UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

“Mejoramiento de subrasantes de la red vial Captuy – Moro, con cenizas de Donax Obesulus y cáscara de arroz, 2021”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE

INGENIERO CIVIL

AUTOR:

Bach. Jimenez Gonzales, Dina Margarita

ASESOR:

Ms. Ing. Álvarez Asto, Luz Esther

D.N.I. N°. 32968961

Código ORCID 0000-0001-9050-7611

NUEVO CHIMBOTE – PERÚ

2024

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

“Mejoramiento de subrasantes de la red vial Captuy – Moro, con cenizas de Donax Obesulus y cáscara de arroz, 2021”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

Revisado y aprobado por:

Ms. Ing. Luz Esther Álvarez Asto

ASESOR

D.N.I. N°. 32968961

ORCID. 0000-0001-9050-7611

NUEVO CHIMBOTE – PERÚ

2024

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

“Mejoramiento de subrasantes de la red vial Captuy – Moro, con cenizas de Donax Obesulus y cáscara de arroz, 2021”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

REVISADO Y APROBADO POR LOS SIGUIENTES JURADOS:

Dr. Ing. Abner Itamar León Bobadilla
Presidente
D.N.I.: 32942184
ORCID: 0000-0003-2949-6591

Dra. Ing. Jenisse del Rocío Fernández Mantilla
Secretario
D.N.I.: 33264434
ORCID: 0000-0003-3336-4786

Ms. Ing. Luz Esther Álvarez Asto
Integrante
D.N.I.: 32968961
ORCID. 0000-0001-9050-7611

NUEVO CHIMBOTE – PERÚ

2024

UNS
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Profesional de Ingeniería Civil

- EPIC -

ACTA DE SUSTENTACIÓN INFORME FINAL DE TESIS

A los 20 días del mes de septiembre del año dos mil veinticuatro, siendo las 15:00 horas, en el laboratorio de topografía del edificio de Ingeniería Civil, se instaló el Jurado Evaluador designado mediante T. Resolución Nº 139-2024-UNS-CFI, con fecha 21.03.2024, integrado por los siguientes docentes: **Dr. Abner Itamar León Bobadilla** (Presidente), **Ms. María Jesús Estela Díaz Hernández** (Secretaria), **Ms. Luz Esther Álvarez Asto** (Integrante), **Dra. Jenisse del Rocío Fernández Mantilla** (Accesitaria) en base a la Resolución Decanal Nº 574-2024-UNS-FI se da inicio la sustentación de la Tesis titulada: **"MEJORAMIENTO DE SUBRASANTES DE LA RED VIAL CAPTUY – MORO, CON CENIZAS DE DONAX OBESULUS Y CÁSCARA DE ARROZ, 2021"**, presentado por la Bachiller: **JIMENEZ GONZALES DINA MARGARITA con cód. Nº 0200913015,** quien fue asesorada por la docente **Ms. Luz Esther Álvarez Asto** según lo establece la T. Resolución Decanal Nº 504 -2021-UNS-FI, de fecha 20.09.2021.

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
JIMENEZ GONZALES DINA MARGARITA	DIECIOCHO	BUENO

Siendo las 16.00 horas del mismo día, se dio por terminado el acto de sustentación, firmando la presente acta en señal de conformidad.

Nuevo Chimbote, 20 de septiembre de 2024.

Dr. Abner Itamar León Bobadilla
Presidente

Dra. Jenisse del Rocío Fernández Mantilla
Secretario

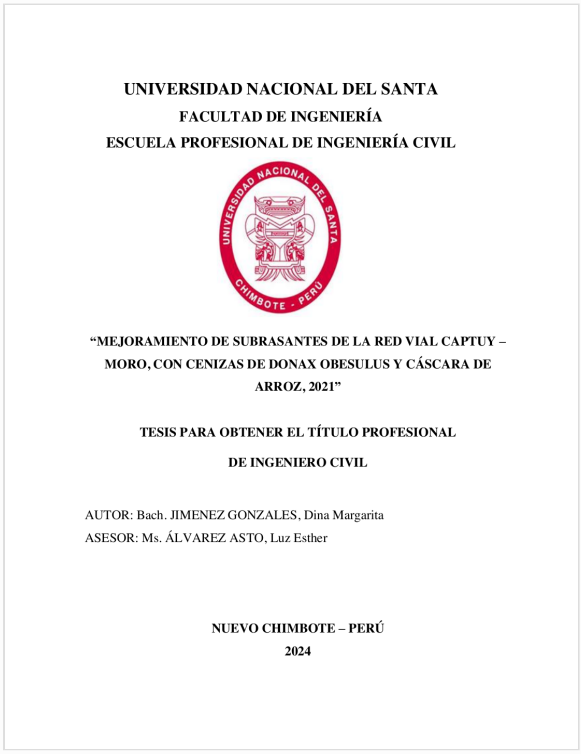
Ms. Luz Esther Álvarez Asto
Integrante

Recibo digital

Este recibo confirma quesu trabajo ha sido recibido por Turnitin. A continuación podrá ver la información del recibo con respecto a su entrega.

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega:	Margarita JIMENEZ GONZALES
Título del ejercicio:	investigacion
Título de la entrega:	“MEJORAMIENTO DE SUBRASANTES DE LA RED VIAL CAPTUY ...
Nombre del archivo:	TESIS_-_JIMENEZ_GONZALES_DINA_MARGARITA_2024_PARA_...
Tamaño del archivo:	9.75M
Total páginas:	318
Total de palabras:	64,767
Total de caracteres:	301,095
Fecha de entrega:	25-sept.-2024 09:40p. m. (UTC-0500)
Identificador de la entre...	2465793261



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

“MEJORAMIENTO DE SUBRASANTES DE LA RED VIAL CAPTUY – MORO, CON CENIZAS DE DONAX OBESULUS Y CÁSCARA DE ARROZ, 2021”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL
DE INGENIERO CIVIL

AUTOR: Bach. JIMENEZ GONZALES, Dina Margarita
ASESOR: Ms. ÁLVAREZ ASTO, Luz Esther

NUEVO CHIMBOTE – PERÚ
2024

Derechos de autor 2024 Turnitin. Todos los derechos reservados.

“MEJORAMIENTO DE SUBRASANTES DE LA RED VIAL CAPTUY – MORO, CON CENIZAS DE DONAX OBESULUS Y CÁSCARA DE ARROZ, 2021”

INFORME DE ORIGINALIDAD

19%	18%	4%	9%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	9%
2	repositorio.usanpedro.edu.pe Fuente de Internet	1%
3	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	1%
5	qdoc.tips Fuente de Internet	<1%
6	repositorio.unc.edu.pe Fuente de Internet	<1%
7	Submitted to Universidad Andina del Cusco Trabajo del estudiante	<1%
8	Submitted to Universidad Privada del Norte Trabajo del estudiante	<1%

DEDICATORIA

A Dios, por ser la fuente de luz, amor, sabiduría y fortaleza en mi vida.

Con amor, a mi madre, Mercedes Gonzales Castillo, quien es símbolo de valentía, servicio y amor, en mi diario vivir. El recuerdo de su mirada y el haber estado para mí sin límites a través de los años, de sus abrazos, su bondad y sus palabras de aliento, dentro y fuera de mi carrera universitaria, son y siempre serán mi mayor motivación para nunca rendirme; este logro también es suyo.

A mi padre, David Jimenez, por haberme inculcado desde mi niñez el interés por los estudios y el sentido de la responsabilidad en el trabajo.

A mi hermana Liliana Jimenez, por su apoyo incondicional en la realización de este sueño; su generosidad, ética, confianza, cariño y ánimo hacen que la admire como ser humano y profesional.

A mi hermano Israel, por ser mi compañía, por creer en mí y en mis sueños, por haberme animado a continuar en cada dificultad que se presentaba.

A mi hermano David y a mi sobrina Dámaris, por cuidarme aún en la distancia y reiterarme sus palabras reconfortantes y muestras de cariño.

A mis hermanos, Gilber y Miguel, por ser ejemplo de constancia en mi vida, por su apoyo y por marcar el camino profesional dentro de la familia.

A mi cuñado Wilson, por el soporte, la confianza y la amabilidad de siempre.

A mi pequeña sobrina Abigaíl, por cada sonrisa y abrazo que me motivó a seguir avanzando.

Finalmente, quiero dedicar esta tesis a mi amiga Carlita, por su amistad sincera, su cariño incondicional y por siempre animarme a seguir logrando mis metras.

AGRADECIMIENTO

A Dios, por ser mi guía, bendecirme y permitirme concretar este sueño.

A mi hermana Liliana, como muestra de mi gratitud a su gran corazón, orientación y apoyo en este objetivo; eres parte importante de esta historia.

A mi familia, por motivarme continuamente a culminar esta investigación.

A mi asesora, la Ms. Luz Esther Álvarez Asto, por haber sido una pieza fundamental en esta investigación, por los extraordinarios aportes profesionales, la absolución a las consultas y el compromiso en cada etapa; gracias por sus múltiples palabras de aliento y por ese espíritu amigable que la caracteriza.

A los docentes de la escuela Académica Profesional de Ingeniería Civil, por sus conocimientos brindados en el transcurso de mi vida universitaria.

A mi casa de estudios superior Universidad Nacional del Santa, por haberme permitido el acceso al laboratorio de Operaciones unitarias del Instituto de Investigación Tecnológica Agroindustrial por medio del Dr. Gibert Rodríguez Paucar y la Dra. Elza Aguirre; área donde se desarrolló parte de esta investigación junto al apoyo del Ing. William López.

Al ingeniero Víctor Herrera, de la empresa KAE Ingeniería SAC, por su amabilidad, dirección y apoyo académico invaluable, a los técnicos Dalí, Miguel y Jheyson por su labor y aporte en los ensayos realizados.

Al señor Ever Bazán, trabajador del Molino de Arroz Velásquez, por haberme brindado las facilidades para el ingreso a las instalaciones de la empresa y así, recolectar las muestras de cáscara de arroz necesarias para esta investigación.

Al Ing. Químico Elvis Del Águila Castro, asesor comercial de la empresa Sistema de servicios y análisis químicos S.A.C SLAB, por su amabilidad en las coordinaciones para los análisis químicos y la elaboración de cenizas.

Índice general

I. Introducción ……...37
1.1 Antecedentes del problema 37
1.2 Formulación del problema 39
1.2.1 Problema general.....39
1.2.2 Problemas específicos 39
1.3 Objetivos 39
1.3.1 Objetivo.....39
1.3.2 Objetivos específicos 40
1.4 Justificación 40
1.4.1 Justificación teórica - técnica 40
1.4.2 Justificación práctica.....41
1.4.3 Justificación económica 41
1.4.4 Justificación social 41
1.4.5 Justificación investigativa 41
1.4.6 Justificación ambiental.....41
1.5 Limitaciones del trabajo.....42
1.6 Hipótesis de la investigación 42
II. Marco teórico…….44
2.1 Antecedentes de la investigación 44
2.1.1 Antecedentes internacionales.....44
2.1.2 Antecedentes nacionales 47
2.2 Base teórica.....60
2.2.1 Subrasante 60
2.2.2 Suelos.....61
a. Tamaño de partícula del suelo.....61
b. Exploración de suelos. 62
- Número de calicatas para exploración de suelos. 62
- Número de ensayos de CBR. 63

c. Propiedades físicas del suelo. 63

- Granulometría. 63
- La plasticidad. 69
- Clasificación de suelos. 73

d. Propiedades mecánicas del suelo. 78

- Compactación de suelos. 78
- Resistencia del suelo. 84
- Potencial de expansión. 88

e. Categorías de la subrasante según el valor de CBR. 91

f. Estabilización de suelos. 92

- Los criterios geotécnicos a considerar con base en el MTC (2014) para realizar la estabilización de suelos. 92
- Los factores a considerar con base en el MTC (2014) para seleccionar el método más conveniente de estabilización: 93
- Método de estabilización. 93

g. Otras propiedades 94

- Retención del agua en el suelo 94
- Movimiento del agua en el suelo. 96

2.2.3 Ceniza de cáscara de arroz 98

a. La cáscara de arroz. 98

- Características de la cáscara de arroz. 98
- Composición de la cáscara de arroz. 99
b. Molienda de la cáscara de arroz. 99
- Molino de martillos. 99
- Aplicaciones del molino de martillos 100
c. Cenizas de cáscara de arroz (CCA). 100
d. Obtención de las cenizas de cáscara de arroz (CCA). 102
- Calcinación a campo abierto (o en pilas). 102
- Calcinación en hornos (circulares o cuadrados). 103
- Calcinación en lecho fluido 103
- Incineración en horno mufla eléctrica 104
e. Antecedentes de la producción de cenizas de cáscara de arroz (CCA) 105
f. Composición química de las cenizas de la cáscara de arroz (CCA). 106
g. Propiedades físicas de las cenizas de la cáscara de arroz (CCA). 107
2.2.4 Ceniza de Donax Obesulus 107
a. Donax Obesulus. 107
- Clasificación científica de la Donax Obesulus. 108
- Distribución geográfica de la Donax Obesulus 109
- Características de la Donax Obesulus. 110
- Ecosistema marino para la Donax Obesulus. 112

b. Molienda de las valvas de Donax Obesulus. 112

c. Cenizas de Donax Obesulus. 112

d. Obtención de las cenizas de Donax Obesulus (CDO). 113

e. Composición química de las cenizas de Donax Obesulus (CDO). 113

f. Propiedades físicas de las cenizas de Donax Obesulus (CDO). 116

2.2.5 Análisis térmico y fluorescencia de rayos X 116

a. Técnicas de análisis térmico o método térmico. 116

- Calorimetría diferencial de barrido (DSC) 116

- Análisis térmico diferencial (ATD). 119

- Análisis termogravimétrico (TGA). 119

b. Fluorescencia de rayos X "FRX" (en inglés XRF). 121

- Rayos X. 121

- Diferencia entre fluorescencia y fosforescencia. 122

- Fluorescencia de rayos X "FRX" (en inglés XRF). 122

- Instrumento para fluorescencia de rayos X dispersa en energía. 123

- Instrumento para la fluorescencia de rayos X por dispersión de longitud de onda….. 124

- Diferencias entre FRX dispersa en energía "FRXDE" y FRX por dispersión de longitud de onda "FRXDW". 126

2.3 Definición de términos 127

2.4 Marco normativo 128

III. Metodología……131
3.1 Enfoque de la investigación 131
3.2 Método 131
3.2.1 Tipo de investigación 131
3.2.2 Nivel de investigación 131
3.3 Diseño de investigación 131
3.3.1 Población 134
3.3.2 Muestra 136
3.4 Operacionalización de las variables de estudio 138
3.4.1 Variables independientes 138
3.4.2 Variables dependientes 138
3.4.3 Matriz de consistencia 138
3.4.4 Operacionalización de variables 138
3.5 Técnica e instrumento de recolección de datos 138
3.5.1 Instrumentos de recolección de datos 139
a. Instrumentos de recolección de datos para la determinación de las características físicas y químicas, tanto de las CDO como de las CCA. 139
b. Instrumentos de recolección de datos para la determinación de las propiedades mecánicas y físicas del suelo natural y los suelos combinados con cenizas. 139
3.5.2 Instrumentos de laboratorio 140
a. Instrumentos de laboratorio para la determinación de las características físicas y químicas de las CDO y las CCA. 140
b. Instrumentos de laboratorio para la determinación de las propiedades mecánicas y físicas del suelo natural y los suelos combinados con cenizas. 144
3.5.3 Procedimientos 147

a. Determinación de las características físicas y químicas de la CDO y la CCA…. 147

- Trabajos ejecutados en campo, para la obtención de muestras de cáscara de arroz y Donax Obesulus.....147

- Determinación del tiempo y temperatura de incineración para las Donax Obesulus y cáscara de arroz.....151

- Determinación de la composición química de la CDO y CCA mediante el ensayo de fluorescencia de rayos X dispersa en energía "FRXDE". 156

- Incineración de las muestras de Donax Obesulus y la cáscara de arroz. 160

- Determinación de las características físicas de la CDO y CCA. 182

b. Determinación de las propiedades mecánicas y físicas del suelo natural y los suelos cominados con cenizas.....193

- Trabajos en campo para la obtención de muestras de suelo. 193

- Trabajos ejecutados en laboratorio, para suelos y sus combinaciones. 195

3.6 Técnicas de análisis de datos 240

IV. Resultados y discusión ……...242

4.1 Análisis e interpretación de resultados.....242

4.1.1 Características físicas y químicas de la ceniza de *Donax Obesulus* y la ceniza de cáscara de arroz. 242

a. Determinación del tiempo y temperatura de incineración para las Donax Obesulus y cáscara de arroz.....242

- Calorimetría diferencial de barrido (DSC) y análisis termogravimétrico (TGA) de la Donax Obesulus y la cáscara de arroz. 242

b. Determinación de la composición química de la CDO y CCA mediante el ensayo de fluorescencia de rayos X dispersa en energía “FRXDE”.....246

- Caracterización química de la ceniza de Donax Obesulus (CDO). 246

- Caracterización química de la ceniza de cáscara de arroz (CCA). 247

c. Incineración de las muestras de Donax Obesulus y la cáscara de arroz. ..249

- Porcentaje de remanente de ceniza de Donax Obesulus (CDO) y ceniza de cáscara de arroz (CCA).....249

d. Características físicas de la CDO y la CCA.....251

- Análisis granulométrico por tamizado de la CDO y la CCA. 251

- Peso específico de la CDO y la CCA.....253

- Contenido de humedad de la CDO y CCA. 254

- pH (potencial de hidrógeno) de la CDO y la CCA. 255

4.1.2 Propiedades mecánicas y físicas en la subrasante de la red vial Captuy - Moro, antes de la incorporación de las cenizas de *Donax Obesulus* y cáscara de arroz.....256

a. Ensayo de análisis granulométrico de suelos por tamizado de las calicatas C-1, C-2, C-3, C-4, C-5 y C-6.....256

- Ensayo de análisis granulométrico de suelos por tamizado de la calicata C-1……. 256

- Ensayo de análisis granulométrico de suelos por tamizado de la calicata C-2……. 257

- Ensayo de análisis granulométrico de suelos por tamizado de la calicata C-3…… 258

- Ensayo de análisis granulométrico de suelos por tamizado de la calicata C-4……. 260

- Ensayo de análisis granulométrico de suelos por tamizado de la calicata C-5…….. 262

- Ensayo de análisis granulométrico de suelos por tamizado de la calicata C-6…… 263

b. Ensayo de contenido de humedad de las calicatas C-1, C-2, C-3, C-4, C-5 y C-6.……...264

c. Ensayo de determinacion de límite líquido de suelos, límite plástico e índice de plasticidad de las calicatas C-1, C-2, C-3, C-4, C-5 y C-6.....265

d. Clasificación de suelos de las calicatas C-1, C-2, C-3, C-4, C-5 y C-6....266

- Sistema unificado de clasificación de suelo (SUCS) y sistema de clasificación AASHTO de las calicatas C-1, C-2, C-3, C-4, C-5 y C-6. 266

e. Ensayo de proctor modificado de las calicatas C-1, C-2, C-3, C-4, C-5 y C-6….....268

- Máxima densidad seca y óptimo contenido de humedad de las calicatas C-1, C-2, C-3, C-4, C-5 y C-6. 268

f. Ensayo de CBR de suelos (laboratorio) de las calicatas C-1, C-2, C-3, C-4, C-5 y C-6.....269

- C.B.R (95% M.D.S) a 0.1” de penetración de las calicatas C-1, C-2, C-3, C-4, C-5 y C-6. 269

4.1.3 Propiedades mecánicas y físicas en la subrasante de la red vial Captuy - Moro, después de la incorporación de las combinaciones 4%, 6% y 8% de CDO y 5%, 9% y 12% de CCA…. 271

a. Ensayo de análisis granulométrico por tamizado de las muestras combinadas del suelo patrón con 4%, 6% y 8% de CDO y 5%, 9%, 12% de CCA. 271

- Ensayo de análisis granulométrico de suelos por tamizado de MP + 4% CDO + 5% CCA.....271

- Ensayo de análisis granulométrico de suelos por tamizado de MP + 4% CDO + 9% CCA.....272

- Ensayo de análisis granulométrico de suelos por tamizado de MP + 4% CDO + 12% CCA.....273

- Ensayo de análisis granulométrico de suelos por tamizado de MP + 6% CDO + 5% CCA.....274

- Ensayo de análisis granulométrico de suelos por tamizado de MP + 6% CDO + 9% CCA.....275

- Ensayo de análisis granulométrico de suelos por tamizado de MP + 6% CDO + 12% CCA.....276

- Ensayo de análisis granulométrico de suelos por tamizado de MP + 8% CDO + 5% CCA.....277

- Ensayo de análisis granulométrico de suelos por tamizado de MP + 8% CDO + 9% CCA.....278

- Ensayo de análisis granulométrico de suelos por tamizado de MP + 8% CDO + 12% CCA.....279

b. Límites de Atterberg de las muestras combinadas del suelo patrón con porcentajes de 4%, 6% y 8% de CDO y porcentajes de 5%, 9%, 12% de CCA……. 280

- Límites de Atterberg de MP + 4% CDO + 5% CCA, MP + 4% CDO + 9% CCA y, MP + 4% CDO + 12% CCA.....280

- Límites de Atterberg de MP + 6% CDO + 5% CCA, MP + 6% CDO + 9% CCA y, MP + 6% CDO + 12% CCA.....281

- Límites de Atterberg de MP + 8% CDO + 5% CCA, MP + 8% CDO + 9% CCA y, MP + 8% CDO + 12% CCA.....283

c. Clasificación de suelos de las muestras combinadas del suelo patrón con 4%, 6%, 8% CDO y 5%, 9%, 12% CCA. 285

- Sistema unificado de clasificación de suelo (SUCS) y sistema de clasificación AASHTO de las muestras combinadas del suelo patrón con CDO y CCA. 285

d. Ensayo de proctor modificado de las muestras combinadas del suelo patrón con 4%, 6%, 8% CDO y 5%, 9%, 12% CCA. 287

- Máxima densidad seca y óptimo contenido de humedad de las muestras combinadas del suelo patrón con 4%, 6%, 8% CDO y 5%, 9%, 12% CCA. 287

e. Ensayo de CBR de suelos (laboratorio) de las muestras combinadas del suelo patrón con 4%, 6%, 8% CDO y 5%, 9%, 12% CCA. 292

- C.B.R (95% M.D.S) a 0.1” de penetración de las muestras combinadas del suelo patrón con 4%, 6%, 8% CDO y 5%, 9%, 12% CCA.....292

- Absorción (%) tras la inmersión de especímenes de C.B.R de las muestras combinadas del suelo patrón con 4%, 6%, 8% CDO y 5%, 9%, 12% CCA. 298

- Expansión (%) tras la inmersión de especímenes de C.B.R de las muestras combinadas del suelo patrón con 4%, 6%, 8% CDO y 5%, 9%, 12% CCA. 303

4.1.4 Dosificación óptima de las combinaciones 4%, 6% y 8% CDO y 5%, 9% y 12% CCA que mejora las propiedades mecánicas en la subrasante de la red vial Captuy - Moro…… 308

4.2 Discusión.....323

4.2.1 Características físicas y químicas de la ceniza de Donax Obesulus y la ceniza de cáscara de arroz 323

a. Análisis simultáneo DSC – TGA de las valvas de Donax Obesulus y, DSC – TGA de la cáscara de arroz. 323

b. Caracterización química de la CDO y la CCA. 324

c. Porcentaje de remanente de la CDO y la CCA. 326

d. Características físicas de la CDO y la CCA.....327

- Análisis granulométrico por tamizado de la CDO y la CCA. 327

- Peso específico de la CDO y la CCA.....328

- Contenido de humedad de la CDO y la CCA. 329

- pH (potencial de hidrógeno) de la CDO y la CCA. 330

4.2.2 Propiedades mecánicas y físicas en la subrasante de la red vial Captuy - Moro, antes de la incorporación de las cenizas de Donax Obesulus y cáscara de arroz.....330

4.2.3 Propiedades mecánicas y físicas en la subrasante de la red vial Captuy - Moro, después de la incorporación de las combinaciones 4%, 6%, 8% CDO y 5%, 9%, 12% CCA…….....333

V. Conclusiones y Recomendaciones ……348

5.1 Conclusiones.....350

5.2 Recomendaciones.....351

VI. Referencias bibliográficas y virtuales ……...354

VII. ANEXOS .....

ANEXO 1: MATRIZ DE CONSISTENCIA

ANEXO 2: OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

ANEXO 3: PANEL FOTOGRÁFICO

ANEXO 4: ENSAYOS DE LABORATORIO DE LA DONAX OBESULUS Y CÁSCARA DE ARROZ

ANEXO 4.1.: ANÁLISIS SIMULTÁNEO DE DSC – TGA, DE LA DONAX OBESULUS Y LA CÁSCARA DE ARROZ

ANEXO 4.2.: ANÁLISIS TÉRMICO SIMULTÁNEO DE ATD – TGA, DE LA DONAX OBESULUS Y LA CÁSCARA DE ARROZ

ANEXO 4.3.: COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA CDO Y CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

ANEXO 4.4.: COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA CCA Y CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

ANEXO 4.5.: SECADO Y MOLIENDA DE LA CÁSCARA DE ARROZ

ANEXO 4.6.: MOLIENDA DE LA DONAX OBESULUS

ANEXO 4.7.: REPORTE DE LA INCINERACIÓN DE LA DONAX OBESULUS Y CÁSCARA DE ARROZ

ANEXO 5: ENSAYOS REALIZADOS AL SUELO NATURAL

ANEXO 5.1.: PERFIL ESTRATIGRÁFICO DE LAS CALICATAS

ANEXO 5.2.: ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO DE LAS CALICATAS, CONTENIDO DE HUMEDAD Y LÍMITES DE ATTERBERG

ANEXO 5.3.: ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO Y CBR EN LABORATORIO DE LAS MUESTRAS DE SUELO DE LAS CALICATAS

ANEXO 5.4.: ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO DE LOS SUELOS COMBINADOS CON CDO Y CCA, Y LÍMITES DE ATTERBERG

ANEXO 5.5.: ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO Y CBR EN LABORATORIO DE LOS SUELOS COMBINADOS CON CDO Y CCA

ANEXO 5.6.: PROTOCOLOS DE CALIBRACIONES

ANEXO 6: INFORMACIÓN RELACIONADA CON LA BASE TÉORICA

ANEXO 7: PLANOS

ANEXO 7.1.: PLANO DE UBICACIÓN

ANEXO 7.2.: PLANO DE UBICACIÓN DE CALICATAS

Índice de tablas

Tabla 1. *Límites de separación de tamaño de suelo.* 62

Tabla 2: *Clasificación de suelos según tamaño de partículas.* 64

Tabla 3: *Tamices para análisis granulométrico.* 65

Tabla 4: *Coeficiente de uniformidad y coeficiente de curvatura.* 69

Tabla 5: *Clasificación de suelos según índice de plasticidad.* 72

Tabla 6: *Clasificación de suelos según índice de grupo.* 75

Tabla 7: *Tipología de suelos SUCS.* 77

Tabla 8: *Relación entre el potencial de expansión y el límite líquido.* 89

Tabla 9: *Relación entre el potencial de expansión y el índice de plasticidad.* 90

Tabla 10: *Sistema de clasificación de suelos expansivos.* 90

Tabla 11: *Categorías de subrasante.* 91

Tabla 12: *Composición química de las cenizas de cáscara de arroz (CCA) a nivel mundial.* 106

Tabla 13: *Propiedades físicas de las cenizas de la cáscara de arroz (CCA).* 107

Tabla 14: *Clasificación científica de la Donax Obesulus.* 109

Tabla 15: *Composición química de las cenizas de Donax procedentes de Ancash.* 114

Tabla 16: *Composición química del Cemento Portland.* 115

Tabla 17: *Propiedades físicas de las cenizas de Donax procedentes de Ancash.* 116

Tabla 18: *Diferencias entre FRX dispersa en energía "FRXDE" y FRX por dispersión de longitud de onda "FRXDW".* 127

Tabla 19: *Ubicación de calicatas.* 137

Tabla 20: *Proporción de las combinaciones de suelo con cenizas.* 137

Tabla 21: *Resultado de Fluorescencia de Rayos X de la Ceniza de Donax Obesulus (CDO) por el laboratorio SLAB y el laboratorio LASACI.*.....158

Tabla 22: *Resultado de Fluorescencia de Rayos X de la Ceniza de Cáscara de Arroz (CCA) por el laboratorio SLAB y el laboratorio LASACI.*.....159

Tabla 23: *Pesaje (kg) de los lotes de cáscara de arroz antes y después del uso del Secador de bandejas.*.....166

Tabla 24: *Pesaje (kg) de los lotes de cáscara de arroz antes y después del uso del Molino de martillos.*.....169

Tabla 25: *Pesaje (kg) de los lotes de valvas de Donax Obesulus antes y después del uso del Molino de martillos.* 172

Tabla 26: *Contenido de Humedad de la Cáscara de arroz.* 176

Tabla 27: *Contenido de Humedad de la CCA tras el uso del equipo secador de bandeja.* ..176

Tabla 28: *Pesos y etiquetas de las bolsas con cenizas por combinación, enviadas desde SAC SLAB SAC.*.....179

Tabla 29: *Cantidad (kg) de CDO incinerado a 775 °C por 4 horas y, cantidad (kg) de CCA incinerado a 475 °C por 2 horas.*.....181

Tabla 30: *Datos obtenidos del análisis granulométrico por tamizado de la CDO.* 182

