpes por capa N°	55	26	12
CONDICIONES DE LA MUESTRA			
	Despues de mojado	Despues de mojado	Despues de mojado
Peso del molde + suelo húmedo (grs)	10595	10345	10275
Peso del molde (gramos)	6780	6706	6760
Peso del suelo húmedo (grs.)	3815	3639	3515
Volumen del molde (cc)	2105	2096	2105
Densidad húmeda (grs./cm3)	1.812	1.736	1.670
Densidad seca (grs./cm3)	1.654	1.572	1.495
CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA			
Tarro N°	1	2	3
Peso del tarro + suelo húmedo (grs.)	94.985	94.241	87.563
Peso del tarro + suelo seco (grs.)	89.223	88.152	81.324
Peso del tarro (grs.)	29.038	29.772	27.902
Peso del agua (grs.)	5.76	6.09	6.24
Peso del suelo seco (grs.)	60.19	58.38	53.42
% de humedad	9.57	10.43	11.68

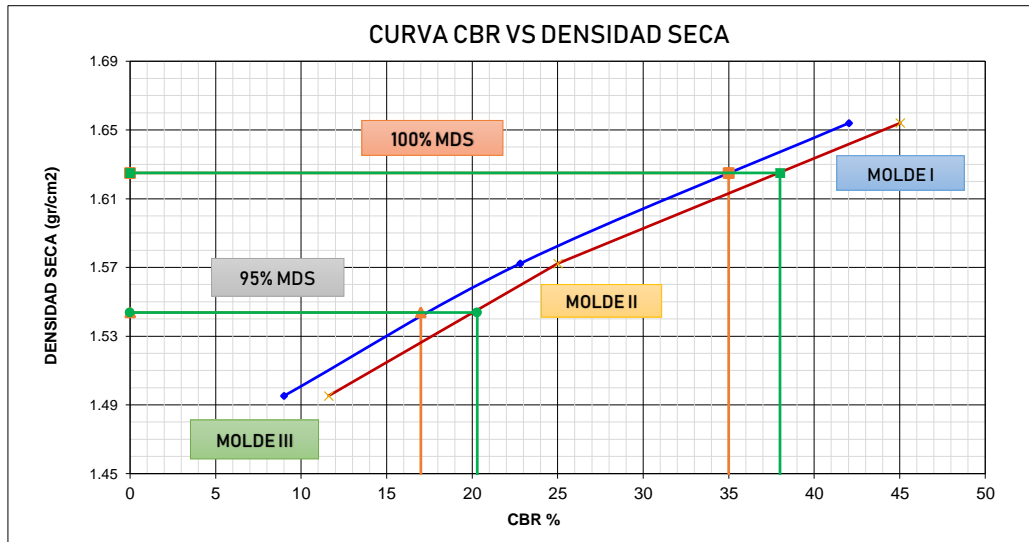
PRUEBA DE PENETRACION								
PENETRACIÓN		Carga Estándar kg/cm2	Molde N° I		Molde N° II		Molde N° III	
pulg	mm		LECTURA	PRESIÓN	LECTURA	PRESIÓN	LECTURA	PRESIÓN
0.000	0.000			0.000				0.000
0.025	0.025		1.840	9.668	1.120	5.885	0.400	2.102
0.050	0.050		3.440	18.075	1.880	9.878	0.720	3.783
0.075	0.075		4.640	24.381	2.480	13.031	0.960	5.044
0.100	0.100	70.000	5.600	29.425	3.040	15.974	1.200	6.305
0.125	0.125		6.480	34.049	3.480	18.286	1.520	7.987
0.150	0.150		7.400	38.883	4.080	21.438	1.840	9.668
0.175	0.175		8.320	43.717	4.600	24.171	2.160	11.350
0.200	0.200	105.000	9.000	47.290	5.000	26.272	2.320	12.190
0.225	0.225		9.520	50.023	5.240	27.533	2.400	12.611
0.250	0.250		9.760	51.284	5.480	28.795	2.480	13.031
0.275	0.275		10.040	52.755	5.800	30.476	2.520	13.241
0.300	0.300	133.000	10.320	54.226	6.080	31.947	2.600	13.662
0.325	0.325		10.600	55.697	6.240	32.788	2.680	14.082
0.350	0.350		10.760	56.538	6.280	32.998	2.720	14.292
0.375	0.375		10.920	57.379	6.360	33.418	2.760	14.502
0.400	0.400							





Molde	Penetración (pulg.)	Presión Aplicada (kg/cm ²)	Presión Patrón (kg/cm ²)	C.B.R. (%)
I	0.100	29.425	70.000	42.036
II	0.100	15.974	70.000	22.819
III	0.100	6.305	70.000	9.008

Molde	Penetración (pulg.)	Presión Aplicada (kg/cm ²)	Presión Patrón (kg/cm ²)	C.B.R. (%)
I	0.200	47.290	105.000	45.038
II	0.200	26.272	105.000	25.021
III	0.200	12.190	105.000	11.610



		0.1"	0.2"
CBR para el 100% de la máxima densidad seca (%):	1.625	35.00	38.00
CBR para el 95% de la máxima densidad seca (%):	1.544	17.00	20.30

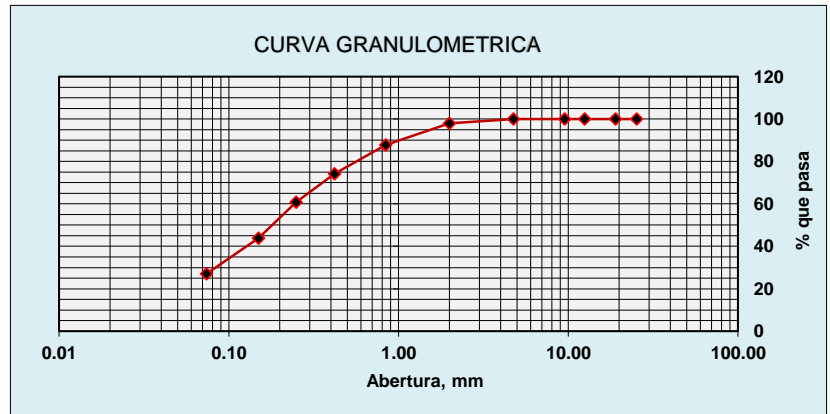


Proyecto: "Cal y cenizas de cáscara de arroz para estabilizar la superficie de rodadura en la vía Santa Clemencia-Chachapoyas"
Localización: Santa Clemencia, Chachapoyas, Distrito de Chimbote, Provincia Santa-Ancash
Muestra: Calicata N°01-Estrato 1 de 0.00 a -1.50 m. **Dosificación:** S86-C4-CCA10
Fecha: Enero del 2019 **Responsables:** Tesistas

1. ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (MTC E 107)

Peso Total de la Muestra (g): 600.00
Peso Final de la Muestra (g): 598.00

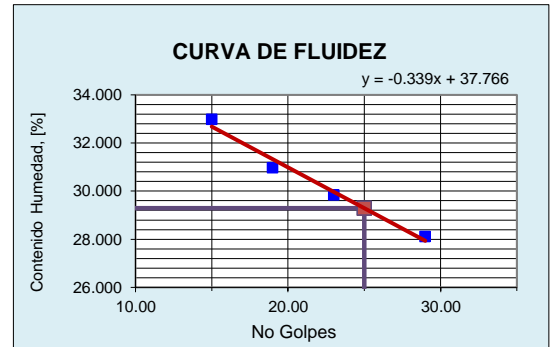
MALLAS	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (grs)	% PASA
1"	25.400	0.000	100.00
3/4"	19.050	0.000	100.00
1/2"	12.500	0.000	100.00
3/8"	9.525	0.000	100.00
Nº 4	4.760	0.000	100.00
Nº 10	2.000	12.000	97.99
Nº 20	0.840	61.000	87.79
Nº 40	0.420	81.000	74.25
Nº 60	0.250	80.000	60.87
Nº 100	0.150	102.000	43.81
Nº 200	0.074	100.000	27.09
< Nº 200		162.000	0.00



2. LIMITES DE CONSISTENCIA (MTC E 110 - MTC E 111)

A. LIMITE LIQUIDO (MTC E 110)

PROCEDIMIENTO	Tara No			
	1	2	3	4
1. No de Golpes	15	19	23	29
2. Peso Tara, [gr]	27.528	27.702	27.234	28.136
3. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	39.513	39.356	38.951	40.025
4. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	36.540	36.600	36.258	37.416
5. Peso Agua, [gr]	2.973	2.756	2.693	2.609
6. Peso Suelo Seco, [gr]	9.012	8.898	9.024	9.280
7. Contenido de Humedad, [%]	32.990	30.970	29.840	28.110



B. LIMITE PLASTICO (MTC E 111)

PROCEDIMIENTO	Tara No		
	1	2	3
1. Peso Tara, [gr]			
2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]			
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]		N.P	
4. Peso Suelo Seco, [gr]			
5. Peso Agua, [gr]			
6. Contenido de Humedad, [%]			

Grava(%)	0.000
Arena (%)	72.910
Finos(%)	27.090
Límite Líquido	29.29
Límite Plástico	N.P
Índice Plasticidad	N.P.
Peso específico	2.660

3. GRAVEDAD ESPECÍFICA (MTC E 113)

PROCEDIMIENTO	Tara No		
	1	2	3
1. Peso Fiola, [gr]	144.000	178.000	159.000
2. Peso suelo seco, [gr]	125.000	125.000	125.000
3. Peso Fiola + Suelo Seco, [gr]	269.000	303.000	284.000
4. Peso Fiola + Agua, [gr]	642.000	676.000	657.000
5. Peso Fiola + Suelo seco + Agua, [gr]	720.000	753.000	736.000
6. Gravedad Especifica, [gr/cm3]	2.660	2.604	2.717
7. Gravedad Especifica Prom, [%]	2.660		



PROCTOR MODIFICADO (MTC E 115)
Proyecto: "Cal y cenizas de cáscara de arroz para estabilizar la superficie de rodadura en la vía Santa Clemencia-Chachapoyas"

Localización: Santa Clemencia, Chachapoyas, Distrito de Chimbote, Provincia Santa-Ancash

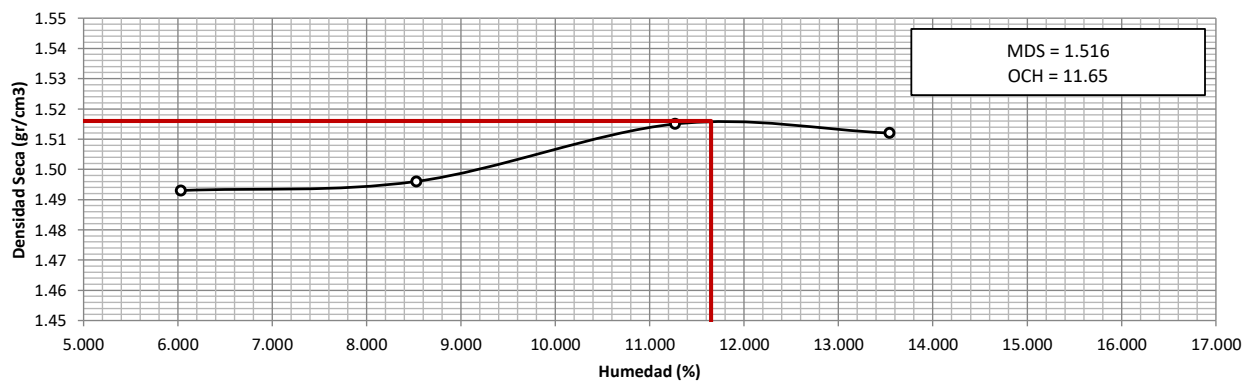
Muestra: Calicata N°01

Dosificación: S86-C4-CCA10

Fecha: Mayo del 2019

Responsables: Tesistas

Ensayo	N°	1	2	3	4								
PESO ESPECÍFICO													
Peso de muestra húmeda + molde	gr	5735.00	5775.00	5835.00	5865.00								
Peso del molde	gr	4205.00	4205.00	4205.00	4205.00								
Peso de muestra húmeda	gr	1530.00	1570.00	1630.00	1660.00								
Volúmen del molde	cm ³	966.55	966.55	966.55	966.55								
Densidad Húmeda	gr/cm ³	1.583	1.624	1.686	1.717								
CONTENIDO DE HUMEDAD													
Tara	N°	1A	1B	1C	2A	2B	2C	3A	3B	3C	4A	4B	4C
Peso de muestra húmeda + tara	gr	74.910	77.200	77.200	85.820	84.260	84.260	81.090	82.690	82.690	86.950	87.360	87.032
Peso muestra seca + tara	gr	72.070	74.540	74.540	81.410	79.740	79.740	75.550	77.240	77.240	80.190	79.960	79.960
Peso del agua	gr	2.840	2.660	2.660	4.410	4.520	4.520	5.540	5.450	5.450	6.760	7.400	7.072
Peso de tara	gr	27.810	28.610	29.310	27.850	28.070	27.150	27.360	27.420	29.300	27.100	28.070	28.080
Peso de la muestra seca	gr	44.260	45.930	45.230	53.560	51.670	52.590	48.190	49.820	47.940	53.090	51.890	51.880
Contenido de humedad	%	6.030			8.525			11.268			13.542		
PESO ESPECÍFICO SECO													
Densidad seca	gr/cm ³	1.493			1.496			1.515			1.512		

PROCTOR MODIFICADO S86-C4-CCA10




UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

VALOR SOPORTE RELATIVO (C.B.R.) ASTM - D 1883

Proyecto: "Cal y cenizas de cáscara de arroz para estabilizar la superficie de rodadura en la vía Santa Clemencia-Chachapoyas"

Localización: Santa Clemencia, Chachapoyas, Distrito de Chimbote, Provincia Santa-Ancash

Muestra: Calicata N°01 S86-C4-CCA10

Fecha: Junio del 2019

MUESTRA: TERRENO NATURAL -C 01

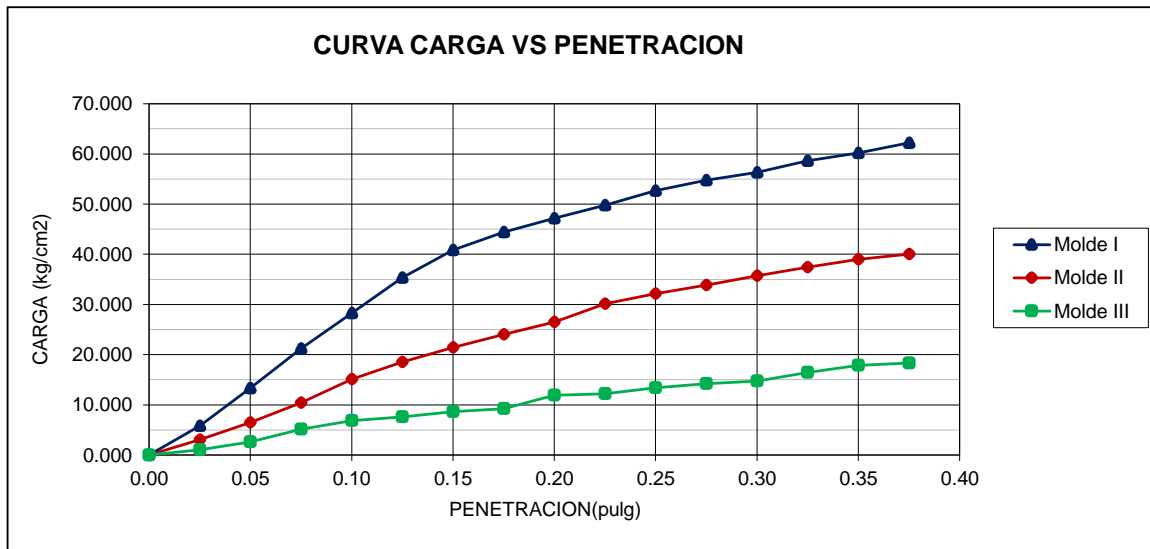
DENSIDAD MAXIMA 1.516

HUMEDAD OPTIMA: 11.65

COMPACTACION DE LOS MOLDES CBR			
Molde N°	I	II	III
Altura Molde	11.6	11.6	11.6
Diámetro Molde	15.2	15.2	15.2
Capas N°	5	5	5
Golpes por capa N°	55	26	12
CONDICIONES DE LA MUESTRA			
	Despues de mojado	Despues de mojado	Despues de mojado
Peso del molde + suelo húmedo (grs)	11375	11095	10990
Peso del molde (gramos)	7600	7700	7720
Peso del suelo húmedo (grs.)	3775	3395	3270
Volumen del molde (cc)	2105	2105	2105
Densidad húmeda (grs./cm3)	1.793	1.613	1.554
Densidad seca (grs./cm3)	1.603	1.453	1.375
CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA			
Tarro N°	1	2	3
Peso del tarro + suelo húmedo (grs.)	35.923	35.951	37.789
Peso del tarro + suelo seco (grs.)	35.101	35.258	36.553
Peso del tarro (grs.)	28.187	28.964	27.037
Peso del agua (grs.)	0.82	0.69	1.24
Peso del suelo seco (grs.)	6.91	6.29	9.52
% de humedad	11.89	11.01	12.99