Tabla 31: *Datos obtenidos del análisis granulométrico por tamizado de la CCA.*.....183

Tabla 32: *Datos obtenidos del peso específico de la ceniza de Donax Obesulus (CDO).* 186

Tabla 33: *Datos obtenidos del peso específico de la ceniza de cáscara de arroz (CCA).* 187

Tabla 34: *Datos obtenidos del contenido de humedad de la ceniza de Donax Obesulus (CDO).* 188

Tabla 35: *Datos obtenidos del contenido de humedad de la ceniza de cáscara de arroz (CCA).* 189

Tabla 36: *Datos obtenidos del pH de la ceniza de Donax Obesulus (CDO).* 191

Tabla 37: *Datos obtenidos del pH de la ceniza de cáscara de arroz (CCA).*.....192

Tabla 38: *Cantidad de material utilizado para el análisis granulométrico por tamizado de las combinaciones de suelo y cenizas de Donax Obesulus y cáscara de arroz.* 196

Tabla 39: *Cantidad de suelo y cenizas a mezclar, antes del tamizado por la malla* N° 40*, para la determinación del límite líquido de las combinaciones.* 202

Tabla 40: *Datos requeridos para la clasificación de suelos de las muestras procedentes de las calicatas C-1, C-2, C-3, C-4, C-5 y C-6 según el sistema unificado de clasificación de suelo (SUCS).*.....209

Tabla 41: *Datos requeridos para la clasificación de suelos de las muestras combinadas del suelo patrón con porcentajes de 4%, 6% y 8% de CDO y porcentajes de 5%, 9%, 12% de CCA, según el sistema unificado de clasificación de suelo (SUCS).* 210

Tabla 42: *Datos requeridos para la clasificación de suelos de las muestras procedentes de las calicatas C-1, C-2, C-3, C-4, C-5 y C-6 según el sistema de clasificación AASHTO.*.....213

Tabla 43: *Datos requeridos para la clasificación de suelos de las muestras combinadas del suelo patrón con porcentajes de 4%, 6% y 8% de CDO y porcentajes de 5%, 9%, 12% de CCA, según el sistema de clasificación AASHTO.*.....215

Tabla 44: *Cantidad de suelo muestra patrón (MP) y cenizas, por cada espécimen elaborada para el Ensayo de Proctor modificado, de acuerdo con cada combinación especificada.*.....218

Tabla 45: *Cantidad de suelo muestra patrón (MP) y ceniza, por cada espécimen elaborado para el Ensayo de CBR, de acuerdo con cada combinación especificada.*.....228

Tabla 46: *Resultado de la clasificación de suelos según el sistema unificado de clasificación de suelo (SUCS) y según el sistema de clasificación AASHTO de las muestras procedentes de las calicatas C-1, C-2, C-3, C-4, C-5 y C-6.* 266

Tabla 47: *Resultado de la clasificación de suelos según el sistema unificado de clasificación de suelo (SUCS) y según el sistema de clasificación AASHTO de las muestras combinadas del suelo patrón con 4%, 6%, 8% CDO y 5%, 9%, 12% CCA,* 285

Tabla 48: *Resultados de la Dosificación Óptima MP + 4% CDO + 5% CCA (Comb. 1).*.....309

Tabla 49: *Grupos y datos del Ensayo Proctor Modificado.*.....311

Tabla 50: *Resumen Nivel, Suma, Promedio y Varianza de los Grupos del ensayo Proctor Modificado.*.....311

Tabla 51: *Análisis de Varianza de los Grupos del ensayo Proctor Modificado.* 312

Tabla 52: *Media Aritmética de los Grupos del ensayo Proctor Modificado.* 314

Tabla 53: *Sub conjuntos homogéneos del ensayo Proctor Modificado.* 314

Tabla 54: *Grupos y datos del ensayo CBR en laboratorio.*.....317

Tabla 55: *Resumen Nivel, Suma, Promedio y Varianza de los Grupos del ensayo CBR en laboratorio.*.....317

Tabla 56: *Análisis de Varianza de los Grupos del ensayo CBR en laboratorio.* 318

Tabla 57: *Media Aritmética de los Grupos del ensayo CBR en laboratorio.*.....320

Tabla 58: *Sub conjuntos homogéneos del ensayo CBR en laboratorio.*.....321

Índice de figuras

Figura 1: *Tamices.* 66

Figura 2: *Curva granulométrica Continua, Discontinua, No Uniforme y Uniforme.* 67

Figura 3: *Límites de Atterberg.* 70

Figura 4: *Sistema de Clasificación AASHTO.* 74

Figura 5: *Carta de plasticidad.* 77

Figura 6: *Curva Humedad - Densidad seca.* 79

Figura 7: *Influencia de la energía de compactación.* 80

Figura 8: *Curvas típicas de compactación para cinco suelos diferentes (D-698 de la ASTM).* 81

Figura 9: *Martillos utilizados en las pruebas Proctor estándar y modificada.* 82

Figura 10: *Gráfica Esfuerzo(lb/pulg2) – Penetración(pulg).* 86

Figura 11: *Relación entre el potencial de expansión y la gráfica de plasticidad.* 89

Figura 12: *Infiltración de agua en el suelo.* 95

Figura 13: Cáscara de arroz. 98

Figura 14: *Ceniza de cáscara de arroz (CCA).* 101

Figura 15: *Mufla eléctrica.* 104

Figura 16: *Género Donax.* 108

Figura 17: *Curva de crecimiento de von Bertalanffy basada en datos de frecuencia de longitud de Donax Obesulus.* 111

Figura 18: *Ceniza de Donax Obesulus (CDO).* 112

Figura 19: *Modalidad del equipo de monitoreo para el Análisis Diferencial de Barrido (DSC).* 117

Figura 20: *Equipo para el análisis simultáneo DSC-TGA.* 119

Figura 21: *Esquema de Fluorescencia de rayos X "FRX" (en inglés XRF).* 123

Figura 22: *Instrumento de Fluorescencia de rayos X dispersa en energía "FRXDE".* 124

Figura 23: *Instrumento de Fluorescencia de Rayos X dispersa en energía "FRXDE" y el instrumento de Fluorescencia de Rayos X por dispersión de longitud de onda "FRXDW".* .126

Figura 24: *Mapa de Ubicación de la Carretera AN-883 dentro del Departamento de Ancash.* 135

Figura 25: *Mapa de Ubicación de la Vía Vecinal AN-883 en Moro.* 135

Figura 26: *Mapa de Ubicación de Calicatas en la Red Vial Captuy – Moro.* 136

Figura 28: *19 sacos de polipropileno, contenidos de cáscara de arroz procedentes del molino Velásquez Velásquez.* 148

Figura 27: *Recolección de cáscara de arroz en sacos de polipropileno dentro del molino de arroz.* 148

Figura 29: *50 kg de Donax Obesulus recolectados dentro de bolsas y sacos de polipropileno.* 149

Figura 30: *Limpieza de todo residuo y lavado con agua potable de la población de Donax Obesulus.* 149

Figura 31: *Secado de las valvas lavadas de Donax Obesulus, a la intemperie.* 150

Figura 32: *Triturado de las valvas de Donax Obesulus con martillo de mango de madera.* 150

Figura 33: *Colocación de las valvas trituradas de Donax Obesulus en bolsas de polietileno transparentes grandes.* 151

Figura 34: *Preparación de las muestras de Donax Obesulus (1 kg) y cáscara de arroz (1 kg) para su envío y análisis en el laboratorio LASACI (Trujillo).* 152

Figura 35: *Preparación de las muestras de Donax Obesulus (2 kg) y cáscara de arroz (2 kg) para su envío y análisis en el laboratorio SAC Slab SAC (Lima).* 153

Figura 36: *Equipo Analizador térmico – Perkin Elmer – STA 6000, para el de análisis térmico simultáneo DSC - TGA.* 154

Figura 37: *Equipo SHIMADZU EDX-720 espectrómetro de fluorescencia de rayos X.* 157

Figura 38: *Colocación de papel aluminio en las bandejas de secado para su uso.*.....161

Figura 39: *Pesaje de las muestras de cáscara de arroz (con humedad) en una balanza de 4kg.* 161

Figura 40: *Colocación de las muestras de cáscaras de arroz (con humedad) pesadas y registradas en las bandejas de secado preparadas con papel aluminio.* 162

Figura 41: *El equipo de secador de bandejas con ventilador y su tablero de control a 60 °C de temperatura (T2).*.....163

Figura 42: *Colocación de las bandejas con cáscara de arroz (húmeda), en la cámara del equipo de secador de bandejas del laboratorio de Operaciones Unitarias de la UNS.* 163

Figura 43: *Retiro de las bandejas de secado con cáscara de arroz (seco), de la cámara del equipo de secador de bandejas después de 24 horas, y su colocación en la mesa de trabajo.* 164

Figura 45: *Colocación de las cáscaras de arroz (secas) pesadas y registradas, dentro de bolsas grandes de polietileno para su molienda.* 165

Figura 44: *Colocación de cáscara de arroz (seco) en recipiente y su pesaje en balanza de capacidad de 4kg en laboratorio.*.....165

Figura 46: *Molino de martillos del laboratorio de Operaciones Unitarias del Instituto de Investigación.*.....167

Figura 47: *Proceso de molienda de cáscara de arroz seca en el molino de martillos.*.....168

Figura 48: *Pesaje de los lotes de molienda de las cáscaras de arroz.* 169

Figura 49: *Pesaje de las valvas trituradas de Donax Obesulus en una balanza de 4 kg para dar inicio al proceso de molienda.*.....170

Figura 50: *Proceso de molienda de las valvas trituradas de Donax Obesulus en el molino de martillos.*.....171

Figura 51: *Pesaje de los lotes de molienda de las valvas de Donax Obesulus.* 172

Figura 52: *Pesaje de 3 placas Petri para bases secas y 3 placas Petri para bases húmedas para la determinación de contenido de humedad.* 173

Figura 53: *Pesaje de las 3 muestras representativas de cáscara de arroz (secadas a 60 °C por 24 horas en el secador de bandejas) colocadas en las placas Petri para las bases secas (1, 2, 3).*.....174

Figura 54: *Pesaje de las 3 muestras representativas de cáscara de arroz (húmedas) colocadas en las placas Petri para las bases húmedas (1, 2, 3).* 174

Figura 55: *Disposición de las 6 placas Petri con las muestras de cáscara de arroz húmedas y secas dentro de la estufa esterilizadora digital para su secado a 105 °C por 3 horas.* 175

Figura 56: *Retiro de las 6 placas Petri con las muestras de cáscara de arroz secas, de la estufa esterilizadora digital y su pesaje para el cálculo de humedad.* 175

Figura 57: *Mufla eléctrica del laboratorio Sistema de servicios y análisis químicos SAC SLAB SAC utilizada para la elaboración de cenizas de la presente investigación.*.....177

Figura 58: *Colocación de molienda de cáscara de arroz dentro de la cámara interna de la mufla eléctrica.* 178

Figura 59: *Bolsas con cenizas de Donax Obesulus y cenizas de cáscara de arroz con sus respectivas etiquetas.*.....180

Figura 60: *Picnómetros de 250 ml y 500 ml.*.....185

Figura 61: *Potenciómetro con un par de electrodos, uno de calomel y otro de vidrio.*.....191

Figura 62: *Reconocimiento de la Red Vial Captuy - Moro.*.....193

Figura 63: *Excavación con el uso de barreta y palana, en C-1.*.....194

Figura 64: *Pesaje de cenizas de Donax Obesulus y cenizas de cáscara de arroz de acuerdo con la combinación (Muestra patrón + 6% CDO + 12% CCA) para su análisis granulométrico.* 197

Figura 65: *Pesaje de la mezcla de 60 g de CDO, 120 g de CCA y 1000 g de suelo de muestra patrón, de acuerdo con la combinación (Muestra patrón + 6% CDO + 12% CCA) para su ensayo granulométrico.* 197

Figura 66: Separación en dos partes del material seco de la combinación (Muestra patrón + 8% CDO + 9% CCA) por medio del tamizaje por la malla N° 4. 198

Figura 67: *Lavado de todo el material registrado como peso de fracción de la combinación (Muestra patrón + 8% CDO + 9% CCA) usando una malla especial N° 200.* 199

Figura 68: *Tamizaje de todo el material registrado como peso de grava de la combinación (Muestra patrón + 8% CDO + 9% CCA).* 199

Figura 69: *Tamizado de todo el material de peso de fracción lavado y secado, correspondiente a la combinación (Muestra patrón + 6% CDO + 12% CCA).* 200

Figura 70: *Peso de recipiente (tara), peso de recipiente más muestra húmeda y peso de recipiente más muestra seca, para la determinación del contenido de humedad de la calicata C-2.* 201

Figura 72: *Mezclado de 24 g de CDO, 30 g de CCA y 600 g de muestra patrón (MP) de suelo, de acuerdo con la combinación (Muestra patrón + 4% CDO + 5% CCA) para su tamizaje por la malla N° 40.*.....203

Figura 71: *Pesaje de 600 g de suelo muestra patrón (MP) y 24 g de cenizas de Donax Obesulus y 30 g de cenizas de cáscara de arroz de acuerdo con la combinación (Muestra patrón + 6% CDO + 12% CCA) para su tamizado.*.....203

Figura 73: *Tamizado de la combinación (Muestra patrón + 6% CDO + 5% CCA) por la malla N° 40 para el ensayo de límite líquido.* 204

Figura 74: *Cierre de 13mm en el fondo de la ranura y la demarcación para el retiro de la porción de la combinación (Muestra patrón + 6% CDO + 5% CCA).* 205

Figura 75: *Colocado de la pasta de suelo combinado con cenizas (Muestra patrón + 6% CDO + 5% CCA) en la copa de Casagrande, y su ranura realizada con el acanalador para su división*.....205

Figura 76: *Recolección de datos (pesos) para la determinación del contenido de humedad, de la combinación (Muestra patrón + 6% CDO + 5% CCA).* 206

Figura 77: *Pesaje y medición del molde metal cilíndrico (diámetro y altura) para Proctor modificado de la combinación (Muestra Patrón + 8% CDO + 9% CCA).* 217

Figura 78: *Cuatro muestras de 6kg de suelo para el ensayo de Proctor modificado relacionado a la combinación (Muestra patrón + 6% CDO + 5% CCA).* 217

Figura 80: *Adición de 540 g de CCA a los 6000 g de suelo, con respecto a la combinación (Muestra patrón + 6% CDO + 9% CCA) para la elaboración de un espécimen del ensayo de Proctor modificado.*.....219

Figura 79: *Pesaje de cenizas de Donax Obesulus (CDO) y cenizas de cáscara de arroz (CCA) de acuerdo con la combinación (Muestra patrón + 4% CDO + 9% CCA) para la elaboración de un espécimen de CBR.* 219

Figura 81: *Incorporación de 360 g de CDO, a la mezcla de los 6000 g de suelo y 540 g de CCA, con respecto a la combinación (Muestra patrón + 6% CDO + 9% CCA) para la elaboración de un espécimen del ensayo de Proctor modificado.*.....220

Figura 82: *Toma de muestras de la mezcla de suelo y cenizas de la combinación (Muestra patrón + 6% CDO + 12% CCA) para la determinación de su contenido de humedad.*.....220

Figura 83: *Suministro de agua al suelo para su mezclado; colocación de muestra homogéneamente húmeda en el molde; y la compactación de la combinación (Muestra patrón + 6% CDO + 5% CCA), en 5 capas a 56 golpes con el uso de un pisón para Proctor modificado.* 221

Figura 84: *Enrasado del espécimen con regla metálica y pesaje del molde con la muestra de suelo húmedo compactado de la combinación (Muestra patrón + 6% CDO + 5% CCA).*....222

Figura 85: *Toma de muestras de suelo húmedo compactado removidos del centro de los especímenes del Proctor modificado de la combinación (Muestra patrón + 6% CDO + 12% CCA) para determinar el contenido de humedad.*.....222

Figura 86: *Datos requeridos para la determinación de la Máxima Densidad Seca (M.D.S) y Óptimo Contenido de Humedad (O.C.H) de las muestras de las calicatas C-1, C-2, C-3, C-4, C-5 y C-6.* 224

Figura 87: *Datos requeridos para la determinación de la Máxima Densidad Seca (M.D.S) y Óptimo Contenido de Humedad (O.C.H) de las muestras combinadas del suelo patrón con porcentajes de 4%, 6% y 8% de CDO y porcentajes de 5%, 9%, 12% de CCA.*.....225

Figura 88: *Medición del molde metal cilíndrico (diámetro y altura) para el ensayo CBR a 25 golpes, de la combinación (Muestra Patrón + 8% CDO + 9% CCA).*.....226

Figura 89: *Pesaje de los moldes con sus respectivas placas base para el ensayo de CBR (5 capas a 56, 25 y 10 golpes) de la calicata C-1*.....226

Figura 90: *Colocación del disco espaciador y papel filtro dentro del molde, collar y plato base para CBR.* 227

Figura 91: *Pesaje de las 3 muestras de suelo de 6000 g para el ensayo de CBR de la combinación (Muestra patrón + 4% CDO + 5% CCA).*.....227

Figura 92: *Adición de 720 g de CCA a los 6000 g de muestra patrón (MP) de suelo, con respecto a la combinación (Muestra patrón + 8% CDO + 12% CCA) para la elaboración de un espécimen de CBR.* 229

Figura 93: *Pesaje de cenizas de cáscara de arroz (CCA) y cenizas de Donax Obesulus (CDO) de acuerdo con la combinación (Muestra patrón + 8% CDO + 12% CCA) para un espécimen de CBR.*.....229

Figura 94: *Incorporación de 480 g de CDO, a la mezcla de los 6000 g de suelo y 720 g de CCA, con respecto a la combinación (Muestra patrón + 8% CDO + 12% CCA) para la elaboración de un espécimen de CBR.* 230

Figura 95: *Pesaje de las muestras de la mezcla de suelo y cenizas de la combinación (Muestra patrón + 6%CDO+12%CCA) para la determinación de su contenido de humedad.*.....230

Figura 96: *Adición de agua de acuerdo con el óptimo contenido de humedad; colocación de la muestra uniformemente húmeda en el molde; y la compactación del espécimen de 5 capas a 25 golpes con el uso del pisón de la combinación (Muestra patrón + 4%CDO + 12% CCA).* ..231

Figura 98: *Enrasado con la regla metálica, del espécimen (5 capas a 10 golpes) para CBR de la combinación (Muestra patrón + 4% CDO + 12% CCA).* 232

Figura 97: *Pesaje de las muestras de suelo húmedo sobrante después de la compactación, para la determinación de contenido de humedad de los especímenes (56, 25 y 10 golpes) de CBR de la combinación (Muestra patrón + 8% CDO + 5% CCA).* 232

Figura 99: *Retiro del disco espaciador y la colocación de un nuevo papel filtro en la placa base; además, el montaje del molde invertido para el espécimen (5 capas a 56 golpes) de CBR de la combinación (Muestra patrón + 8% CDO + 5% CCA).*.....233

Figura 100: Pesaje de los moldes (5 capas a 56, 25 y 10 golpes) para CBR con sus placas base y el suelo húmedo compactado no saturado, de la combinación (Muestra patrón + 6% CDO + 9% CCA). 234

Figura 101: *Colocación de la placa de metal perforada con vástago regulable, sobre la superficie de la muestra invertida, y sobre ella, la sobrecarga de 01 pesa anular y 01 esa ranurada, del molde para CBR (5 capas a 56 golpes) de la combinación (Muestra patrón + 6% CDO + 9% CCA).*.....234

Figura 102: *3 moldes (5 capas a 56, 25 y 10 golpes) para CBR de la combinación (Muestra patrón + 6% CDO + 9% CCA), con sus respectivas placas de metal perforada de vástago regulable y las sobrecargas (01 pesa anular y 01 pesa ranurada).*.....235

Figura 103: *Montaje del trípode con dial sobre el borde del molde. Colocación de las agujas del dial a cero, y el marcado de la posición de las patas del trípode en el borde del molde de CBR de la combinación (Muestra patrón + 4%CDO + 5% CCA).* 235

Figura 104: *Sumersión de los 03 moldes (56, 25 y 10 golpes) de CBR en la poza con agua, y el ajuste de las agujas del dial a cero de la combinación (Muestra patrón + 8% CDO + 5% CCA).* 236

Figura 105: *Lectura del dial de un molde (10 golpes) de CBR a las 96 horas. Retiro de la poza de los 03 moldes de CBR de la combinación (Muestra patrón + 8% CDO + 5% CCA) para su escorrentía.* 237

Figura 106: *Pesaje de los moldes (56, 25 y 10 golpes) de CBR con sus placas bases y el suelo húmedo compactado saturado de la combinación (Muestra patrón + 8% CDO + 5% CCA).* 237

Figura 107: *Colocación del molde (10 golpes) de la combinación (Muestra patrón + 4% CDO + 9% CCA) y las pesas de sobrecarga en la prensa para CBR, y el asentado del pistón de penetración.* 238

Figura 108: *Ensayo de penetración de los moldes (56, 25 y 10 golpes) de CBR de la combinación (Muestra patrón + 4% CDO + 9 % CCA).*.....239

Figura 109: *Determinación del contenido de humedad del espécimen (5 capas a 10 golpes) de CBR saturado y ensayado de la combinación (Muestra patrón + 6% CDO + 9% CCA).* 239

Figura 110: *Resultado obtenido de Calorimetría Diferencial de Barrido (DSC) de las valvas de la Donax Obesulus.*.....242

Figura 111: *Resultado obtenido del Análisis Termogravimétrico (TGA) de las valvas de Donax Obesulus.* 243

Figura 112: *Resultado obtenido de Calorimetría Diferencial de Barrido (DSC) de la cáscara de arroz.*.....244

Figura 113: *Resultado obtenido del Análisis Termogravimétrico (TGA) de la cáscara de arroz.* 245

Figura 114: *Resultado de Fluorescencia de Rayos X de la Ceniza de Donax Obesulus (CDO).* 246

Figura 115: *Resultado de Fluorescencia de Rayos X de la Ceniza de Cáscara de Arroz (CCA).* 247

Figura 116: *Porcentaje (%) de remanente de la Ceniza de Donax Obesulus (CDO) para las combinaciones 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 y 9.* 249

Figura 117: *Porcentaje (%) de remanente de la Ceniza de Cáscara de Arroz (CCA) para las combinaciones 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 y 9.* 250

Figura 118: *Curva Granulométrica de la Ceniza de Donax Obesulus (CDO).* 251

Figura 119: *Curva Granulométrica de la Ceniza de Cáscara de Arroz (CCA).* 252

Figura 120: *Resultado del peso específico (g/cm3) de la CDO y la CCA.* 253

Figura 121: *Resultado del contenido de humedad (%) de la CDO y la CCA.* 254

Figura 122: *Resultado del pH (Unid. pH) de la CDO y la CCA.* 255

Figura 123: *Curva Granulométrica de la Calicata C-1 (M-1)*.....256

Figura 124: *Curva Granulométrica de la Calicata C-2 (M-1)*.....257

Figura 125: *Curva Granulométrica de la Calicata C-3 (M-1)*.....258

Figura 126: *Curva Granulométrica de la Calicata C-3 (M-2).*.....259

Figura 127: *Curva Granulométrica de la Calicata C-4 (M-1)*.....260

Figura 128: *Curva Granulométrica de la Calicata C-4 (M-2)*.....261

Figura 129: *Curva Granulométrica de la Calicata C-5 (M-1)*.....262

Figura 130: *Curva Granulométrica de la Calicata C-6 (M-1)*.....263

Figura 131: *Contenido de humedad (%) promedio de las muestras procedentes de las calicatas C-1, C-2, C-3, C-4, C-5 y C-6.* 264

Figura 132: *Límites de Atterberg de las muestras procedentes de las calicatas C-1, C-2, C-3, C-4, C-5 y C-6.* 265

Figura 133: *Máxima Densidad Seca (M.D.S.) y Óptimo Contenido de Humedad (O.C.H.) de las Calicatas C-1, C-2, C-3, C-4, C-5 y C-6.* 268

Figura 134: *C.B.R (95% M.D.S) a 0.1" de penetración de las muestras de las calicatas.* 269

Figura 135: *Curva Granulométrica de la Combinación 1: MP + 4% CDO + 5% CCA.*.....271

Figura 136: *Curva Granulométrica de la Combinación 2: MP + 4% CDO + 9% CCA.*.....272

Figura 137: *Curva Granulométrica de la Combinación 3: MP + 4% CDO + 12% CCA.*....273

Figura 138: *Curva Granulométrica de la Combinación 4: MP + 6% CDO + 5% CCA.*.....274

Figura 139: *Curva Granulométrica de la Combinación 5: MP + 6% CDO + 9% CCA.*.....275

Figura 140: *Curva Granulométrica de la Combinación 6: MP + 6% CDO + 12% CCA.*....276

Figura 141: *Curva Granulométrica de la Combinación 7: MP + 8% CDO + 5% CCA.*.....277

Figura 142: *Curva Granulométrica de la Combinación 8: MP + 8% CDO + 9% CCA.*.....278

Figura 143: *Curva Granulométrica de la Combinación 9: MP + 8% CDO + 12% CCA.*....279

Figura 144: *Límites de Atterberg de las muestras combinadas 1, 2 y 3; frente a la muestra patrón C-5 (M-1).* 280

Figura 145: *Límites de Atterberg de las muestras combinadas 4, 5 y 6; frente a la muestra patrón C-5 (M-1).* 281

Figura 146: *Límites de Atterberg de las muestras combinadas 7, 8 y 9; frente a la muestra patrón C-5 (M-1).* 283

Figura 147: *M.D.S. y O.C.H. de las Combinaciones 1, 2 y 3; frente a la muestra patrón C-5 (M-1).*.....287

Figura 148: *M.D.S. y O.C.H. de las Combinaciones 4, 5 y 6; frente a la muestra patrón C-5 (M-1).*.....289

Figura 149: *M.D.S y O.C.H. de las Combinaciones 7, 8 y 9; frente a la muestra patrón C-5 (M-1).*.....290

Figura 150: *C.B.R (95% M.D.S) a 0.1" de penetración de las combinaciones 1, 2 y 3; frente a la muestra patrón C-5 (M-1).*.....292

Figura 151: *C.B.R (95% M.D.S) a 0.1" de penetración de las combinaciones 4, 5 y 6; frente a la muestra patrón C-5 (M-1).*.....294

Figura 152: *C.B.R (95% M.D.S) a 0.1" de penetración de las combinaciones 7, 8 y 9; frente a la muestra patrón C-5 (M-1).*.....296

Figura 153: *Absorción (%) de los especímenes de C.B.R de las muestras combinadas 1, 2 y 3; frente a la muestra patrón C-5 (M-1).*.....298

Figura 154: *Absorción (%) de los especímenes de C.B.R de las muestras combinadas 4, 5 y 6; frente a la muestra patrón C-5 (M-1).*.....300

Figura 155: *Absorción (%) de los especímenes de C.B.R de las muestras combinadas 7, 8 y 9; frente a la muestra patrón C-5 (M-1).*.....301

Figura 156: *Expansión (%) de los especímenes de C.B.R de las muestras combinadas 1, 2 y 3; frente a la muestra patrón C-5 (M-1).*.....303

Figura 157: *Expansión (%) de los especímenes de C.B.R de las muestras combinadas 4, 5 y 6; frente a la muestra patrón C-5 (M-1).*.....305

Figura 158: *Expansión (%) de los especímenes de C.B.R de las muestras combinadas 7, 8 y 9; frente a la muestra patrón C-5 (M-1).*.....306

Figura 159: *Curva de Snedecor para F para el ensayo Proctor Modificado.* 312

Figura 160: *Curva de Snedecor para F para el ensayo de CBR en laboratorio.*.....318

RESUMEN

La presente investigación de tipo experimental tuvo como objetivo mejorar las propiedades mecánicas del suelo de la subrasante con fines de pavimentación de la vía Captuy, Moro, utilizando las cenizas de *Donax obesulus* y cáscara de arroz.

Se extrajeron muestras del suelo in situ a lo largo de 2.05km, mediante 6 calicatas, para conocimiento de sus propiedades mecánicas y físicas, siendo la calicata N°5 la menos favorable. Se adicionó porcentajes de 4%, 6% y 8% de ceniza de Donax obesulus y 5%, 9% y 12% de ceniza de cáscara de arroz a la muestra patrón proveniente de la calicata N°5, obteniéndose de esta manera 09 grupos de combinaciones, que se ensayaron en laboratorio. Los instrumentos que se utilizaron fueron los protocolos estandarizados bajo el manual de ensayo de materiales 2016.

De los resultados obtenidos, la combinación MP + 4%CDO + 5%CCA, presentó el mejor índice de C.B.R. al 95% de la M.D.S., con un valor de 40.7%; es decir, un aumento del 73.93% con respecto al índice de C.B.R. de la muestra patrón 23.4%.

PALABRAS CLAVE: Ceniza de cáscara de arroz, Ceniza de Donax Obesulus, Subrasante, Mejoramiento, Moro.

ABSTRACT

The objective of this experimental investigation was to improve the mechanical properties of the subgrade soil for the purpose of paving the Captuy road, Moro, using the ashes of Donax obesulus and rice husk.

In situ soil Samples were taken along 2.05 km, through 6 pits, it to learn about their mechanical and physical properties, the pit N°. 5 was the least favorable.

Percentages of 4%, 6% and 8% of Donax obesulus ash and 5%, 9% and 12% of rice husk ash were added to the standard sample from pit No. 5, thus obtaining 09 type of combinations, which were tested in the laboratory. The instruments used were the standardized protocols under the 2016 material testing manual.

From the results obtained, the combination MP + 4%CDO + 5%CCA presented the best C.B.R. index. at 95% of the M.D.S., with a value of 40.7%; that is, an increase of 73.93% with respect to the C.B.R. index. of the standard sample 23.4%.

PALABRAS CLAVE: Rice husk ash, Donax Obesulus ash, Subgrade, Improvement, Moro.

CAPÍTULO I.

INTRODUCCIÓN

I. INTRODUCCIÓN

1.1 ANTECEDENTES DEL PROBLEMA

En el mundo entero existe el reto de acabar con el hambre y cerrar las brechas de pobreza que son aún más notorias en países en desarrollo, donde las poblaciones que habitan zonas rurales y agrícolas se ven perjudicadas debido a la falta de una adecuada infraestructura vial respecto a los caminos rurales, los cuales inciden en gran magnitud en la prestación de servicios de saneamiento, electricidad y telecomunicaciones, además del tránsito para el intercambio de bienes y la generación de nuevas actividades comerciales (CEPAL, 2020).

Cabe mencionar que entre el 10% y el 15% de la población mundial habita en ciudades pequeñas, pueblos y zonas rurales próximas, y que existen en el mundo unos 500 millones de pequeños agricultores que podrían verse beneficiados si los territorios rurales que habitan estuvieran interconectados con zonas urbanas, ya que esto ayudaría a la creación de puestos de trabajo dentro y fuera de explotaciones agrícolas, además de proveer la correspondiente seguridad alimentaria y nutrición (FAO, 2017), por lo que es necesario intervenir en la construcción y mantenimiento de redes viales secundarias y terciarias, comúnmente denominadas como caminos rurales.

En el Perú sucede que la Red Vial Vecinal es la más extensa de las tres (03) redes viales que conforman el Sistema Nacional de Carreteras del país, representando alrededor del 63% de la longitud total y casi en su integridad está conformada por carreteras No Pavimentadas, es decir sus superficies de rodadura son afirmadas o sin afirmar, por estar constituidas por capas de material de otras fuentes, o por los mismos materiales encontrados a nivel de subrasante.

Las carreteras vecinales o rurales son las que posibilitan la conexión a la vasta zona rural del país, y un poderoso condicionante de su desarrollo; por ello, es oportuno citar los resultados del

trabajo de investigación que realizó un equipo liderado por Richard Webb, publicado en el libro: Conexión y Despegue Rural, entre cuyas conclusiones se afirma que la acción de la conexión ha sido la de un facilitador principal del despegue económico rural peruano.

Es compleja la problemática del estado situacional en que se encuentra la infraestructura de las carreteras vecinales o rurales a nivel nacional, la cual puede resumirse de la siguiente manera: Se considera que alrededor del 85% de las superficies de rodadura (afirmadas o sin afirmar), se encuentran en mal estado de conservación, debido al rápido deterioro o destrucción que sufren por efecto del clima y el tránsito vehicular, y por consiguiente, es deficiente el nivel de servicio que prestan a los usuarios (VIABILIDAD Y TRANSPORTE LATINOAMERICANO, 2016, pág. 47).

La red vial Captuy - Moro, está comprendida por 2.05 km de longitud y 5.00 m de ancho, la superficie de rodadura se encuentra a nivel de afirmado y actualmente está desgastada, siendo así inadecuada para el confort de los vehículos y las personas que se transportan en ella.

El problema que se acaba de mencionar, se presenta por la escasa asignación de recursos presupuestales para la construcción de la vía, la mala gestión municipal, la ausencia de una estructura de pavimento para el volumen de tráfico que soporta, la falta de un sistema de drenaje en el tramo de estudio, el clima y las vibraciones transmitidas por los vehículos sobre los agregados de la subrasante; sin embargo, se ha detectado como principal causa, las características del suelo in situ.

El problema que se ha identificado traerá como consecuencias: un deficiente nivel de servicio que ofrece a los usuarios, la contaminación ambiental y enfermedades respiratorias debido a la generación de polvo durante el tránsito vehicular, el desgaste de los neumáticos de los vehículos y el estrés en los conductores de las unidades vehiculares.

El estudio pretende mejorar las propiedades mecánicas del suelo con fines de pavimentación utilizando las cenizas de *Donax obesulus* y cáscara de arroz. De modo que no sólo se aprovechen los componentes de desecho, sino que además se contribuya a mitigar los impactos negativos al medio ambiente, con una solución económica frente a otras estabilizaciones.

1.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1 PROBLEMA GENERAL

- ¿En qué magnitud mejorará la subrasante de la red vial Captuy - Moro, con la incorporación de las cenizas de *Donax obesulus* y cáscara de arroz, 2021?

1.2.2 PROBLEMAS ESPECÍFICOS

- ¿Qué características físicas y químicas presentan la ceniza de *Donax obesulus* y la ceniza de cáscara de arroz?

- ¿Cuáles son las propiedades mecánicas y físicas en la subrasante de la red vial Captuy - Moro, antes de la incorporación de las cenizas de *Donax obesulus* y cáscara de arroz?

- ¿Cuáles son las propiedades mecánicas y físicas en la subrasante de la red vial Captuy - Moro, después de la incorporación de las combinaciones 4%, 6% y 8% de ceniza de *Donax obesulus* y 5%, 9% y 12% de ceniza de cáscara de arroz?

- ¿Cuál es la dosificación óptima de las combinaciones 4%, 6% y 8% de ceniza de *Donax obesulus* y 5%, 9% y 12% de ceniza de cáscara de arroz que mejorará las propiedades mecánicas en la subrasante de la red vial Captuy - Moro?

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

- Realizar el mejoramiento de subrasantes de la red vial Captuy – Moro, con cenizas de *Donax obesulus* y cáscara de arroz, 2021.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Determinar las características físicas y químicas de la ceniza de *Donax obesulus* y la ceniza de cáscara de arroz.

- Identificar las propiedades mecánicas y físicas en la subrasante de la red vial Captuy - Moro, antes de la incorporación de las cenizas de *Donax obesulus* y cáscara de arroz.

- Identificar las propiedades mecánicas y físicas en la subrasante de la red vial Captuy - Moro, después de la incorporación de las combinaciones 4%, 6% y 8% de ceniza de *Donax Obesulus* y 5%, 9% y 12% de ceniza de cáscara de arroz.

- Determinar la dosificación óptima de las combinaciones 4%, 6% y 8% de ceniza de *Donax obesulus* y 5%, 9% y 12% de ceniza de cáscara de arroz que mejorará las propiedades mecánicas en la subrasante de la red vial Captuy - Moro.

1.4 JUSTIFICACIÓN

1.4.1 JUSTIFICACIÓN TEÓRICA - TÉCNICA

El estudio complementa el manual de carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, que sólo desarrolla las metodologías de estabilización de suelos, como estabilización mecánica de suelos, por combinación de suelos, por sustitución de los suelos, suelos estabilizados con cal, cemento, escoria, estabilización con cloruro de sodio, cloruro de calcio, cloruro de magnesio, productos asfálticos y geosintéticos; proporcionando un sistema de mejoramiento de subrasante con cenizas de *Donax obesulus* y cenizas de cáscara de arroz para aumentar al conocimiento que ya existe.

1.4.2 JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA

Este estudio es experimental y tiene como finalidad el mejoramiento de las propiedades mecánicas de la subrasante de la red vial Captuy con fines de pavimentación, y se puede volver a replicar en otro lugar - vía, con un tipo de suelo semejante.

1.4.3 JUSTIFICACIÓN ECONÓMICA

El mejoramiento de un suelo - subrasante a través de la óptima dosificación de cenizas de Donax obesulus y cáscara de arroz, permite que las instituciones propongan diseños de pavimentos más económicos en futuros proyectos, porque al tener un mejor índice de C.B.R, se requiere menores espesores de base y subbase en la estructura del pavimento.

Por otra parte, se justifica esta investigación porque permitirá el desarrollo de los pobladores de Captuy y su agricultura, con un mejor intercambio comercial a través de una ruta segura.

1.4.4 JUSTIFICACIÓN SOCIAL

Este estudio si tiene una justificación social porque disminuye el impacto negativo del polvo en la población del caserío, así como en los sembríos de mango y palta aledaños a la vía.

Agregando a lo anterior, reduce el estrés en los conductores de las unidades vehiculares como resultado de una adecuada transitabilidad.

1.4.5 JUSTIFICACIÓN INVESTIGATIVA

Sobre la base de esta investigación, otros jóvenes pueden usarlo como referencia y ampliarlo.

1.4.6 JUSTIFICACIÓN AMBIENTAL

Finalmente, este trabajo de investigación se justifica porque se evidencia en la mitigación del impacto ambiental, al darle un nuevo uso a los residuos de la cáscara de arroz y a las valvas de la Donax obesulus.

1.5 LIMITACIONES DEL TRABAJO

La limitación que se presentó en esta investigación fue que, los laboratorios de la ciudad de Chimbote que habitualmente ofrecían el servicio de incineración de insumos con fines pedagógicos, estaban cerrados por motivo de la pandemia del COVID-19, por lo que, se tuvo que enviar las muestras de residuos de cáscara de arroz y Donax obesulus a la ciudad de Lima para su análisis químico e incineración.

1.6 HIPÓTESIS DE LA INVESTIGACIÓN

La incorporación de 4%, 6% y 8% de ceniza de *Donax obesulus* y 5%, 9% y 12% de ceniza de cáscara de arroz mejorará más del 50% a la subrasante de la red vial Captuy - Moro.

CAPÍTULO II.

MARCO TEÓRICO

II. MARCO TEÓRICO

2.1 ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1 ANTECEDENTES INTERNACIONALES

López y Méndez (2020) realizaron un estudio titulado: Evaluación del comportamiento físico-mecánico de la resistencia de un suelo arcilloso con adición de cal y cenizas de cascarilla de arroz, en Colombia. El objetivo general del estudio fue evaluar el comportamiento físico-mecánico de un suelo virgen y un suelo modificado con cal viva en polvo y cenizas de cascarilla de arroz. La muestra estuvo constituida por el suelo excavado con dimensiones de 1.00 m x 1.00 m del departamento de Cundinamarca y la adición de 3% de cal y 12% de ceniza de cáscara de arroz. El diseño que se utilizó fue experimental. Los instrumentos que se usaron fueron con base en los lineamientos técnicos de las normas actuales expedidas por el Instituto Nacional de Vías (INVIAS), para los ensayos de granulometría del material, Limite líquido, Limite plástico e índice de plasticidad, Próctor modificado, Presión inconfinada. De los resultados obtenidos se obtuvo un suelo arcilloso de alta plasticidad; además, del ensayo de compactación Próctor modificado el suelo virgen alcanzó su máxima densidad de 1.79 g/cm3 con una humedad óptima del 16.25%, y el suelo con adición de cal y ceniza de cascarilla de arroz, una densidad de 1.76 g/cm3 y humedad óptima de 13.8%, lo cual indicó ninguna mejoría; por otro lado, del ensayo de compresión inconfinada, la muestra de suelo virgen con una compactación de 56 golpes tuvo una resistencia máxima al corte de 0,0126 kg/cm2 y la muestra de suelo con adición de cal viva en polvo y cenizas de cascarilla de arroz tuvo una resistencia máxima al corte de 0,01024 kg/cm2, por lo que la investigación recomienda hacer nuevos estudios con nuevas dosificaciones.

Barragán y Cuervo (2019) realizaron un estudio titulado: Análisis del comportamiento físico mecánico de la adición de ceniza de cascarilla de arroz de la variedad blanco a un suelo areno-arcilloso, en Colombia. El objetivo general del estudio fue analizar los factores físico-mecánicos asociados a la resistencia de un suelo areno arcilloso al adicionarse ceniza de cascarilla de arroz con respecto a un suelo virgen del mismo tipo. La muestra estuvo constituida por el suelo extraído a 1 metro de profundidad de la finca el Triunfo de la Vereda San José del municipio Agua de Dios y la adición de 1% de ceniza de cáscara de arroz. El diseño que se utilizó fue experimental. Los instrumentos que se usaron fueron con base en los lineamientos técnicos de las normas INVIAS-13, para los ensayos de granulometría del suelo natural por medio tamizado, límites de consistencia o límites de Atterberg, ensayo de compactación modificado, y la capacidad de soporte (CBR). De los resultados obtenidos, se logró evidenciar un efecto positivo en la resistencia del suelo areno arcilloso con la adición de CCA al 1% logrando aumentar su capacidad de soporte en un 19% con respecto a la condición inicial del mismo. Sin embargo, disminuyó la densidad máxima seca en un 0,7% respecto a la muestra natural, además, no se tuvo el impacto esperado en cuanto al cambio volumétrico del suelo puesto que aumento su expansión en un promedio de 0.09% respecto a la muestra natural al ser modificado con la ceniza de cascara de arroz.

Aponte y Calderón (2020) realizaron un estudio titulado: Evaluación del comportamiento de la resistencia de un suelo limoso con adición de ceniza de cascarilla de arroz, en Colombia. El objetivo general del estudio fue evaluar el comportamiento físico mecánico de la resistencia del suelo limoso de baja plasticidad, con adición de la ceniza de cascarilla de arroz. La muestra estuvo constituida por el suelo extraído a 1 metro de profundidad en el condominio Anamay de la Vereda Las Mercedes - municipio de Anapoima

Cundinamarca y la adición de 12% de ceniza de cáscara de arroz. El diseño que se utilizó fue experimental. Los instrumentos que se usaron fueron con base en las normas INVIAS-13, para los ensayos de granulometría por medio tamizado, límites de consistencia o límites de Atterberg, ensayo Próctor modificado, y resistencia inconfinada. De los resultados obtenidos, se logró evidenciar que el suelo limoso de baja plasticidad con la adición de CCA al 12% incrementó su resistencia con respecto a la condición inicial del mismo. Sin embargo, presenta una disminución de la densidad respecto al suelo virgen, puesto que en su estado inicial tiene 1.83g/cm3 y con la adición baja a una densidad de 1.43g/cm3. La investigación recomienda realizar más ensayos con diferentes porcentajes de adición de ceniza de cascarilla de arroz.

Forero y Moreno (2020) realizaron un estudio titulado: Evaluación del comportamiento físico-mecánico de la resistencia de un suelo arcilloso con cenizas de cascarilla de arroz, en Colombia. El objetivo general del estudio fue evaluar y analizar el comportamiento físico-mecánico de un suelo virgen y un suelo modificado con cenizas de cascarilla de arroz. La muestra estuvo constituida por el suelo tomado en el Barrio Villanías ubicado cerca de la vía Nariño en el municipio de Girardot (excavación con dimensiones 1.00 m x 1.00 m) y la adición de 15% de ceniza de cáscara de arroz. El diseño que se utilizó fue experimental. Los instrumentos que se usaron fueron con base en las normas INVIAS 2013, para los ensayos de granulometría, determinación del límite líquido, limite plástico e índice de plasticidad, ensayo de compactación Próctor y ensayo de compresión inconfinada. De los resultados obtenidos, se evidenció que el suelo arcilloso de alto grado de plasticidad con la adición de CCA al 15% no presentó ninguna mejoría. Del ensayo de compactación Próctor modificado, el suelo virgen tiene presentó una máxima densidad de 1,79 g/cm3 en relación

con una humedad optima del 16,25%, y el suelo modificado con la ceniza de la cascarilla de arroz una densidad de 1,76 g/cm3 con una humedad optima del 11,8%. Además, de los ensayos de compresión inconfinada, la muestra de suelo virgen con la compactación de 56 golpes obtuvo una resistencia máxima de corte 0,0126 kg/cm2, la muestra con cenizas de cascarilla de arroz una resistencia máxima al corte de 0,01024 kg/cm2. La investigación recomienda nuevos estudios con ceniza de cascarilla de arroz.

De La Pared (2013) realizó un estudio titulado: Estabilización del suelo mediante adiciones de ceniza de cascarilla de arroz, en Colombia. El objetivo general del estudio fue estudiar la influencia de la ceniza de cascarilla de arroz en las propiedades de CBR, densidad y absorción de los suelos. La muestra estuvo constituida por el suelo proveniente de la cantera identificada como "Soacha 2007" de Bogotá y la adición de 5%, 10% y 15% de ceniza de cáscara de arroz. El diseño que se utilizó fue experimental. Los instrumentos que se usaron fueron con base en la ASTM, para los ensayos de granulometría, Límites de Atterberg, Próctor modificado, CBR. De los resultados obtenidos, según SUCS se obtuvo como suelo GP; además, del ensayo de compactación Próctor estandar el suelo alcanzó una máxima densidad seca de 1.898 g/cm3 y una humedad óptima de 14.00%, y un C.B.R de 3.76%. El suelo con adición del 5% ceniza de cáscara de arroz, presentó un C.B.R. de 7.68%; el suelo con 10% CCA, un C.B.R. de 5.87%; y el suelo con el 15% CCA, un C.B.R.de 6.14%, por lo cual la investigación infiere que la adición del 5% de ceniza de cáscara de arroz (CCA) aumenta la resistencia del suelo en un 104%.

2.1.2 ANTECEDENTES NACIONALES

Mory (2020) realizó un estudio titulado: Efecto de la incorporación de las cenizas de cáscara de arroz en subrasantes arenosas. El objetivo general del estudio fue determinar una

alternativa de reúso de la ceniza de cáscara de arroz en suelos de subrasantes para pavimentos. La muestra estuvo constituida por las combinaciones del suelo extraído y los porcentajes de 5%, 10% y 15% de ceniza de cáscara de arroz, además del 4% de cemento como aglomerante. El diseño que se utilizó fue experimental. Los instrumentos de recolección de datos son protocolos estandarizados de mecánica de suelos, tales como Análisis Granulométrico, Límites de Atterberg, Peso Específico, Próctor Modificado y California Bearing Ratio. De los resultados obtenidos se obtuvo suelo de arena pobremente graduada con limo siendo su clasificación SUCS "SP-SM" y AASHTO "A-3 (0); además, que mientras aumentaba la sustitución en porcentaje de ceniza de cáscara de arroz y cemento, se reducía la densidad seca máxima y aumentaba el contenido de humedad óptimo en términos de características de compactación. Con respecto al ensayo de CBR la resistencia obtenida al 100% de la Máxima Densidad Seca del suelo natural es de 39%; añadiendo el 5% CCA más 4% cemento, la resistencia es de 148%; con 10% CCA más 4% cemento, es de 120% y; para el 15% CCA más 4% cemento, es de 62%, por lo que la investigación concluye que el uso de ceniza de cáscara de arroz (CCA) al 5% en el suelo arenoso con un 4% de cemento, obtiene la máxima CBR en relación con suelo natural.

Araujo y Urbano (2020) realizaron un estudio titulado: Estabilización a nivel de subrasante incorporando ceniza de cáscara de arroz en calle Integración - Chosica 2019. El objetivo general del estudio fue determinar si la incorporación de la ceniza de cáscara de arroz, influye en la estabilización a nivel de subrasante, en calle integración-Chosica 2019. La muestra estuvo constituida por las combinaciones del suelo extraído de 03 calicatas y los porcentajes de 4%, 7%, 10% de ceniza de cáscara de arroz. El diseño que se utilizó fue experimental. Los instrumentos que se usaron fueron fichas técnicas de registro elaboradas

según la norma ASTM, adaptada por el MTC para los ensayos y el análisis de los datos obtenidos. Los resultados obtenidos muestran que según el método AASHTO clasifica la subrasante en la categoría A-2-4 Gravas y arena limosa, por su parte la clasificación SUCS como Arena pobremente gradada con limo SP-SM, además, que el uso de la ceniza de cáscara de arroz permite el incremento de la resistencia de la subrasante de un valor 22.1% hasta 30.1% del CBR, en la dosificación 7% de ceniza de cáscara de arroz, así como también un óptimo contenido de humedad de 15.1% logrando con esto una máxima densidad seca de 1.612 g/cm3 de compactación, el uso de la ceniza de cáscara de arroz al mezclarse con la subrasante disminuye la absorción de agua, volviéndolo al terreno más estable, para su uso potencial en obras de pavimentación.

Maldonado y Sarrin (2018) realizaron un estudio titulado: Estabilización del suelo con fines de pavimentación del valle san Rafael con ceniza de Cáscara de arroz añadiendo 5%, 10% y 15%, Casma – Ancash - 2018. El objetivo general del estudio fue evaluar la influencia en las propiedades del suelo del valle San Rafael al adicionar ceniza de cascara de arroz con los porcentajes de 5%, 10% y 15%. La muestra fue el área de trabajo de 16096 m2 (4024 metros de longitud con 4 metros de ancho) y estuvo constituida por las combinaciones del suelo extraído de 05 calicatas y los porcentajes de 5%, 10%, 15% de ceniza de cáscara de arroz. El diseño que se utilizó fue no experimental, correlacional. Los instrumentos de recolección de datos son protocolos estandarizados, de los cuales son los siguientes: MTC E107-2000 (Análisis granulométrico) ASTM D 422, MTC E110-2000 (Límite líquido de los Suelos) ASTM D 4318, MTC E111-2000 (Límite plástico, índice de plasticidad) ASTM D 4318, MTC E115-2000 (Próctor Modificado) ASTM D 1557, MTC E132-2000 (CBR de los suelos) ASTM D 1883. De los resultados, se obtuvo dos tipos de suelo, el primero de

acuerdo con la clasificación SUCS un suelo Arena Arcillosa (SC) y de acuerdo con la clasificación AASHTO un suelo A-2-6 Grava y arena arcillosa o limosa; el segundo tipo de suelo según SUCS se clasifica en un suelo arcilla baja plasticidad (CL) y de acuerdo con la clasificación AASHTO se clasifica en un suelo arcilloso A6; además, el análisis químico de la ceniza de cáscara de arroz presentó un gran contenido de sílice de 87.18% de la muestra ensayada, lo cual se considera bueno ya que se trata de un material cementante; finamente, muestran que el uso de la ceniza de cáscara de arroz al 10% presenta una mejora del CBR, en el primer tipo de suelo el CBR de 5.985% aumentó hasta 15.20%, y en el segundo tipo de suelo el CBR de 5.32% aumentó hasta 14.25%, convirtiéndolos en una Subrasante Bueno, logrando estabilizar el Suelo del valle San Rafael.

Argandoña y Palomino (2019) realizaron un estudio titulado: Evaluación de las propiedades físico-mecánicas del suelo obtenido de la APV. Kari Grande vía Rumi Wasi – San Sebastián utilizado a nivel de subrasante en la región Cusco, estabilizado con ceniza de cáscara de arroz y cal en porcentajes 7%-5%, 12%-5% y 15%-5%; respectivamente. El objetivo general del estudio fue evaluar y mejorar las propiedades físico-mecánicas del suelo a nivel de subrasante, estabilizado con ceniza de cascara de arroz y cal en distintos porcentajes; verificando que cumplan con lo mínimo establecido por la norma para ser utilizado como material de subrasante. La muestra estuvo constituida por las mezclas del suelo extraído del tramo de carretera, con ceniza de cáscara de arroz (CCA) y cal en diferentes porcentajes: 7% CCA + 5% CAL, 12% CCA + 5% CAL y 15% CCA + 5% CAL, con relación al agua de mezcla. El diseño que se utilizó fue cuasi experimental. Los instrumentos de recolección de datos son los protocolos estandarizados de los ensayos, límite líquido, límite plástico, relaciones humedad-densidad (Próctor modificado) y relación de soporte de California

(CBR); bajo la tutela del Manual de Ensayo de Materiales (2016). De los resultados, presenta un suelo según la clasificación SUCS, Arcilla ligera de baja plasticidad con arena (CL), y según AASHTO A-6 (8) contienen partículas finas limosas o arcillosas con un límite líquido bajo; por otra parte, indican que hubo incrementos poco significativos respecto al límite plástico, limite líquido e índice de plasticidad, también hubo disminución poco significativa respecto a la densidad máxima del suelo. Caso contrario, fue la capacidad de soporte de los suelos, ya que muestran una notable mejora debido a la presencia de 12% ceniza de cascara de arroz + 5% cal, incrementó el valor de CBR de 4.45% del estado natural del suelo arcilloso, hasta 28.09%, lo cual representa según la categoría de Sub – Rasante, como muy buena, según el Manual de carretera – Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos, el alto porcentaje de sílice dentro de la ceniza de cascara de arroz (86.80%), nos asegura que este material será un potencial agente estabilizador para suelos arcillosos.

Esquivel y Gamez (2019) realizaron un estudio titulado: Cal y cenizas de cáscara de arroz para estabilizar la superficie de rodadura en la vía Santa Clemencia – Chachapoyas. El objetivo general del estudio fue estabilizar la superficie de rodadura en la vía Santa Clemencia-Chachapoyas con cal y cenizas de cáscara de arroz. La muestra estuvo constituida por 07 calicatas de 1.5m de profundidad, por debajo de la subrasante a lo largo de 6.6km, para las combinaciones por sustitución con cal en porcentajes de 2%, 4% y 6% y cenizas de cáscara de arroz en porcentajes de 5%, 10% y 20%. El diseño que se utilizó fue experimental. Los instrumentos que se usaron fueron fichas técnicas de registro elaboradas para los ensayos y el análisis de los datos obtenidos de acuerdo con el MTC, muestreo de suelos y rocas, densidad y peso unitario del suelo in situ, análisis granulométrico, contenido de humedad, método de ensayo estándar para la gravedad

específica de sólidos de suelo mediante picnómetro de agua, determinación del límite líquido, límite plástico de los suelos e índice de plasticidad, compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (Próctor Modificado) y CBR en laboratorio. Los resultados obtenidos, las muestras de suelo de 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; las calicatas 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; además, se realizó el ensayo de CBR a las 9 combinaciones de suelo natural, cal y cenizas de cáscara de arroz (80.85% SiO2), obteniendo que al 95% de la MDS la combinación que mayor resistencia presentó fue la S93-C2-CCA5 con un CBR 26.00%.

Flores, (2020) realizó un estudio titulado: Estabilización de subrasante utilizando puzolánico de cascarilla de arroz y cal para mejorar la capacidad portante, San Martín-2020. El objetivo general del estudio fue la evaluación del efecto que tiene el uso del puzolánico de la cascarilla de arroz y la cal en la resistencia mecánica de la subrasante de la capacidad portante. La muestra estuvo constituida por el suelo extraído de la carretera de San Martín (10.00km) para los ensayos con ceniza de cáscara de arroz (CCA) y cal en diferentes porcentajes: 5% (3%CCA + 2%CAL), 10% (6%CCA + 4%CAL) y 15% (9%CCA + 6%CAL), con relación 3:2. El diseño que se utilizó fue experimental. Los instrumentos de recolección de datos son protocolos estandarizados, de las cuales son los siguientes: MTC E107-2000 (Análisis granulométrico) ASTM D 422, MTC E110-2000 (Límite líquido de los Suelos) ASTM D 4318, MTC E111-2000 (Límite plástico, índice de plasticidad) ASTM

D 4318, MTC E115-2000 (Próctor Modificado) ASTM D 1557, MTC E1322000 (CBR de los suelos) ASTM D 1883. De los resultados, el tipo de suelo según AASHTO A-7-6 (12) denominado suelos arcillosos que pasan de moderado a suelos pobres y mediante SUCS un suelo (CL) arcilla inorgánica de baja plasticidad; por otra parte, indican que el puzolánico de cascarilla de arroz presenta 87.18% SiO2 y presenció el 7.58% en pérdida de calcinación; la combinación óptima es al 15% (85% de Arcilla, 9% de Puzolánico de Cascarilla de Arroz y 6% de Cal) por lo que se logró alcanzar un CBR al 100% de 10.20%, cumpliendo así con los parámetros de estabilización en la categoría de "Subrasante Buena", convirtiéndolo en un suelo apto para ser usado como subrasante, volviendo al terreno más estable.

Alarcón (2018) realizó un estudio titulado: Resistencia a la compresión de mortero sustituyendo al cemento con 12% de ceniza de cáscara de arroz y 8% de ceniza de concha de Donax obesulus. El objetivo general del estudio fue determinar la influencia del porcentaje de ceniza de cáscara de arroz y ceniza de concha de Donax obesulus en la resistencia a la compresión del mortero en comparación a un mortero convencional. La muestra estuvo constituida por 12 morteros patrón y 12 morteros con sustitución al 12% de ceniza de cáscara de arroz y 8% de ceniza de concha de Donax obesulus respecto al cemento portland tipo 1. El diseño que se utilizó fue experimental. Los instrumentos que se usaron fueron los protocolos de acuerdo con las Normas Técnicas Peruanas como, Ensayo granulométrico, Ensayo de difracción de rayos X, Diseño de mezcla, Ensayo de fluidez y Ensayo a la compresión. Los resultados evidencian que, la resistencia a la compresión de los morteros con sustitución del cemento al 12% de ceniza de cáscara de arroz y 8% de ceniza de concha de Donax obesulus, fueron menores en comparación a los obtenidos en

los morteros patrón; pero que, los mismos cumplen con los requisitos mínimos de la norma ASTM-C270, siendo aceptables para trabajos de construcción.