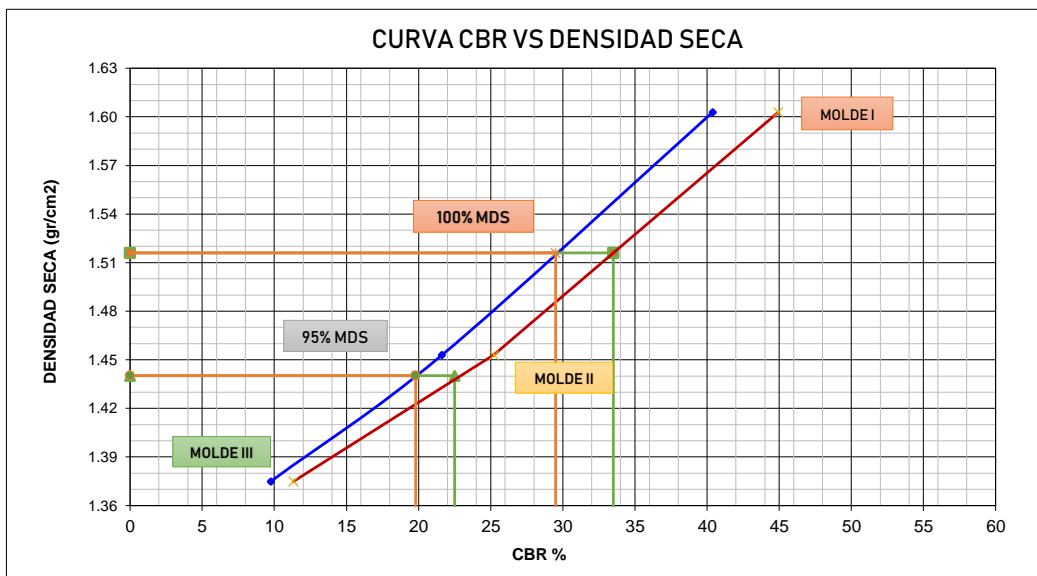
PRUEBA DE PENETRACION								
PENETRACIÓN		Carga Estándar kg/cm2	Molde N° I		Molde N° II		Molde N° III	
pulg	mm		LECTURA	PRESIÓN	LECTURA	PRESIÓN	LECTURA	PRESIÓN
0.000	0.000			0.000				0.000
0.025	0.025		1.100	5.780	0.580	3.048	0.200	1.051
0.050	0.050		2.530	13.294	1.230	6.463	0.500	2.627
0.075	0.075		4.040	21.228	1.980	10.404	0.980	5.149
0.100	0.100	70.000	5.380	28.269	2.880	15.133	1.300	6.831
0.125	0.125		6.720	35.310	3.530	18.548	1.440	7.566
0.150	0.150		7.780	40.880	4.080	21.438	1.640	8.617
0.175	0.175		8.450	44.400	4.580	24.065	1.750	9.195
0.200	0.200	105.000	8.980	47.185	5.040	26.483	2.263	11.891
0.225	0.225		9.480	49.812	5.730	30.108	2.324	12.211
0.250	0.250		10.020	52.650	6.120	32.157	2.549	13.394
0.275	0.275		10.420	54.752	6.440	33.839	2.706	14.219
0.300	0.300	133.000	10.720	56.328	6.800	35.730	2.810	14.765
0.325	0.325		11.160	58.640	7.120	37.412	3.130	16.447
0.350	0.350		11.460	60.216	7.420	38.988	3.400	17.865
0.375	0.375		11.840	62.213	7.620	40.039	3.490	18.338
0.400	0.400							



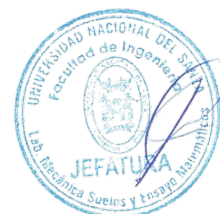


Molde	Penetracion (pulg.)	Presion Aplicada (kg/cm ²)	Presion Patrón (kg/cm ²)	C.B.R. (%)
I	0.100	28.269	70.000	40.384
II	0.100	15.133	70.000	21.618
III	0.100	6.831	70.000	9.758

Molde	Penetracion (pulg.)	Presion Aplicada (kg/cm ²)	Presion Patrón (kg/cm ²)	C.B.R. (%)
I	0.200	47.185	105.000	44.938
II	0.200	26.483	105.000	25.221
III	0.200	11.891	105.000	11.325



		0.1"	0.2"
CBR para el 100% de la maxima densidad seca (%):	1.516	33.50	29.50
CBR para el 95% de la maxima densidad seca (%):	1.440	22.50	19.80

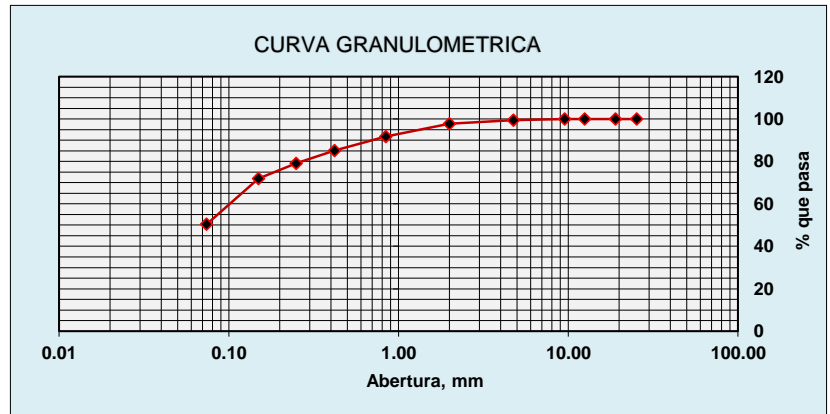


Proyecto: "Cal y cenizas de cáscara de arroz para estabilizar la superficie de rodadura en la vía Santa Clemencia-Chachapoyas"
Localización: Santa Clemencia, Chachapoyas, Distrito de Chimbote, Provincia Santa-Ancash
Muestra: Calicata N°01-Estrato 1 de 0.00 a -1.50 m. **Dosificación:** S88-C2-CCA10
Fecha: Enero del 2019 **Responsables:** Tesistas

1. ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (MTC E 107)

Peso Total de la Muestra (g):	600.00
Peso Final de la Muestra (g):	592.31

MALLAS	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (grs)	% PASA
1"	25.400	0.000	100.00
3/4"	19.050	0.000	100.00
1/2"	12.500	0.000	100.00
3/8"	9.525	0.000	100.00
Nº 4	4.760	3.090	99.48
Nº 10	2.000	10.420	97.72
Nº 20	0.840	35.730	91.69
Nº 40	0.420	38.170	85.24
Nº 60	0.250	35.860	79.19
Nº 100	0.150	43.080	71.92
Nº 200	0.074	127.550	50.38
< Nº 200		298.410	0.00



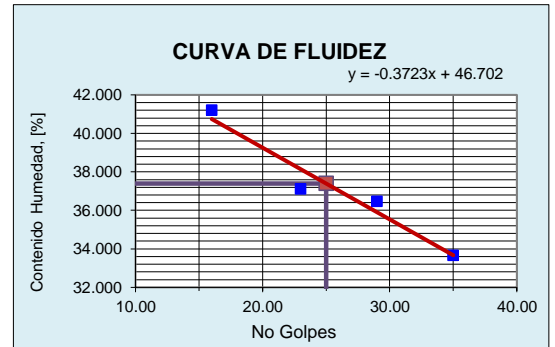
2. LIMITES DE CONSISTENCIA (MTC E 110 - MTC E 111)

A. LIMITE LIQUIDO (MTC E 110)

PROCEDIMIENTO	Tara No			
	1	2	3	4
1. No de Golpes	16	23	29	35
2. Peso Tara, [gr]	27.412	28.386	28.661	28.305
3. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	36.992	43.709	38.753	37.514
4. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	34.196	39.561	36.056	35.195
5. Peso Agua, [gr]	2.796	4.148	2.697	2.319
6. Peso Suelo Seco, [gr]	6.784	11.175	7.395	6.890
7. Contenido de Humedad, [%]	41.210	37.120	36.470	33.660

B. LIMITE PLASTICO (MTC E 111)

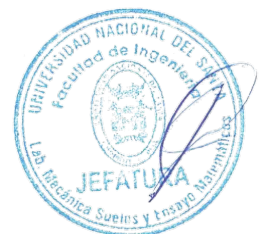
PROCEDIMIENTO	Tara No		
	1	2	3
1. Peso Tara, [gr]	28.110	27.549	28.191
2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	31.432	30.766	29.769
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	31.242	30.329	29.354
4. Peso Suelo Seco, [gr]	3.132	2.780	1.163
5. Peso Agua, [gr]	0.190	0.437	0.415
6. Contenido de Humedad, [%]	6.070	15.720	35.680



Grava(%)	0.522
Arena (%)	49.098
Finos(%)	50.381
Límite Líquido	37.39
Límite Plástico	19.16
Índice Plasticidad	18.23
Peso específico	2.832

3. GRAVEDAD ESPECÍFICA (MTC E 113)

PROCEDIMIENTO	Tara No		
	1	2	3
1. Peso Fiola, [gr]	173.000	179.360	178.680
2. Peso suelo seco, [gr]	125.000	125.000	125.000
3. Peso Fiola + Suelo Seco, [gr]	298.000	304.360	303.680
4. Peso Fiola + Agua, [gr]	670.000	674.170	676.270
5. Peso Fiola + Suelo seco + Agua, [gr]	750.140	756.000	756.870
6. Gravedad Especifica, [gr/cm3]	2.786	2.896	2.815
7. Gravedad Especifica Prom, [%]	2.832		



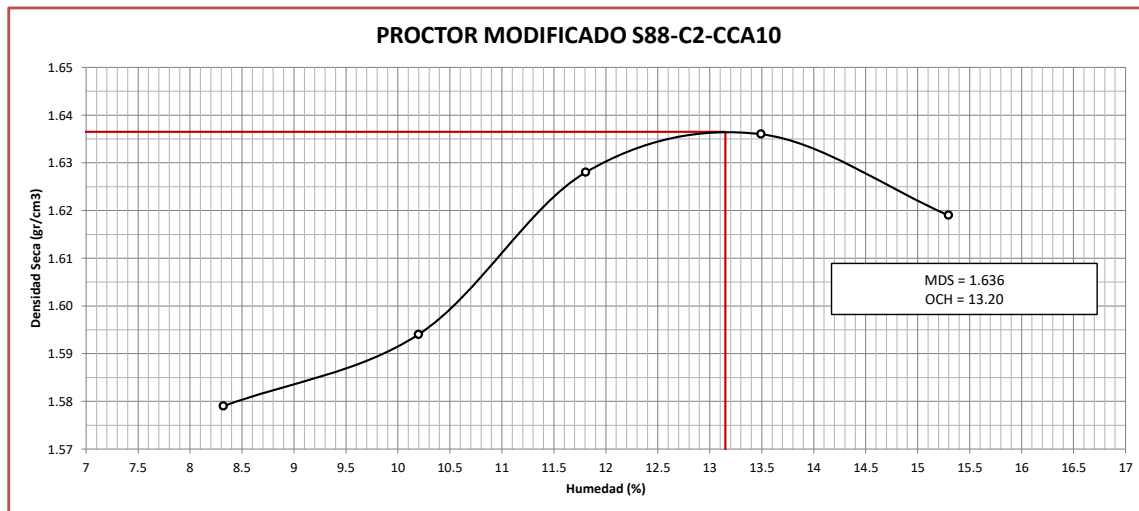


UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

PROCTOR MODIFICADO (MTC E 115)

Proyecto: "Cal y cenizas de cáscara de arroz para estabilizar la superficie de rodadura en la vía Santa Clemencia-Chachapoyas"
Localización: Santa Clemencia, Chachapoyas, Distrito de Chimbote, Provincia Santa-Ancash
Muestra: Calicata N°01 **Dosificación:** S88-C2-CCA10
Fecha: Mayo del 2019 **Responsables:** Tesistas

Ensayo	N°	1	2	3	4	5										
PESO ESPECÍFICO																
Peso de muestra húmeda + molde	gr	3395.00	3440.00	3500.00	3535.00	3545.00										
Peso del molde	gr	1760.00	1760.00	1760.00	1760.00	1760.00										
Peso de muestra húmeda	gr	1635.00	1680.00	1740.00	1775.00	1785.00										
Volúmen del molde	cm ³	956.04	956.04	956.04	956.04	956.04										
Densidad Húmeda	gr/cm ³	1.710	1.757	1.820	1.857	1.867										
CONTENIDO DE HUMEDAD																
Tara	N°	1A	1B	1C	2A	2B	2C	3A	3B	3C	4A	4B	4C	5A	5B	5C
Peso de muestra húmeda + tara	gr	150.729	131.015	131.425	131.162	110.467	116.433	95.476	111.758	100.422	107.146	103.349	95.228	124.418	118.525	125.524
Peso muestra seca + tara	gr	141.328	123.086	123.366	121.636	102.866	108.128	88.947	102.457	92.469	97.519	94.004	87.709	111.518	106.445	112.694
Peso del agua	gr	9.401	7.929	8.059	9.526	7.601	8.305	6.529	9.301	7.953	9.627	9.345	7.519	12.900	12.080	12.830
Peso de tara	gr	27.714	27.646	27.156	27.801	28.337	27.003	27.939	27.646	27.716	27.226	26.978	29.155	27.024	27.630	28.808
Peso de la muestra seca	gr	113.614	95.440	96.210	93.835	74.529	81.125	61.008	74.811	64.753	70.293	67.026	58.554	84.494	78.815	83.886
Contenido de humedad	%	8.320		10.196				11.806			13.493			15.296		
PESO ESPECÍFICO SECO																
Densidad seca	gr/cm ³	1.579		1.594			1.628			1.636			1.619			





UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

VALOR SOPORTE RELATIVO (C.B.R.) ASTM - D 1883

Proyecto: "Cal y cenizas de cáscara de arroz para estabilizar la superficie de rodadura en la vía Santa Clemencia-Chachapoyas"
Localización: Santa Clemencia, Chachapoyas, Distrito de Chimbote, Provincia Santa-Ancash
Muestra: Calicata N°01 **Dosificación:** S88-C2-CCA10
Fecha: Junio del 2019

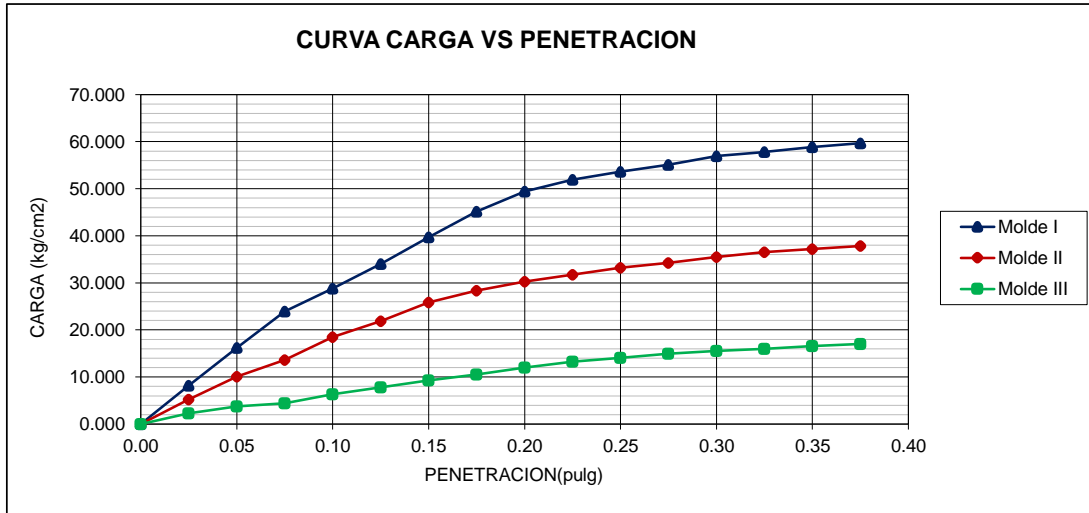
MUESTRA: **TERRENO NATURAL - C 01**

DENSIDAD MAXIMA: **1.637**
HUMEDAD OPTIMA: **13.15**

COMPACTACION DE LOS MOLDES CBR			
Molde N°	I	II	III
Altura Molde	11.6	11.5	11.6
Diámetro Molde	15.2	15.2	15.2
Capas N°	5	5	5
Golpes por capa N°	55	26	12
CONDICIONES DE LA MUESTRA	Despues de mojado	Despues de mojado	Despues de mojado
Peso del molde + suelo húmedo (grs.)	10715	10505	10405
Peso del molde (gramos)	6720	6735	6760
Peso del suelo húmedo (grs.)	3995	3770	3645
Volumen del molde (cc)	2105	2087	2105
Densidad húmeda (grs./cm3)	1.898	1.807	1.732
Densidad seca (grs./cm3)	1.666	1.594	1.521
CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA			
Tarro N°	1	2	3
Peso del tarro + suelo húmedo (grs.)	95.586	97.248	93.591
Peso del tarro + suelo seco (grs.)	87.223	89.049	85.582
Peso del tarro (grs.)	27.033	27.666	27.666
Peso del agua (grs.)	8.36	8.20	8.01
Peso del suelo seco (grs.)	60.19	61.38	57.92
% de humedad	13.89	13.36	13.83

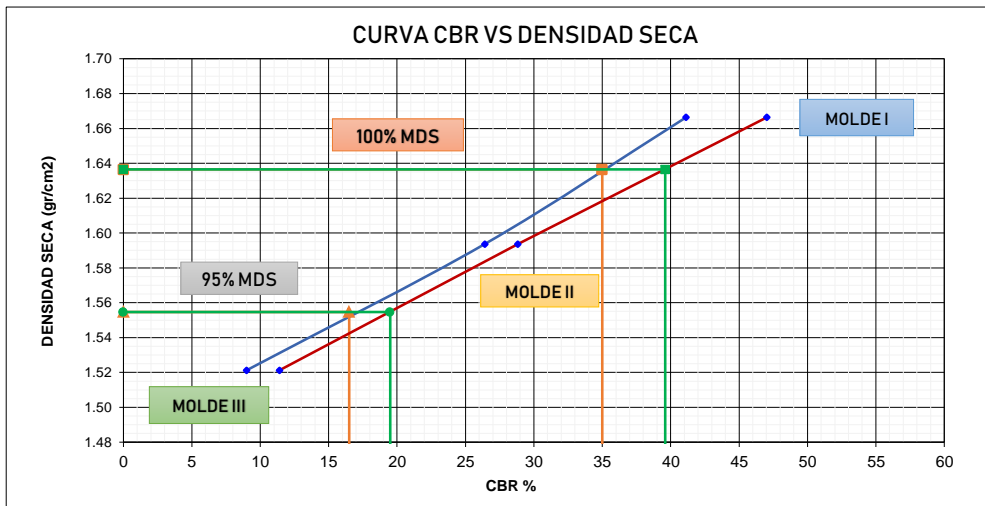
PRUEBA DE PENETRACION								
PENETRACIÓN		Carga Estándar kg/cm2	Molde N° I		Molde N° II		Molde N° III	
pulg	mm		LECTURA	PRESIÓN	LECTURA	PRESIÓN	LECTURA	PRESIÓN
0.000	0.000			0.000		0.000		0.000
0.025	0.025		1.560	8.197	1.000	5.254	0.440	2.312
0.050	0.050		3.080	16.184	1.920	10.089	0.720	3.783
0.075	0.075		4.560	23.960	2.600	13.662	0.840	4.414
0.100	0.100	70.000	5.480	28.795	3.520	18.496	1.200	6.305
0.125	0.125		6.480	34.049	4.160	21.859	1.480	7.777
0.150	0.150		7.560	39.724	4.920	25.852	1.760	9.248
0.175	0.175		8.600	45.188	5.400	28.374	2.000	10.509
0.200	0.200	105.000	9.400	49.392	5.760	30.266	2.280	11.980
0.225	0.225		9.880	51.914	6.040	31.737	2.520	13.241
0.250	0.250		10.200	53.596	6.320	33.208	2.680	14.082
0.275	0.275		10.480	55.067	6.520	34.259	2.840	14.923
0.300	0.300	133.000	10.840	56.959	6.760	35.520	2.960	15.553
0.325	0.325		11.000	57.799	6.960	36.571	3.040	15.974
0.350	0.350		11.200	58.850	7.080	37.202	3.160	16.604
0.375	0.375		11.360	59.691	7.200	37.832	3.240	17.024
0.400	0.400							