Gonzales y Mariños (2019) realizaron un estudio titulado: Propiedades físico mecánicas de ladrillo tipo V de concreto al sustituir al cemento por 6%, 12% y 18% de una combinación de cenizas de cascarilla de arroz y polvo de Donax sp - Nuevo Chimbote-2019. El objetivo general del estudio fue evaluar la resistencia a la compresión de un ladrillo de concreto tipo V, sustituyendo al cemento por 6%, 12% y 18% de cenizas de cascarilla de arroz y polvo de Donax sp. La muestra estuvo constituida por 100 ladrillos modulares (en estos se reemplazó un porcentaje del cemento por cenizas de cascarilla de arroz y polvo de Donax sp, en la proporción 1:2 respectivamente), de los cuales 60 ladrillos fueron para identificar sus propiedades mecánicas mediante el ensayo de resistencia a la comprensión por la norma ASTM C140 – NTP 399.061, y 40 ladrillos para identificar sus propiedades físicas a través de ensayos como absorción bajo la norma NTP 399.601, el alabeo en conjunto con la variación dimensional sujetos a la norma NTP 399.613. El diseño que se utilizó fue experimental. Los instrumentos que se emplearon son los ensayos estandarizados en la norma E. 0.70 de albañilería y NTP 339.604. Los resultados obtenidos del análisis químico evidencian que la cascarilla de arroz presenta 86.49% de SiO2 y la Donax sp un 78.39% de CaO; así mismo, el porcentaje óptimo de sustitución por cenizas de cascarilla de arroz y polvo de Donax sp en la porción 1:2, es el de 6%, ya que fue el que adquirió más resistencia, la absorción fue menor que la muestra patrón y es el porcentaje que requirió menos cenizas, por lo que se podría producir más unidades de albañilería de este tipo.

Ibañez (2018) realizó un estudio titulado: Resistencia de mortero sustituyendo al cemento por la combinación de 12% de polvo de concha de coquina y 36% de cenizas de cola de

caballo. El objetivo general del estudio fue encontrar alternativas de materiales para ser aplicados en el campo de la ingeniería civil. La muestra estuvo constituida por 9 cubos de mortero (patrón) de cemento-arena, y 9 cubos de mortero (experimental) de cemento-arena con la sustitución del cemento por la combinación de 12% de polvo de coquina y 36% de cenizas de cola de caballo (proporción 1:3). El diseño que se utilizó fue experimental. Los instrumentos que se usaron fueron los protocolos, que son formatos estandarizados en función a las normas ASTM, análisis granulométrico agregado fino, contenido de humedad agregado fino, gravedad específica y absorción agregado fino, peso unitario del agregado fino, determinación de fluidez de las pastas de mortero, peso específico, resistencia a la compresión. Los resultados obtenidos mostraron que, la composición química de las cenizas de cola de caballo (76.838% SiO2), indica su potencial como puzolana, ya que contiene un 90.17% de componentes puzolánicos en concordancia con la norma ASTM C- 618, del mismo modo, en el polvo de concha de coquina (84.62% CaO) se obtuvo un porcentaje de 99.35 % de componentes cementantes; para la combinación de los materiales aglomerantes (12%PCC + 36%CCC + 52%Cemento) los componentes puzolánicos de SiO2 y CaO disminuyeron a 44.44% y 36.46% respectivamente; reemplazándose el 48% del cemento en una mezcla de mortero. La resistencia alcanzada fue de 41.01% respecto a un mortero patrón sin sustitución, existe tendencia a aumentar las resistencias en el tiempo, sin embargo, la resistencia de los morteros experimentales siempre estuvo por debajo en comparación a la resistencia de morteros patrones, debido al alto porcentaje de sustitución del cemento.

Espinoza y Honores (2018) realizaron un estudio titulado: Estabilización de suelos arcillosos con conchas de abanico y cenizas de carbón con fines de pavimentación. El

objetivo general del estudio fue estabilizar los suelos arcillosos con conchas de abanico y cenizas de carbón con fines de pavimentación. La muestra estuvo constituida por suelo y la sustitución en porcentajes del 20%, 25% y 30%. El diseño que se utilizó fue experimental. Los instrumentos que se usaron fueron los protocolos, que son formatos estandarizados en función a las normas ASTM, con las cual se podrá recolectar datos de manera directa de los siguientes ensayos: MTC E 107- 200 (granulometría) ASTM D 422, MTC E-110 (límite plástico e índice de plasticidad) ASTM D 4318, MTC E-115 (Próctor modificado) ASTM D 1557 y MTC E-132 (CBR) ASTM D 1883. Los resultados obtenidos mostraron que el suelo investigado según su clasificación SUCS se trató de una arcilla de baja plasticidad (CL), y según AASHTO, A-6 (9) suelos arcillosos; además se encontró que las conchas de abanico calcinadas presentaron 48.569% de CaO en su composición y las cenizas de carbón un 34.954% de SiO2 y; que al ser agregadas con la dosificación del 20% CoCe, 25% CoCe y 30% CoCe en sustitución al suelo, las combinaciones mostraron un incremento en el CBR de suelo natural de 2.80% a 14.50%, 19.80% y 15.60%, respectivamente, mejorando así, la calidad del suelo natural de subrasante inadecuada a subrasante buena.

Estrada y Ventura (2019) realizaron un estudio titulado: Estabilización de la subrasante del suelo del Centro Poblado San Ignacio con ceniza de concha de abanico, con fines de pavimentación, distrito de Guadalupito – La Libertad, 2019. El objetivo general del estudio fue estudiar el comportamiento que resulta de la adición de la ceniza de concha de abanico con un suelo de grava-limosa, con la finalidad de poder lograr la estabilización. La muestra estuvo constituida por 20 kg de suelo extraído de 06 calicatas cada 1.5 km con distintos porcentajes de concha de abanico 4%, 6% y 8%. El diseño que se utilizó fue cuasiexperimental. Los instrumentos que se usaron fueron fichas técnicas para la

recopilación de información y protocolos estandarizados de ensayos según el Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú. Los resultados que se encontró del tipo de suelo según SUCS es grava limosa (GM) y según AASHTO A-1-b(0) de fragmentos de arena y piedra con denominación de "excelente a bueno"; por otro lado, del ensayo de Espectroscopia de fluorescencia de rayos X de la concha de abanico, demostró que está compuesta en su gran totalidad de 96.527% de calcio (Ca), y que adicionando 4%, 6% y 8% de ceniza de concha de abanico al suelo de tipo grava-limosa, presenta mejoras en su CBR con 23.02%, 24.89% y 26.07% respectivamente.

Carrasco (2017) realizó un estudio titulado: Estabilización Suelos Arcillosos Adicionando Cenizas de Caña de Azúcar en el Tramo de Moro a Virahuanca en el Distrito de Moro – Provincia del Santa - 2017. El objetivo general del estudio fue determinar la posibilidad de estabilización de los suelos arcillosos adicionando cenizas de caña de azúcar en el tramo de moro a Virahuanca en el distrito de Moro – provincia del Santa. La muestra estuvo constituida por el suelo extraído del área de 20,496m2 a tratar y la adición de 25%, 35% y 45% de cenizas de caña de azúcar. El diseño que se utilizó fue no experimental de tipo correlacional. Los instrumentos que se usaron fueron los protocolos estandarizados para recoger los resultados de manera directa y confiable de los siguientes ensayos: MTC E 107-200(granulometría) ASTM D 422, MTC E1090 - 200 (limite plástico e índice de plasticidad) ASTM D 4318, MTC E115 – 2000 (Próctor modificado) ASTMD 1557, MTC E 132- 2000 (CBR) ASTM D 1883. De los resultados obtenidos se tiene que el tipo de suelo investigado según SUCS es suelo arcilloso (SC) y según AASHTO A-6 (11) un suelo inestable, con notables fallas de resistencia; y que es posible la estabilización de este tipo

de suelo con la adición de cenizas de caña de azúcar, obteniéndose el mejor índice de CBR de 15.31% con la adición del 35% de Ceniza de caña de azúcar.

León y Vega (2018) realizaron un estudio titulado: Evaluación de la infraestructura vial entre los sectores Vinchamarca grande- cruce de Motocachy, propuesta de solución, Distrito de Moro -Ancash-2018. El objetivo general del estudio fue evaluar la infraestructura vial entre los Sectores Vinchamarca Grande – Cruce de Motocachy y proponer una solución a los problemas encontrados. La muestra estuvo constituida por toda la infraestructura vial entre los sectores de Vinchamarca Grande y Cruce de Motocachy. El diseño que se utilizó es no experimental, de nivel descriptivo - explicativo. Los instrumentos que se utilizaron, fueron los protocolos e instrumentos estandarizados según la norma ASTM; Densidad de campo MTC E117-2000 (ASTM D-1556), CBR de los suelos MTC E132-2000 (ASTM D-1883), Análisis granulométrico por tamizado MTC E107-2000 (ASTM D-422), ensayo de compactación (PROCTOR MODIFICADO) ASTM D- 1556. De los resultados obtenidos, el tipo de suelo investigado según SUCS es un suelo con arena limosa con grava (SM) y según AASHTO A-4 considerado como un suelo limoso; por otro lado, del análisis del diseño geométrico realizado se obtuvo que la geometría del diseño de la carretera y las señalizaciones están correctamente ejecutados; de la evaluación superficial realizada, los daños más predominantes en la carretera, son las fallas de piel de cocodrilo y grieta en borde, entre la progresiva 0+000km - 0+380km, condición del pavimento Regular; con respecto, a la evaluación de drenaje entre los sectores Vinchamarca Grande y Cruce de Motocachy, no se encontró alguno, ya que las aguas se evacuan a las áreas agrícolas aledañas al pavimento. La propuesta de solución, consta de una nueva estructura del pavimento, con una base de 8” y carpeta asfáltica de 2”.

Navarro (2020) realizaron un estudio titulado: Diseño del sistema de agua potable para el caserío de Quillhuay, Distrito de Moro, Provincia del Santa, Región Áncash, y su incidencia en la condición sanitaria de la población – 2020. El objetivo general del estudio fue diseñar el sistema de agua potable para el caserío de Quillhuay. La muestra estuvo constituida por el suelo extraído de 4 calicatas provenientes del caserío de Quillhuay para el estudio de mecánica de suelos y el levantamiento topográfico de la zona. El diseño que se utilizó fue descriptivo. Los instrumentos que se usaron fueron los protocolos para los ensayos estandarizados por el MTC, como el análisis granulométrico por tamizado (ASTM D-422), Peso específico (ASTM D-854), Límite líquido (ASTM D-423), Límite plástico (ASTM D-424), Densidad in situ (ASTM D-1556), Corte directo (ASTM D- 3080) y; el estudio del agua a través del Análisis fisicoquímico y microbiológico. De los resultados obtenidos se tiene que los tipos de suelo investigado según SUCS es arena limosa (SM) y arena mal graduada (SP), con presencia de grava aislada de T.M. 2". Además, la estructura del reservorio se diseñará para una capacidad portante admisible de 0.937 kg/cm2 y un volumen de 6.17m3; también, contará con una tubería de rebose y limpieza de 1.50 pulgadas; la línea de aducción de 1.5 pulgadas de PVC clase 10, de una longitud de 140 metros, con un caudal máximo diario de 0.523 l/s; una red de distribución de 1 pulgada con un caudal de 0.523 l/s y; los ramales de ¾ pulgadas.

Chirinos (2017) realizó un estudio titulado: Diseño del sistema de abastecimiento de agua potable y alcantarillado del caserío Anta, Moro – Ancash 2017. El objetivo general del estudio fue realizar el diseño del sistema de agua potable en el caserío Anta, Moro. Ancash. La muestra estuvo constituida por 5 calicatas toda la infraestructura vial de la carretera Huellapampa – Anta. El diseño que se utilizó es descriptivo, no experimental. Se utilizaron

como instrumentos, guía de recolección de datos climatológicos, poblacionales; protocolos para el estudio de mecánica de suelo (ensayos siguiendo las normas establecidas por la ASTM) y el estudio del agua mediante el Análisis fisicoquímico y microbiológico; Guía de análisis documental. De los resultados obtenidos, el tipo de suelo varía según su clasificación SUCS, en suelos , SM, SM, CL, SC-SM, SC-SM y, con base en AASHTO, A-2-4 (0), A-2-4 (0), A-4 (2), A-4 (0) y A-2-4 (0), respectivamente, por lo que se puede decir que, son arenas limosas, arenas arcillosas con limos, arcillas inorgánicas, y lecho rocosos; por otro lado, el reservorio tendrá 7 m3; además, una Línea de conducción de tubería de ¾ pulgadas diámetro, de PVC clase 7.5, con una longitud de 330.35 metros y una velocidad de 0.67 m/s; asimismo, una red de aducción y distribución de tubería de 1 pulgada de diámetro, de PVC clase 7.5, comprendido por una longitud de 2114.9 metros y una velocidad máxima de 0.67 m/s; para el sistema de alcantarillado de tubería de 160 mm, de PVC – U SERIE 20, una longitud total de 748.51 metros, con una velocidad promedio de 0.74 m/s y un pendiente mínima de 55.28%.

2.2 BASE TEÓRICA

2.2.1 SUBRASANTE

Con base en el MTC (2014) nos define que: “La Subrasante es la superficie terminada de la carretera a nivel de movimiento de tierras (corte y relleno), sobre la cual se coloca la estructura del pavimento o afirmado” (pág. 24).

Por otra parte, Montejo (2002) deduce que:

De la calidad de la subrasante depende, en gran medida, el espesor que debe tener un pavimento flexible o rígido. Como parámetro de evaluación de esta capa se emplea la capacidad de soporte o resistencia a la deformación por esfuerzo cortante bajo las cargas

del tránsito. Es esencial tener en consideración la sensibilidad del suelo a la humedad, tanto en lo que se refiere a la resistencia como también a las eventuales variaciones de volumen (hinchamiento – retracción). Los cambios de volumen de un suelo de subrasante de tipo expansivo pueden producir graves daños en las estructuras de pavimento que se apoyen sobre éste (pág. 9).

"Típicamente el diseño de los pavimentos es mayormente influenciado por dos parámetros básicos: (a) las cargas de tráfico vehicular impuestas al pavimento; (b) las características de la subrasante sobre la que se asienta el pavimento" (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014, pág. 119).

2.2.2 SUELOS

"Dentro de la ingeniería civil, el suelo es el conjunto de partículas minerales, producto de la desintegración mecánica o de la descomposición química de rocas preexistentes" (Crespo Villalaz, 2004, pág. 18).

Las clases de suelos están determinadas de acuerdo con el transporte, saturación y tamaño de partícula: (a) Los suelos de acuerdo con el transporte, se dividen en suelo residual o autígeno, y suelo alóctono; (b) los suelos de acuerdo a su saturación se dividen en suelos saturados y suelos semisaturados; (c) los suelos en función al tamaño de sus partículas se clasifican en dos tipos, suelos de grano grueso o granulares y suelos de grano fino o suelos finos (Rivera Mantilla, 2005, págs. 387-389).

a. TAMAÑO DE PARTÍCULA DEL SUELO.

"Los suelos se han clasificado en función al tamaño predominante de sus partículas. Para ello, diferentes organizaciones han desarrollado límites de separación de tamaño de suelo" (Das, 2015, pág. 28). Como se detalla en la Tabla 1.

Tabla 1

Límites de separación de tamaño de suelo

Nombre de la organización	Tamaño de grano (mm) Grava	Arena	Limo	Arcilla
Instituto de Tecnología de Massachusetts (MIT)	>2	2 a 0.06	0.06 a 0.002	<0.002
Departamento de Agricultura de E.U. (USDA)	>2	2 a 0.05	0.05 a 0.002	<0.002
Asociación Americana de Carreteras Estatales y Oficiales del Transporte (AASHTO)	76.2 a 2	2 a 0.075	0.075 a 0.002	<0.002
Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (Cuerpo de Ingenieros del Ejército de E.U., Oficina de Reclamación de E.U., Sociedad Americana para Pruebas y Materiales)	76.2 a 4.75	4.75 a 0.075	Finos (p.ej., linos y arcillas) <0.075	

Nota: *Reproducida de Fundamentos de Ingeniería Geotécnica (pág. 28), por Das, 2015, Cengage Learning Editores.*

b. EXPLORACIÓN DE SUELOS.

- NÚMERO DE CALICATAS PARA EXPLORACIÓN DE SUELOS.

Como declara el MTC (2014): "Es necesario realizar los pozos exploratorios o calicatas de 1.5 metros de profundidad mínima, para así determinar las características físico mecánicas de los materiales de la subrasante" (pág. 28).

La cantidad mínima de calicatas por kilómetro, está referido al tipo de carretera. (Véase Anexo 6.1.).

Conviene especificar que, si el tramo del proyecto tiene una longitud entre 500 m y 1000 m, el número de calicatas a realizar será la cantidad de calicatas para un kilómetro como se indica en el Anexo 6.1.; sin embargo, si el tramo tiene una

longitud menor a 500 m, el número de calicatas a realizar será la mitad de calicatas descrita en el Anexo 6.1. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014, pág. 29).

- **NÚMERO DE ENSAYOS DE CBR.**

Como expresa el MTC (2014):

Se extraerán muestras representativas de la subrasante, obtenidas de los estratos descubiertos en cada una de las calicatas, para determinar el Módulo de Resiliente (MR) o CBR. La cantidad de ensayos está relacionada con el tipo de carretera. […] El número de ensayos indicado en el Anexo 6.2. se aplica para pavimentos nuevos, mejoramiento y rehabilitación (pág. 30).

"En el caso de que el tramo tenga una longitud menor a la descrita en el Anexo 6.2., para el número de CBR a realizar, la cantidad de ensayos mostrados en el anexo debe tomarse como mínima" (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014, pág. 31).

c. PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO.

- **GRANULOMETRÍA.**

"El análisis granulométrico de un suelo tiene por finalidad determinar la proporción de sus diferentes elementos constituyentes, clasificados en función de su tamaño" (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014, pág. 33).

Tabla 2

Clasificación de suelos según tamaño de partículas

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

Nota: *Reproducida de Manual de Carreteras – Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos – Sección Suelos y Pavimentos (pág. 33), por Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014, MTC.*

Para encontrar la distribución de tamaño de partícula de suelo, generalmente se utilizan dos métodos: (a) análisis de tamiz, para tamaños de partículas mayores de 0.075 mm de diámetro; (b) análisis de hidrómetro, para tamaños de partículas más pequeñas que 0.075 mm de diámetro (Das, 2015, pág. 33).

- **ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO.**

  La granulometría por tamizado es un proceso mecánico, que tiene el objetivo de separar las partículas de un suelo en sus diferentes tamaños. Para lo cual se utiliza tamices en orden decreciente, como se indica en la Tabla 3.

  "En la operación de tamizado manual se mueve el tamiz o tamices de un lado a otro y recorriendo circunferencias de forma que la muestra se mantenga en movimiento sobre la malla" (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2016, pág. 46).

Tabla 3

Tamices para análisis granulométrico

TAMICES	ABERTURA (mm)
3”	75.000
2”	50.800
1 ½”	38.100
1”	25.400
3/4”	19.000
3/8”	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

Nota: *Reproducida de Manual de Ensayo de Materiales (pág. 44), por Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016, MTC.*

El tamiz, es la herramienta fundamental para efectuar este ensayo; se trata de un instrumento compuesto por un marco rígido al que se halla sujeta una malla caracterizada por un espaciamiento uniforme entre hilos denominado abertura o luz de malla, a través del cual se hace pasar la muestra de suelo a analizar (Bañón Blázquez & Beviá García, 2000, pág. 6).

Figura 1: *Tamices.*

Nota: *Reproducida de Tamiz de Granulometría Astm E11 en Lima Capital [Fotografía], por Planeta Perú, 2021, (https://www.planetaperu.pe/tamiz-de-granulometria-astm-e11-F1A0EC1031F).*

- **CURVA GRANULOMÉTRICA.**

Como señala Das (2012): "Se mide la cantidad de suelo retenido en cada malla y se determina el porcentaje acumulado del suelo que pasa a través de cada una" (pág. 2).

Los resultados obtenidos se reflejarán en una curva granulométrica dentro de una gráfica semilogarítmica, en el cual el eje de las abscisas (trazado en escala logarítmica) corresponde al tamaño de las partículas y el eje de las ordenadas (trazado en escala aritmética) representa el porcentaje de suelo que pasa en cada determinado tamiz.

Por lo demás, Bañón y Beviá (2000) nos dice que:

La interpretación de una curva granulométrica puede proporcionarnos información acerca del comportamiento del suelo.

- **Granulometría discontinua:** La curva presenta picos y tramos planos, indicando que muchos de los tamices sucesivos no retienen material. Se les denomina como suelos mal graduados.

- **Granulometría continua:** La curva adopta una disposición suave y continua, mostrando que los tamices retienen material. Se les denomina como suelos bien graduados (pág. 7).

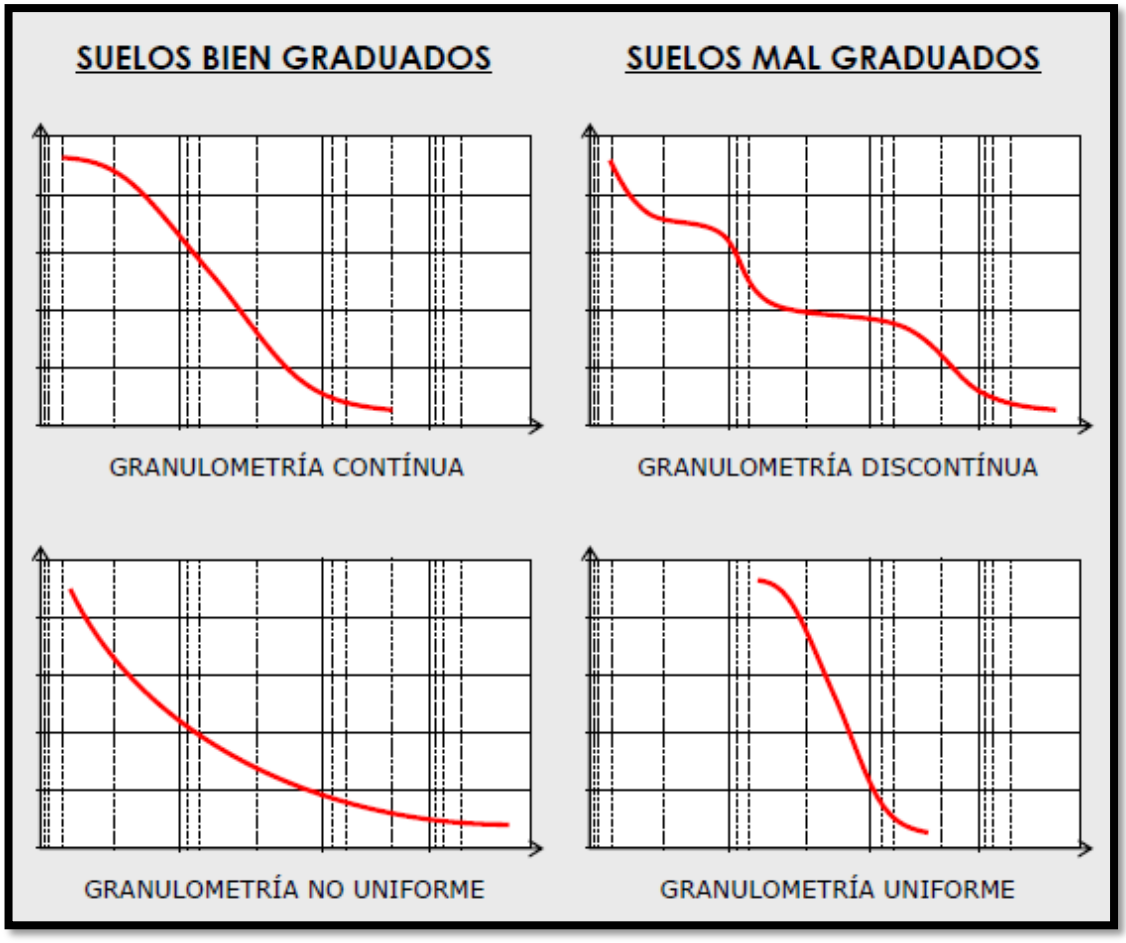


Figura 2: *Curva granulométrica Continua, Discontinua, No Uniforme y Uniforme*.

Nota: *Reproducida de Manual de Carreteras - Construcción y Mantenimiento (pág. 8), por Bañón y Beviá, 2000, Ortiz e Hijos, Contratista de Obras, S.A.*

- **COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD Y COEFICIENTE DE CURVATURA.**

"A partir de las curvas de distribución granulométrica se pueden determinar dos parámetros básicos del suelo, como son el coeficiente de uniformidad (Cu) y el coeficiente de curvatura (Cc)" (Das, 2012, pág. 3).

- **COEFICIENTE DE UNIFORMIDAD (Cu).**

Este coeficiente es utilizado para medir la uniformidad del tamaño de las partículas de una muestra de suelo. Está dado por la siguiente relación:

$$\mathbf{Cu = D_{60} / D_{10}}$$

Donde:

- "D_{60}, es el diámetro en milímetros para el cual el 60% de las partículas son menores que ese diámetro" (Crespo Villalaz, 2004, pág. 51). En otras palabras, es el diámetro de la partícula (mm) para el cual el 60% de la totalidad de la muestra de suelo son menores que ese diámetro.

- D_{10}, es el diámetro en milímetros para el cual el 10% de las partículas son menores que ese diámetro.

- **COEFICIENTE DE CURVATURA (Cc).**

El Cc es conocido además como factor de forma. Indica el equilibrio relativo que existe entre los diferentes intervalos de tamaño de partículas del suelo. Está conformado por la siguiente relación:

$$\mathbf{Cc = (D_{30})^2 / D_{60} \, x \, D_{10}}$$

Donde:

- D_{30}: Es análogo a D_{60} y D_{10}.

Con más motivo, en la Tabla 4 se detalla la interpretación de los valores referentes a los coeficientes de uniformidad y curvatura de un suelo.

Tabla 4

Coeficiente de uniformidad y coeficiente de curvatura

Tipo de Material	Valores	Observación
Grava	Cu > 4 1 < Cc < 3 Material bien graduado	Si el coeficiente de uniformidad Cu es menor que los valores indicados, significa que el material no es graduado, sino prácticamente uniforme en el diámetro de sus partículas.
Arena	Cu > 6 1 < Cc < 3 Material bien graduado	

Nota: *Adaptada de Mecánica de Suelos y Cimentaciones (pág. 51), por Crespo, 2004, Limusa.*

- **LA PLASTICIDAD.**

"La plasticidad es la propiedad de estabilidad que presenta los suelos hasta cierto límite de humedad sin disgregarse, por consiguiente, la plasticidad de un suelo no depende de los elementos gruesos que contiene, sino únicamente de sus elementos finos" (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014, pág. 33).

- **CONSISTENCIA DEL SUELO.**

El científico sueco llamado Albert Mauritz Atterberg, desarrolló un método para describir la consistencia de los suelos de grano fino con diferentes contenidos de humedad. Encontrando que, con un contenido de humedad muy bajo, el suelo se comporta como un sólido quebradizo, pero cuando el contenido de humedad es muy alto, el suelo y el agua fluyen como un líquido. Por lo tanto, el comportamiento del suelo depende del contenido de humedad, y puede ser dividido en cuatro estados básicos: sólido, semisólido, plástico y líquido (Das, 2015, pág. 64).

La Figura 3 presenta los estados de consistencia de los suelos y sus respectivos límites.

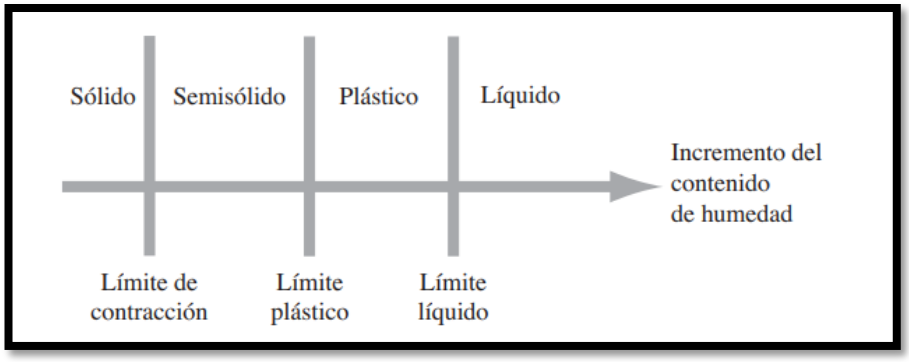


Figura 3: *Límites de Atterberg.*

Nota: *Reproducida de Fundamentos de Ingeniería Geotécnica (pág. 64), por Das, 2015, Cengage Learning Editores.*

- **LOS LÍMITES DE ATTERBERG.**

Cada límite de Atterberg puede definirse como el punto límite de contenido de humedad para que un suelo de grano fino transite de un estado de consistencia a otro.

Los límites de Atterberg pueden ser determinados mediante ensayos de laboratorio sobre el suelo que pasa el tamiz ASTM N° 40. Asimismo, estos valores de humedad son necesarios para la clasificación de un suelo.

Los límites de Atterberg son: Límite líquido, límite plástico y límite de contracción.

- **LÍMITE LÍQUIDO.**

Con base en el MTC (2016): “el límite líquido es el contenido de humedad en porcentaje, para el cual un suelo se encuentra entre los estados plástico y líquido” (pág. 67). Es decir, si el suelo presenta un contenido de

humedad por debajo de este valor tendrá características de un material plástico (moldeable), por lo contrario, si el mismo presenta una humedad mayor al límite líquido poseerá características de un fluido viscoso (no tiene capacidad resistente).

Se determina utilizando la copa de Casagrande y; "se define como el contenido de humedad en el que se cierra una ranura de 13 mm mediante 25 golpes, desde una altura de 1 cm a razón de dos caídas por segundo" (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2016, pág. 67).