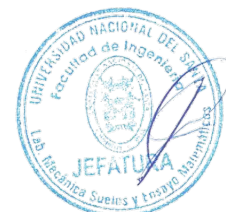


Molde	Penetración (pulg.)	Presion Aplicada (kg/cm ²)	Presion Patrón (kg/cm ²)	C.B.R. (%)
I	0.100	28.795	70.000	41.135
II	0.100	18.496	70.000	26.422
III	0.100	6.305	70.000	9.008

Molde	Penetración (pulg.)	Presion Aplicada (kg/cm ²)	Presion Patrón (kg/cm ²)	C.B.R. (%)
I	0.200	49.392	105.000	47.040
II	0.200	30.266	105.000	28.825
III	0.200	11.980	105.000	11.410



		0.1"	0.2"
CBR para el 100% de la maxima densidad seca (%):	1.637	35.00	39.60
CBR para el 95% de la maxima densidad seca (%):	1.555	16.50	19.50

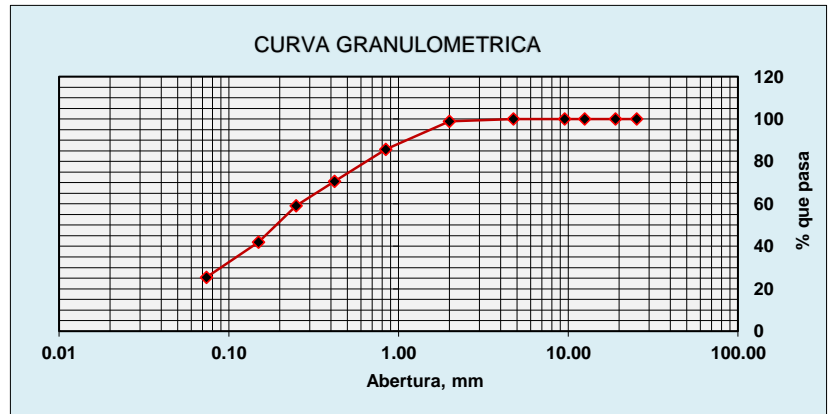


Proyecto: "Cal y cenizas de cáscara de arroz para estabilizar la superficie de rodadura en la vía Santa Clemencia-Chachapoyas"
Localización: Santa Clemencia, Chachapoyas, Distrito de Chimbote, Provincia Santa-Ancash
Muestra: Calicata N°01-Estrato 1 de 0.00 a -1.50 m. **Dosificación:** S89-C6-CCA5
Fecha: Enero del 2019 **Responsables:** Tesistas

1. ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (MTC E 107)

Peso Total de la Muestra (g): 600.00
Peso Final de la Muestra (g): 597.00

MALLAS	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (grs)	% PASA
1"	25.400	0.000	100.00
3/4"	19.050	0.000	100.00
1/2"	12.500	0.000	100.00
3/8"	9.525	0.000	100.00
Nº 4	4.760	0.000	100.00
Nº 10	2.000	6.000	98.99
Nº 20	0.840	79.000	85.76
Nº 40	0.420	90.000	70.69
Nº 60	0.250	69.000	59.13
Nº 100	0.150	102.000	42.04
Nº 200	0.074	99.000	25.46
< Nº 200		152.000	0.00



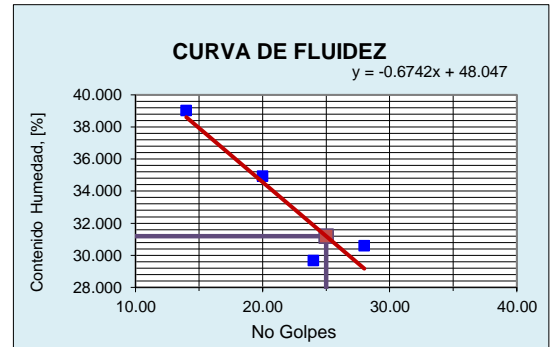
2. LIMITES DE CONSISTENCIA (MTC E 110 - MTC E 111)

A. LIMITE LIQUIDO (MTC E 110)

PROCEDIMIENTO	Tara No			
	1	2	3	4
1. No de Golpes	14	20	24	28
2. Peso Tara, [gr]	27.852	29.272	28.341	27.186
3. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	40.356	41.605	40.865	41.569
4. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	36.846	38.412	38.000	38.200
5. Peso Agua, [gr]	3.510	3.193	2.865	3.369
6. Peso Suelo Seco, [gr]	8.994	9.140	9.659	11.014
7. Contenido de Humedad, [%]	39.030	34.930	29.660	30.590

B. LIMITE PLASTICO (MTC E 111)

PROCEDIMIENTO	Tara No		
	1	2	3
1. Peso Tara, [gr]			
2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]			
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]		N.P	
4. Peso Suelo Seco, [gr]			
5. Peso Agua, [gr]			
6. Contenido de Humedad, [%]			



Grava(%)	0.000
Arena (%)	74.539
Finos(%)	25.461
Límite Líquido	31.19
Límite Plástico	N.P
Índice Plasticidad	N.P.
Peso específico	2.665

3. GRAVEDAD ESPECÍFICA (MTC E 113)

PROCEDIMIENTO	Tara No		
	1	2	3
1. Peso Fiola, [gr]	159.000	179.000	178.000
2. Peso suelo seco, [gr]	125.000	125.000	125.000
3. Peso Fiola + Suelo Seco, [gr]	284.000	304.000	303.000
4. Peso Fiola + Agua, [gr]	656.000	676.000	672.000
5. Peso Fiola + Suelo seco + Agua, [gr]	734.000	748.000	755.000
6. Gravedad Especifica, [gr/cm3]	2.660	2.358	2.976
7. Gravedad Especifica Prom, [%]	2.665		



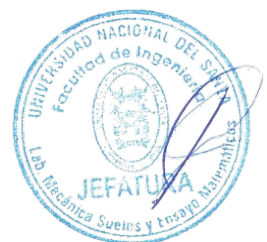
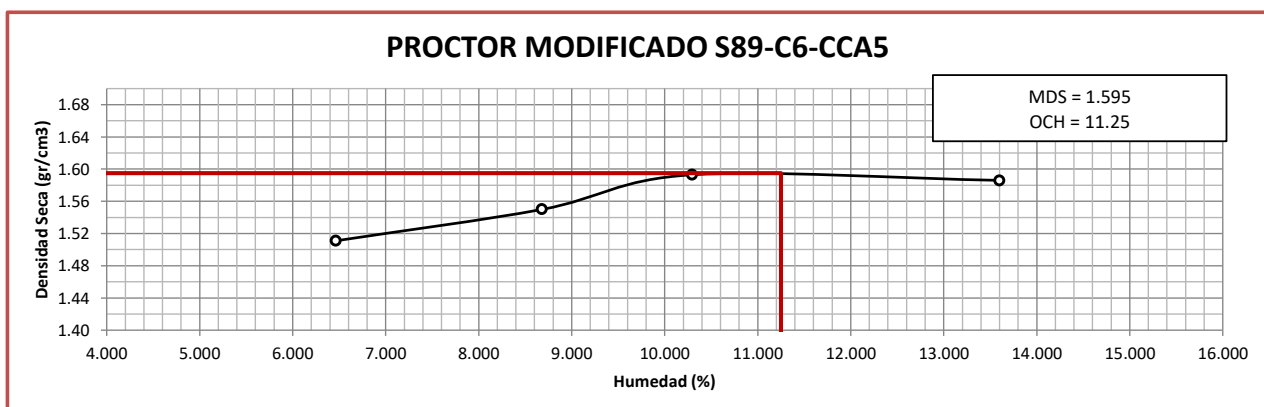
PROCTOR MODIFICADO (MTC E 115)
Proyecto: "Cal y cenizas de cáscara de arroz para estabilizar la superficie de rodadura en la vía Santa Clemencia-Chachapoyas"

Localización: Santa Clemencia, Chachapoyas, Distrito de Chimbote, Provincia Santa-Ancash

Muestra: Calicata N°01 **Dosificación:** S89-C6-CCA5

Fecha: Mayo del 2019 **Responsables:** Tesistas

Ensayo	N°	1	2	3	4								
PESO ESPECÍFICO													
Peso de muestra húmeda + molde	gr	5760.00	5835.00	5905.00	5950.00								
Peso del molde	gr	4205.00	4206.00	4207.00	4208.00								
Peso de muestra húmeda	gr	1555.00	1629.00	1698.00	1742.00								
Volúmen del molde	cm ³	966.55	966.55	966.55	966.55								
Densidad Húmeda	gr/cm ³	1.609	1.685	1.757	1.802								
CONTENIDO DE HUMEDAD													
Tara	N°	1A	1B	1C	2A	2B	2C	3A	3B	3C	4A	4B	4C
Peso de muestra húmeda + tara	gr	87.680	90.710	87.680	87.110	87.850	93.570	89.060	86.340	87.010	97.810	93.230	92.830
Peso muestra seca + tara	gr	84.030	86.490	84.450	83.130	83.700	87.030	82.650	81.540	82.400	89.640	86.050	84.190
Peso del agua	gr	3.650	4.220	3.230	3.980	4.150	6.540	6.410	4.800	4.610	8.170	7.180	8.640
Peso de tara	gr	28.040	28.020	27.370	27.890	29.340	28.680	33.700	28.980	29.160	27.690	26.000	29.000
Peso de la muestra seca	gr	55.990	58.470	57.080	55.240	54.360	58.350	48.950	52.560	53.240	61.950	60.050	55.190
Contenido de humedad	%	6.465			8.682			10.295			13.600		
PESO ESPECÍFICO SECO													
Densidad seca	gr/cm ³	1.511			1.550			1.593			1.586		





UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

VALOR SOPORTE RELATIVO (C.B.R.) ASTM - D 1883

Proyecto: "Cal y cenizas de cáscara de arroz para estabilizar la superficie de rodadura en la vía Santa Clemencia-Chachapoyas"

Localización: Santa Clemencia, Chachapoyas, Distrito de Chimbote, Provincia Santa-Ancash

Muestra: Calicata N°01 S89-C6-CCA5

Fecha: Junio del 2019

MUESTRA: TERRENO NATURAL - C 01

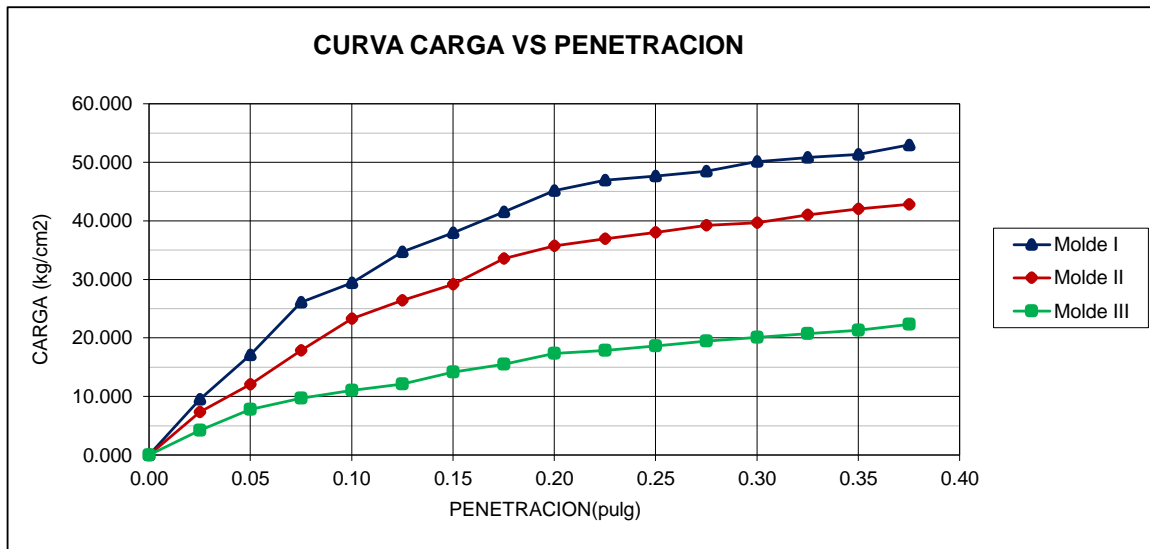
DENSIDAD MAXIMA: 1.595

HUMEDAD OPTIMA: 11.25

COMPACTACION DE LOS MOLDES CBR			
Molde N°	I	II	III
Altura Molde	11.6	11.6	11.6
Diámetro Molde	15.2	15.2	15.2
Capas N°	5	5	5
Golpes por capa N°	55	26	12
CONDICIONES DE LA MUESTRA			
	Despues de mojado	Despues de mojado	Despues de mojado
Peso del molde + suelo húmedo (grs)	10695	10385	10305
Peso del molde (gramos)	6780	6570	6790
Peso del suelo húmedo (grs.)	3915	3815	3515
Volumen del molde (cc)	2105	2105	2105
Densidad húmeda (grs./cm3)	1.860	1.812	1.670
Densidad seca (grs./cm3)	1.704	1.648	1.494
CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA			
Tarro N°	1	2	3
Peso del tarro + suelo húmedo (grs.)	38.284	31.782	35.329
Peso del tarro + suelo seco (grs.)	37.488	31.436	34.515
Peso del tarro (grs.)	28.764	27.958	27.596
Peso del agua (grs.)	0.80	0.35	0.81
Peso del suelo seco (grs.)	8.72	3.48	6.92
% de humedad	9.12	9.95	11.76

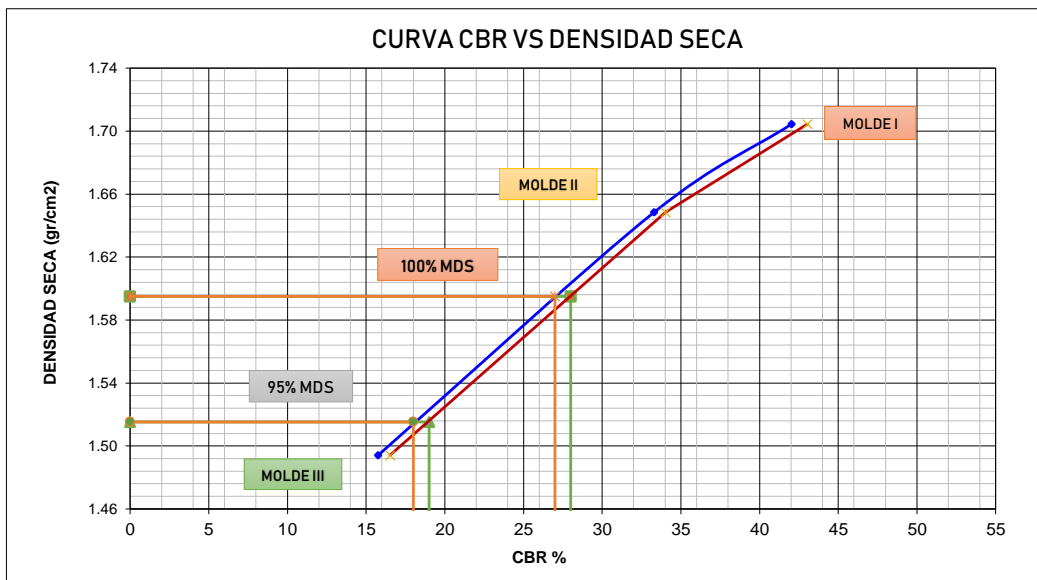
PRUEBA DE PENETRACION								
PENETRACIÓN		Carga Estándar kg/cm2	Molde N° I		Molde N° II		Molde N° III	
			LECTURA	PRESIÓN	LECTURA	PRESIÓN	LECTURA	PRESIÓN
pulg	mm							
0.000	0.000			0.000		0.000		0.000
0.025	0.025		1.810	9.511	1.390	7.304	0.800	4.204
0.050	0.050		3.250	17.077	2.300	12.085	1.480	7.777
0.075	0.075		4.960	26.062	3.400	17.865	1.840	9.668
0.100	0.100	70.000	5.600	29.425	4.436	23.309	2.100	11.034
0.125	0.125		6.600	34.680	5.026	26.409	2.310	12.138
0.150	0.150		7.224	37.958	5.549	29.157	2.690	14.135
0.175	0.175		7.902	41.521	6.383	33.539	2.948	15.490
0.200	0.200	105.000	8.600	45.188	6.800	35.730	3.300	17.340
0.225	0.225		8.935	46.949	7.029	36.934	3.400	17.865
0.250	0.250		9.069	47.653	7.240	38.042	3.550	18.653
0.275	0.275		9.224	48.467	7.468	39.240	3.700	19.442
0.300	0.300	133.000	9.535	50.101	7.550	39.671	3.820	20.072
0.325	0.325		9.669	50.806	7.800	40.985	3.947	20.739
0.350	0.350		9.776	51.368	8.000	42.036	4.059	21.328
0.375	0.375		10.081	52.970	8.150	42.824	4.246	22.310
0.400	0.400							





Molde	Penetracion (pulg.)	Presion Aplicada (kg/cm ²)	Presion Patrón (kg/cm ²)	C.B.R. (%)
I	0.100	29.425	70.000	42.036
II	0.100	23.309	70.000	33.298
III	0.100	11.034	70.000	15.763

Molde	Penetracion (pulg.)	Presion Aplicada (kg/cm ²)	Presion Patrón (kg/cm ²)	C.B.R. (%)
I	0.200	45.188	105.000	43.037
II	0.200	35.730	105.000	34.029
III	0.200	17.340	105.000	16.514



CBR para el 100% de la maxima densidad seca (%):	1.595	28.00	27.00
CBR para el 95% de la maxima densidad seca (%):	1.515	19.00	18.00