- **LÍMITE PLÁSTICO.**

Es el contenido de humedad en porcentaje, para el cual un suelo se encuentra entre los estados semisólido y plástico. En otras palabras, si el suelo presenta un contenido de humedad por debajo de este valor se resquebraja y no es trabajable.

"Se define como el mínimo contenido de humedad en el que el suelo puede formar barritas de 3.2 mm de diámetro, sin desmoronarse" (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2016, pág. 72).

- **LÍMITE DE CONTRACCIÓN.**

Es el contenido de humedad en porcentaje, para el cual un suelo se encuentra entre los estados sólido y semisólido. La masa del suelo se contrae a medida que éste pierde humedad gradualmente (suelo semisólido). Ahora bien, con la pérdida continua de humedad se alcanza un estado de equilibrio (suelo sólido), hasta el punto en el que más pérdida de humedad no dará lugar a ningún cambio de volumen adicional. El

contenido de humedad, en porcentaje, en el que el cambio de volumen de la masa de suelo cesa se define como límite de contracción (Das, 2015, pág. 68).

- **ÍNDICE DE PLASTICIDAD.**

Conviene especificar que, la diferencia entre el límite líquido (LL) y el límite plástico (LP) de un suelo se define como el índice de plasticidad (IP).

$$\mathbf{IP = LL - LP}$$

El índice de plasticidad indica la magnitud del intervalo de humedades en el cual el suelo posee consistencia plástica y permite clasificar bastante bien un suelo. Un IP grande corresponde a un suelo muy arcilloso; por lo contrario, un IP pequeño es característico de un suelo poco arcilloso (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014, pág. 33).

Tabla 5

Clasificación de suelos según índice de plasticidad

Índice de Plasticidad	Plasticidad	Característica
IP > 20	Alta	Suelos muy arcillosos
IP ≤ 20 IP > 7	Media	Suelos arcillosos
IP < 7	Baja	Suelos poco arcillosos plasticidad
IP = 0	No Plástico (NP)	Suelos exentos de arcilla

Nota: *Reproducida de Manual de Carreteras – Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos – Sección Suelos y Pavimentos (pág. 34), por Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014, MTC.*

- **CLASIFICACIÓN DE SUELOS.**

Das (2012) señala que: “Los sistemas de clasificación de suelos dividen los suelos en grupos y subgrupos, con base en propiedades ingenieriles comunes como la distribución granulométrica, el límite líquido y el límite plástico” (pág. 17).

“Los dos sistemas de clasificación más difundidos son: AASHTO y ASTM (SUCS)” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014, pág. 35).

- **SISTEMA DE CLASIFICACIÓN AASHTO.**

De acuerdo con Das (2015):

> En 1929, este sistema de clasificación de suelos fue desarrollado como el Sistema de Clasificación de Administración de Carreteras. En 1945, se propicia la actual versión propuesta por la Comisión de Clasificación de Materiales para los Tipos de Carreteras Subrasantes y Granulares de la Junta de Investigación de Carreteras (Norma ASTM D-3282; método AASHTO M145) (pág. 78).

Del mismo modo, Das (2012) sostiene que:

> Los suelos se pueden clasificar en ocho grupos principales, A-1 a A-8, con base en su distribución granulométrica, límite líquido e índice de plasticidad. […] La turba, el fango y otros suelos altamente orgánicos se clasifican en el grupo A-8 y se identifican mediante una inspección visual (pág. 18).

La Figura 4 detalla los parámetros de cada grupo y subgrupo según el sistema de clasificación AASHTO.

Los suelos comprendidos en los grupos A-1, A-2 y A-3 son materiales granulares, donde el 35% o menos de las partículas pasan a través del tamiz

N° 200. Entre tanto, los suelos donde más del 35% pasa a través del tamiz N° 200 se clasifican entre los grupos A-4, A-5, A-6 y A-7, siendo principalmente limo y materiales del tipo de arcilla (Das, 2015, págs. 78-80).

DIVISIÓN GENERAL		Materiales Granulares (pasa menos del 35% por el tamiz ASTM #200)							Materiales Limo-arcillosos (más del 35% por el tamiz ASTM #200)				
GRUPO		A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7	
Subgrupo		A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5	A-7-6
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	≥ 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 4: *Sistema de Clasificación AASHTO.*

Nota: *Reproducida del Manual de Carreteras - Construcción y Mantenimiento (pág. 25), por Bañón y Beviá, 2000, Ortiz e Hijos, Contratista de Obras, S.A.*

- **ÍNDICE DE GRUPO (IG).**

Como expresa Das (2015): "Se incorpora un número entre paréntesis después de la designación del grupo o subgrupo, llamado índice de grupo (IG), para la evaluación de la calidad de un suelo como un material de

subrasante para una carretera" (pág. 80). Se debe agregar que, con base en el MTC (2014), el índice de grupo (IG) se define mediante la fórmula:

$$\mathbf{IG = 0.2\ (a) + 0.005\ (ac) + 0.01\ (bd);}$$

donde, a = F-35; b = F-15; c = LL – 40; d = IP-10; siendo, F= Fracción del porcentaje que pasa el tamiz Nº 200; LL = límite líquido; IP = índice de plasticidad.

Merece la pena subrayar que, El IG es un valor entero positivo, comprendido entre 0 - 20 o más. Si el IG calculado es negativo, se reporta como cero. Cuando un IG = 0 significa que el suelo es muy bueno y si el IG ≥ a 20, es un suelo no utilizable para caminos (pág. 34).

La Tabla 6 nos muestra la calidad de un suelo de subrasante para carretera, con base en el valor determinado de índice de grupo.

Tabla 6

Clasificación de suelos según índice de grupo

Índice de Grupo	Suelo de Subrasante
IG > 9	Inadecuado
IG está entre 4 a 9	Insuficiente
IG está entre 2 a 4	Regular
IG está entre 1 – 2	Bueno
IG está entre 0 – 1	Muy Bueno

Nota: *Reproducida de Manual de Carreteras – Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos – Sección Suelos y Pavimentos (pág. 35), por Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014, MTC.*

- **SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELO (SUCS).**

Como afirma Das (2012): “En 1942, A. Casagrande propuso originalmente el sistema unificado de clasificación de suelos (Unified Soil Classification System), más tarde fue revisado y adoptado por el United States Bureau of Reclamation y el US Army Corps of Engineers” (pág. 19). Además, Das (2015) destaca que: “En la actualidad, es ampliamente utilizado por los ingenieros (Norma ASTM D-2487)” (pág. 82).

Según Montejo (2002) nos dice que:

Esta clasificación divide los suelos en: Suelos de grano grueso, suelos de grano fino y suelos orgánicos. De este modo, los suelos de grano grueso y fino se distinguen mediante el tamizado del material por el tamiz N° 200. Considerándose que, un suelo es grueso si más del 50% de las partículas del mismo son retenidas en el tamiz N° 200, y fino si más del 50% de sus partículas son menores que dicho tamiz N° 200. Los suelos se designan por símbolos de grupo, conformado por un prefijo y un sufijo. Los prefijos, son la inicial del tipo de suelo, y los sufijos representan la subdivisión en determinado grupo (pág. 49).

Es relevante especificar que, para poder establecer según SUCS, los símbolos de grupo y subgrupo de un suelo fino (tamiz N° 200 > 50%), se utilizará la carta de plasticidad (LL e IP), como se visualiza en la Figura 5.

La Tabla 7 y el Anexo 6.3., nos resumen la clasificación de suelo según SUCS teniendo en cuenta las propiedades del suelo.

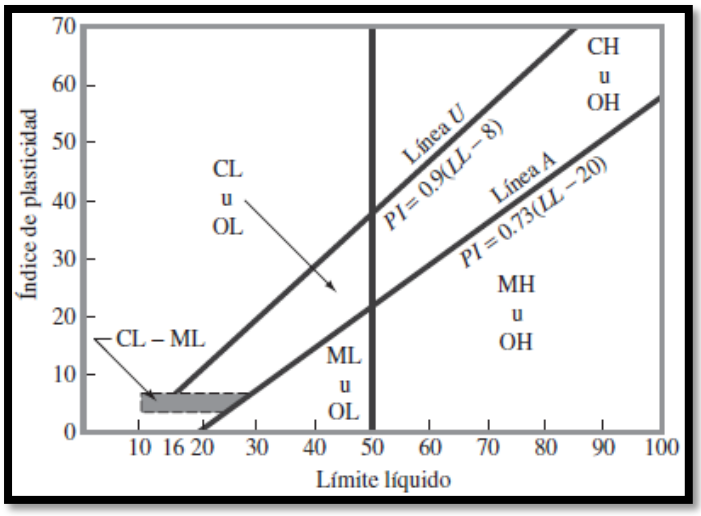


Figura 5: *Carta de plasticidad.*

Nota: *Reproducida de Fundamentos de Ingeniería Geotécnica (pág. 84), por Das, 2015, Cengage Learning Editores.*

Tabla 7

Tipología de suelos SUCS

SÍMBOLO	Características generales		
GW GP	GRAVAS (>50% en tamiz #4 ASTM)	Limpias (Finos<5%)	Bien graduadas Pobremente graduadas
GM GC		Con finos (Finos>12%)	Componente limoso Componente arcilloso
SW SP	GRAVAS (<50% en tamiz #4 ASTM)	Limpias (Finos<5%)	Bien graduadas Pobremente graduadas
SM SC		Con finos (Finos>12%)	Componente limoso Componente arcilloso
ML MH	LIMOS	Baja plasticidad (LL<50) Alta plasticidad (LL>50)	
CL CH	ARCILLAS	Baja plasticidad (LL<50) Alta plasticidad (LL>50)	
OL OH	SUELOS ORGÁNICOS	Baja plasticidad (LL<50) Alta plasticidad (LL>50)	
Pt	TURBA	Suelos altamente orgánicos	

Nota: *Reproducida de Manual de Carreteras - Construcción y Mantenimiento (pág. 21), por Bañón y Beviá, 2000, Ortiz e Hijos, Contratista de Obras, S.A.*

d. PROPIEDADES MECÁNICAS DEL SUELO.

- COMPACTACIÓN DE SUELOS.

Se denomina compactación de suelos al proceso mecánico por el cual se busca mejorar las características de resistencia, compresibilidad y esfuerzo-deformación de los mismos. Asimismo, El objetivo principal de la compactación es obtener un suelo de tal manera estructurado que posea y mantenga un comportamiento mecánico adecuado durante toda la vida útil de la obra (Rico & Del Castillo, 1976, pág. 153).

- INFLUENCIA DE LA HUMEDAD EN LA COMPACTACIÓN DE SUELOS.

Como declaran Bañón y Beviá (2000):

La humedad tiene un gran impacto en la compactación de suelos. Prueba de ello, es que un suelo ligeramente húmedo precisa de un menor esfuerzo de compactación a diferencia de un suelo seco que requiere una determinada energía de compactación para vencer los rozamientos internos entre sus partículas.

Ahora bien, si continuamos agregando agua al suelo, en un determinado momento el líquido ocupará todos los huecos del suelo, produciendo un aumento de volumen y una gran dificultad para su evacuación (por ser el líquido un elemento incompresible), ocasionando de esta manera, que disminuya su compacidad. En resumen, existirá una humedad óptima con la que se alcance una máxima compacidad, para una misma energía de compactación, como se indica en la Figura 6 (págs. 12-13).

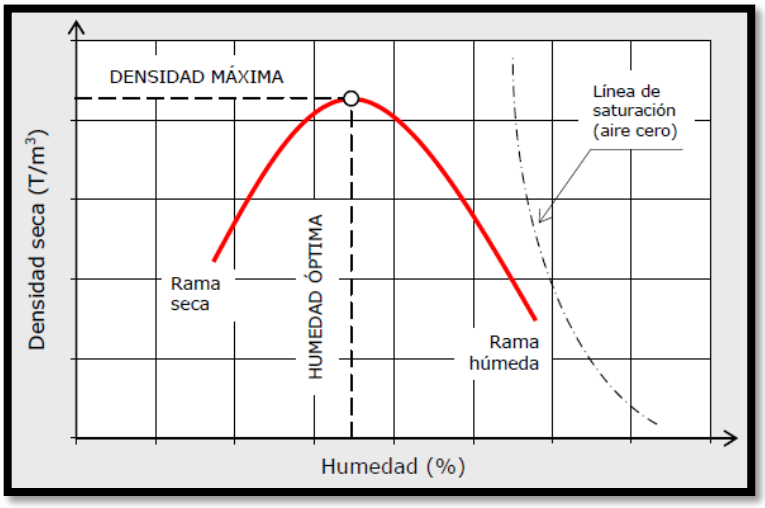


Figura 6: *Curva Humedad - Densidad seca.*

Nota: *Reproducida de Manual de Carreteras - Construcción y Mantenimiento (pág. 13), por Bañón y Beviá, 2000, Ortiz e Hijos, Contratista de Obras, S.A.*

- **INFLUENCIA DE LA ENERGÍA DE COMPACTACIÓN.**

Bañón y Beviá (2000) nos dicen que:

Distintas energías utilizadas en la compactación para un mismo suelo, impactan en la relación humedad-densidad. Por consiguiente, cuanto mayor sea la energía de compactación empleada para un mismo suelo, la máxima densidad seca es mayor y la humedad óptima es menor (pág. 13). Como se observa en la Figura 7.

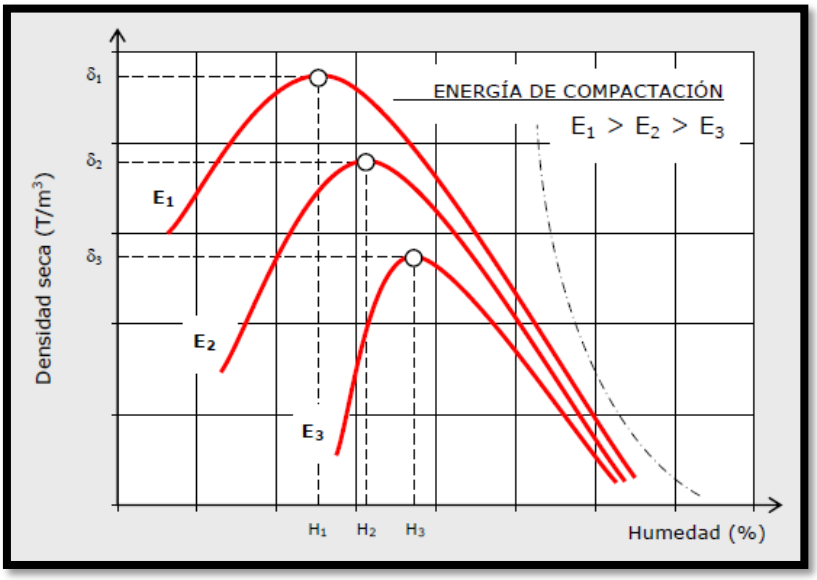


Figura 7: *Influencia de la energía de compactación.*

Nota: *Reproducida de Manual de Carreteras - Construcción y Mantenimiento (pág. 14), por Bañón y Beviá, 2000, Ortiz e Hijos, Contratista de Obras, S.A.*

- **INFLUENCIA DEL TIPO DE SUELO.**

Citando a Das (2001), nos expresa que:

El tipo de suelo, esto es, su distribución granulométrica, la forma de los granos del suelo, la densidad de sólidos del suelo y, la cantidad y tipo de minerales arcillosos presentes, tienen una gran influencia en el peso específico seco máximo y en el contenido de agua óptimo (pág. 56).

De forma similar, Bañón y Beviá (2000), declaran que, "la tipología del suelo, específicamente su composición granulométrica, determina la forma de la curva de compactación" (pág. 14).

La Figura 8, muestra las curvas típicas de compactación de diferentes suelos, obtenidas mediante pruebas de laboratorio de acuerdo con la prueba Proctor estándar D-698 de la ASTM.

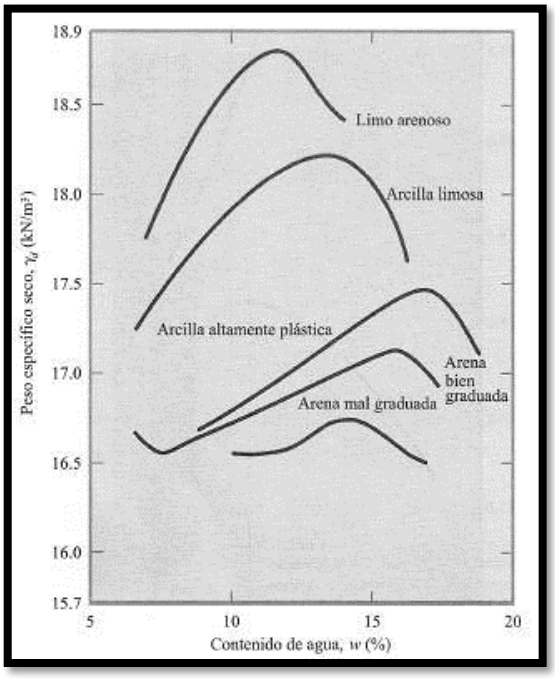


Figura 8: *Curvas típicas de compactación para cinco suelos diferentes (D-698 de la ASTM).*

Nota: *Reproducida de Fundamentos de Ingeniería Geotécnica (pág. 56), por Das, 2001, International Thomson Editores.*

- **PRUEBAS DE COMPACTACIÓN DE SUELO EN LABORATORIO – PRUEBA PROCTOR.**

"En general, la prueba de laboratorio utilizada para obtener el peso unitario seco máximo de compactación y el óptimo contenido de humedad, se denomina prueba Proctor de compactación (Proctor, 1933)" (Das, 2015, pág. 92).

- **ENSAYO PROCTOR.**

Las pruebas de laboratorio estándar utilizadas para evaluar los pesos específicos secos máximos y los contenidos de humedad óptimos para varios suelos son: La prueba Proctor estándar (designación ASTM D-698) y; la prueba Proctor modificada (designación ASTM D-1557).

El suelo se compacta dentro de un molde en varias capas con un pisón. El contenido de humedad del suelo, w, se cambia, y se determina el peso específico seco, γ_d, de compactación para cada prueba. El peso específico seco máximo de compactación y el óptimo contenido de humedad se determinan trazando una gráfica de γ_d contra w (%) (Das, 2012, pág. 723).

Figura 9: *Martillos utilizados en las pruebas Proctor estándar y modificada.*

Nota: *Adaptada de Fundamentos de Ingeniería Geotécnica (pág. 99), por Das, 2015, Cengage Learning Editores.*

**Los martillos para la prueba Proctor estándar (pequeño) y Proctor modificada (grande).*

En el Anexo 6.4., se señala las especificaciones de la prueba Proctor estándar y la prueba Proctor modificada, con cada método.

En consecuencia, se da a conocer las fórmulas que se utiliza para los cálculos respectivos que finalmente conllevan a la gráfica de la curva de compactación del suelo:

Primero, el peso unitario húmedo de compactación (γ):

$$\boldsymbol{\gamma = \frac{W}{V\,(m)}}$$

Donde:

- W: peso del suelo compactado en el molde;

- V(m): volumen del molde de compactación.

Seguidamente, el peso unitario seco γ_d, que se calcula mediante la siguiente fórmula:

$$\boldsymbol{\gamma d = \frac{\gamma}{1 + \frac{w(\%)}{100}}}$$

Donde:

- w (%): porcentaje de contenido de humedad (Das, 2015, pág. 93).

Finalmente, es relevante mencionar con base en el MTC (2016) que: "La humedad o contenido de humedad de un suelo es la relación, expresada como porcentaje, del peso de agua en una masa dada de suelo, al peso de las partículas sólidas" (pág. 49).

La fórmula para determinar el contenido de humedad, según el MTC (2016) es:

$$\boldsymbol{w = \frac{\text{Peso de agua}}{\text{Peso de suelo secado al horno}}\ x\ 100}$$

$$\boldsymbol{w = \frac{M_{CWS} - M_{CS}}{M_{CS} - M_C}\ x\ 100 = \frac{M_w}{M_S}\ x\ 100}$$

Donde:

- w: es el contenido de humedad, (%);

- M_{CWS}: es el peso del contenedor más el suelo húmedo, en gramos;

- M_{CS}: es el peso del contenedor más el suelo secado en horno, en gramos;

- M_C: es el peso del contenedor, en gramos;

- M_W: es el peso del agua, en gramos;

- M_S: es el peso de las partículas sólidas, en gramos (pág. 52).

- **RESISTENCIA DEL SUELO.**

Para el ingeniero de carreteras, el comportamiento mecánico del suelo (el suelo es una estructura resistente) es sin duda el factor más importante; las propiedades mencionadas anteriormente van encaminados a conseguir la mayor estabilidad mecánica posible, de manera que las tensiones se transmitan uniforme y progresivamente, y no se produzcan asientos excesivos o incluso un colapso de fatales consecuencias (Bañón Blázquez & Beviá García, 2000, pág. 17).

- **CBR (CALIFORNIA BEARING RATIO - RELACIÓN DE SOPORTE DE CALIFORNIA).**

En 1929, fue propuesto por los ingenieros Stanton y Porter del departamento de carreteras del Estado de California. Asimismo, Geo tech tips (2018) señala que: "Desde el año 1964, el ensayo apareció en los estándares norteamericanos ASTM (American Standards for Testing and Materials), en las versiones, para laboratorio - ASTM D 1883 y para campo - ASTM D 4429".

Merece la pena subrayar que, "El ensayo de CBR, mide la resistencia al corte de un suelo bajo condiciones de humedad y densidad controladas" (CONSTRUMÁTICA, 2021).

- **MÉTODOS PARA OBTENER EL CBR.**

Con base en el MTC (2016), existen dos métodos para obtener el CBR y son:

- CBR de suelos (laboratorio) - MTC E 132, basado en el ASTM D 1883.

- CBR en el terreno (CBR in situ) - MTC E 133, basado en el ASTM D 4429.

- **CBR DE SUELOS EN LABORATORIO.**

Según el MTC (2016): “Este método de ensayo se usa para evaluar la resistencia potencial de subrasante, subbase y material de base, incluyendo materiales reciclados para usar en pavimentos de vías y de campos de aterrizaje” (pág. 248).

La muestra compactada de suelo se sumerge en agua para poder prever la hipotética situación de acumulación de humedad en el suelo después de la construcción. Por lo tanto, luego de compactarse el suelo, de haberse sumergido en agua durante cuatro días y de haber medido su hinchamiento, se penetra con un pistón de dimensiones determinadas a una velocidad previamente fijada, y se genera una gráfica donde se representa la carga, respecto a la profundidad a la que ha penetrado el pistón dentro de la muestra. La gráfica obtenida generalmente es una curva con el tramo inicial recto y el tramo final cóncavo hacia abajo (si el tramo inicial no es recto, se corrige). Con la gráfica miramos los valores de la carga que soportaba el suelo cuando el pitsón se había hundido 2.5 mm y 5 mm y los expresamos en tanto por ciento (CONSTRUMÁTICA, 2021).

- **VALOR DE CBR.**

Como expresa el MTC (2016), “El valor de CBR obtenido en esta prueba forma una parte integral de varios métodos de diseño de pavimento flexible” (pág. 248).

El valor de CBR, es la relación entre la carga unitaria en el pistón requerida para penetrar 0.1” (0.25cm) y 0.2” (0.5cm) en el suelo ensayado y, la carga unitaria requerida para penetrar la misma cantidad en una piedra picada bien gradada estándar; esta relación se expresa en porcentaje (Geo tech tips, 2018).

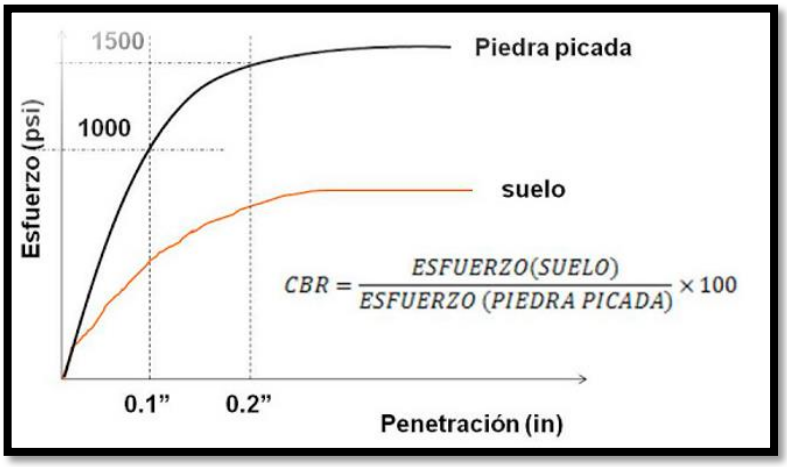


Figura 10: *Gráfica Esfuerzo(lb/pulg2) – Penetración(pulg).*

Nota: *Reproducida de Esfuerzo vs. Penetración [Gráfico], por Geo tech tips, 2018, (https://www.geotechtips.com/post/que-es-el-cbr).*

El valor de CBR, se determina de la siguiente manera:

$$\boldsymbol{CBR}\ (\%) = \frac{\boldsymbol{Carga\ unitaria\ del\ ensayo}}{\boldsymbol{Carga\ unitaria\ patrón}}\ \boldsymbol{x\ 100}$$

Es importante dar a conocer, los esfuerzos patrones para una piedra picada estándar en diferentes profundidades de penetración del pistón como detalla el Anexo 6.5., para obtener el valor CBR (%).

Por cada espécimen de suelo (compactados en 56, 25 y 10 golpes), se determinan dos valores, el CBR (%) a 0.1" de penetración y, el CBR (%) a 0.2" de penetración.

Según la ASTM, la "relación de soporte" que se reporta es el de 0.1" de penetración, mientras este sea menor que el de 0.2", caso contrario, habría que repetir el ensayo para ese espécimen (la norma en inglés dice "rerun", que traducimos como volver a hacer el ensayo, pero, no aclara si se tiene que volver a fabricar el espécimen, o si se puede voltear el espécimen y ensayarlo por el otro extremo). Además, indica que, si el ensayo de comprobación da un resultado similar, debe usarse la relación de soporte para 5.08mm (0.2") de penetración (Geo tech tips, 2018).

- **ÍNDICE DE CBR (%) MEDIANTE LA GRÁFICA.**

El índice de CBR (%) es la relación del valor de CBR (%) y la máxima densidad seca (g/cm3) a través de una gráfica; donde el eje de las abscisas corresponde al valor de CBR (%) y el eje de las ordenadas representa la Máxima Densidad Seca (g/cm3).

Se relaciona los valores de CBR (%) a 0.1" de penetración de los tres especímenes (compactados en tres energías – 56, 25 y 10 golpes) vs. Máxima Densidad Seca; como también, se conecta los valores de CBR

(%) a 0.2” de penetración de los tres especímenes (compactados en tres energías – 56, 25 y 10 golpes) vs. Máxima Densidad Seca.

Finalmente, se determina el índice del CBR (%) correspondiente al porcentaje requerido del valor de la Máxima Densidad Seca. En este caso, el índice del CBR (%) al 95% de la máxima densidad seca a 0.1” de penetración, asociado a un suelo de subrasante.

- **POTENCIAL DE EXPANSIÓN.**

Definido como la capacidad relativa que tiene un suelo para cambiar de volumen al variar su contenido de humedad.

Además, Das (2012) enuncia varios métodos desarrollados para determinar la clasificación del potencial de expansión del suelo con fundamento en sus propiedades; a continuación, abarcaremos alguno de ellos:

- Conforme a Dakshanamurthy y Raman (1973), la relación entre el potencial de expansión de un suelo y el límite líquido (LL) del mismo, está basado en la carta de plasticidad (Das, 2012, pág. 705). Como se muestra en la Figura 11 y se establece en la Tabla 8.

Tabla 8

Relación entre el potencial de expansión y el límite líquido

Límite Líquido (%)	Potencial de Expansión
0 - 20	No hay expansión
20 - 35	Expansión baja
35 - 50	Expansión media
50 - 70	Expansión alta
70 - 90	Expansión muy alta
> 90	Expansión extra alta

Nota: *Adaptada de Fundamentos de Ingeniería de Cimentaciones (pág. 705), por Das, 2012, Cengage Learning Editores.*

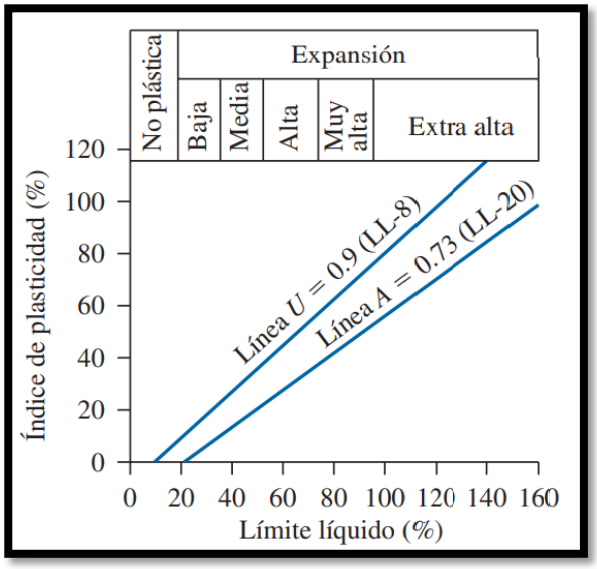


Figura 11: *Relación entre el potencial de expansión y la gráfica de plasticidad.*

Nota: *Adaptada de Fundamentos de Ingeniería de Cimentaciones (pág. 705), por Das, 2012, Cengage Learning Editores.*

- Asimismo, Chen (1988) utiliza el índice de plasticidad como único parámetro para determinar el potencial de expansión de un suelo (Das, 2012, pág. 706). Como se plasma en la Tabla 9.