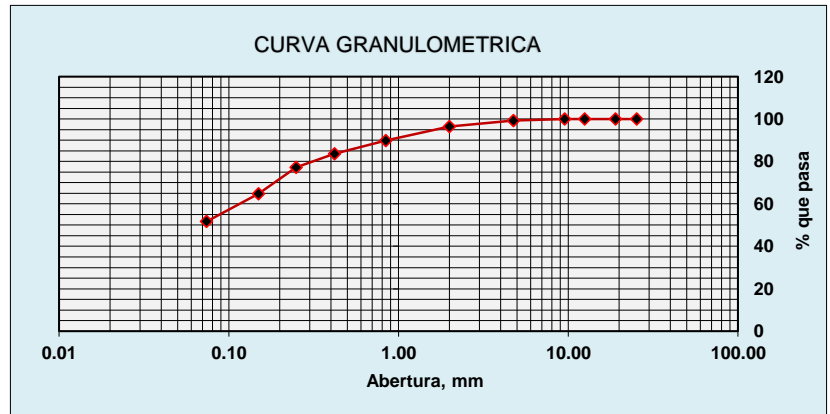


Proyecto: "Cal y cenizas de cáscara de arroz para estabilizar la superficie de rodadura en la vía Santa Clemencia-Chachapoyas"
Localización: Santa Clemencia, Chachapoyas, Distrito de Chimbote, Provincia Santa-Ancash
Muestra: Calicata N°01-Estrato 1 de 0.00 a -1.50 m. **Dosificación:** S91-C4-CCA5
Fecha: Enero del 2019 **Responsables:** Tesistas

1. ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (MTC E 107)

Peso Total de la Muestra (g): 700.00
Peso Final de la Muestra (g): 697.56

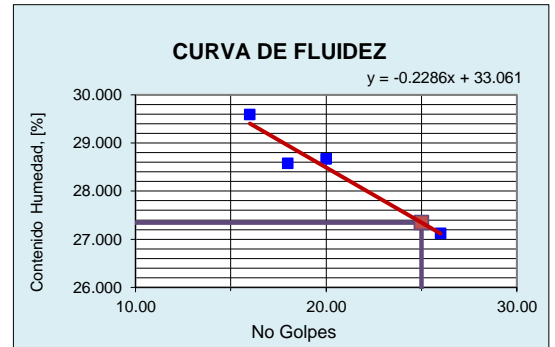
MALLAS	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (grs)	% PASA
1"	25.400	0.000	100.00
3/4"	19.050	0.000	100.00
1/2"	12.500	0.000	100.00
3/8"	9.525	0.000	100.00
Nº 4	4.760	4.770	99.32
Nº 10	2.000	19.820	96.47
Nº 20	0.840	45.460	89.96
Nº 40	0.420	43.950	83.66
Nº 60	0.250	45.220	77.17
Nº 100	0.150	85.910	64.86
Nº 200	0.074	91.780	51.70
< Nº 200		360.650	0.00



2. LIMITES DE CONSISTENCIA (MTC E 110 - MTC E 111)

A. LIMITE LIQUIDO (MTC E 110)

PROCEDIMIENTO	Tara No			
	1	2	3	4
1. No de Golpes	16	18	20	26
2. Peso Tara, [gr]	29.125	27.021	26.799	27.320
3. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	45.741	43.382	44.324	47.495
4. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	41.947	39.745	40.419	43.191
5. Peso Agua, [gr]	3.794	3.637	3.905	4.304
6. Peso Suelo Seco, [gr]	12.822	12.724	13.620	15.871
7. Contenido de Humedad, [%]	29.590	28.580	28.670	27.120



B. LIMITE PLASTICO (MTC E 111)

PROCEDIMIENTO	Tara No		
	1	2	3
1. Peso Tara, [gr]	28.110	27.549	28.191
2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	31.432	30.766	29.769
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	31.242	30.329	29.354
4. Peso Suelo Seco, [gr]	3.132	2.780	1.163
5. Peso Agua, [gr]	0.190	0.437	0.415
6. Contenido de Humedad, [%]	6.070	15.720	35.680

Grava(%)	0.684
Arena (%)	47.615
Finos(%)	51.702
Límite Líquido	27.35
Límite Plástico	19.16
Índice Plasticidad	8.19
Peso específico	2.832

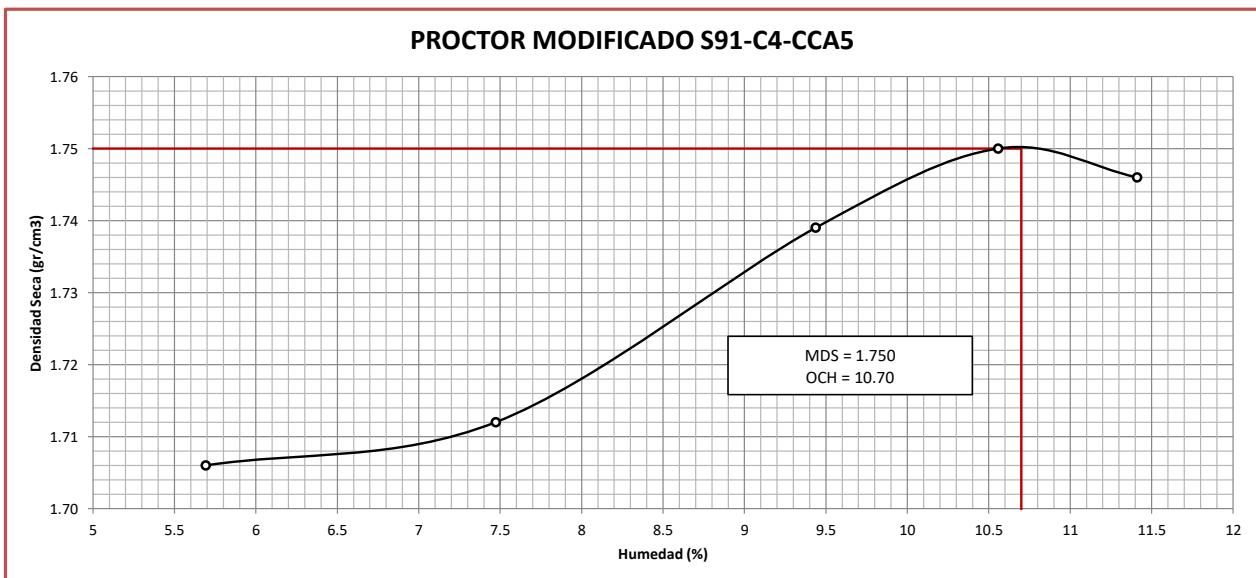
3. GRAVEDAD ESPECÍFICA (MTC E 113)

PROCEDIMIENTO	Tara No		
	1	2	3
1. Peso Fiola, [gr]	173.000	179.360	178.680
2. Peso suelo seco, [gr]	125.000	125.000	125.000
3. Peso Fiola + Suelo Seco, [gr]	298.000	304.360	303.680
4. Peso Fiola + Agua, [gr]	670.000	674.170	676.270
5. Peso Fiola + Suelo seco + Agua, [gr]	750.140	756.000	756.870
6. Gravedad Especifica, [gr/cm3]	2.786	2.896	2.815
7. Gravedad Especifica Prom, [%]	2.832		

PROCTOR MODIFICADO (MTC E 115)

Proyecto: "Cal y cenizas de cáscara de arroz para estabilizar la superficie de rodadura en la vía Santa Clemencia-Chachapoyas"
Localización: Santa Clemencia, Chachapoyas, Distrito de Chimbote, Provincia Santa-Ancash
Muestra: Calicata N°01 **Dosificación:** S91-C4-CCA5
Fecha: Mayo del 2019 **Responsables:** Tesistas

Ensayo	N°	1	2	3	4	5										
PESO ESPECÍFICO																
Peso de muestra húmeda + molde	gr	3710.00	3745.00	3805.00	3835.00	3845.00										
Peso del molde	gr	2000.00	2000.00	2000.00	2000.00	2000.00										
Peso de muestra húmeda	gr	1710.00	1745.00	1805.00	1835.00	1845.00										
Volúmen del molde	cm ³	948.45	948.45	948.45	948.45	948.45										
Densidad Húmeda	gr/cm ³	1.803	1.840	1.903	1.935	1.945										
CONTENIDO DE HUMEDAD																
Tara	N°	1A	1B	1C	2A	2B	2C	3A	3B	3C	4A	4B	4C	5A	5B	5C
Peso de muestra húmeda + tara	gr	90.712	114.277	85.685	92.894	95.098	106.806	76.810	86.103	104.765	98.627	102.442	96.360	97.813	90.436	90.716
Peso muestra seca + tara	gr	87.885	109.304	82.469	88.813	89.915	101.599	73.156	80.750	97.831	92.072	95.279	90.129	90.515	83.554	84.982
Peso del agua	gr	2.827	4.973	3.216	4.081	5.183	5.207	3.654	5.353	6.934	6.555	7.163	6.231	7.298	6.882	5.734
Peso de tara	gr	32.035	28.219	27.772	28.201	29.149	28.847	28.972	27.156	28.847	26.927	33.999	27.337	27.918	27.709	29.057
Peso de la muestra seca	gr	55.850	81.085	54.697	60.612	60.766	72.752	44.184	53.594	68.984	65.145	61.280	62.792	62.597	55.845	55.925
Contenido de humedad	%		5.692				7.473			9.437		10.558				
PESO ESPECÍFICO SECO																
Densidad seca	gr/cm ³		1.706			1.712		1.739		1.750		1.750				1.746





UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

VALOR SOPORTE RELATIVO (C.B.R.) ASTM - D 1883

Proyecto: "Cal y cenizas de cáscara de arroz para estabilizar la superficie de rodadura en la vía Santa Clemencia-Chachapoyas"
Localización: Santa Clemencia, Chachapoyas, Distrito de Chimbote, Provincia Santa-Ancash
Muestra: Calicata N°01 **Dosificación:** S91-C4-CCAS
Fecha: Junio del 2019

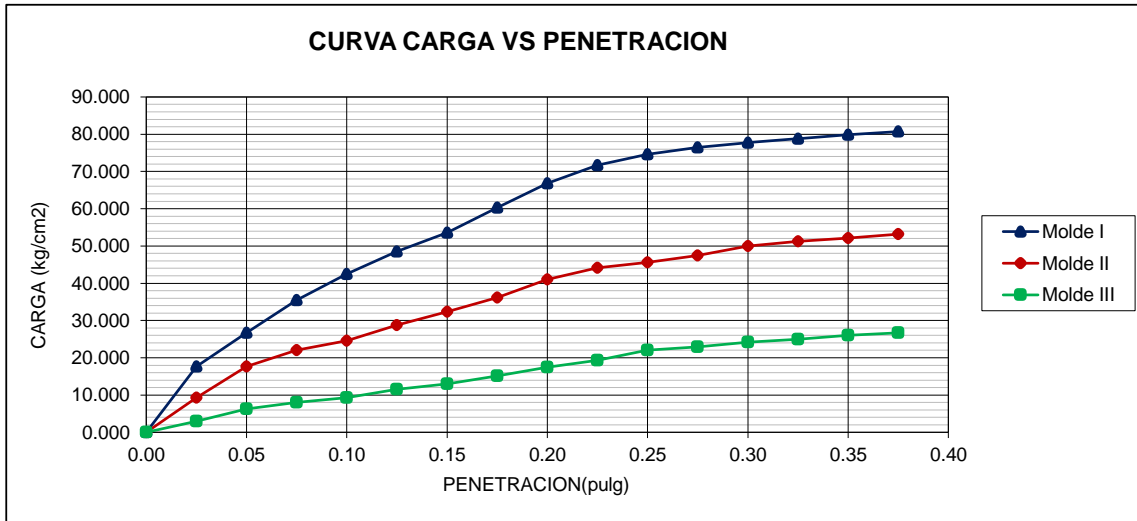
MUESTRA: TERRENO NATURAL - C 01

DENSIDAD MAXIMA: 1.75
HUMEDAD OPTIMA: 10.7

COMPACTACION DE LOS MOLDES CBR			
Molde N°	I	II	III
Altura Molde	11.6	11.6	11.6
Diámetro Molde	15.2	15.2	15.2
Capas N°	5	5	5
Golpes por capa N°	55	26	12
CONDICIONES DE LA MUESTRA			
	Despues de mojado	Despues de mojado	Despues de mojado
Peso del molde + suelo húmedo (grs)	10975	10725	10505
Peso del molde (gramos)	6760	6735	6720
Peso del suelo húmedo (grs.)	4215	3990	3785
Volumen del molde (cc)	2105	2105	2105
Densidad húmeda (grs./cm3)	2.002	1.896	1.798
Densidad seca (grs./cm3)	1.807	1.707	1.621
CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA			
Tarro N°	1	2	3
Peso del tarro + suelo húmedo (grs.)	73.809	106.518	89.671
Peso del tarro + suelo seco (grs.)	68.504	98.690	83.593
Peso del tarro (grs.)	19.554	27.911	27.843
Peso del agua (grs.)	5.30	7.83	6.08
Peso del suelo seco (grs.)	48.95	70.78	55.75
% de humedad	10.84	11.06	10.90

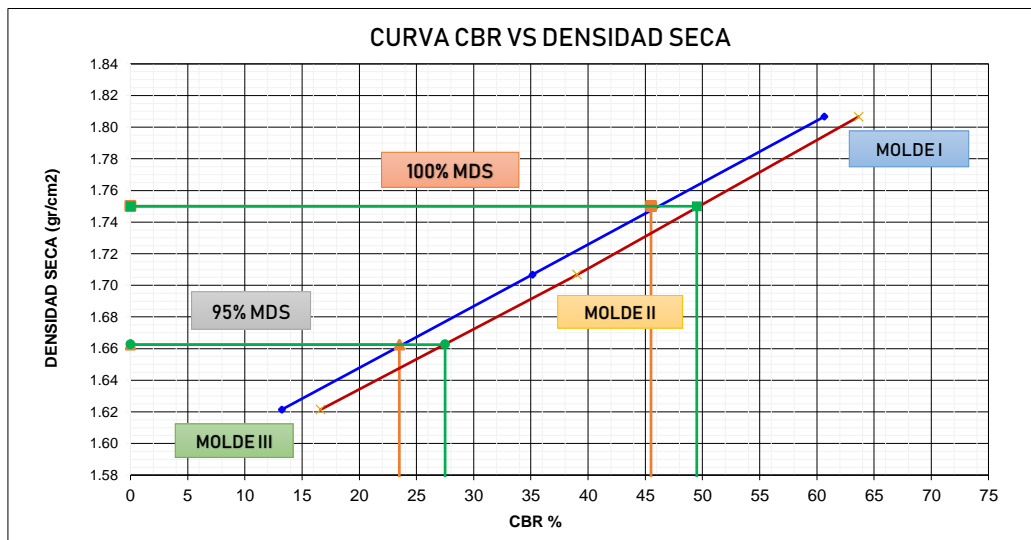
PRUEBA DE PENETRACION								
PENETRACIÓN		Carga Estándar kg/cm2	Molde N° I		Molde N° II		Molde N° III	
pulg	mm		LECTURA	PRESIÓN	LECTURA	PRESIÓN	LECTURA	PRESIÓN
0.000	0.000			0.000		0.000		0.000
0.025	0.025		3.360	17.655	1.760	9.248	0.560	2.943
0.050	0.050		5.080	26.693	3.360	17.655	1.200	6.305
0.075	0.075		6.760	35.520	4.200	22.069	1.520	7.987
0.100	0.100	70.000	8.080	42.456	4.680	24.591	1.760	9.248
0.125	0.125		9.240	48.551	5.480	28.795	2.200	11.560
0.150	0.150		10.200	53.596	6.160	32.368	2.480	13.031
0.175	0.175		11.480	60.321	6.880	36.151	2.880	15.133
0.200	0.200	105.000	12.720	66.837	7.800	40.985	3.320	17.445
0.225	0.225		13.640	71.671	8.400	44.138	3.680	19.336
0.250	0.250		14.200	74.614	8.680	45.609	4.200	22.069
0.275	0.275		14.560	76.505	9.040	47.500	4.360	22.910
0.300	0.300	133.000	14.800	77.766	9.520	50.023	4.600	24.171
0.325	0.325		15.000	78.817	9.760	51.284	4.760	25.011
0.350	0.350		15.200	79.868	9.920	52.124	4.960	26.062
0.375	0.375		15.360	80.709	10.120	53.175	5.080	26.693
0.400	0.400							





Molde	Penetración (pulg.)	Presión Aplicada (kg/cm²)	Presión Patrón (kg/cm²)	C.B.R. (%)
I	0.100	42.456	70.000	60.652
II	0.100	24.591	70.000	35.130
III	0.100	9.248	70.000	13.211

Molde	Penetración (pulg.)	Presión Aplicada (kg/cm²)	Presión Patrón (kg/cm²)	C.B.R. (%)
I	0.200	66.837	105.000	63.654
II	0.200	40.985	105.000	39.033
III	0.200	17.445	105.000	16.614



		0.1"	0.2"
CBR para el 100% de la máxima densidad seca (%):	1.750	45.50	49.50
CBR para el 95% de la máxima densidad seca (%):	1.663	23.50	27.50

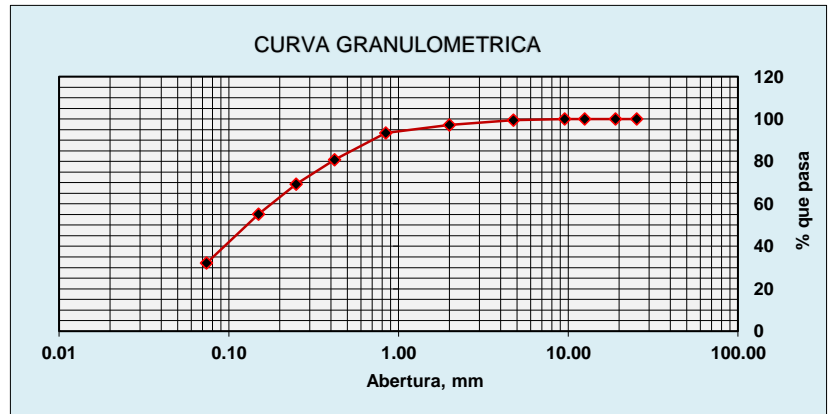


Proyecto: "Cal y cenizas de cáscara de arroz para estabilizar la superficie de rodadura en la vía Santa Clemencia-Chachapoyas"
Localización: Santa Clemencia, Chachapoyas, Distrito de Chimbote, Provincia Santa-Ancash
Muestra: Calicata N°01-Estrato 1 de 0.00 a -1.50 m. **Dosificación:** S93-C2-CCA5
Fecha: Enero del 2019 **Responsables:** Tesistas

1. ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (MTC E 107)

Peso Total de la Muestra (g): 600.00
Peso Final de la Muestra (g): 595.00

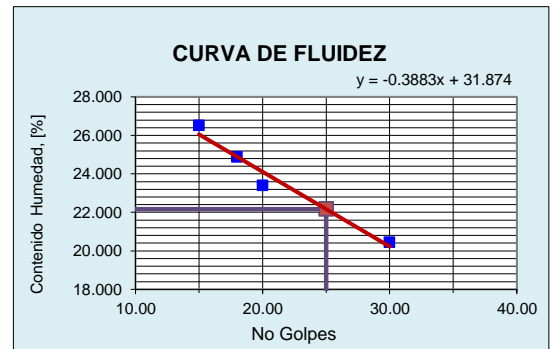
MALLAS	ABERTURA (mm)	PESO RETENIDO (grs)	% PASA
1"	25.400	0.000	100.00
3/4"	19.050	0.000	100.00
1/2"	12.500	0.000	100.00
3/8"	9.525	0.000	100.00
Nº 4	4.760	3.000	99.50
Nº 10	2.000	14.000	97.14
Nº 20	0.840	22.000	93.45
Nº 40	0.420	75.000	80.84
Nº 60	0.250	68.000	69.41
Nº 100	0.150	85.000	55.13
Nº 200	0.074	137.000	32.10
< Nº 200		191.000	0.00



2. LIMITES DE CONSISTENCIA (MTC E 110 - MTC E 111)

A. LIMITE LIQUIDO (MTC E 110)

PROCEDIMIENTO	Tara No			
	1	2	3	4
1. No de Golpes	15	18	20	30
2. Peso Tara, [gr]	28.123	27.126	26.799	28.748
3. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	48.005	44.647	44.324	44.695
4. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	43.838	41.156	41.000	41.986
5. Peso Agua, [gr]	4.167	3.491	3.324	2.709
6. Peso Suelo Seco, [gr]	15.715	14.030	14.201	13.238
7. Contenido de Humedad, [%]	26.520	24.880	23.410	20.460



B. LIMITE PLASTICO (MTC E 111)

PROCEDIMIENTO	Tara No		
	1	2	3
1. Peso Tara, [gr]			
2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]			
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]		N.P	
4. Peso Suelo Seco, [gr]			
5. Peso Agua, [gr]			
6. Contenido de Humedad, [%]			

Grava(%)	0.504
Arena (%)	67.395
Finos(%)	32.101
Límite Líquido	22.17
Límite Plástico	N.P
Índice Plasticidad	N.P.
Peso específico	2.605

3. GRAVEDAD ESPECÍFICA (MTC E 113)

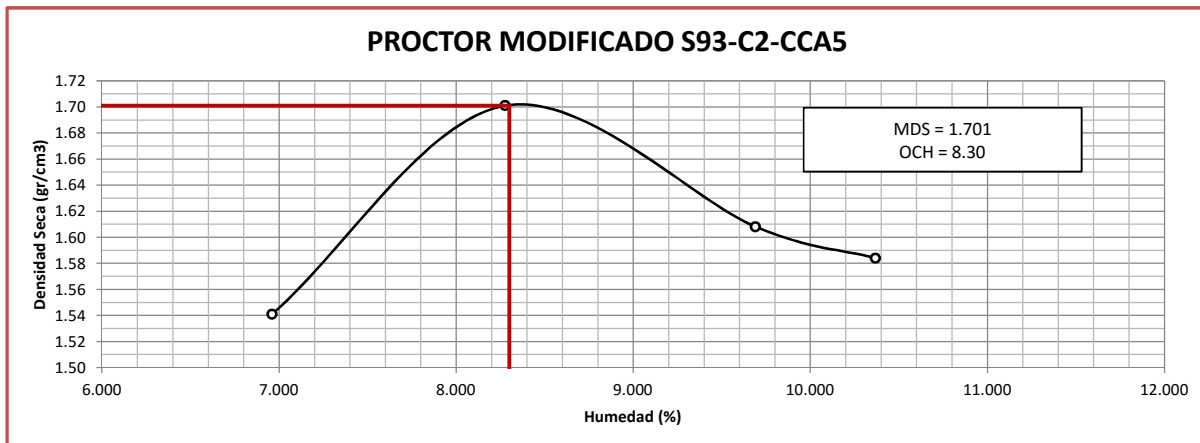
PROCEDIMIENTO	Tara No		
	1	2	3
1. Peso Fiola, [gr]	179.000	173.000	178.000
2. Peso suelo seco, [gr]	125.000	125.000	125.000
3. Peso Fiola + Suelo Seco, [gr]	304.000	298.000	303.000
4. Peso Fiola + Agua, [gr]	679.000	674.000	675.000
5. Peso Fiola + Suelo seco + Agua, [gr]	756.000	750.000	753.000
6. Gravedad Especifica, [gr/cm3]	2.604	2.551	2.660
7. Gravedad Especifica Prom, [%]	2.605		



PROCTOR MODIFICADO (MTC E 115)

Proyecto: "Cal y cenizas de cáscara de arroz para estabilizar la superficie de rodadura en la vía Santa Clemencia-Chachapoyas"
Localización: Santa Clemencia, Chachapoyas, Distrito de Chimbote, Provincia Santa-Ancash
Muestra: Calicata N°01 **Dosificación:** S93-C2-CCA5
Fecha: Mayo del 2019 **Responsables:** Tesistas

Ensayo	N°	1	2	3	4								
PESO ESPECÍFICO													
Peso de muestra húmeda + molde	gr	5798.00	5985.00	5910.00	5895.00								
Peso del molde	gr	4205.00	4205.00	4205.00	4205.00								
Peso de muestra húmeda	gr	1593.00	1780.00	1705.00	1690.00								
Volúmen del molde	cm ³	966.55	966.55	966.55	966.55								
Densidad Húmeda	gr/cm ³	1.648	1.842	1.764	1.748								
CONTENIDO DE HUMEDAD													
Tara	N°	1A	1B	1C	2A	2B	2C	3A	3B	3C	4A	4B	4C
Peso de muestra húmeda + tara	gr	72.150	75.660	77.721	64.515	63.189	59.698	72.389	76.445	75.212	76.302	76.661	78.840
Peso muestra seca + tara	gr	70.273	72.020	74.157	61.312	60.981	57.229	68.827	73.012	70.369	72.351	72.370	73.430
Peso del agua	gr	1.877	3.640	3.564	3.203	2.208	2.469	3.562	3.433	4.843	3.951	4.291	5.410
Peso de tara	gr	28.900	29.150	28.800	28.197	29.150	27.204	27.345	33.921	28.997	28.865	28.754	29.020
Peso de la muestra seca	gr	41.373	42.870	45.357	33.115	31.831	30.025	41.482	39.091	41.372	43.486	43.616	44.410
Contenido de humedad	%	6.962			8.277			9.692			10.369		
PESO ESPECÍFICO SECO													
Densidad seca	gr/cm ³	1.541		1.701		1.608		1.584					





UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

VALOR SOPORTE RELATIVO (C.B.R.) ASTM - D 1883

Proyecto: "Cal y cenizas de cáscara de arroz para estabilizar la superficie de rodadura en la vía Santa Clemencia-Chachapoyas"
Localización: Santa Clemencia, Chachapoyas, Distrito de Chimbote, Provincia Santa-Ancash
Muestra: **Calicata N°01** S93-C2-CCA5
Fecha: **Junio del 2019**

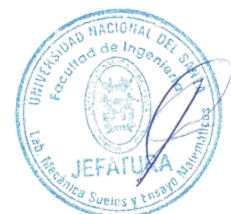
MUESTRA: TERRENO NATURAL - C 01

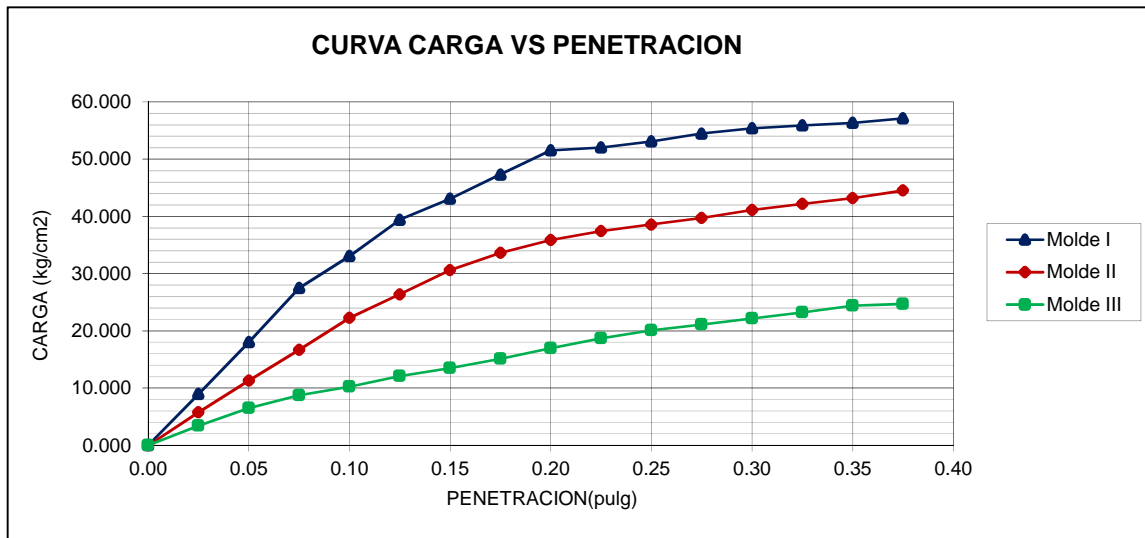
DENSIDAD MAXIMA 1.701

HUMEDAD OPTIMA: 8.3

COMPACTACION DE LOS MOLDES CBR			
Molde N°	I	II	III
Altura Molde	11.6	11.6	11.6
Diámetro Molde	15.2	15.2	15.2
Capas N°	5	5	5
Golpes por capa N°	55	26	12
CONDICIONES DE LA MUESTRA			
	Despues de mojado	Despues de mojado	Despues de mojado
Peso del molde + suelo húmedo (grs.)	11915	11710	11516
Peso del molde (gramos)	7760	7740	7900
Peso del suelo húmedo (grs.)	4155	3970	3616
Volumen del molde (cc)	2105	2105	2105
Densidad húmeda (grs./cm3)	1.974	1.886	1.718
Densidad seca (grs./cm3)	1.750	1.652	1.535
CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA			
Tarro N°	1	2	3
Peso del tarro + suelo húmedo (grs.)	50.08	95.03	30.4
Peso del tarro + suelo seco (grs.)	47.69	86.686	30.059
Peso del tarro (grs.)	29.03	27.83	27.19
Peso del agua (grs.)	2.39	8.34	0.34
Peso del suelo seco (grs.)	18.66	58.86	2.87
% de humedad	12.81	14.18	11.89

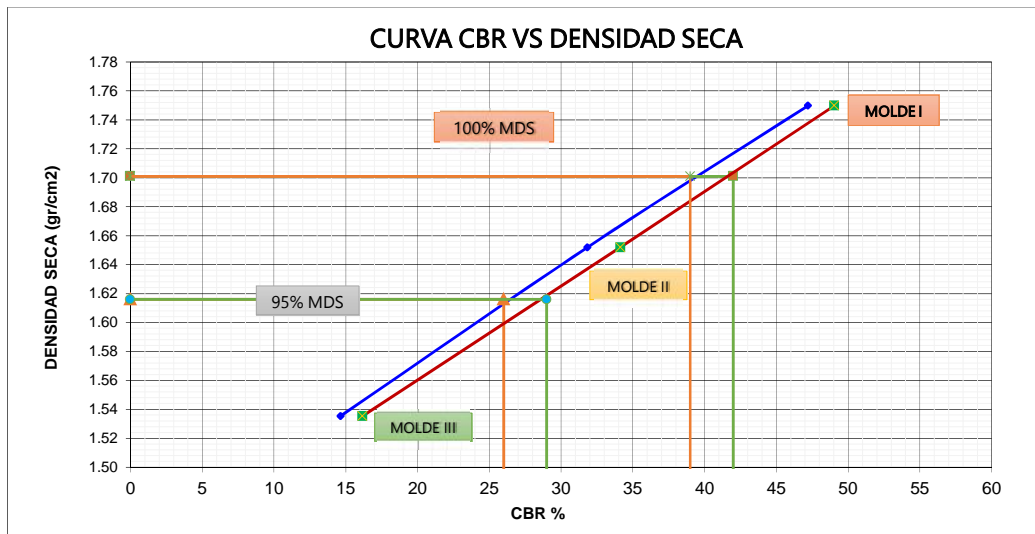
PRUEBA DE PENETRACION								
PENETRACIÓN		Carga Estándar kg/cm2	Molde N° I		Molde N° II		Molde N° III	
pulg	mm		LECTURA	PRESIÓN	LECTURA	PRESIÓN	LECTURA	PRESIÓN
0.000	0.000			0.000				0.000
0.025	0.025		1.700	8.933	1.100	5.780	0.650	3.415
0.050	0.050		3.430	18.023	2.150	11.297	1.240	6.516
0.075	0.075		5.230	27.481	3.170	16.657	1.660	8.722
0.100	0.100	70.000	6.250	33.051	4.240	22.279	1.950	10.246
0.125	0.125		7.500	39.409	5.020	26.377	2.300	12.085
0.150	0.150		8.200	43.087	5.820	30.581	2.570	13.504
0.175	0.175		9.000	47.290	6.400	33.629	2.880	15.133
0.200	0.200	105.000	9.800	51.494	6.820	35.836	3.230	16.972
0.225	0.225		9.900	52.019	7.120	37.412	3.560	18.706
0.250	0.250		10.100	53.070	7.340	38.568	3.820	20.072
0.275	0.275		10.362	54.447	7.560	39.724	4.010	21.070
0.300	0.300	133.000	10.537	55.366	7.820	41.090	4.220	22.174
0.325	0.325		10.634	55.876	8.030	42.193	4.420	23.225
0.350	0.350		10.723	56.344	8.220	43.192	4.640	24.381
0.375	0.375		10.869	57.111	8.470	44.505	4.700	24.696
0.400	0.400							





Molde	Penetracion (pulg.)	Presion Aplicada (kg/cm ²)	Presion Patrón (kg/cm ²)	C.B.R. (%)
I	0.100	33.051	70.000	47.215
II	0.100	22.279	70.000	31.827
III	0.100	10.246	70.000	14.637

Molde	Penetracion (pulg.)	Presion Aplicada (kg/cm ²)	Presion Patrón (kg/cm ²)	C.B.R. (%)
I	0.200	51.494	105.000	49.042
II	0.200	35.836	105.000	34.129
III	0.200	16.972	105.000	16.164



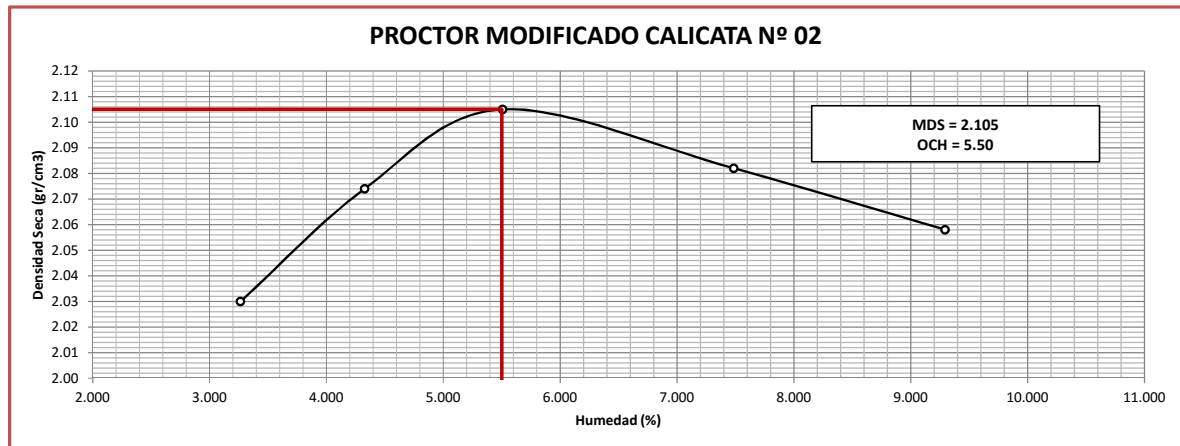
		0.1"	0.2"
CBR para el 100% de la maxima densidad seca (%):	1.701	39.00	42.00
CBR para el 95% de la maxima densidad seca (%):	1.616	26.00	29.00



PROCTOR MODIFICADO (MTC E 115)

Proyecto: "Cal y cenizas de cáscara de arroz para estabilizar la superficie de rodadura en la vía Santa Clemencia-Chachapoyas"
Localización: Santa Clemencia, Chachapoyas, Distrito de Chimbote, Provincia Santa-Ancash
Muestra: CALICATA N°02 **Dosificación:** S93-C2-CCAS
Fecha: **NOVIEMBRE 2019** **Responsables:** Tesistas

Ensayo	N°	1			2			3			4			5		
PESO ESPECÍFICO																
Peso de muestra húmeda + molde	gr	7145.00			7290.00			7410.00			7445.00			7470.00		
Peso del molde	gr	2714.00			2714.00			2714.00			2714.00			2714.00		
Peso de muestra húmeda	gr	4431.00			4576.00			4696.00			4731.00			4756.00		
Volúmen del molde	cm ³	2114.32			2114.32			2114.32			2114.32			2114.32		
Densidad Húmeda	gr/cm ³	2.096			2.164			2.221			2.238			2.249		
CONTENIDO DE HUMEDAD																
Tara	N°	1A	1B	1C	2A	2B	2C	3A	3B	3C	4A	4B	4C	5A	5B	5C
Peso de muestra húmeda + tara	gr	71.214	70.145	71.215	85.658	79.784	92.964	105.631	107.936	108.232	113.987	108.732	112.025	97.095	98.089	96.632
Peso muestra seca + tara	gr	69.915	68.926	69.736	83.215	77.639	90.293	103.711	104.536	101.563	108.739	103.147	105.612	92.257	91.624	90.178
Peso del agua	gr	1.299	1.219	1.479	2.443	2.145	2.671	1.920	3.400	6.669	5.248	5.585	6.413	4.838	6.465	6.454
Peso de tara	gr	28.712	28.632	28.800	28.197	27.427	27.727	27.345	33.921	28.997	28.865	28.754	29.020	27.876	27.601	27.325
Peso de la muestra seca	gr	41.203	40.294	40.936	55.018	50.213	62.566	76.366	70.615	72.566	79.874	74.393	76.592	64.381	64.024	62.853
Contenido de humedad	%	3.264			4.327			5.506			7.484			9.294		
PESO ESPECÍFICO SECO																
Densidad seca	gr/cm ³	2.030			2.074			2.105			2.082			2.058		





UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

VALOR SOPORTE RELATIVO (C.B.R.) ASTM - D 1883

Proyecto: "Cal y cenizas de cáscara de arroz para estabilizar la superficie de rodadura en la vía Santa Clemencia-Chachapoyas"
Localización: Santa Clemencia, Chachapoyas, Distrito de Chimbote, Provincia Santa-Ancash
Muestra: **Calicata N°02** **Dosificación:** S93-C2-CCA5
Fecha: **Noviembre del 2019**

MUESTRA: TERRENO NATURAL - C 02

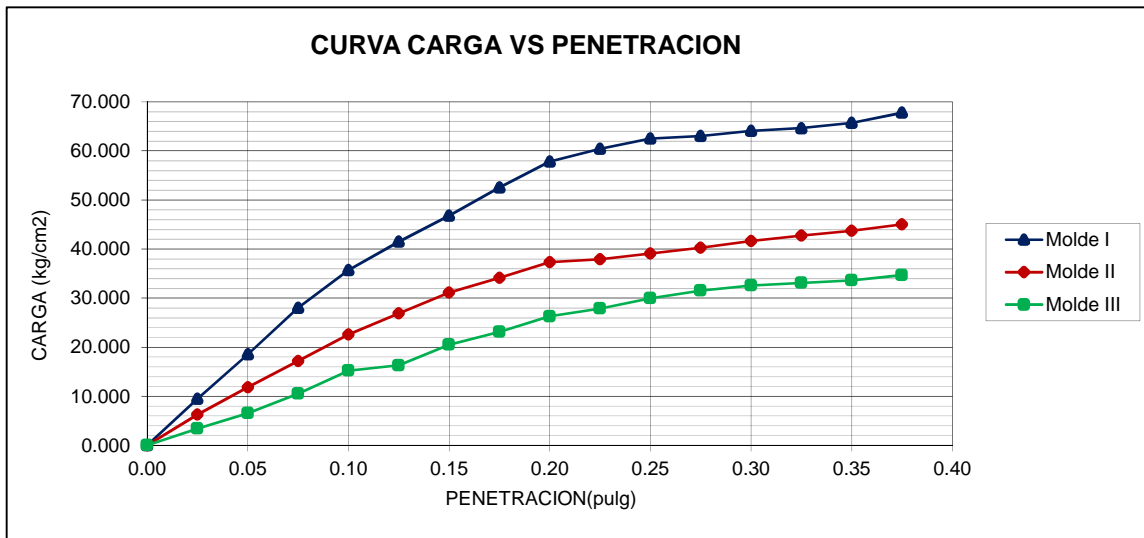
DENSIDAD MAXIMA 2.105

HUMEDAD OPTIMA: 5.5

COMPACTACION DE LOS MOLDES CBR			
Molde N°	I	II	III
Altura Molde	11.6	11.5	11.6
Diámetro Molde	15.2	15.2	15.2
Capas N°	5	5	5
Golpes por capa N°	55	26	12
CONDICIONES DE LA MUESTRA			
	Despues de mojado	Despues de mojado	Despues de mojado
Peso del molde + suelo húmedo (grs.)	11690	11080	10890
Peso del molde (gramos)	6800	6750	6765
Peso del suelo húmedo (grs.)	4890	4330	4125
Volumen del molde (cc)	2105	2087	2105
Densidad húmeda (grs./cm3)	2.323	2.075	1.960
Densidad seca (grs./cm3)	2.200	1.960	1.853
CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA			
Tarro N°	1	2	3
Peso del tarro + suelo húmedo (grs.)	100.29	89.853	85.213
Peso del tarro + suelo seco (grs.)	96.456	86.541	82.184
Peso del tarro (grs.)	27.88	29.932	29.552
Peso del agua (grs.)	3.83	3.31	3.03
Peso del suelo seco (grs.)	68.58	56.61	52.63
% de humedad	5.59	5.85	5.76

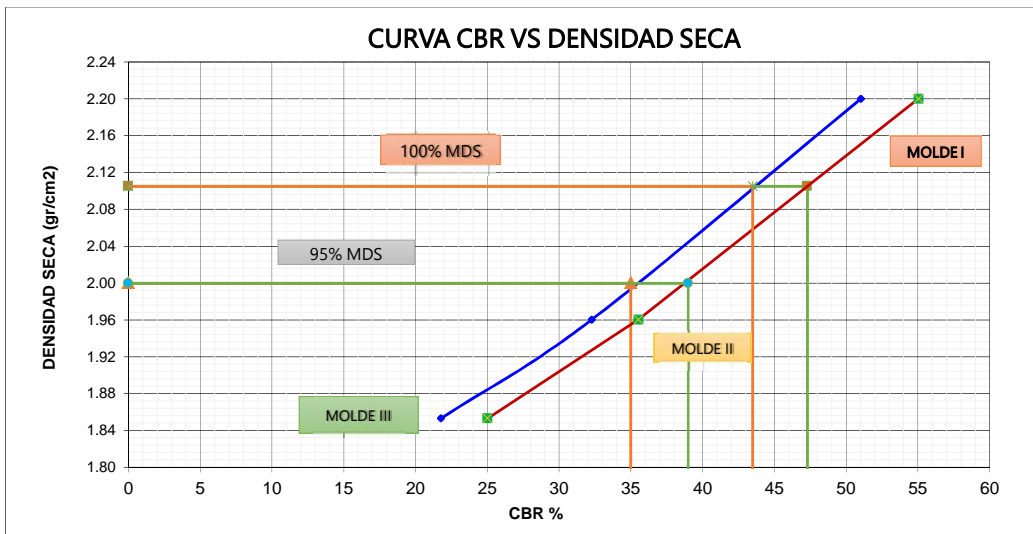
PRUEBA DE PENETRACION								
PENETRACIÓN		Carga Estándar kg/cm2	Molde N° I		Molde N° II		Molde N° III	
pulg	mm		LECTURA	PRESIÓN	LECTURA	PRESIÓN	LECTURA	PRESIÓN
0.000	0.000			0.000		0.000		0.000
0.025	0.025		1.800	9.458	1.200	6.305	0.650	3.415
0.050	0.050		3.530	18.548	2.250	11.823	1.240	6.516
0.075	0.075		5.330	28.006	3.270	17.182	2.000	10.509
0.100	0.100	70.000	6.800	35.730	4.300	22.594	2.900	15.238
0.125	0.125		7.900	41.510	5.120	26.903	3.100	16.289
0.150	0.150		8.900	46.765	5.920	31.106	3.900	20.492
0.175	0.175		10.000	52.545	6.500	34.154	4.400	23.120
0.200	0.200	105.000	11.000	57.799	7.100	37.307	5.000	26.272
0.225	0.225		11.500	60.426	7.220	37.937	5.300	27.849
0.250	0.250		11.900	62.528	7.440	39.093	5.700	29.951
0.275	0.275		12.000	63.054	7.660	40.249	6.000	31.527
0.300	0.300	133.000	12.200	64.105	7.920	41.615	6.200	32.578
0.325	0.325		12.300	64.630	8.130	42.719	6.300	33.103
0.350	0.350		12.500	65.681	8.320	43.717	6.400	33.629
0.375	0.375		12.900	67.783	8.570	45.031	6.600	34.680
0.400	0.400							



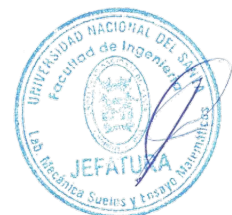


Molde	Penetracion (pulg.)	Presion Aplicada (kg/cm ²)	Presion Patrón (kg/cm ²)	C.B.R. (%)
I	0.100	35.730	70.000	51.043
II	0.100	22.594	70.000	32.277
III	0.100	15.238	70.000	21.769

Molde	Penetracion (pulg.)	Presion Aplicada (kg/cm ²)	Presion Patrón (kg/cm ²)	C.B.R. (%)
I	0.200	57.799	105.000	55.047
II	0.200	37.307	105.000	35.530
III	0.200	26.272	105.000	25.021



		0.1"	0.2"
CBR para el 100% de la maxima densidad seca (%):	2.105	43.50	47.30
CBR para el 95% de la maxima densidad seca (%):	2.000	35.00	39.00



PROCTOR MODIFICADO (MTC E 115)
Proyecto: "Cal y cenizas de cáscara de arroz para estabilizar la superficie de rodadura en la vía Santa Clemencia-Chachapoyas"

Localización: Santa Clemencia, Chachapoyas, Distrito de Chimbote, Provincia Santa-Ancash

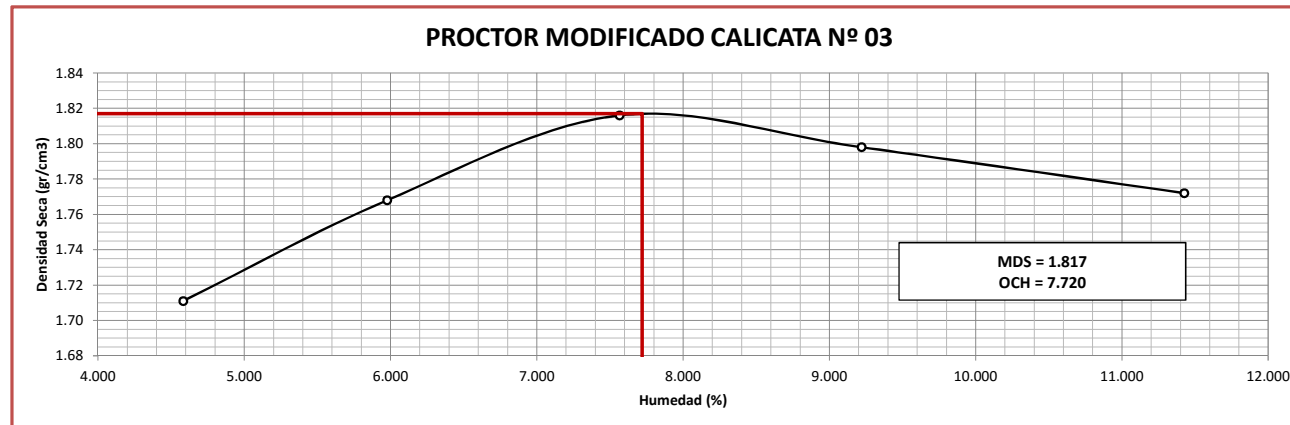
Muestra: CALICATA Nº 03

Dosificación: S93-C2-CCA5

Fecha: NOVIEMBRE 2019

Responsables: Tesistas

Ensayo	N°	1	2	3	4	5										
PESO ESPECÍFICO																
Peso de muestra húmeda + molde	gr	3695.00	3775.00	3850.00	3860.00	3870.00										
Peso del molde	gr	2000.00	2000.00	2000.00	2000.00	2000.00										
Peso de muestra húmeda	gr	1695.00	1775.00	1850.00	1860.00	1870.00										
Volúmen del molde	cm ³	947.26	947.26	947.26	947.26	947.26										
Densidad Húmeda	gr/cm ³	1.789	1.874	1.953	1.964	1.974										
CONTENIDO DE HUMEDAD																
Tara	N°	1A	1B	1C	2A	2B	2C	3B	3C	4A	4B	4C	5A	5B	5C	
Peso de muestra húmeda + tara	gr	84.089	92.158	90.248	95.348	100.023	101.052	119.341	112.729	115.687	93.422	97.312	107.154	116.152	108.862	115.631
Peso muestra seca + tara	gr	81.263	89.362	87.963	92.425	95.245	96.784	112.910	106.995	109.751	88.365	92.412	99.321	107.826	100.823	105.951
Peso del agua	gr	2.826	2.796	2.285	2.923	4.778	4.268	6.431	5.734	5.936	5.057	4.900	7.833	8.326	8.039	9.680
Peso de tara	gr	28.161	28.142	28.789	28.211	29.364	27.154	27.345	33.826	28.902	28.824	28.769	31.021	28.865	28.754	29.020
Peso de la muestra seca	gr	53.102	61.220	59.174	64.214	65.881	69.630	85.565	73.169	80.849	59.541	63.643	68.300	78.961	72.069	76.931
Contenido de humedad	%	4.583				5.978			7.565			9.220				11.427
PESO ESPECÍFICO SECO																
Densidad seca	gr/cm ³	1.711				1.768			1.816			1.798				1.772





UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

VALOR SOPORTE RELATIVO (C.B.R.) ASTM - D 1883

Proyecto: "Cal y cenizas de cáscara de arroz para estabilizar la superficie de rodadura en la vía Santa Clemencia-Chachapoyas"

Localización: Santa Clemencia, Chachapoyas, Distrito de Chimbote, Provincia Santa-Ancash

Muestra: Calicata N°03

Dosificación: S93-C2-CCA5

Fecha: Noviembre del 2019

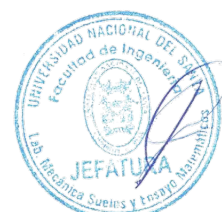
MUESTRA: TERRENO NATURAL - C 03

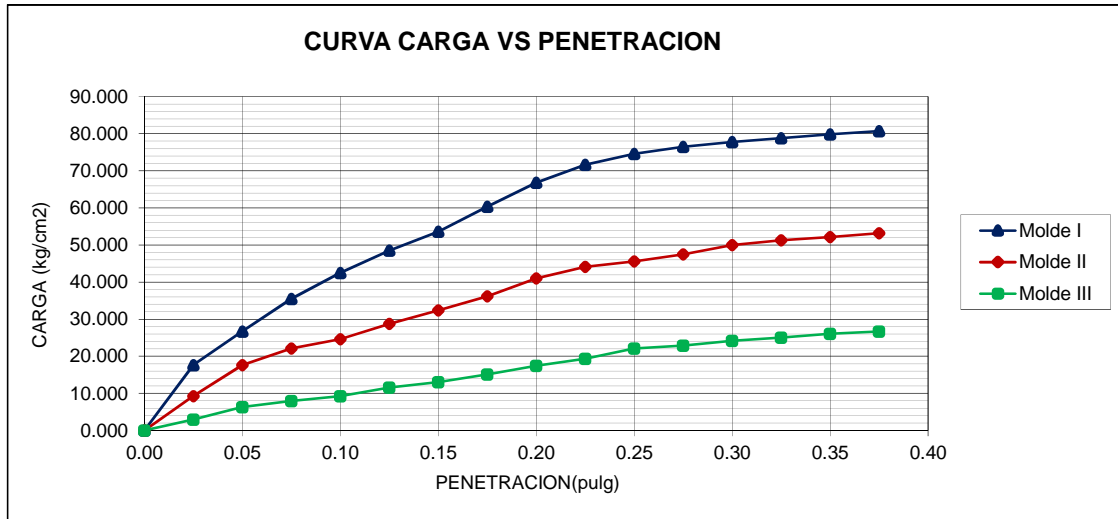
DENSIDAD MAXIMA 1.817

HUMEDAD OPTIMA: 7.72

COMPACTACIÓN DE LOS MOLDES CBR			
Molde N°	I	II	III
Altura Molde	11.6	11.6	11.6
Diámetro Molde	15.2	15.2	15.2
Capas N°	5	5	5
Golpes por capa N°	55	26	12
CONDICIONES DE LA MUESTRA			
	Despues de mojado	Despues de mojado	Despues de mojado
Peso del molde + suelo húmedo (grs)	10969	10720	10519
Peso del molde (gramos)	6760	6735	6720
Peso del suelo húmedo (grs.)	4209	3985	3799
Volumen del molde (cc)	2105	2105	2105
Densidad húmeda (grs./cm3)	2.000	1.893	1.805
Densidad seca (grs./cm3)	1.853	1.753	1.675
CONTENIDO DE HUMEDAD Y DENSIDAD SECA			
Tarro N°	1	2	3
Peso del tarro + suelo húmedo (grs.)	73.809	105.518	88.671
Peso del tarro + suelo seco (grs.)	69.842	99.791	84.290
Peso del tarro (grs.)	19.554	27.911	27.843
Peso del agua (grs.)	3.97	5.73	4.38
Peso del suelo seco (grs.)	50.29	71.88	56.45
% de humedad	7.89	7.97	7.76

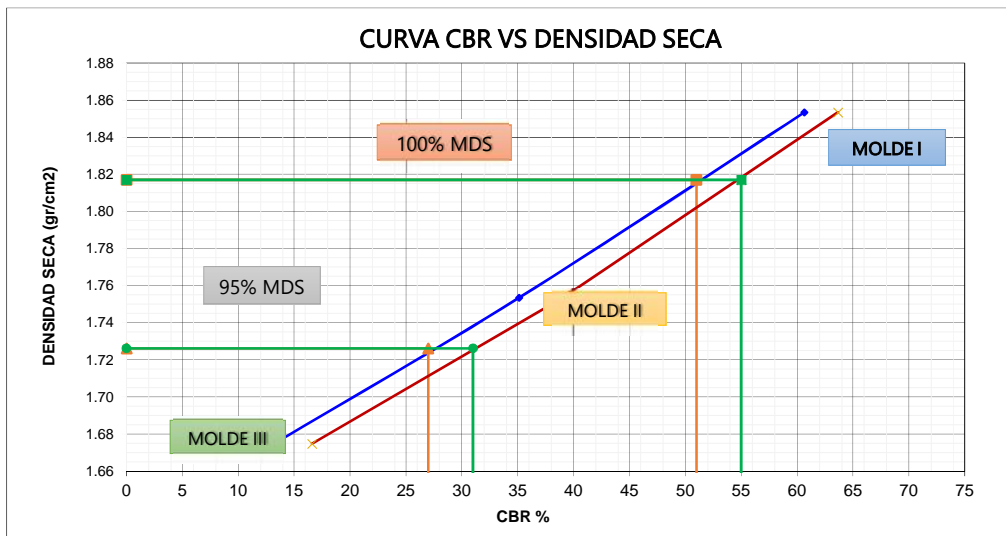
PRUEBA DE PENETRACION								
PENETRACIÓN		Carga Estándar kg/cm2	Molde N° I		Molde N° II		Molde N° III	
pulg	mm		LECTURA	PRESIÓN	LECTURA	PRESIÓN	LECTURA	PRESIÓN
0.000	0.000			0.000		0.000		0.000
0.025	0.025		3.360	17.655	1.760	9.248	0.560	2.943
0.050	0.050		5.080	26.693	3.360	17.655	1.200	6.305
0.075	0.075		6.760	35.520	4.200	22.069	1.520	7.987
0.100	0.100	70.000	8.080	42.456	4.680	24.591	1.760	9.248
0.125	0.125		9.240	48.551	5.480	28.795	2.200	11.560
0.150	0.150		10.200	53.596	6.160	32.368	2.480	13.031
0.175	0.175		11.480	60.321	6.880	36.151	2.880	15.133
0.200	0.200	105.000	12.720	66.837	7.800	40.985	3.320	17.445
0.225	0.225		13.640	71.671	8.400	44.138	3.680	19.336
0.250	0.250		14.200	74.614	8.680	45.609	4.200	22.069
0.275	0.275		14.560	76.505	9.040	47.500	4.360	22.910
0.300	0.300	133.000	14.800	77.766	9.520	50.023	4.600	24.171
0.325	0.325		15.000	78.817	9.760	51.284	4.760	25.011
0.350	0.350		15.200	79.868	9.920	52.124	4.960	26.062
0.375	0.375		15.360	80.709	10.120	53.175	5.080	26.693
0.400	0.400							