Tabla 9

Relación entre el potencial de expansión y el índice de plasticidad

Índice de Plasticidad (%)	Potencial de Expansión
≤ 15	Bajo
10 - 35	Medio
20 - 55	Alto
≥ 35	Muy alto

Nota: *Adaptada de Fundamentos de Ingeniería de Cimentaciones (pág. 706), por Das, 2012, Cengage Learning Editores.*

- Por último, O'Neill y Poormoayed (1980) resumió la clasificación de los suelos expansivos, con base en el límite líquido, índice de plasticidad y a la expansión potencial (%) (Das, 2012, pág. 707). Como se presenta en la Tabla 10.

Tabla 10

Sistema de clasificación de suelos expansivos

Límite líquido	Índice de plasticidad	Expansión potencial (%)	Clasificación de la expansión potencial
< 50	< 25	< 0.5	Bajo
50 - 60	25 - 35	0.5 – 1.5	Marginal
> 60	> 35	> 1.5	Alto

Expansión Potencial: Expansión vertical ante una presión igual a la presión de sobrecarga.

Nota: *Reproducida de Fundamentos de Ingeniería de Cimentaciones (pág. 707), por Das, 2012, Cengage Learning Editores.*

e. CATEGORÍAS DE LA SUBRASANTE SEGÚN EL VALOR DE CBR.

Las características de la subrasante sobre las que se asienta el pavimento, como señala el MTC (2014) están definidas en seis categorías de subrasante con base en su capacidad de soporte.

A juicio del MTC (2014), es relevante precisar que:

Para poder asignar la categoría de subrasante indicada en la Tabla 11, los suelos de la explanación debajo del nivel superior de la subrasante, deberán tener un espesor mínimo de 0.60 m del material correspondiente a la categoría asignada, caso contrario se asignará a la categoría inmediata de calidad inferior (pág. 42).

Por último, "se considerarán aptos como capas de subrasante, a los suelos que presenten un CBR igual o mayor a 6%. Por lo contrario, se procederá a la estabilización o mejoramiento de los suelos" (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014, págs. 120-121).

Tabla 11

Categorías de subrasante

Categorías de Subrasante	CBR
S_0: Subrasante Inadecuada	CBR < 3%
S_1: Subrasante Insuficiente	De CBR ≥ 3% A CBR < 6%
S_2: Subrasante Regular	De CBR ≥ 6% A CBR < 10%
S_3: Subrasante Buena	De CBR ≥ 10% A CBR < 20%
S_4: Subrasante Muy Buena	De CBR ≥ 20% A CBR < 30%
S_5: Subrasante Excelente	De CBR ≥ 30%

Nota: *Reproducida de Manual de Carreteras – Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos – Sección Suelos y Pavimentos (pág. 37), por Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014, MTC.*

f. ESTABILIZACIÓN DE SUELOS.

La estabilización de suelos es el mejoramiento de las propiedades físicas del mismo, por medio de procedimientos mecánicos e incorporación de productos químicos, naturales o sintéticos. Generalmente, se estabiliza suelos de subrasante inadecuada o insuficiente, sin embargo, también se efectúan en subbase granular o base granular. La estabilización de suelos se basa en aumentar la resistencia mecánica del mismo y que tales propiedades permanezcan en el tiempo (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014, pág. 89).

- **LOS CRITERIOS GEOTÉCNICOS A CONSIDERAR CON BASE EN EL MTC (2014) PARA REALIZAR LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS.**

  - Si el suelo de subrasante presenta un CBR < 6% (subrasante insuficiente o subrasante inadecuada), o se presenten zonas húmedas locales o áreas blandas;

  - cuando la capa de subrasante es arcillosa o limosa, y al humedecerse, contamina las capas granulares del pavimento;

  - cuando la distancia entre el nivel superior de la subrasante (según su categoría) y el nivel de la napa freática, es menor a la establecida en el MTC (2014);

  - si el suelo se encuentra en una zona sobre los 4000 m.s.n.m y es susceptible al congelamiento;

  - es imprescindible determinar el tipo de suelo existente, para definir el tipo de estabilización a utilizar. Usualmente, los suelos en este entorno son: los limos, las arcillas, las arenas limosas o arcillosas (págs. 89-90).

Conviene recordar, la distancia mínima requerida entre el nivel superior de la subrasante y el nivel de la napa freática, desde la posición del MTC (2014).

- **LOS FACTORES A CONSIDERAR CON BASE EN EL MTC (2014) PARA SELECCIONAR EL MÉTODO MÁS CONVENIENTE DE ESTABILIZACIÓN:**

Factores, (a) Tipo de suelo a estabilizar; (b) uso propuesto del suelo estabilizado; (c) tipo de aditivo estabilizador de suelos; (d) experiencia en el tipo de estabilización que se aplicará; (e) disponibilidad del tipo de aditivo estabilizador; (f) disponibilidad del equipo adecuado; (g) costos comparativos (pág. 91).

- **MÉTODO DE ESTABILIZACIÓN.**
    - **ESTABILIZACIÓN MECÁNICA.**

    “Procura mejorar el material del suelo existente, sin alterar la estructura y composición básica del mismo. Se tiene el siguiente tipo de Estabilización: (a) Estabilización mecánica de suelos” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014, pág. 94).

    - **ESTABILIZACIÓN FÍSICA.**

    “Este método de estabilización genera cambios físicos en el suelo natural, mezclando el material existente con uno de préstamo. Dentro de la estabilización física se tiene: (a) Estabilización por combinación de suelos; (b) estabilización por sustitución de los suelos” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014, págs. 94-95).

- **ESTABILIZACIÓN QUÍMICA.**

La estabilización química implica la aplicación de productos químicos para mejorar el comportamiento (propiedades) del suelo en el momento de su construcción, así como, en el servicio. Se debe tener en cuenta las especificaciones técnicas del producto. Entre los tipos se tiene:

(a) Suelos estabilizados con cal; (b) suelos estabilizados con cemento; (c) suelos estabilizados con escoria; (d) estabilización con cloruro de sodio; (e) estabilización con cloruro de calcio; (f) estabilización con cloruro de magnesio; (g) estabilización con productos asfálticos; (h) estabilización con geosintéticos (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014, págs. 96-104).

Se detalla el empleo y el efecto en el suelo, de cada tipo de estabilización citado líneas arriba, en el Anexo 6.6.

g. OTRAS PROPIEDADES.

- **RETENCIÓN DEL AGUA EN EL SUELO**

El suelo almacena agua que queda a disposición de las raíces de las plantas, el agua procedente de la lluvia o riego penetran el interior del suelo mediante un proceso conocido como infiltración. Una vez allí, el agua es retenida en los poros del suelo en contra de la acción de la gravedad (Universitat Politècnica de València – UPV, 2013).

- **INFILTRACIÓN.**

"La Infiltración, es la penetración del agua en el suelo y depende de la textura, estructura, cantidad de materia orgánica, cantidad del agua del suelo y la temperatura del suelo" (F. Bautista, Suelos, ambiente y algo más, 2013).

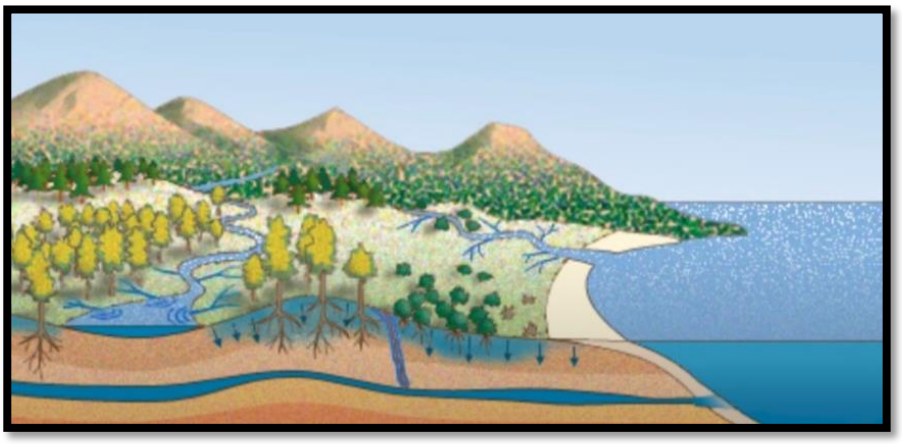


Figura 12: *Infiltración de agua en el suelo.*

Nota: *Adaptada de la Infiltración [Gráfico], por F. Bautista, Suelos, ambiente y algo más, 2013, (https://www.youtube.com/watch?v=dUoFfVy70EE&t=26s).*

- **CAPILARIDAD.**

La causa de la retención del agua, se debe a un proceso que se produce en los medios porosos que se conoce como capilaridad. Existen dos fuerzas que provocan el movimiento ascendente del agua, en contra de la gravedad; y son la adherencia y la cohesión:

- Adherencia, es la fuerza de atracción de las paredes de los sólidos que ejerce sobre el agua, para absorberla;

- cohesión, es la fuerza de atracción entre moléculas de agua.

Un principio básico asociado a la capilaridad es la succión, que es la presión del agua en el interior de los poros de un sólido, y es menor a la presión

atmosférica. La succión es mayor dentro de un tubo capilar angosto que, en un tubo capilar ancho (Universitat Politècnica de València – UPV, 2013).

- **MOVIMIENTO DEL AGUA EN EL SUELO.**

Antes, merece la pena subrayar que: "El tamaño de las partículas determina el tamaño de los poros" (Universitat Politècnica de València – UPV, 2013).

- **POROSIDAD.**

Es una propiedad de la materia que consiste en tener espacios vacíos (permite absorber aire o líquido). De igual forma:

La porosidad (n), es la relación del volumen de vacíos y el volumen de la masa del suelo; $n = {}^{Vv}/_{Vm}$; donde: Vv: volumen de vacíos (Vw, Va); Vm: volumen de la masa del suelo (Vw + Va + Vs); Vw: volumen de agua; Va: volumen de aire; Vs: volumen de sólidos (Geotecnia MX, 2019).

La Universitat Politècnica de València – UPV (2013) afirma que, la porosidad se da por consecuencia de la textura y estructura del suelo, por ende, se tiene:

- Porosidad textural, son los huecos entre las partículas; en el caso de las arenas son de gran tamaño y se denominan macroporos y, cuando quedan entre partículas más pequeñas, como en las arcillas, se denominan microporos;

- porosidad estructural, son los poros que se encuentran entre los agregados.

Parte del agua que penetra en el suelo se elimina por acción de la gravedad, el agua restante queda almacenada y puede ser utilizada por las raíces de las plantas. El tamaño de los poros del suelo es el factor fundamental que

determina tanto la retención, como la capacidad de transmisión de agua a través de él.

En los macroporos el agua se infiltra rápidamente, pero se retiene con menos energía, en cambio, en los microporos el agua se infiltra lentamente, pero retienen agua durante más tiempo. Los suelos de textura arenosa tienen una alta capacidad de infiltración en comparación, en cambio el suelo arcilloso presenta mayor reserva de agua disponible para las plantas (Universitat Politècnica de València – UPV, 2013).

- **PERMEABILIDAD.**

"La permeabilidad, es la cualidad del suelo que se relaciona con la permisión del agua o del aire a todas partes de su masa, entre más numerosos son los poros, mayor será la permeabilidad" (F. Bautista, Suelos, ambiente y algo más, 2013).

- **PERCOLACIÓN.**

La percolación es el movimiento de agua a través del suelo hacia niveles interiores, especialmente en suelos saturados o casi saturados. Las aguas que percolan son única fuente de agua de manantiales y pozos, y son las aguas que arrastran nutrientes de las plantas que se sitúan fuera de alcance de las raíces (F. Bautista, Suelos, ambiente y algo más, 2013).

2.2.3 CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ

a. LA CÁSCARA DE ARROZ.

Como afirma Vargas et al. (2013): “La cascarilla de arroz es un subproducto generado del proceso de molienda del grano de arroz proveniente de los campos de cultivo” (pág. 87).

Figura 13: Cáscara de arroz.

Las toneladas de desechos sólidos producto del procesamiento de los productos de las actividades agrícolas, que en algunos casos no son aprovechados, representan un problema de contaminación. Es por ello que, para menguar la polución provocada, se buscan formas de utilizar estos desechos y obtener algún beneficio de los mismos (Vargas et al., 2013, págs. 88-89).

- **CARACTERÍSTICAS DE LA CÁSCARA DE ARROZ.**

(a) La cáscara se arroz es de alta disponibilidad como materia prima; (b) es un recurso renovable porque presenta grandes porcentajes de celulosa y lignina, que son polímeros abundantes en la naturaleza.; (c) no es apta para el consumo humano, por su alto contenido de sílice; (d) naturaleza de alta dureza, resistente a los factores

ambientales por el silicio que contiene; (e) es de baja conductividad térmica como el de un material aislante; (f) presenta alta temperatura de incineración, es decir, no se quema fácilmente y; (g) es de baja densidad, así, facilita su manejo, pero, puede causar problemas para su almacenamiento (Vargas et al., 2013, pág. 88-99).

- **COMPOSICIÓN DE LA CÁSCARA DE ARROZ.**

Citando a Valverde et al. (2007): La cáscara de arroz muestra una variedad de características físicoquímicas que se son analizadas con base en su aplicación. Por lo que su estudio, las divide en composición química de la cáscara de arroz, composición inmediata y composición elemental (pág. 255).

b. MOLIENDA DE LA CÁSCARA DE ARROZ.

Para que el tamaño de las CCA tras la incineración, sea lo más homogénea y de partículas pequeñas, la cáscara de arroz debe pasar previamente por un proceso de molienda. En la actualidad, existen diferentes equipos para molienda según el tipo de materia prima y la estructura de molienda requerida (partículas pequeñas o harinas); como por ejemplo el molino de martillos.

- **MOLINO DE MARTILLOS.**

En un molino de martillos, la alimentación entra por la parte superior del armazón; una vez dentro, el material se trocea por una serie de martillos giratorios acoplados a un disco rotor con eje horizontal que gira a gran velocidad dentro del armazón cilíndrico. El material es golpeado repetidamente por los martillos y lanzado contra las paredes internas del armazón, rompiéndose en fragmentos aún más pequeños (Molino de Martillos, 2022).

- **APLICACIONES DEL MOLINO DE MARTILLOS.**

  Este equipo se emplea en diversos sectores de la industria: (a) Molino de martillos para la industria alimentaria; (b) molino de martillos para agricultura y forrajes; (c) molino de martillos para hules y plásticos; (d) molino de martillos para la industria cosmética; (e) molino de martillo para minería (Molino de Martillos, 2022).

c. CENIZAS DE CÁSCARA DE ARROZ (CCA).

Como señala Valverde et al. (2007): "El porcentaje de cenizas indica la cantidad de materia sólida no combustible por kilogramo del material" (pág. 257). Del mismo modo, Vargas et al. (2013) nos dice que: "El porcentaje de cenizas representa los remanentes (sustancias inorgánicas) que resultan de la oxidación de la cascarilla de arroz y, su principal componente es la sílice" (pág. 97).

Figura 14: *Ceniza de cáscara de arroz (CCA).*

Como dice Mattey et al. (2015):

La CCA obtenida de la cascarilla de arroz bajo condiciones de combustión controladas se ha empleado como material para obtener sílice de característica amorfa y poder ser utilizada como puzolana, la cual actúa como fuente de fases mineralógicas como los silicatos tricálcicos y bicálcicos (C_3S y C_2S) del cemento. La sílice de la CCA reacciona con la cal, dando lugar a la formación de cristales de silicato de calcio hidratado (CHS), que contribuyen a la generación de resistencias mecánicas en los concretos adicionados, es por esta razón que, este material es considerado como una opción viable para la sustitución parcial del cemento en elementos constructivos como los bloques de concreto (pág. 286).

De la Pared (2013), afirma que:

Con base en la norma ASTM C 618, las puzolanas son materiales silícicos y /o alumínicos silícicos que, por sí mismos no poseen capacidad cementante, pero que, finamente divididos (molidos) y en presencia de agua pueden reaccionar químicamente

con el hidróxido de calcio a temperaturas ambiente para formar un compuesto que posee capacidad cementante (pág. 3).

Además, Ibañez (2018) nos dice que: “Para estimar la actividad puzolánica de un material, o considerarse como un material puzolánico bajo el estándar de la ASTM C 618, la suma de los óxidos de silicio, aluminio y hierro deben superar el 70 %” (pág. 54).

La temperatura de la calcinación de la cáscara de arroz no debe pasar de 700 ºC, sino la sílice se cristaliza y pierde su grado de reactividad, por esta razón, son importantes tanto la temperatura como la duración de la combustión en la producción de la ceniza de cáscara de arroz (Juárez Quevedo, 2012, pág. 30).

d. OBTENCIÓN DE LAS CENIZAS DE CÁSCARA DE ARROZ (CCA).

“La ceniza de cáscara de arroz puede ser obtenida mediante diferentes técnicas de calcinación, como: (a) calcinación a campo abierto (o en pilas); (b) calcinación en hornos (circulares o cuadrados); (c) calcinación en lecho fluido” (Juárez Quevedo, 2012, pág. 35).

- **CALCINACIÓN A CAMPO ABIERTO (O EN PILAS).**

  Es una técnica sencilla que se efectúa en recintos circulares de ladrillo, de diámetros de hasta 16 metros; donde se coloca pilas de cáscara de arroz de 2.5 metros de altura, sin control en la temperatura de calcinación; cada intervalo de tiempo, se retira la ceniza, formada de estructuras silíceas altamente cristalinas, que varía de color blanco a blanco-negro. (Juárez Quevedo, 2012, pág. 35).

- **CALCINACIÓN EN HORNOS (CIRCULARES O CUADRADOS).**

Se utiliza hornos circulares o cuadrados de paredes de ladrillos, colocadas alternadamente para hacer posible el paso del aire hacia el interior. Además, las paredes interiores son revestidas con una malla de alambre para la retención de la cáscara, la misma que, entra al recinto por la cubierta del horno (alimentador) y se descarga como ceniza por la base (salida). Su chimenea, es fabricada de una malla fina de alambre que se prolonga hasta la base del horno, y permite que el aire fluya e impide el ingreso de ceniza hacia él. La ceniza producida es de color blanco, altamente activa, de naturaleza amorfa y con presencia minoritaria de cuarzo cristalino (Juárez Quevedo, 2012, págs. 35-36). (Véase Anexo 6.7.).

- **CALCINACIÓN EN LECHO FLUIDO.**

Para este tipo de calcinación, se utiliza una cámara de combustión de acero inoxidable, dentro de él, se coloca arena (tamaño de partícula de 297 a 590 micras) para el lecho fluidizado (partículas no combustibles) y se abastece de aire a través de un plato perforado. Luego, a 500 ºC se precalienta el lecho fluido por medio de un dispositivo eléctrico, y se prosigue con el abastecimiento de la cáscara de arroz a través de un tornillo de alimentación. Cuando se consigue la CCA, se termina con el calentamiento por medio del dispositivo eléctrico; la CCA retenida es recolectada a través de un ciclón. La calcinación en lecho fluido al ser controlada proporciona una ceniza en sílice amorfa (actividad puzolánica excelente) de alto SiO_2 y elevada área superficial, ofreciendo de esta manera una buena resistencia a la compresión (Juárez Quevedo, 2012, pág. 37). (Véase Anexo 6.7.).

Además de estas 3 técnicas de calcinación, se tiene:

- **INCINERACIÓN EN HORNO MUFLA ELÉCTRICA.**

La incineración de la cáscara de arroz dentro de un horno mufla eléctrica, permite obtener estructuras silíceas altamente puzolánica, porque por este equipo se puede controlar el tiempo y la temperatura requerida.

- **MUFLA ELÉCTRICA.**

La mufla eléctrica es la preferida para el uso en laboratorio, por su tamaño y porque no existe peligro de contaminación de la muestra. Llega a un máximo de 1100°C o 1200°C. La mufla tiene la función de horno, pero está diseñado para determinar y monitorear hasta cierto punto las condiciones de la muestra que está sometida uniformemente a altas temperaturas, algo muy difícil de obtener con otro tipo de horno (Materiales de Laboratorio, 2022).

Figura 15: *Mufla eléctrica.*

Nota: *Adaptada de Mufla [Fotografía], por Materiales de Laboratorio, 2022, (https://materialeslaboratorio.com/mufla/).*

- **CARACTERÍSTICAS DE LA MUFLA.**

La mufla en su estructura contiene una cámara cerrada construida con materiales refractarios aislantes, donde se sitúa la muestra; está conectado a una fuente de alimentación, asimismo, posee un sistema de control para programar y operar la mufla; cabe señalar que, el aumento de la temperatura en este equipo, se da de forma regulada y progresiva. Entre sus partes se tiene: (a) La cámara Interna; (b) elementos calefactores; (c) termocupla; (d) temporizador; (e) control de temperatura; (f) interruptor de seguridad (Materiales de Laboratorio, 2022).

e. ANTECEDENTES DE LA PRODUCCIÓN DE CENIZAS DE CÁSCARA DE ARROZ (CCA).

Rodríguez et al. (2013) manifiestan que:

Hasta el año de 1970, no se producía ceniza puzolánica en condiciones controladas de combustión, por ende, se obtenía ceniza generalmente cristalina y poco puzolánica. A partir del año de 1974, gracias al trabajo realizado por Mehta y Pitt en la incineración de la cáscara de arroz, mediante parámetros controlados de tiempo y temperatura de quema para la producción de ceniza altamente puzolánica; fue que se dio inicio a los primeros ensayos relativos a la utilización de material como adición para concreto y morteros (pág. 16).

En 1992, Mehta presenta a nivel internacional, una revisión de las características físico-químicas de la cáscara de arroz y los efectos de las condiciones de combustión en las propiedades puzolánicas de la ceniza obtenida; asimismo, la revisión de estudios basados en las propiedades de cementos y concretos que contienen CCA; y los

resultados de investigaciones en el empleo de CCA como material cementicio suplementario. Posteriormente, en 1994, Mehta presenta la patente de Productos de cemento de alta durabilidad que contienen cenizas silíceas (CCA amorfa, obtenida mediante combustión controlada) (Rodríguez et al., 2013, pág. 18).

f. COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LAS CENIZAS DE LA CÁSCARA DE ARROZ (CCA).

El compuesto químico con mayor porcentaje presente en la ceniza de cáscara de arroz (CCA) es el óxido de silicio (SiO2) comúnmente llamado sílice; la variación del contenido de SiO2, depende de la zona geográfica y del tipo de arroz. A continuación, en la Tabla 12 se muestran los porcentajes de sílice y demás compuestos en la CCA, obtenidos a través de investigaciones a nivel mundial.

De la Tabla 12, se obtiene un rango de variabilidad en porcentaje para el óxido de silicio (SiO2) o sílice en la CCA de: 86.9 - 97.3%.

Tabla 12

Composición química de las cenizas de cáscara de arroz (CCA) a nivel mundial

Compuestos Químicos	España[a]	California[b]	Colombia[c]	Costa Rica[d]
SiO_2	91.26	91.42	96.51	86.9 – 97.3
Al_2O_3	0.94	0.78	-	-
TiO_2	-	0.02	-	-
Fe_2O_3	0.37	0.14	-	-
CaO	2.15	3.21	0.25	-
MgO	0.88	< 0.01	0.23	-
Na_2O	-	0.21	0.78	0.0 – 1.75
K_2O	-	3.71	1.10	0.58 – 2.5
SO_3	-	0.72	-	-
P_2O_5	-	0.43	-	-
SO_4 (sulfatos)	-	-	1.13	-
Total	100.00	100.00	100.00	100.00

Nota: *[a]Salas et al. (1986, pág. 24). [b,c]Valverde et al. (2007, pág. 258). [d]Vargas et al. (2013, pág. 99).*

g. PROPIEDADES FÍSICAS DE LAS CENIZAS DE LA CÁSCARA DE ARROZ (CCA).

Dentro de estas propiedades físicas de la CCA se tiene:

Tabla 13

Propiedades físicas de las cenizas de la cáscara de arroz (CCA)

PROPIEDADES	España[a]	Ecuador[b]	Costa Rica[c]	Colombia[d]
Densidad real (g/cm3)	-	-	0.67 – 0.74	-
Densidad aparente (g/cm3)	0.7	-	0.1 – 0.16	-
Densidad (g/cm3)	-	2.265	-	2.15
Peso específico (g/cm3)	2.05	-	-	-
Peso unitario suelto (g/cm3)	-	-	-	0.46
Masa unitaria compactada	-	0.452	-	-
Masa unitaria suelta	-	0.181	-	-
Superficie específica m2/kg	-	2000	-	-

Nota: *[a]Salas et al. (1986, p. 29). [b]Peña y Zambrano (2001, p. 24). [c]Vargas et al. (2013, p. 99). [d]Mattey et al. (2015, p. 287).*

2.2.4 CENIZA DE DONAX OBESULUS

a. DONAX OBESULUS.

Como dice el Instituto del Mar del Perú (2014):

El mar peruano es uno de los más productivos en el mundo, debido a que contiene una gran biodiversidad y biomasa de recursos marinos que es explotada con fines industriales y de consumo humano directo. […] La Donax obesulus (marucha), es un bivalvo que se extrae con frecuencia en las playas arenosas de Vesique, Atahualpa y Anconcillo en la Bahía de Samanco y que, por sus considerables volúmenes de

extracción constituye uno de los invertebrados más importantes en el área después del caracol, navajuela, pata de mula y la almeja (pág. 179).

"En el mes de marzo del presente año 2022, IMARPE remite un informe en donde concluye que; la población total estimada de Donax obesulus en las playas de Vesique, Atahualpa y Anconcillo fue de 103.9 millones de individuos …" (Ministro de la producción, 2022, pág. 6).

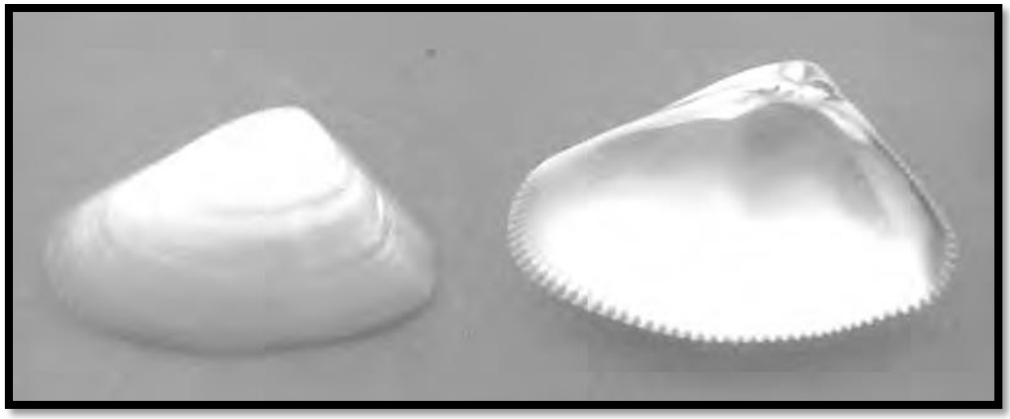


Figura 16: *Género Donax.*

Nota: *Reproducida de "EL GÉNERO Donax EN LA COSTA PERUANA (BIVALVIA: TELLINOIDEA)" (pág. 84), por Paredes y Cardoso, 2001, Revista Peruana de Biología, 8(2).*

- **CLASIFICACIÓN CIENTÍFICA DE LA DONAX OBESULUS.**

"En nuestro país (Perú), algunos Donácidos figuran en las estadísticas pesqueras como "palabritas" o "concha blanca", nominándolas indistintamente Donax peruvianus o Donax Obesulus" (Paredes & Cardoso, 2001, pág. 83).

La clasificación científica de este recurso, se detalla en la Tabla 14.

Tabla 14

Clasificación científica de la Donax Obesulus

Clasificación	Nombre
Reino:	Animalia[a]
Filo:	Moluscos[b]
Clase:	Bivalvia[c]
Orden:	Cardiida[d]
Superfamilia:	Tellinoidea[e]
Familia:	Donacidae[f]
Género:	Donax[g]
Especie:	Obesulus[h]

Nota: *Adaptada de "EL GÉNERO Donax EN LA COSTA PERUANA (BIVALVIA: TELLINOIDEA)" (págs. 83-85), por Paredes y Cardoso, 2001, Revista Peruana de Biología, 8(2).*

*[*a,b,c]Linnaeus (1758). [d]Ferussac (1822). [e]Blainville (1814). [f]Fleming (1828). [g,h]Reeve (1854).*

- **DISTRIBUCIÓN GEOGRÁFICA DE LA DONAX OBESULUS.**

De acuerdo con Paredes y Cardoso (2001), "la Donax Obesulus se extiende a lo ancho, desde el Ecuador (Playa Canoa de la Provincia de Manabí) hasta Chile (Playa Rinconada y la Bahía Moreno, en la Región Antofagasta)" (pág. 87).

Dentro del litoral peruano, en Piura (Bocana San Pedro), Lambayeque (Playa de Pimentel), Áncash (Samanco, Las Salinas, Los Chimus), Lima (Playa Asia, Cerro Azul) e Ica (El Chaco). Precisamente en la Región Ancash, la marucha se encuentra distribuida en tres playas contiguas ubicadas al norte y noreste de la bahía de Samanco.