Molde	Penetración (pulg.)	Presión Aplicada (kg/cm ²)	Presión Patrón (kg/cm ²)	C.B.R. (%)
I	0.100	42.456	70.000	60.652
II	0.100	24.591	70.000	35.130
III	0.100	9.248	70.000	13.211

Molde	Penetración (pulg.)	Presión Aplicada (kg/cm ²)	Presión Patrón (kg/cm ²)	C.B.R. (%)
I	0.200	66.837	105.000	63.654
II	0.200	40.985	105.000	39.033
III	0.200	17.445	105.000	16.614



CBR para el 100% de la máxima densidad seca (%):	1.817	0.1"	51.00	0.2"	55.00
CBR para el 95% de la máxima densidad seca (%):	1.726		27.00		31.00



ENSAYO DE DENSIDAD DE CAMPO



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

DENSIDAD DE CAMPO (ASTM D-1556)

Proyecto: "Cal y cenizas de cáscara de arroz para estabilizar la superficie de rodadura en la vía Santa Clemencia-Chachapoyas"

Localización: Santa Clemencia, Chachapoyas, Distrito de Chimbote, Provincia Santa-Ancash

MUESTRA: CALICATA N° 01

Fecha: Junio del 2019

MUESTRA: S93-C2-CCA5

DENSIDAD MAXIMA: 1.701

HUMEDAD OPTIMA: 8.3

DENSIDAD DE CAMPO (ASTM D-1556)

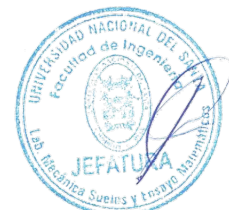
1	Peso del frasco + arena (gr)	5977.00
2	Peso del frasco + arena sobrante (gr)	2526.00
3	Peso de arena empleada (gr)	3451.00
4	Peso de la arena en el cono (gr)	1436.00
5	Peso de la arena del hoyo (gr)	2015.00
6	Densidad de la arena (gr/cm ³)	1.36
7	Volumen del hoyo (cm ³)	1481.62
8	Peso del suelo + grava (gr)	2478.00
9	Peso retenido en el tamiz 3/4" (gr)	0.00
10	Peso específico de grava (gr/cm ³)	2.68
11	Volumen de la grava (cm ³)	0.00
12	Peso del suelo (gr)	2478.00
13	Volumen del suelo (gr)	1481.62
14	Densidad húmeda (gr/cm ³)	1.67

CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D-2216-80)

15	Contenido de humedad (%)	8.60
----	--------------------------	------

RESUMEN DEL ENSAYO PROCTOR

16	Maxima densidad seca (gr/cm ³)	1.70
17	Optimo contenido de humedad %	8.30
18	Densidad seca (gr/cm ³)	1.54
GRADO DE COMPACTACIÓN %		90.54





UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

DENSIDAD DE CAMPO (ASTM D-1556)

Proyecto: "Cal y cenizas de cáscara de arroz para estabilizar la superficie de rodadura en la vía Santa Clemencia-Chachapoyas"

Localización: Santa Clemencia, Chachapoyas, Distrito de Chimbote, Provincia Santa-Ancash

Fecha: Noviembre del 2019

MUESTRA: CALICATA N° 02

DOSIFICACION: S93-C2-CCA5

DENSIDAD MAXIMA: 2.105

HUMEDAD OPTIMA: 5.5

DENSIDAD DE CAMPO (ASTM D-1556)

1	Peso del frasco + arena (gr)	5565.00
2	Peso del frasco + arena sobrante (gr)	2495.00
3	Peso de arena empleada (gr)	3070.00
4	Peso de la arena en el cono (gr)	1440.00
5	Peso de la arena del hoyo (gr)	1630.00
6	Densidad de la arena (gr/cm ³)	1.36
7	Volumen del hoyo (cm ³)	1198.53
8	Peso del suelo + grava (gr)	2490.00
9	Peso retenido en el tamiz 3/4" (gr)	0.00
10	Peso específico de grava (gr/cm ³)	2.68
11	Volumen de la grava (cm ³)	0.00
12	Peso del suelo (gr)	2490.00
13	Volumen del suelo (gr)	1198.53
14	Densidad húmeda (gr/cm ³)	2.08

CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D-2216-80)

15	Contenido de humedad (%)	5.48
----	--------------------------	------

RESUMEN DEL ENSAYO PROCTOR

16	Maxima densidad seca (gr/cm ³)	2.11
17	Optimo contenido de humedad %	5.50
18	Densidad seca (gr/cm ³)	1.97
GRADO DE COMPACTACIÓN %		93.57





DENSIDAD DE CAMPO (ASTM D-1556)

Proyecto: "Cal y cenizas de cáscara de arroz para estabilizar la superficie de rodadura en la vía Santa Clemencia-Chachapoyas"

Localización: Santa Clemencia, Chachapoyas, Distrito de Chimbote, Provincia Santa-Ancash

Fecha: **Noviembre del 2019**

MUESTRA: **CALICATA N° 03**

DOSIFICACION: **S93-C2-CCA5**

DENSIDAD MAXIMA: **1.817**

HUMEDAD OPTIMA: **7.72**

DENSIDAD DE CAMPO (ASTM D-1556)

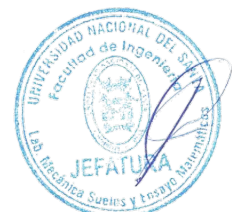
1	Peso del frasco + arena (gr)	5995.00
2	Peso del frasco + arena sobrante (gr)	2690.00
3	Peso de arena empleada (gr)	3305.00
4	Peso de la arena en el cono (gr)	1436.00
5	Peso de la arena del hoyo (gr)	1869.00
6	Densidad de la arena (gr/cm ³)	1.36
7	Volumen del hoyo (cm ³)	1374.26
8	Peso del suelo + grava (gr)	2478.00
9	Peso retenido en el tamiz 3/4" (gr)	0.00
10	Peso específico de grava (gr/cm ³)	2.68
11	Volumen de la grava (cm ³)	0.00
12	Peso del suelo (gr)	2478.00
13	Volumen del suelo (gr)	1374.26
14	Densidad húmeda (gr/cm ³)	1.80

CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D-2216-80)

15	Contenido de humedad (%)	7.67
----	--------------------------	------

RESUMEN DEL ENSAYO PROCTOR

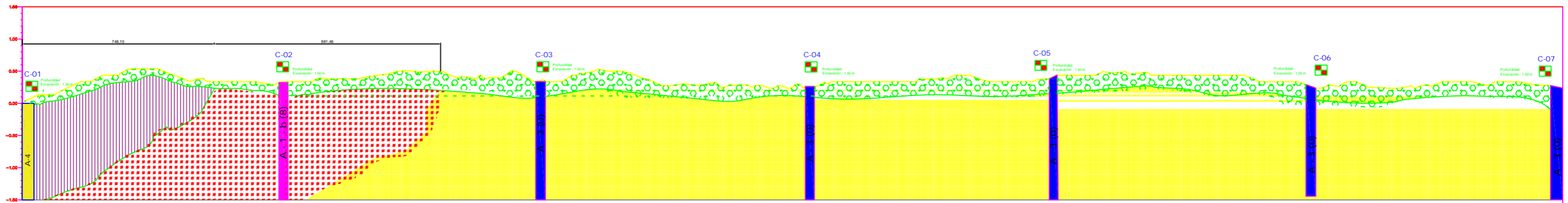
16	Maxima densidad seca (gr/cm ³)	1.82
17	Optimo contenido de humedad %	7.72
18	Densidad seca (gr/cm ³)	1.67
GRADO DE COMPACTACIÓN %		92.17



ANEXO 5

PERFIL GEOTECNICO

PERFIL GEOTÉCNICO VÍA SANTA CLEMENCIA - CHACHAPOYAS



PROGRESIVA	CL	SP - SM	SP - SM	SP - SM	SP - SM	SP - SM
0+000.00	A - 4 (8)	A-1-b (0)	A - 3 (0)	A - 3 (0)	A - 3 (0)	A - 3 (0)

Plano de Perfil Geotécnico
Escala: H=1:500
V=1:200

LITOESTRATIGRAFÍA (CLASIFICACIÓN ASHTO)

	MATERIAL DE RELLENO		A-4
	A-3		A-1-b

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA			
FACULTAD DE INGENIERÍA			
ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL			
Proyecto: "CAL Y CENIZAS DE CASCARA DE ARROZ PARA ESTABILIZAR LA SUPERFICIE DE RODADURA EN LA VÍA SANTA CLEMENCIA - CHACHAPOYAS"			
PERFIL GEOTÉCNICO			
0+000 @ 6+000 KM			
Aprobado: MA. LIZ ALVAREZ ASTO ABSORBA DEL PROYECTO DE TESIS	Ubicación: Departamento: ANCASH	Prov.: SANTA	Distrito: CHIMBOTE
Tuñalán: ESQUIVEL, SAAVEDRA, EDITH, OLIZETH, GOMEZ VELASQUEZ, MLAGROS, LIBRETH	Estado: INDICADA	Fecha: OCTUBRE - 2019	Nº Límite: PG - 01
	Cod.: E.G.E.S.	Archivo: D:\PROYECTOS\ISIS	

REGISTRO DE SONDAJE


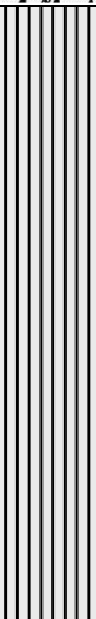
Proyecto: "Cal y cenizas de cáscara de arroz para estabilizar la superficie de rodadura en la vía Santa Clemencia-Chachapoyas"

Localización: Santa Clemencia, Chachapoyas, Distrito de Chimbote, Provincia Santa-Ancash

Muestra: Calicata N°01

Fecha: Diciembre del 2018

Profundidad	1.50 m.
Nivel Freático	N.P.

Profundidad (metros)	Tipo de excavación	CLASIFICACIÓN		SIMBOLO	DESCRIPCION DEL MATERIAL	Wn. (%)	LIMITES ATTERBERG			GRADACIÓN		
		SUCS	AASHTO				L.L. (%)	L.P. (%)	I.P. (%)	GRAVAS (%)	ARENAS (%)	FINOS (%)
0.00	CALICATA				Material de relleno no clasificado (mezcla de arenas con materia orgánica e inorgánica)							
-0.10												
-1.50		CL	A-4 (8)		Limo orgánico de plasticidad baja, de color gris oscuro, siendo la condicion in situ: ligeramente húmedo, con 82.139% de finos, 16.691% de arenas y 1.17% de gravas.	4.463	27.28	19.16	8.12	1.170	16.691	82.139

REGISTRO DE SONDAJE

Proyecto: "Cal y cenizas de cáscara de arroz para estabilizar la superficie de rodadura en la vía Santa Clemencia-Chachapoyas"

Localización: Santa Clemencia, Chachapoyas, Distrito de Chimbote, Provincia Santa-Ancash

Muestra: Calicata N°02

Fecha: Diciembre del 2018

Profundidad	1.50 m.
Nivel Freático	N.P.

Profundidad (metros)	Tipo de excavación	CLASIFICACIÓN		SIMBOLO	DESCRIPCION DEL MATERIAL	Wn. (%)	LIMITES ATTERBERG			GRADACIÓN		
		SUCS	AASHTO				L.L. (%)	L.P. (%)	I.P. (%)	GRAVAS (%)	ARENAS (%)	FINOS (%)
0.00	CALICATA				Material de relleno no clasificado (mezcla de arenas con materia orgánica e inorgánica)							
-0.10					Arena mal graduada de color beige oscuro, de granos sub redondeados sin presencia de finos y con presencia de gravas de 3/4" a 1". Condicion in situ: semi compactado y ligeramente húmedo.	3.777	N.P.	N.P.	N.P.	40.985	49.160	9.854
-1.50		SP-SM	A-1-b (0)									



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
FACULTAD DE INGENIERÍA
ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

REGISTRO DE SONDAJE

Proyecto: "Cal y cenizas de cáscara de arroz para estabilizar la superficie de rodadura en la vía Santa Clemencia-Chachapoyas"

Localización: Santa Clemencia, Chachapoyas, Distrito de Chimbote, Provincia Santa-Ancash

Muestra: Calicata N°03

Fecha: Diciembre del 2018

Profundidad	1.50 m.
Nivel Freático	N.P.

Profundidad (metros)	Tipo de excavación	CLASIFICACIÓN		SIMBOLO	DESCRIPCION DEL MATERIAL	Wn. (%)	LIMITES ATTERBERG			GRADACIÓN		
		SUCS	AASHTO				L.L. (%)	L.P. (%)	I.P. (%)	GRAVAS (%)	ARENAS (%)	FINOS (%)
0.00	CALICATA				Material de relleno no clasificado (mezcla de arenas con materia orgánica e inorgánica)							
-0.20					Arena mal graduada de color beige oscuro, de granos sub redondeados con poca presencia de gravas y finos. Condicion in situ: semi compacto y ligeramente humedo	1.457	N.P.	N.P.	N.P.	0.897	93.161	5.942
-1.50		SP-SM	A-3 (0)									



REGISTRO DE SONDAJE

Proyecto: "Cal y cenizas de cáscara de arroz para estabilizar la superficie de rodadura en la vía Santa Clemencia-Chachapoyas"

Localización: Santa Clemencia, Chachapoyas, Distrito de Chimbote, Provincia Santa-Ancash

Muestra: Calicata N°04

Fecha: Diciembre del 2018

Profundidad	1.50 m.
Nivel Freático	N.P.

Profundidad (metros)	Tipo de excavación	CLASIFICACIÓN		SIMBOLO	DESCRIPCION DEL MATERIAL	Wn. (%)	LIMITES ATTERBERG			GRADACIÓN		
		SUCS	AASHTO				L.L. (%)	L.P. (%)	I.P. (%)	GRAVAS (%)	ARENAS (%)	FINOS (%)
0.00	CALICATA				Material de relleno no clasificado (mezcla de arenas con materia orgánica e inorgánica)							
-0.20					Arena mal graduada de color beige oscuro, de granos sub redondeados con poca presencia de gravas y finos. Condicion in situ: semi compacto y ligeramente humedo	1.213	N.P.	N.P.	N.P.	0.448	93.841	5.711
-1.50		SP-SM	A-3 (0)									

REGISTRO DE SONDAJE

Proyecto: "Cal y cenizas de cáscara de arroz para estabilizar la superficie de rodadura en la vía Santa Clemencia-Chachapoyas"

Localización: Santa Clemencia, Chachapoyas, Distrito de Chimbote, Provincia Santa-Ancash

Muestra: Calicata N°05

Fecha: Diciembre del 2018

Profundidad	1.50 m.
Nivel Freático	N.P.

Profundidad (metros)	Tipo de excavación	CLASIFICACIÓN		SIMBOLO	DESCRIPCION DEL MATERIAL	Wn. (%)	LIMITES ATTERBERG			GRADACIÓN		
		SUCS	AASHTO				L.L. (%)	L.P. (%)	I.P. (%)	GRAVAS (%)	ARENAS (%)	FINOS (%)
0.00	CALICATA				Material de relleno no clasificado (mezcla de arenas con materia orgánica e inorgánica)							
-0.20					Arena mal graduada de color beige oscuro, de granos sub redondeados con poca presencia de gravas y finos. Condicion in situ: semi compacto y ligeramente humedo	4.853	N.P.	N.P.	N.P.	0.487	92.580	6.933
-1.50		SP-SM	A-3 (0)									



REGISTRO DE SONDAJE

Proyecto: "Cal y cenizas de cáscara de arroz para estabilizar la superficie de rodadura en la vía Santa Clemencia-Chachapoyas"

Localización: Santa Clemencia, Chachapoyas, Distrito de Chimbote, Provincia Santa-Ancash

Muestra: Calicata N°06

Fecha: Diciembre del 2018

Profundidad	1.50 m.
Nivel Freático	N.P.

Profundidad (metros)	Tipo de excavación	CLASIFICACIÓN		SIMBOLO	DESCRIPCION DEL MATERIAL	Wn. (%)	LIMITES ATTERBERG			GRADACIÓN		
		SUCS	AASHTO				L.L. (%)	L.P. (%)	I.P. (%)	GRAVAS (%)	ARENAS (%)	FINOS (%)
0.00	CALICATA				Material de relleno no clasificado (mezcla de arenas con materia orgánica e inorgánica)							
-0.10					Arena mal graduada de color beige oscuro, de granos sub redondeados con poca presencia de finos y sin grava.	4.233	N.P.	N.P.	N.P.	0.00	84.865	15.135
-1.50		SP-SM	A-3 (0)		Condicion in situ: semi compacto y ligeramente humedo							

REGISTRO DE SONDAJE

Proyecto: "Cal y cenizas de cáscara de arroz para estabilizar la superficie de rodadura en la vía Santa Clemencia-Chachapoyas"

Localización: Santa Clemencia, Chachapoyas, Distrito de Chimbote, Provincia Santa-Ancash

Muestra: Calicata N°07

Fecha: Diciembre del 2018

Profundidad	1.50 m.
Nivel Freático	N.P.