Las playas de Vesique, Atahualpa y Anconcillo, dentro de la bahía Samanco, se sitúan en ambientes geográficos de suave curvatura uniforme, con un cordón litoral de arena de poca altura, que tierra adentro presentan una zona desértica con

médanos pequeños (Véase Anexo 6.8.). Ahora bien, las tres playas constituyen un solo sistema de playas arenosas de gran exposición, en una extensión de casi 6 km y separadas entre sí por promontorios rocosos (Instituto del Mar del Perú, 2014, pág. 180).

- **CARACTERÍSTICAS DE LA DONAX OBESULUS.**
  - **CARACTERÍSTICAS BIOLÓGICAS DE LA DONAX OBESULUS.**

- MORFOLOGÍA.

Tiene forma de concha ovalada romboidal con los extremos redondeados; lomo superior obtuso; con puntuaciones en las estrías del umbo, las que se desvanecen hacia los extremos; costillas radiales bajas en la vertiente posterior; ligamento corto. Coloración blanquecina a salmón, interior púrpura, especialmente en los umbos (Paredes & Cardoso, 2001, pág. 86).

- ESTRUCTURAS POR TALLAS EN CAPTURAS COMERCIALES.

"La población de Donax obesulus, analizada con base en las distribuciones de frecuencia mensual de individuos recolectados entre 2001-2009 en las playas de la bahía de Samanco, presentó un amplio rango de tallas entre 6 y 34 mm (Figura 17)" (Instituto del Mar del Perú, 2014, pág. 187).

- PESO.

"La población de Donax Obesulus procedentes de las playas de la bahía Samanco, entre los años 2002-2009, alcanzó un: "Peso medio total anual, en el rango de 2.5 gramos a 3 gramos" (Instituto del Mar del Perú, 2014, pág. 195).

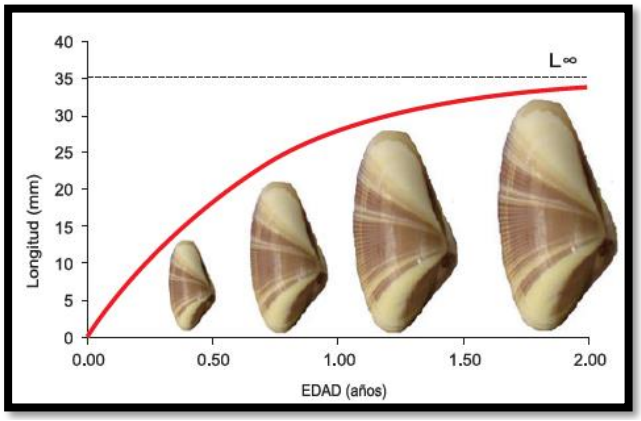


Figura 17: *Curva de crecimiento de von Bertalanffy basada en datos de frecuencia de longitud de Donax Obesulus.*

Nota: *Reproducida de "Sinopsis biológico-pesquera de la marucha Donax obesulus Reeve, 1854 en el litoral de Ancash (Bahía Samanco), 2001-2009" (pág. 188), por Berrú y Uribe, 2014, Instituto del Mar del Perú, 41(1-4).*

**L∞: Longitud máxima que puede alcanzar la población de Donax Obesulus.*

- DENSIDAD.

Las playas evaluadas presentaron altas densidades para Donax Obesulus que: "Variaron de 111 a 3728 ind./m2, en relación con otras especies del género, lo que la ubica como un organismo dominante del intermareal arenoso de playas de gran exposición" (Instituto del Mar del Perú, 2014, pág. 192).

- ASPECTOS REPRODUCTIVOS.

"La marucha es una especie dioica por presentar sexos separados y no presenta dimorfismo sexual, por lo que la identificación de los sexos se realiza por la observación microscópica de un raspado de la gónada" (Instituto del Mar del Perú, 2014, pág. 180).

- **ECOSISTEMA MARINO PARA LA DONAX OBESULUS.**

  - HÁBITAT.

  "La población de Donax Obesulus habita en el substrato arenoso en el intermareal y submareal" (Paredes & Cardoso, 2001, pág. 86).

  Además, el Instituto del Mar del Perú (2014), recopiló información oceanográfica a través de la colección y análisis de muestras de agua provenientes de los bancos de Donax Obesulus en las playas de la Bahía de Samanco; entre ellos, determinaron las variables abióticas (temperatura del mar, oxígeno disuelto en superficie y salinidad) y el Plancton.

b. MOLIENDA DE LAS VALVAS DE DONAX OBESULUS.

Con el mismo objetivo en que se realiza la molienda de la cáscara de arroz, se debe ejecutar la trituración – pulverización de las valvas de Donax Obesulus, para facilitar el proceso de incineración y tener como resultado, cenizas de partículas pequeñas.

c. CENIZAS DE DONAX OBESULUS.

La Ceniza de Donax Obesulus es el producto de la incineración de las valvas de Donax Obesulus o marucha, a una temperatura controlada y tiempo ideal.

Figura 18: *Ceniza de Donax Obesulus (CDO).*

Según Ibañez (2018), “los recursos naturales calcáreos al entrar en el proceso de combustión controlada, proporciona óxidos de calcio activados y otros componentes que están presentes en el cemento” (pág. 54).

La CDO obtenida de la incineración controlada de la Donax Obesulus, debido a su alto porcentaje de óxido de calcio, se está utilizando en investigaciones como posible sustituto innovador que proporcione mejores resistencias mecánicas en los concretos adicionados y estabilizaciones a las subrasantes para pavimento.

d. OBTENCIÓN DE LAS CENIZAS DE DONAX OBESULUS (CDO).

Después del análisis térmico en laboratorio de una pequeña muestra de las valvas de Donax Obesulus, y conocerse la temperatura apropiada para la incineración de la misma; es importante preparar mediante molienda toda la población recolectada de las valvas de este molusco.

Las CDO se puede obtener con el uso de un horno mufla, donde se tendrá el control de la temperatura en el proceso de incineración de la molienda de las valvas de la Donax.

e. COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LAS CENIZAS DE DONAX OBESULUS (CDO).

A continuación (Tabla 15) se muestran los compuestos químicos presentes en la Ceniza de Donax, que se determinaron en distintas investigaciones dentro del departamento de Ancash. Como el óxido de calcio (CaO) en mayor porcentaje dentro de sus propiedades químicas.

De la Tabla 15, se consigue un rango de variabilidad en porcentaje, para el óxido de calcio (CaO) en la Ceniza de Donax: de 74.64 a 96.57%.

Tabla 15

Composición química de las cenizas de Donax procedentes de Ancash

Donax	Cenizas de "Donax sp o marucha" [a]	Cenizas de "Donax sp o marucha" [b]	Cenizas de "Donax Obesulus" [c]	Cenizas de "Concha de coquina o Donax Trunculus"[d]
Lugar de procedencia dentro de Ancash:				
	Playa Atahualpa	Playa Atahualpa	Playa Atahualpa	Mercado "La Sirena" - Chimbote
Temperatura (°C) y tiempo (h) de incineración:				
	890 °C por 2h	900 °C por 3h	750 °C por 4h	900 °C por 2h
Compuestos Químicos:				
SiO_2	2.88	-	3.889	-
Al_2O_3	5.80	-	20.304	14.729
TiO_2	0.02	-	-	0.020
Fe_2O_3	2.27	0.06	0.032	0.008
CaO	78.39	96.57	74.640	84.62
MgO	3.81	-	-	-
Na_2O	5.89	-	-	-
K_2O	0.95	0.09	0.112	0.135
SO_3	-	0.18	0.146	-
P_2O_5	-	2.02	0.011	-
Cl_2O_3	-	0.66	0.153	0.331
SrO	-	0.42	0.151	0.157
Cr_2O_3	-	-	0.010	-
CuO	-	-	0.014	-
ZnO	-	-	0.003	-
Rb_2O	-	-	0.002	-
ZrO_2	-	-	0.006	-
CdO	-	-	0.230	-
SnO	-	-	0.295	-
Total	100.00	100.00	100.00	100.00

Nota: *[a]Gonzales y Mariño (2019, pág. 21). [b]Goñe (2018, pág. 56). [c]Alarcón (2018, pág. 20). [d]Ibañez (2018, pág. 36).*

[a,b,c,d]La obtención de las cenizas se realizó mediante el uso de un horno mufla.

**Los componentes químicos se determinaron por Fluorescencia de Rayos X.*

En 1845, se desarrolló el procedimiento industrial del cemento Portland moderno que, se basó en moler rocas calcáreas con rocas arcillosas en cierta composición, y luego someter el polvo a temperaturas sobre los 1300 °C, produciendo bolas endurecidas de distintos diámetros, que se denomina "Clinker", por último, se molieron añadiéndose yeso; como producto definitivo se tuvo un polvo sumamente fino (Pasquel Carbajal, 1998, pág. 17). Un material Calcáreo, contiene en su estructura un alto porcentaje de carbonato de calcio.

Ahora bien, aunque en esta investigación no se utiliza al cemento Portland como material de adición en la subrasante, es importante conocer sus componentes químicos (Tabla 16) por la similitud en el predominante % CaO, y compuestos como SiO_2, Al_2O_3, Fe_2O_3 presente en la CDO.

Tabla 16

Composición química del Cemento Portland

Compuestos Químicos	Porcentaje típico	Abreviatura
CaO (óxido de calcio)	61 % – 67 %	C
SiO_2 (óxido de silicio)	20 % – 27 %	S
Al_2O_3 (óxido de aluminio)	4 % – 7 %	A
Fe_2O_3 (óxido de hierro)	2 % – 4 %	F
SO_3 (óxido de azufre)	1 % –3 %	
MgO (óxido de magnesio)	1 % – 5 %	
K_2O (óxido de potasio) y Na_2O (óxido de sodio)	0.25 % – 1.5%	

Nota: *Reproducida de Tópicos de tecnología del concreto en el Perú (pág. 18), por Pasquel, 1998, Capítulo de Ingeniería Civil del CIP.*

f. PROPIEDADES FÍSICAS DE LAS CENIZAS DE DONAX OBESULUS (CDO).

Entre las propiedades físicas de las cenizas de Donax se tiene (Tabla 17):

Tabla 17

Propiedades físicas de las cenizas de Donax procedentes de Ancash

Propiedades	"Donax Obesulus" [a]	"Concha de coquina o Donax Trunculus"[b]
Lugar de procedencia:	Playa Atahualpa	Mercado "La Sirena" - Chimbote
pH	13.18	13.27
Peso específico (g/cm3)	2.591	3.002

Nota: [a]*Alarcón (2018, pág. 40).* [b]*Ibañez (2018, págs. 38-40).*

**pH, o potencial de hidrógeno es una medida que expresa la concentración de iones de hidrógeno en una disolución o sustancia.*

2.2.5 ANÁLISIS TÉRMICO Y FLUORESCENCIA DE RAYOS X

a. TÉCNICAS DE ANÁLISIS TÉRMICO O MÉTODO TÉRMICO.

"Los efectos del calor sobre los materiales producen cambios en muchas de sus propiedades. Para el análisis térmico se tiene: (a) Calorimetría Diferencial de barrido (DSC); (b) Análisis Térmico Diferencial (ATD); (c) Análisis Termogravimétrico (TGA)" (Coello Ortiz & Garcés Barcia, 2012, pág. 10).

- **CALORIMETRÍA DIFERENCIAL DE BARRIDO (DSC).**

  La Calorimetría Diferencial de Barrido se basa en evaluar las transformaciones físicas y químicas en función de la cantidad de calor que es suministrada a la materia. Esto se obtiene por el diferencial de entalpía que existe entre una cápsula que contiene la muestra estudiada y otra cápsula vacía que sirve de referencia (Coello Ortiz & Garcés Barcia, 2012, pág. 12). Figura 19.

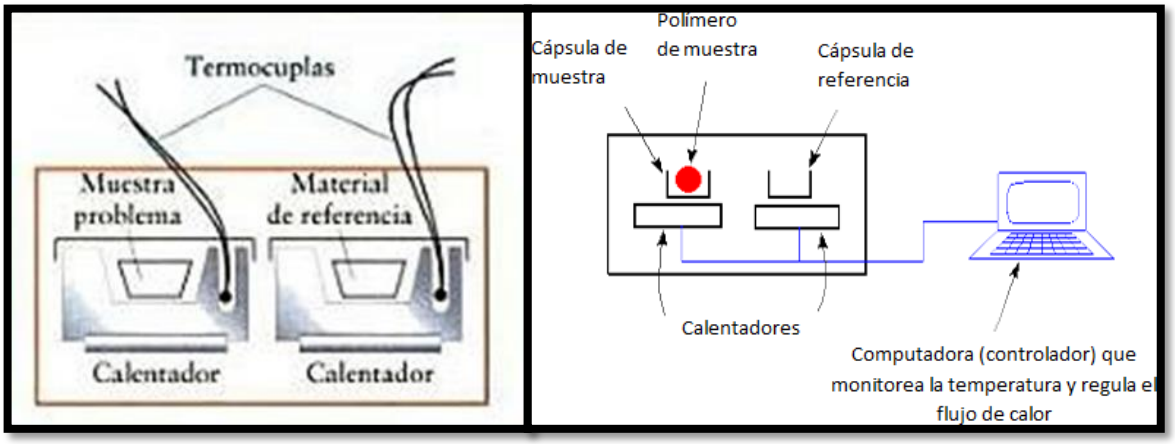


Figura 19: *Modalidad del equipo de monitoreo para el Análisis Diferencial de Barrido (DSC).*

Nota: *Adaptada de Análisis de Propiedades Térmicas durante Gelatinización en tres variedades de arroz INIAP aplicando el Calorímetro Diferencial de Barrido (DSC) (págs. 12-15), por Coello y Garcés, 2012.*

- **TIPOS DE MUESTRAS A ANALIZAR MEDIANTE DSC.**

"Se pueden analizar muestras sólidas, líquidas y semisólidas. Dentro de estas muestras, pueden estar los orgánicos, inorgánicos, polímeros, fármacos, principios activos de medicamentos, excipientes, suelos, biomasa, vidrios, cerámicos, etc." (Secretaría Vinculación UNAM, 2022).

- **CAMBIOS FÍSICOS Y QUÍMICOS DE UN MATERIAL SOMETIDO A UN ΔT (CAMBIO DE TEMPERATURA) EN DSC.**

(a) Fusión (sólido a líquido), es decir, cambio de estado. Pertenece a cambios físicos; (b) cristalización (líquido a sólido), o sea, cambio de estado. Pertenece a cambios físicos; (c) cambio de fase cristalina, en otras palabras, cambio de estado de sólido a sólido. Pertenece a cambios físicos; (d) una posible reacción, como oxidación o polimerización. Pertenece a cambios químicos (Secretaría Vinculación UNAM, 2022).

- **CONSIDERACIONES DE UN MÉTODO DSC.**

Para este análisis térmico se debe tener en cuenta el método de calentamiento a utilizar, el tipo de atmósfera y el material del crisol en base a su requerimiento o conveniencia. (Véase Anexo 6.9.).

- **INFORMACIÓN QUE BRINDA EL DSC.**

"Es una curva, donde el eje de las abscisas, concierne al tiempo o la temperatura y, el eje de las ordenadas corresponde al DSC (W/g o mW/mg)" (Secretaría Vinculación UNAM, 2022).

- **DSC - APLICACIONES.**

En la opinión de la Secretaría Vinculación UNAM (2022), son: "(a) Fusión de materiales cristalinos; (b) transición vítrea en sólidos amorfos; (c) transiciones cristalinas; (d) estudio de polimorfos; (e) estudio de interacciones fármaco-excipiente; (f) desnaturalización de proteínas; (g) estabilidad a la oxidación (aceites, lubricantes, polímeros, etc.)".

- **ANÁLISIS SIMULTÁNEO DSC - TGA.**

Un estudio combinado es un solo experimento, donde se usa solo un equipo, es ventajoso cuando tienes poca muestra y necesitas optimizar tiempos. La desventaja es que, al hacer el ensayo combinado, los sensores de una de las dos técnicas (DSC o TGA), pierde un poco sensibilidad, mayormente siempre es la de DSC (Secretaría Vinculación UNAM, 2022).

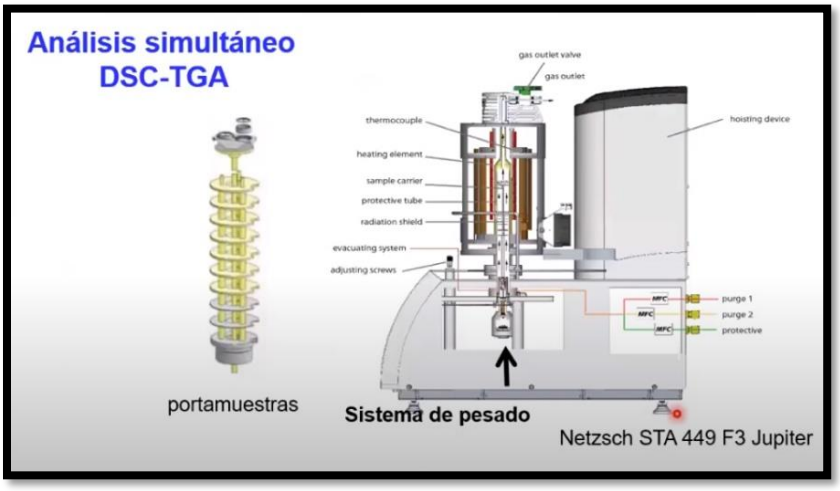


Figura 20: *Equipo para el análisis simultáneo DSC-TGA.*

Nota: *Reproducida de Análisis simultáneo DSC-TGA [Gráfico], por Secretaría Vinculación UNAM, 2022, (https://www.youtube.com/watch?v=7LibyHr9ftE).*

- **ANÁLISIS TÉRMICO DIFERENCIAL (ATD).**

"La medida de los cambios de energía constituye la base del Análisis Térmico Diferencial (ATD), dicho de otro modo, permite observar si una reacción o cambio físico es endotérmico (absorbe calor) o exotérmico (libera calor)" (Coello Ortiz & Garcés Barcia, 2012, pág. 10).

- **ANÁLISIS TERMOGRAVIMÉTRICO (TGA).**
  - **TERMOGRAVIMETRÍA (TGA).**

"Es la técnica que mide el cambio en la masa de la muestra cuando se somete a una alteración de temperatura, bajo condiciones controladas de velocidad de calentamiento, atmósfera, flujo de gases. En TGA, sólo aplicamos calentamiento" (Secretaría Vinculación UNAM, 2022). (Véase Anexo 6.10.).

- **TIPOS DE MUESTRAS A ANALIZAR MEDIANTE TGA.**

Permite analizar los mismos tipos de muestras que en la técnica de DSC. Se pueden analizar muestras sólidas, líquidas y semisólidas. Dentro de ellas, pueden estar los orgánicos, inorgánicos, polímeros, fármacos, principios activos de medicamentos, excipientes, suelos, biomasa, vidrios, cerámicos, suelos, etc. (Secretaría Vinculación UNAM, 2022).

- **CAMBIOS FÍSICOS Y QUÍMICOS DE UN MATERIAL SOMETIDO A UN ΔT (CAMBIO DE TEMPERATURA) EN TGA.**

Según la Secretaría Vinculación UNAM (2022), se tiene: "(a) Deshidratación (pérdida de peso), pertenece a cambios físicos; (b) desolvatación, pertenece a cambios físicos; (c) evaporación, pertenece a cambios físicos; (d) descomposición, pertenece a cambios químicos".

- **CONSIDERACIONES DE UN MÉTODO DE TGA.**

Para este análisis térmico se debe considerar el método de calentamiento a emplear, el tipo de atmósfera y el material del crisol según el requerimiento o conveniencia. (Véase Anexo 6.11.).

- **INFORMACIÓN QUE BRINDA TGA.**

Como afirma la Secretaría Vinculación UNAM (2022): "Es una curva; en donde el eje de las abscisas, corresponde al tiempo o la temperatura y, el eje de las ordenadas concierne al cambio de peso Δm (mg o %TGA)".

- **TGA - APLICACIONES.**

En la opinión de la Secretaría Vinculación UNAM (2022), son:

(a) Perfil de descomposición térmica de materiales; (b) temperatura de descomposición; (c) perfil de sistemas multicomponentes; (d) contenido de agua o solventes; (e) identificación de componentes de una muestra, empleando técnicas acopladas como TGA-GC/MS (TGA acoplada a una técnica de separación cromatografía de gases, más una técnica de detección de masas, TGA-FTIR (TGA acoplada a infrarrojo según Materiales de Laboratorio (2022)).

"Los cambios de peso configuran la base de la Termogravimetría (TGA), en otras palabras, indica cuánto y cuándo una muestra pierde o gana peso en función de la temperatura" (Coello Ortiz & Garcés Barcia, 2012, pág. 10).

b. FLUORESCENCIA DE RAYOS X "FRX" (EN INGLÉS XRF).

- **RAYOS X.**

En 1901, Wilhelm K. Rontgen descubre los Rayos X. Los Rayos X, son una forma de radiación electromagnética, invisible para el ojo humano. Asimismo, los rayos X son parte del espectro electromagnético, entre 10^{-9} a 10^{-11} (de alta frecuencias en el rango de 30 a 30000 PHz) (Atom Education, 2020).

Los Rayos X se generan mediante un tubo de Rayos X.

"Cuando un átomo es impactado con los Rayos X, los electrones giran alrededor del núcleo y se distribuyen en capas que se designan con el número cuántico n" (Atom Education, 2020).

- **DIFERENCIA ENTRE FLUORESCENCIA Y FOSFORESCENCIA.**

En la Fluorescencia; cuando un átomo en estado basal recibe luz, fotones de alta energía lo impactan y entra en estado de excitación (absorbe la energía del fotón), posteriormente, el átomo emite un fotón en un periodo de tiempo muy corto y vuelve a su estado basal.

Mientras que, en la Fosforescencia; un átomo en estado basal, después de que recibe luz y absorbe la alta energía del fotón que lo choca y se excita; emite un fotón, pero de manera muy lenta que puede durar horas hasta incluso días, aunque cese la emisión de luz hacia él, puede seguir emitiendo fotón (Atom Education, 2020).

- **FLUORESCENCIA DE RAYOS X "FRX" (EN INGLÉS XRF).**

Desde la posición de Atom Education (2020):

Es una técnica que detecta la emisión de rayos X "secundarios" (llamados fluorescentes) característicos de un material que ha sido excitado al ser bombardeado con rayos X de alta energía o rayos gamma. Es utilizado para el análisis elemental y el análisis químico de: Metales, Ciencia forense, Vidrio, Objetos de arte, Cerámica, Arqueología, Pinturas, Materiales de construcción y Geoquímica.

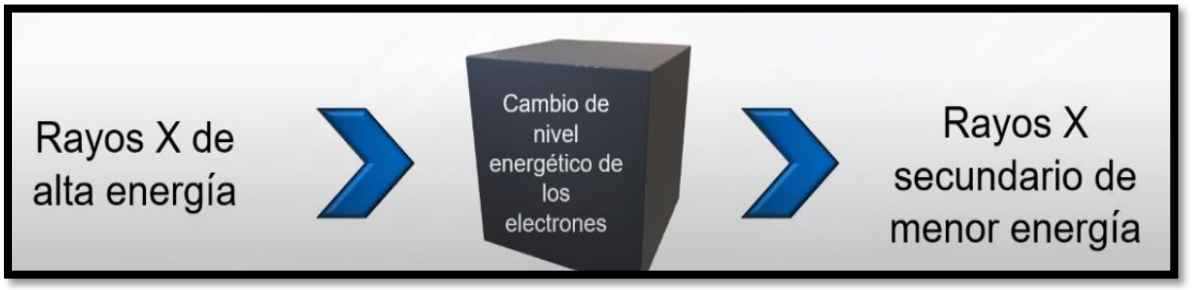


Figura 21: *Esquema de Fluorescencia de rayos X "FRX" (en inglés XRF).*

Nota: *Reproducida de X-Ray Fluorescence [Gráfico], por Atom Education, 2020, (https://www.youtube.com/watch?v=NA2Q1c2xa0o).*

"En esta técnica, se puede analizar elementos desde el sodio (Na) hasta el uranio (U); en concentraciones que varían desde partes por millón hasta altos porcentaje en sólidos, líquidos y polvos principalmente" (Atom Education, 2020).

La Fluorescencia de Rayos X, se puede clasificar mediante: Espectrómetros de energía dispersiva (en inglés EDXRF) y Espectrómetros dispersivos de longitud de onda (en inglés WDXRF).

- **INSTRUMENTO PARA FLUORESCENCIA DE RAYOS X DISPERSA EN ENERGÍA.**

Fluorescencia de Rayos X Dispersa en Energía "FRXDE" (EN INGLÉS EDXRF). Como afirma Atom Education (2020):

El tubo de Rayos X impacta la muestra, generando fotones secundarios que saldrán de la muestra hacia el detector, este tiene colimadores que reorientan a los fotones, para formar un flujo lineal que proporcione una gráfica que relacione el número atómico y los Rayos X emitidos; después del detector también se suele poner un amplificador y analizador multicanal, para filtrar, amplificar y poder ver las señales correctas en el software.

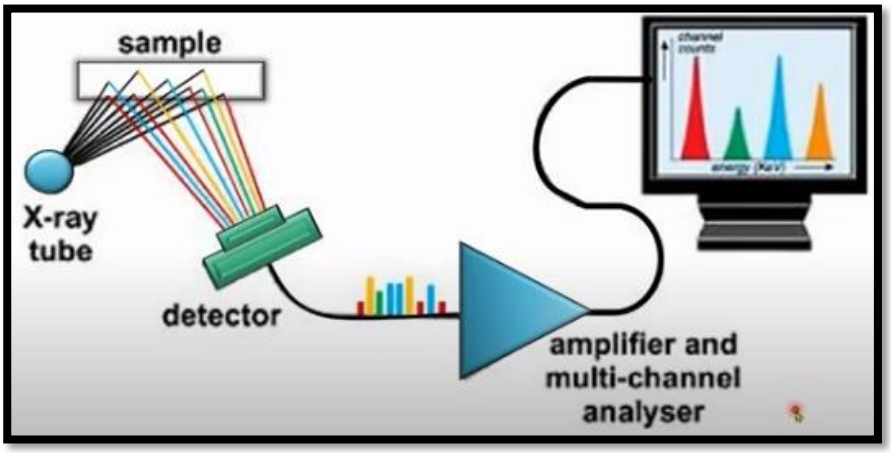


Figura 22: *Instrumento de Fluorescencia de rayos X dispersa en energía "FRXDE".*

Nota: *Reproducida de X-Ray Fluorescence – Instruments [Gráfico], por Atom Education, 2020, (https://www.youtube.com/watch?v=NA2Q1c2xa0o).*

En la FRXDE (en inglés EDXRF), según Atom Education (2020):

Se utiliza la ley de Moseley ($\frac{1}{\lambda}\ \alpha\ z^2$) y la teoría cuántica ($\frac{1}{\lambda}\ \alpha\ E$); así $Z^2\ \alpha\ E$.

Donde: λ, es la longitud de onda de los rayos X; Z, es el número atómico y; E, es la energía del fotón. Entonces, el número atómico al cuadrado es proporcional a la Energía del fotón.

Detector utilizado en la Fluorescencia de rayos X dispersa en energía (FRXDE). (Véase Anexo 6.12).

- **INSTRUMENTO PARA LA FLUORESCENCIA DE RAYOS X POR DISPERSIÓN DE LONGITUD DE ONDA.**

Fluorescencia de Rayos X por Dispersión de Longitud de Onda "FRXDW" (EN INGLÉS WDXRF).

Como plantea Atom Education (2020):

A diferencia de la FRX dispersa en energía (FRXDE), en este se adiciona un cristal analizador, constituido por láminas, como en distintas capas a distintas alturas y;

dependiendo de la longitud de onda, el fotón que sale de la muestra impactará en el primer cristal, en el segundo o en el tercer cristal; el distanciamiento que llegue el fotón al cristal, es lo que determinará la diferencia de longitudes de onda incidentes en el detector.

Asimismo, en la Fluorescencia de rayos X por dispersión de longitud de onda (FRXDW): Se aplica la ley de Moseley, ($\frac{1}{\lambda}\ \alpha\ z^2$) y; la ley de Bragg ($n\lambda = 2d\ sin\theta$; así $Z^2\ \alpha\ \frac{n}{2d\ \sin\theta}$; donde; λ, es la longitud de onda de los rayos X; Z, es el número atómico; n, es un número entero; d, es la distancia entre los planos de la red cristalina y; θ, es el ángulo entre los rayos incidentes y los planos de dispersión (Atom Education, 2020).

Detector utilizado en la Fluorescencia de rayos X por dispersión de longitud de onda (FRXDW). (Véase Anexo 6.13).