Profundidad (metros)	Tipo de excavación	CLASIFICACIÓN		SIMBOLO	DESCRIPCION DEL MATERIAL	Wn. (%)	LIMITES ATTERBERG			GRADACIÓN		
		SUCS	AASHTO				L.L. (%)	L.P. (%)	I.P. (%)	GRAVAS (%)	ARENAS (%)	FINOS (%)
0.00	CALICATA				Material de relleno no clasificado (mezcla de arenas con materia orgánica e inorgánica)							
-0.20					Arena mal graduada de color beige oscuro, de granos sub redondeados con poca presencia de finos y sin grava.	3.077	N.P.	N.P.	N.P.	0.907	87.206	11.887
-1.50		SP-SM	A-3 (0)		Condicion in situ: semi compacto y ligeramente humedo							

ANEXO 6

PANEL FOTOGRAFICO

TRABAJOS EN CAMPO



Figura N°01: Excavación y toma de muestra de suelo de la calicata C-01 en la vía Santa Clemencia – Chachapoyas.



Figura N°02: Excavación y toma de muestra de suelo de la calicata C-02 en la vía Santa Clemencia – Chachapoyas.



Figura N°03: Excavación y toma de muestra de suelo de la calicata C-03 en la vía Santa Clemencia – Chachapoyas.



Figura N°04: Excavación y toma de muestra de suelo de la calicata C-04 en la vía Santa Clemencia – Chachapoyas.



Figura N°05: Excavación y toma de muestra de suelo de la calicata C-05 en la vía Santa Clemencia – Chachapoyas.



Figura N°06: Excavación y toma de muestra de suelo de la calicata C-06 en la vía Santa Clemencia – Chachapoyas.



Figura N°07: Excavación y toma de muestra de suelo de la calicata C-07 en la vía Santa Clemencia – Chachapoyas.



Figura N°08: Muestras de suelos de las 07 calicatas almacenadas en sacos y trasladadas al laboratorio de Suelos de la Universidad Nacional del Santa.



Figura N°09 y 10: Demarcación del tramo de prueba, con un área de 3m x 6m.



Figura N°11: Demarcación del tramo de prueba, con un área de 3m x 6m.



Figura N°12: Preparación y pesado de la mezcla estabilizadora de cenizas de cáscara de arroz más cal.



Figura N°13 y 14: Escarificación y homogeneización de la subrasante a lo largo y ancho del tramo de prueba, empleándose rastrillo, palanas y barretas.



Figura N°15 y 16: Escarificación y homogeneización de la subrasante a lo largo y ancho del tramo de prueba, empleándose rastrillo, palanas y barretas.



Figura N°17 y 18: Tendido y esparcimiento manual de la mezcla de ceniza de cáscara de arroz y cal en el tramo de prueba a estabilizar, para ser mezclado con el suelo en estudio.



Figura N°19: Tendido y esparcimiento manual de la mezcla de ceniza de cáscara de arroz y cal en el tramo de prueba a estabilizar, para ser mezclado con el suelo en estudio.



Figura N°20: Humectación del suelo de subrasante después de la escarificación del material hasta llevarlo a una condición de $\pm 2\%$ con respecto a la humedad óptima de compactación obtenida en laboratorio.



Figura N°21 y 22: Humectación del suelo de subrasante después de la escarificación del material hasta llevarlo a una condición de $\pm 2\%$ con respecto a la humedad óptima de compactación obtenida en laboratorio.



Figura N°23: Humectación del suelo de subrasante después de la escarificación del material hasta llevarlo a una condición de $\pm 2\%$ con respecto a la humedad óptima de compactación obtenida en laboratorio.



Figura N°24: Compactación del área de prueba con 01 plancha compactadora. La superficie terminada del tramo de subrasante no presenta deformaciones ni altibajos.



Figura N°25 y 26: Compactación del área de prueba con 01 plancha compactadora. La superficie terminada del tramo de subrasante no presenta deformaciones ni altibajos.



Figura N°27: Pesaje del cono de densidad antes y después del ensayo.



Figura N°28: Realización del ensayo de densidad de campo in situ, en la vía Santa Clemencia – Chachapoyas (MTC E 117).



Figura N°29 y 30: Realización del ensayo de densidad de campo in situ, en la vía Santa Clemencia – Chachapoyas (MTC E 117).



Figura N°31 y 32: Colocación de la placa y perforación del suelo compactado a una profundidad de 15 cm. El material obtenido se coloca en una bolsa plástica para mantener su humedad. Se lleva la muestra al laboratorio y se determina su contenido de humedad.



Figura N°33, 34, 35 y 36: Colocación del frasco invertido con la arena calibrada sobre la placa, se abrió la llave y se dio paso a la arena. Se llena el agujero con la arena y así determinar el volumen de este por la diferencia de pesos del frasco inicial y final, para finalmente determinar la densidad del suelo in situ.



Figura N°37 y 38: Terminado el ensayo de densidad de campo se continua con el tránsito libre sobre el tramo de prueba en la vía Santa Clemencia – Chachapoyas.



Figura N°39 y 40: Evaluación del tramo de prueba a los 15 días de realizada la compactación.



Figura N°41 y 42: Evaluación del tramo de prueba a los 15 días de realizada la compactación.

TRABAJOS EJECUTADOS EN LABORATORIO



Figura N°43, 44 y 45: Obtención en laboratorio de muestra representativa de cada calicata mediante el cuarteo (MTC E 105).



Figura N°46, 47, 48 y 49: Pesaje de las taras y taras más muestra representativa para determinar el contenido de humedad.



Figura N°50 y 51: Muestras de suelo colocadas en el horno eléctrico y posterior pesaje de las mismas para determinar el contenido de humedad de cada calicata.



Figura N°52: Vertido de las muestras de suelo por cada calicata al juego de tamices empleados.



Figura N°53 y 54: Realización del tamizaje empleando 01 tamizadora eléctrica para obtener la curva granulométrica. (MTC E 107).



Figura N°55, 56 y 57: Pesaje de la muestra de suelo retenido en los diferentes tamices después del tamizado.



Figura N°58: Muestra representativa del suelo pasante del tamiz N° 40.

Figura N°59: Equipos y materiales necesarios para la determinación del límite líquido. (MTC E 110).

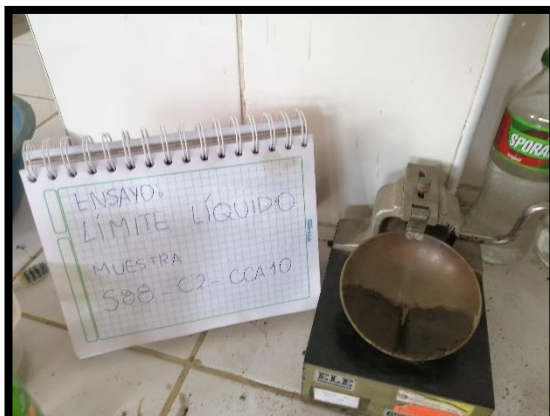
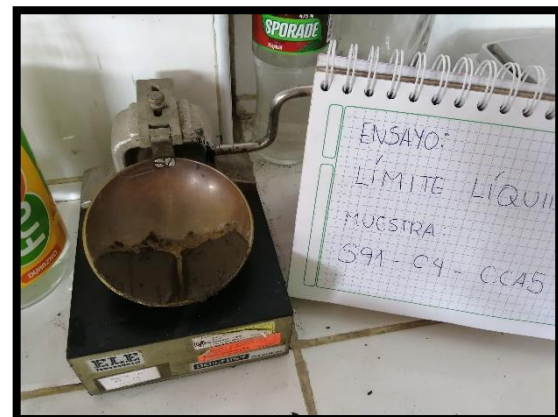


Figura N°60, 61 y 62: Determinación del límite líquido de la muestra obtenida de la zona de estudio y de las combinaciones de CCA y Cal.

Figura N°63: Muestras obtenidas del límite líquido para determinar su contenido de humedad.



Figura N°64 y 65: Realización del ensayo de límite plástico de la calicata N° 01 de la muestra obtenida del lugar de estudio.



Figura N°66 y 67: No presenta límite plástico las combinaciones del suelo natural más 6%C+10%CCA y 4%C+20%CCA, debido a que carecen de plasticidad.



Figura N°68 y 69: Llenado del picnómetro con agua destilada hasta la marca de calibración y pesaje del mismo.



Figura N°70, 71 y 72: Vertido de la muestra de suelo y combinaciones de suelo + C+CCA con el embudo al picnómetro.



Figura N° 73, 74 y 75: Realización del ensayo para la determinación de la gravedad específica de sólidos de suelo mediante picnómetro de agua (MTC E 113).



Figura N°76 y 77: Enrasado de los picnómetros con agua destilada posterior al proceso de ebullición y pesaje del mismo.



Figura N°78, 79 Y 80: Pesaje de los materiales utilizados para la realización del ensayo Proctor: suelo del lugar de estudio, cenizas de cáscara de arroz y cal.



Figura N°81, 82 y 83: Preparación de las mezclas de suelo del lugar de estudio con la adición de cenizas de cáscara de arroz y cal, hasta lograr una mezcla uniforme.



Figura N°8: Compactación de la mezcla de suelo en tres capas de 25 golpes con pisón manual en caída libre

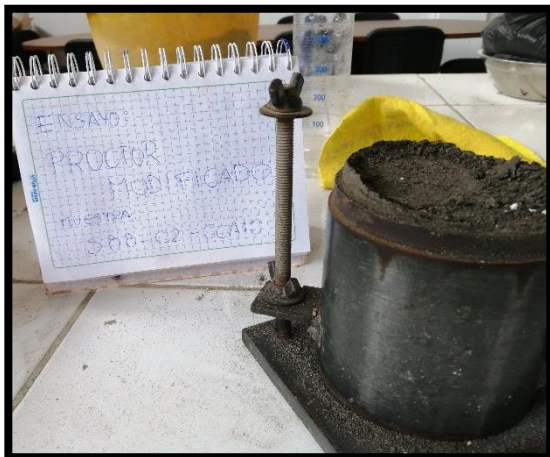


Figura N°85, 86 y 87: Enrasado y limpieza del molde ya con la mezcla compactada. Pesaje del molde más mezcla de suelo con ceniza de cáscara de arroz y cal a diferentes contenidos de humedad.





Figura N°88 y 89: Toma de tres muestras de la mezcla compactada para obtener mediante el promedio el óptimo contenido de humedad de cada proctor.



Figura N°90 y 91: Pesaje de las taras con las muestras húmedas del ensayo Proctor y colocación al horno eléctrico para obtener su peso seco.



Figura N°92, 93 y 94: Materiales empleados para la realización del CBR: suelo del lugar de estudio, cenizas de cáscara de arroz y cal.

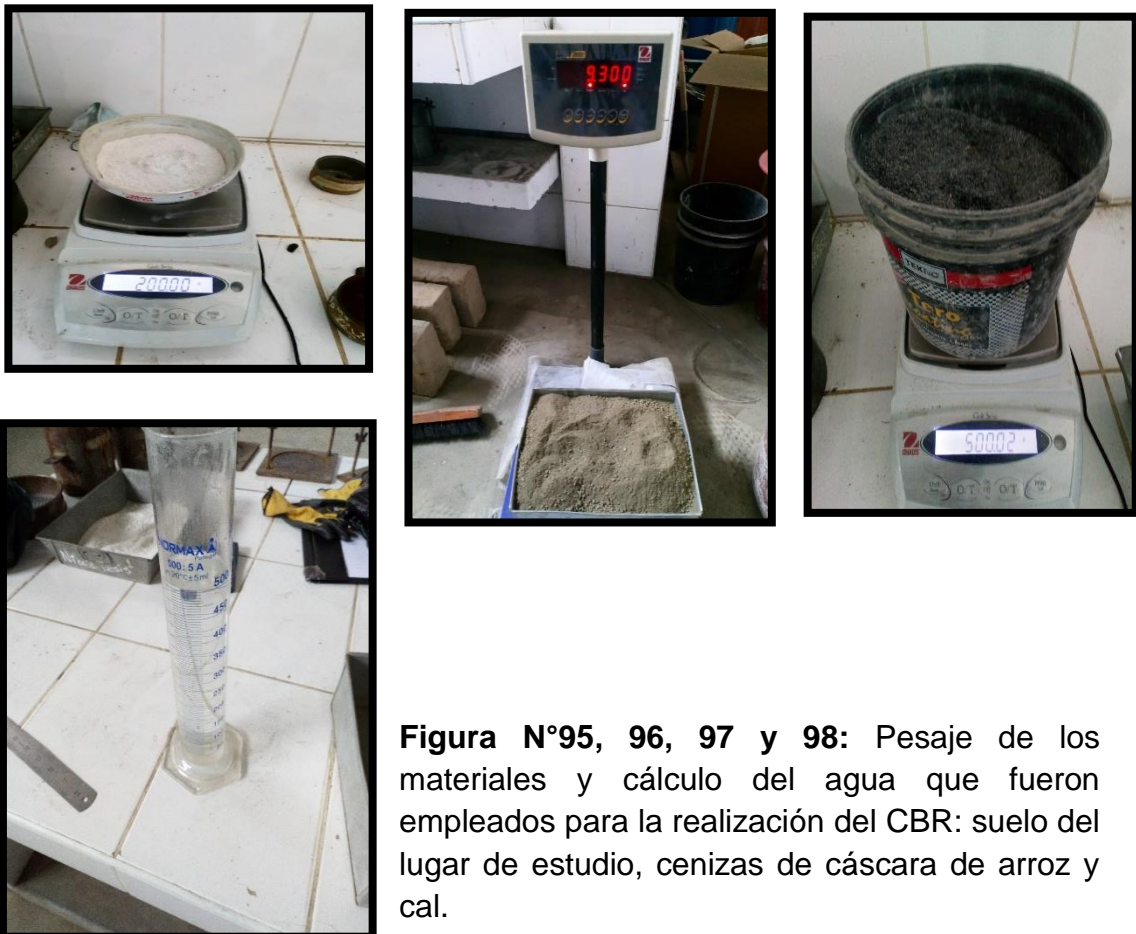


Figura N°95, 96, 97 y 98: Pesaje de los materiales y cálculo del agua que fueron empleados para la realización del CBR: suelo del lugar de estudio, cenizas de cáscara de arroz y cal.



Figura N°99, 100, 101 y 102: Se le añade agua de acuerdo al óptimo contenido de humedad obtenido en el ensayo de Proctor Modificado para cada mezcla. Mezclado de los materiales hasta obtener una muestra homogénea.



Figura N°103, 104 y 105: Toma de las medidas de los moldes y del disco espaciador para el ensayo CBR.

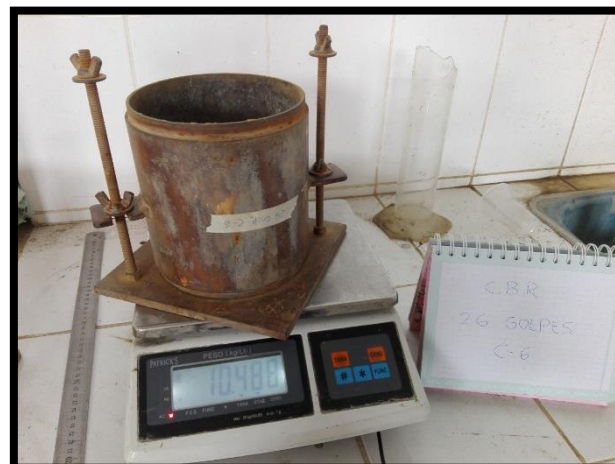


Figura N°106 y 107: Pesaje de los moldes de CBR y su placa base, antes de realizar el ensayo.



Figura N°108, 109 y 110: Colocación del disco espaciador y el papel filtro antes de realizar la compactación. Además de la colocación de collarín de extensión.



Figura N°111 y 112: Realizando el ensayo de CBR. Compactación del suelo en cinco capas a razón de 12, 26 y 55 golpes con el martillo.

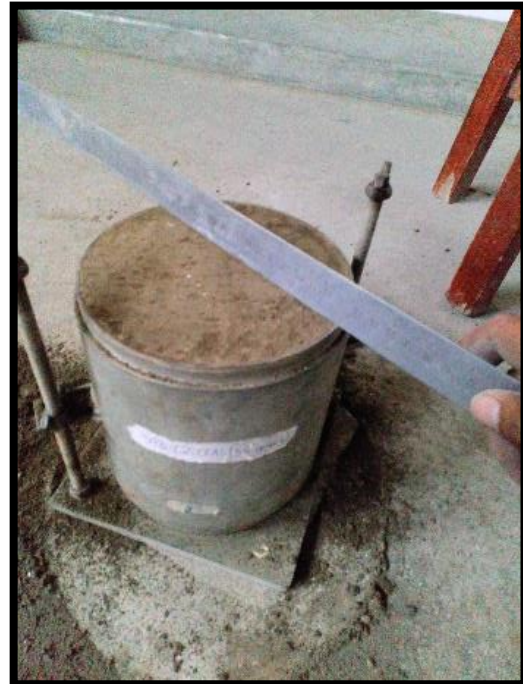


Figura N°113, 114, 115, 116 y 117: Enrasado y limpieza del molde ya con la mezcla compactada. Retirado del disco espaciador. Pesaje de los moldes más mezcla de suelo con ceniza de cáscara de arroz y cal compactados a 12, 26 y 55 golpes.



Figura N°118, 119 y 120: Colocación de las sobrecargas anular y saturada y de la placa con vástago en los tres moldes de CBR.

Figura N°121: Muestras CBR sumergidas en el agua por un periodo de 96 horas, después de la compactación.





Figura N°122 y 123: Muestras colocadas en forma horizontal, escurriendo por un tiempo de 15 minutos antes de realizar el ensayo de penetración.



Figura N°124, 125 y 126: Pesado de las muestras más moldes después de ser sumergidas en agua por 96 horas compactadas a 12, 26 y 55 golpes.



Figura N°127, 128 y 129: Realización del ensayo de penetración de las muestras de suelo natural y las mezclas con ceniza de cáscara de arroz y cal, empleándose las prensas hidráulicas. Toma de datos durante el ensayo.



Figura N°130, 131 y 132: Muestras después de la carga de penetración tras el ensayo CBR a 12, 26 y 55 golpes.



Figura N°133, 134 y 135: Pesaje de las muestras húmedas después del ensayo CBR y colocación en el horno para determinar su peso seco.