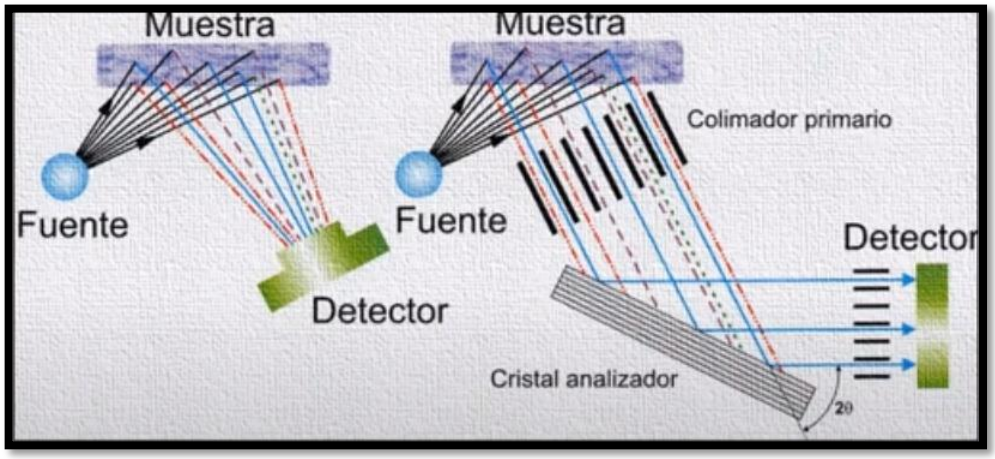


Figura 23: *Instrumento de Fluorescencia de Rayos X dispersa en energía "FRXDE" y el instrumento de Fluorescencia de Rayos X por dispersión de longitud de onda "FRXDW".*

Nota: *Reproducida de Espectrómetros de energía dispersiva EDXRF y Espectrómetros dispersivos de longitud de onda WDXRF [Gráfico], por Atom Education, 2020, (https://www.youtube.com/watch?v=NA2Q1c2xa0o).*

**En la izquierda el instrumento de FRXDE y, en el lado derecho el instrumento FRXDW.*

- **DIFERENCIAS ENTRE FRX DISPERSA EN ENERGÍA "FRXDE" Y FRX POR DISPERSIÓN DE LONGITUD DE ONDA "FRXDW".**

Las diferencias se muestran en la Tabla 18.

Tabla 18

Diferencias entre FRX dispersa en energía "FRXDE" y FRX por dispersión de longitud de onda "FRXDW"

	FRXDE (en inglés EDXRF)	FRXDW (en inglés WDXRF)
Rango de elementos:	Na – U	Be – U
Límite de detección:	Menos óptima para elementos ligeros	Buen para todos los elementos
Consumo de potencia:	Hasta 1KW	Hasta 4KW
Rapidez del análisis:	Mayor rapidez	Menor rapidez
Coste de instrumentación:	Menor coste	Mayor coste
Análisis cuantitativo:	Tratamiento matemático más complejo	Tratamiento matemático menos complejo
Resolución del espectro:	Menor poder de resolución	Mayor poder de resolución

Nota: *Reproducida de Espectrómetros de energía dispersiva EDXRF y Espectrómetros dispersivos de longitud de onda WDXRF, por Atom Education, 2020, (https://www.youtube.com/watch?v=NA2Q1c2xa0o).*

2.3 DEFINICIÓN DE TÉRMINOS

Pavimento: Es una estructura de varias capas construida sobre la subrasante del camino para resistir y distribuir esfuerzos originados por los vehículos y mejorar las condiciones de seguridad y comodidad para el tránsito. Por lo general está conformada por las siguientes capas: base, subbase y capa de rodadura (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014, pág. 25).

Capa de rodadura: Es la parte superior de un pavimento, que puede ser de tipo bituminoso (flexible) o de concreto de cemento Portland (rígido) o de adoquines, cuya función es sostener directamente el tránsito" (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014, pág. 25).

Puzolana: De acuerdo con la norma ASTM C618, las puzolanas son materiales silícicos y/o alumínicos silícicos los cuales por sí mismo no poseen capacidad cementante, pero finamente

divididos (molidos) y en presencia de agua pueden reaccionar químicamente con el hidróxido de calcio a temperaturas ordinarias para formar un compuesto que posee ahora sí capacidad cementante (De la Pared Condo, 2013, pág. 3).

Biomasa: Materia total de los seres que viven en un lugar determinado, expresada en peso por unidad de área o de volumen. Por otro lado, también significa, materia orgánica originada en un proceso biológico, espontáneo o provocado, utilizable como fuente de energía (QUIMICA.ES, 2022).

Calcinación: La calcinación es el proceso de calentar una sustancia a temperatura elevada, pero por debajo de su entalpía o punto de fusión, para provocar la descomposición térmica o un cambio de estado en su constitución física o química. El proceso, que suele llevarse a cabo en largos hornos cilíndricos, tiene a menudo el efecto de volver frágiles las sustancias (QUIMICA.ES, 2022).

Incineración: La incineración es la combustión completa de la materia orgánica y se lleva a cabo en hornos. Los productos de la combustión son cenizas, gases, partículas y calor, que puede ser usado para generar energía eléctrica. La incineración es el procesamiento térmico de los residuos sólidos mediante oxidación química en exceso de oxígeno. La incineración utiliza altas temperaturas, una atmósfera oxidante y en ocasiones agitación para destruir los residuos (QUIMICA.ES, 2022).

2.4 MARCO NORMATIVO

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

- Manuel 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).

- Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018 del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2018).

CAPÍTULO III.

METODOLOGÍA

III. METODOLOGÍA

3.1 ENFOQUE DE LA INVESTIGACIÓN

Tiene un enfoque cuantitativo porque se estudió a las variables e indicadores de forma objetiva, registrando sus valores mediante el uso de instrumentos de recolección de datos (Hernández et al., 2014, pág. 5).

3.2 MÉTODO

3.2.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

Según su tipo de investigación, es aplicada porque se usó conocimientos teóricos e investigaciones para dar solución al estado actual de la red vial Captuy – Moro con la incorporación de cenizas, asimismo, el mejoramiento de la serviciabilidad de los vehículos, mitigación de la contaminación ambiental y disminución de las enfermedades respiratorias en la población.

3.2.2 NIVEL DE INVESTIGACIÓN

Es Descriptivo – Causal, porque se realizó un experimento (se manipuló las variables - cenizas de *Donax obesulus* y cenizas de cáscara de arroz) y se describió los efectos de las mismas en la subrasante de la red vial en estudio (Hernández et al., 2014, pág. 92).

3.3 DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

"El término diseño alude al plan o estrategia ideado para conseguir la información anhelada con el propósito de responder al planteamiento del problema" (Hernández et al., 2014, pág. 128).

El Diseño de esta investigación fue Experimental con subclasificación "Cuasiexperimental".

"Experimental, debido a que se manipulan intencionalmente una o más variables independientes, para analizar las consecuencias sobre una o más variables dependientes, dentro de una situación de control para el investigador" (Hernández et al., 2014, pág. 129).

Por lo que, nos expresa Hernández et al. (2014):

Los diseños cuasiexperimentales manipulan deliberadamente, por lo menos, una variable independiente para observar su efecto sobre una o más variables dependientes; difieren de los experimentos "puros" en el grado de seguridad que pueda tenerse sobre la equivalencia inicial de los grupos (pág. 151).

G_1	X_1	O_1
G_2	X_2	O_2
G_3	X_3	O_3
G_4	X_4	O_4
G_5	X_5	O_5
G_6	X_6	O_6
G_7	X_7	O_7
G_8	X_8	O_8
G_9	X_9	O_9
G_{10}	----	O_{10}

G_1: Grupo Experimental N° 01.

X_1: Mejoramiento de subrasante con 4% ceniza de Donax Obesulus y 5% ceniza de cáscara de arroz.

O_1: Resultados del análisis granulométrico, Límites de consistencia, Proctor modificado y CBR.

G_2: Grupo Experimental N° 02.

X_2: Mejoramiento de subrasante con 4% ceniza de Donax Obesulus y 9% ceniza de cáscara de arroz.

O_2: Resultados del análisis granulométrico, Límites de consistencia, Proctor modificado y CBR.

G_3: Grupo Experimental N° 03.

X_3: Mejoramiento de subrasante con 4% ceniza de Donax Obesulus y 12% ceniza de cáscara de arroz.

O_3: Resultados del análisis granulométrico, Límites de consistencia, Proctor modificado y CBR.

G_4: Grupo Experimental N° 04.

X_4: Mejoramiento de subrasante con 6% ceniza de Donax Obesulus y 5% ceniza de cáscara de arroz.

O_4: Resultados del análisis granulométrico, Límites de consistencia, Proctor modificado y CBR.

G_5: Grupo Experimental N° 05.

X_5: Mejoramiento de subrasante con 6% ceniza de Donax Obesulus y 9% ceniza de cáscara de arroz.

O_5: Resultados del análisis granulométrico, Límites de consistencia, Proctor modificado y CBR.

G_6: Grupo Experimental N° 06.

X_6: Mejoramiento de subrasante con 6% ceniza de Donax Obesulus y 12% ceniza de cáscara de arroz.

O_6: Resultados del análisis granulométrico, Límites de consistencia, Proctor modificado y CBR.

G_7: Grupo Experimental N° 07.

X_7: Mejoramiento de subrasante con 8% ceniza de Donax Obesulus y 5% ceniza de cáscara de arroz.

O_7: Resultados del análisis granulométrico, Límites de consistencia, Proctor modificado y CBR.

G_8: Grupo Experimental N° 08.

X_8: Mejoramiento de subrasante con 8% ceniza de Donax Obesulus y 9% ceniza de cáscara de arroz.

O_8: Resultados del análisis granulométrico, Límites de consistencia, Proctor modificado y CBR.

G_9: Grupo Experimental N° 09.

X_9: Mejoramiento de subrasante con 8% ceniza de Donax Obesulus y 12% ceniza de cáscara de arroz.

O_9: Resultados del análisis granulométrico, Límites de consistencia, Proctor modificado y CBR.

G_{10}: Grupo de control.

O_{10}: Resultados del análisis granulométrico, Límites de consistencia, Proctor modificado y CBR, sin adición de cenizas.

3.3.1 POBLACIÓN

La población es finita, se consideró como población al suelo de subrasante de la red vial Captuy - Moro, Provincia Santa – Ancash, con una longitud de 2050 metros y 5.00 metros de ancho.

La zona de estudio pertenece a la red vial vecinal AN-883, ubicado en el caserío de Captuy, jurisdicción del distrito de Moro, Provincia del Santa, Departamento de Ancash.

Moro se ubica al sur del distrito de Chimbote a una distancia de 60 kilómetros, y a 441 kilómetros con respecto a la ciudad de Lima. En el kilómetro 405 de la Carretera Panamericana Norte se encuentra el desvío que atraviesa el distrito de Nepeña, para llegar a Moro.

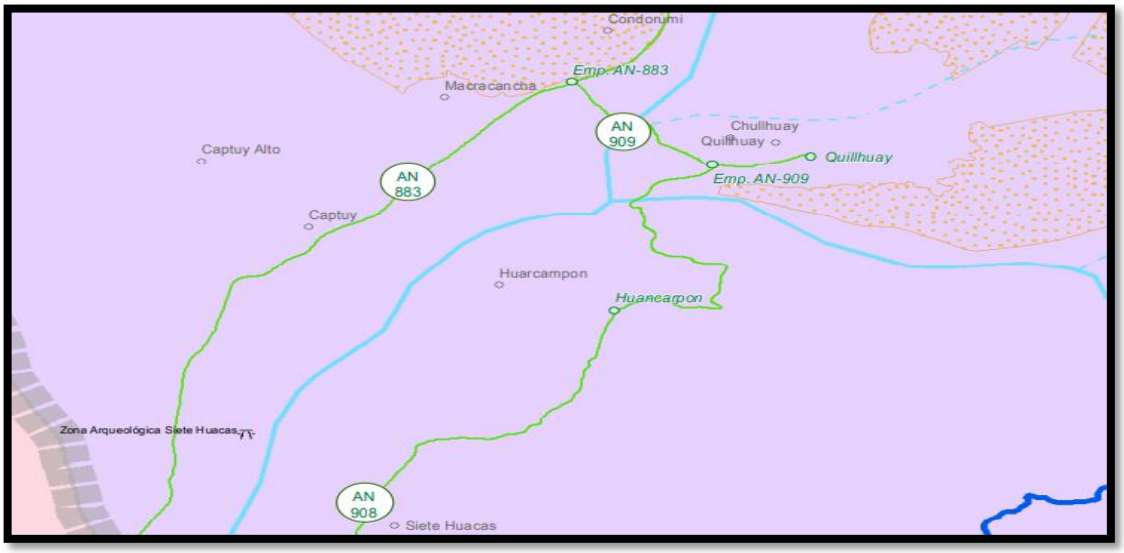


Figura 24: *Mapa de Ubicación de la Carretera AN-883 dentro del Departamento de Ancash.*

Nota: *Adaptada del Mapa Vial Ancash, por Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2017.*

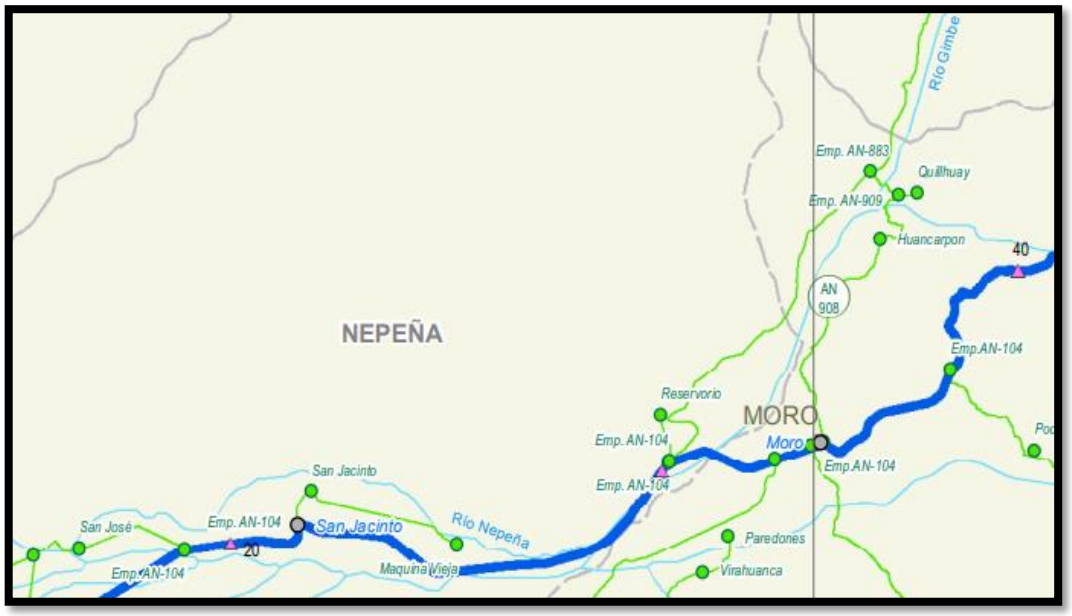


Figura 25: *Mapa de Ubicación de la Vía Vecinal AN-883 en Moro.*

Nota: *Adaptada del Mapa Vial del Distrito de Moro – Provincia de Santa – Departamento de Ancash, por Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2017.*

3.3.2 MUESTRA

En esta investigación la muestra representa a la población, el suelo de subrasante de la red vial Captuy – Moro de 2050 metros de longitud y 5.00 metros de ancho.

El Tipo de Muestreo corresponde a uno no probabilístico por conveniencia (elección cuidadosa y controlada por la tesista), mediante la excavación de 06 calicatas de 1.50m de profundidad desde la subrasante, para su estudio. (Ver Figura 26 y Tabla 19).

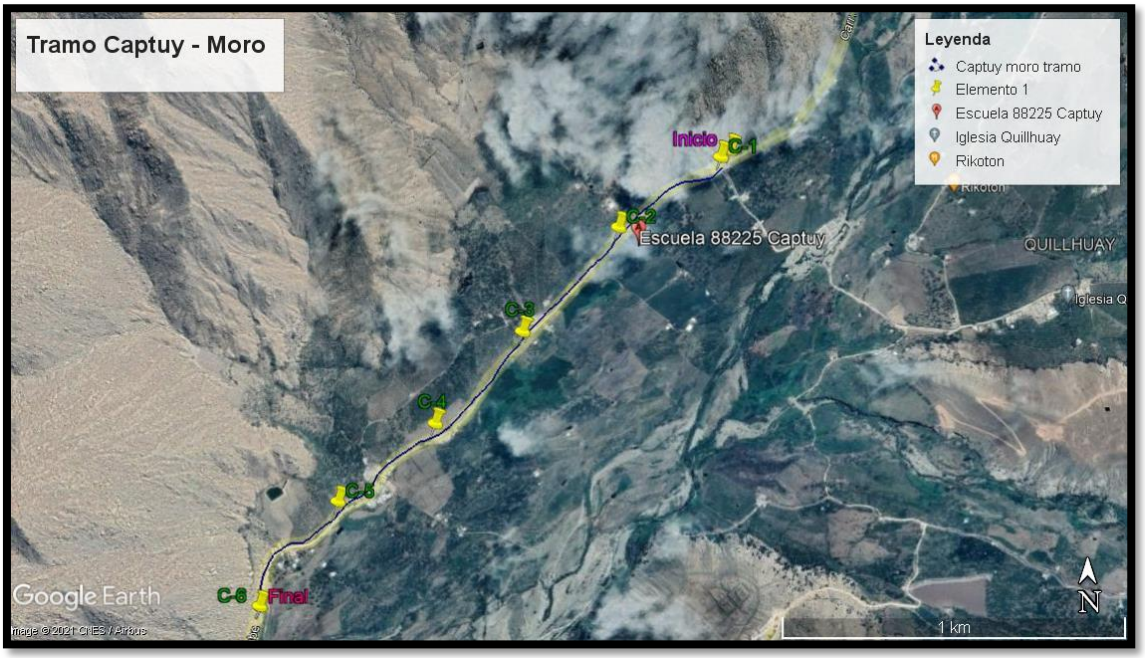


Figura 26: *Mapa de Ubicación de Calicatas en la Red Vial Captuy – Moro.*

Nota: *Adaptada de Tramo Captuy – Moro, por Google Earth, 2021.*

Tabla 19

Ubicación de calicatas

Calicata N °	Ubicación – Coordenadas UTM		Profundidad de Excavación (m)
C - 1	0809305 m E	8992175 m S	1.50
C - 2	0809419 m E	8992511 m S	1.50
C - 3	0809989 m E	8992992 m S	1.50
C - 4	0810153 m E	8993193 m S	1.50
C - 5	0810364 m E	8993416 m S	1.50
C - 6	0810460 m E	8993516 m S	1.50

Nota*: Datos de ubicación obtenidos en campo a través de un GPS.*

La muestra seleccionada como representativa entre las 06 calicatas, fue procesada con adición de cenizas de cáscara de arroz y ceniza de Donax Obesulus, como se muestra en la Tabla 20.

Tabla 20

Proporción de las combinaciones de suelo con cenizas

Combinación	% Suelo	% CDO	%CCA	Representación
Muestra Patrón:	100	0	0	MP
Combinación 1:	100	4	5	(MP + 4% CDO + 5% CCA)
Combinación 2:	100	4	9	(MP + 4% CDO + 9% CCA)
Combinación 3:	100	4	12	(MP + 4% CDO + 12% CCA)
Combinación 4:	100	6	5	(MP + 6% CDO + 5% CCA)
Combinación 5:	100	6	9	(MP + 6% CDO + 9% CCA)
Combinación 6:	100	6	12	(MP + 6% CDO + 12% CCA)
Combinación 7:	100	8	5	(MP + 8% CDO + 5% CCA)
Combinación 8:	100	8	9	(MP + 8% CDO + 9% CCA)
Combinación 9:	100	8	12	(MP + 8% CDO + 12% CCA)

3.4 OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES DE ESTUDIO

3.4.1 VARIABLES INDEPENDIENTES

- Cenizas de Donax obesulus.

- Cenizas de cáscara de arroz.

3.4.2 VARIABLES DEPENDIENTES

- Las propiedades mecánicas y físicas de la subrasante.

3.4.3 MATRIZ DE CONSISTENCIA

Ver Anexo 1.

3.4.4 OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Ver Anexo 2.

3.5 TÉCNICA E INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

De acuerdo con Hernández et al. (2014):

El Instrumento de medición, es el recurso que utiliza el investigador para registrar información o datos sobre las variables que tiene en mente. En términos cuantitativos: se captura verdaderamente la "realidad" que se desea capturar. En toda investigación cuantitativa se aplica un instrumento para medir las variables contenidas en las hipótesis (y cuando no hay hipótesis, simplemente para medir las variables de interés) (pág. 199).

3.5.1 INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

a. INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS PARA LA DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS, TANTO DE LAS CDO COMO DE LAS CCA.

Fueron ensayos estandarizados del "Manual de Ensayo de Materiales" (2016) del MTC validado mediante RD N° 18 – 2016 – MTC/14 y; ensayos de la American Society for Testing and Materials (ASTM) validados por el comité de técnicos de la ASTM.

Entre esos formatos para los ensayos, se tiene:

- ASTM D3418 (Calorimetría Diferencial de Barrido (DSC)).
- ASTM E967-18 Análisis Térmico Diferencial (ATD).
- ASTM E1131 (Análisis Termogravimétrico (TGA)).
- ASTM F1375 (Fluorescencia de Rayos X dispersa en Energía).
- MTC E 107 (Granulometría).
- MTC E 113 (Peso específico).
- ASTM D-2216 (Contenido de Humedad).
- MTC E 129 (pH) NTP 339.176 (2002).

b. INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS PARA LA DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS Y FÍSICAS DEL SUELO NATURAL Y LOS SUELOS COMBINADOS CON CENIZAS.

Fueron los ensayos bajo los protocolos estandarizados del "Manual de Ensayo de Materiales" (2016) del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC) validado mediante RD N° 18 – 2016 – MTC/14.

Entre esos Instrumentos - ensayos, se tiene:

- MTC E 107 (Granulometría).

- MTC E 108 (Contenido de Humedad).

- MTC E 110 (Límite Líquido).

- MTC E 111 (Límite Plástico e Índice de Plasticidad).

- MTC E 115 (Proctor modificado).

- MTC E 132 (Capacidad de Soporte - CBR: California Bearing Ratio).

Los registros de los datos recolectados de manera directa, se hicieron a través de:

- Libreta de apuntes.

- Formato de procesamiento de datos para el ensayo a través de un programa informático “Excel”.

Asimismo, es importante mencionar que, la validación y confiabilidad concerniente a los “instrumentos de laboratorio” utilizados para la investigación, fueron otorgados por los encargados competentes de los laboratorios; tales como, protocolos de calibración de equipos y las fichas de los resultados de los ensayos.

3.5.2 INSTRUMENTOS DE LABORATORIO

a. INSTRUMENTOS DE LABORATORIO PARA LA DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS DE LAS CDO Y LAS CCA.

A continuación se detallan los equipos, materiales e insumos utilizados en cada ensayo de laboratorio.

- DETERMINACIÓN DEL TIEMPO Y TEMPERATURA DE INCINERACIÓN PARA LAS DONAX OBESULUS Y CÁSCARA DE ARROZ.

- Calorimetría Diferencial de Barrido (DSC) y Análisis Termogravimétrico (TGA).

(a) Equipo Analizador térmico – Perkin Elmer – STA 6000; (b) 01 balanza de precisión 0.001 g; (c) Nitrógeno.

- Análisis Térmico Diferencial (ATD) y Análisis Termogravimétrico (TGA).

(a) Equipo Analizador térmico simultáneo Setsys Evolution – Capacidad Máxima1600 °C; (b) 01 balanza de precisión 0.001 g; (c) Nitrógeno.

- DETERMINACIÓN DE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA CDO Y CCA MEDIANTE EL ENSAYO DE FLUORESCENCIA DE RAYOS X DISPERSA EN ENERGÍA "FRXDE".

- Análisis De Espectroscopia De Fluorescencia De Rayos X (FRXDE), desarrollado en el Laboratorio SLAB.

(a) Equipo SHIMADZU EDX-720 espectrómetro de fluorescencia de rayos X; (b) Tamiz N° 100; (c) 01 balanza de precisión 0.01 g.

- Análisis en un Espectrómetro de Fluorescencia de Rayos X, en el laboratorio LASACI.

(a) Espectrómetro de fluorescencia de rayos X, marca BRUKER, modelo S2-PICOFOX; (b) Tamiz N° 200; (c) 01 balanza de precisión 0.01 g.

- INCINERACIÓN DE LAS MUESTRAS DE DONAX OBESULUS Y LA CÁSCARA DE ARROZ.

- Proceso de secado de materias primas.

(a) Equipo de secador de bandejas controlado a 60 °C, con ventilador y tablero de control; (b) 01 balanza de precisión 0.01 g (capacidad 4 kg); (c) bandejas de secado; (d) 3 rollos de papel aluminio; (e) trapo industrial; (f) bolsas grandes de polietileno; (g) lavatorio de plástico o recipiente de aluminio; (h) mesa de trabajo de laboratorio.

- Molienda de cáscara de arroz.

(a) Molino de Martillos; (b) 01 balanza electrónica de precisión 0.01 g (capacidad 100 kg); (c) bolsas grandes de polietileno.

- Molienda de valvas de Donax Obesulus.

(a) Molino de Martillos; (b) 01 balanza electrónica de precisión 0.01 g (capacidad 100 kg); (c) bolsas grandes de polietileno.

- Contenido de Humedad por el método de secado en estufa.

(a) Estufa esterilizadora digital controlado a 105 °C; (b) 01 balanza de precisión 0.01 g; (c) vidrio grueso para transporte de las placas Petri con muestras; (d) 06 placas Petri; (e) guantes.

- Incineración en horno mufla eléctrica.

(a) Mufla eléctrica; (b) bandeja especial (resistente a altas temperaturas); (c) 01 balanza de precisión 0.001 g; (d) bolsas de polietileno.

- DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LA CDO Y CCA.

- Granulometría.

(a) Estufa controlado a 110 ± 5 °C; (b) 01 balanza de precisión 0.1 g; (c) Tamices: 2", 1 ½", 1", ¾", ½", 3/8", N° 4, N° 10, N° 20, N° 40, N° 60, N° 140, N°200, cazoleta y tapa; (d) recipientes de aluminio; (e) 01 cucharón metálico.

- Peso específico.

(a) Estufa controlado a 110 ± 5 °C; (b) horno eléctrico a temperatura uniforme de 110 ± 5° C; (c) 01 balanza de precisión 0.01 g; (d) picnómetro o matraz de 500 ml de capacidad; (e) limpiador de matraz; (f) Tamiz N° 4; (g) tronco conito con su pisón; (h) agua destilada; (i) termómetro graduado; (j) pipeta; (k) recipientes de aluminio; (l) 01 cuchara metálica; (m) embudo y espátulas; (n) agitador.

- Contenido de humedad.

(a) Estufa controlado a 110 ± 5 °C; (b) 01 balanza de precisión 0.1 g; (c) 02 taras de aluminio; (d) 01 espátula, 01 cuchara, 01 tenaza y guantes.

- pH.

(a) Potenciómetro (medidor de pH), comprende una lectura a 0.05 unidades de pH, compensador de temperatura, electrodo de vidrio y un electrodo de referencia de calomel; (b) 01 balanza de precisión 0.001 g; (c) bandeja no corrosiva; (d) Tamiz N° 10, con plato de fondo; (e) 02 frascos volumétricos de 500 ml (para soluciones buffer); (f) 03 vasos de vidrio de 100 ml de

capacidad; (g) 01 frasco plástico de lavar con agua destilada; (h) agua destilada; (i) soluciones estándares de conocido valor pH; (j) solución buffer, pH 4.0; (k) solución buffer, pH 9.2; (l) cloruro de potasio, solución saturada (para mantenimiento del electrodo calomel); (m) 01 cuchara metálica; (n) agitador.

b. INSTRUMENTOS DE LABORATORIO PARA LA DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS Y FÍSICAS DEL SUELO NATURAL Y LOS SUELOS COMBINADOS CON CENIZAS.

- CALICATAS.

(a) 01 barreta; (b) 02 palanas; (c) 01 wincha de 5 metros; (d) sacos de polipropileno.

- ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO.

(a) Estufa controlado a 110 ± 5 °C; (b) 01 balanza de precisión 0.1 g; (c) Tamices: 2”, 1 ½”, 1”, ¾”, ½”, 3/8”, N° 4, N° 10, N° 20, N° 40, N° 60, N° 140, N°200, cazoleta y tapa; (d) recipientes de aluminio; (e) 01 cucharón metálico.

- ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD.

(a) Horno controlado a 110 ± 5 °C; (b) 01 balanza de precisión 0.1 g; (c) 02 recipientes de aluminio; (d) 01 espátula, 01 cuchara, 01 tenaza y guantes.

- ENSAYO DE DETERMINACIÓN DE LÍMITE LÍQUIDO.

(a) Estufa controlado a 110 ± 5 °C; (b) 01 balanza de precisión 0.01 g; (c) copa de Casagrande y acanalador; (d) Tamiz N° 40; (e) 01 espátula; (f) recipiente para

almacenaje; (g) recipientes (tara) de aluminio para contenido de humedad; (h) guantes; (i) 01 pipeta y agua destilada.

- ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN DE LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD.

(a) Estufa controlado a 110 ± 5 °C; (b) 01 balanza de precisión 0.01 g; (c) Tamiz N° 40; (d) 01 espátula; (e) vidrios grueso esmerilado; (f) recipiente para almacenaje; (g) recipientes (tara) de aluminio para contenido de humedad; (h) guantes; (i) agua destilada.

- CLASIFICACIÓN DE SUELOS SEGÚN EL SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELO (SUCS).

(a) Valor del % que pasa el tamiz No. 200; (b) valor del % que pasa el tamiz No. 4; (c) valor del Coeficiente de uniformidad (Cu); (d) valor del coeficiente de curvatura (Cc); (e) valor del Límite Líquido del suelo o suelo combinado con cenizas; (f) valor del Índice de Plasticidad del suelo o suelo combinado con cenizas; (g) Carta de Plasticidad; (h) Hoja de cálculo en el programa Excel; (i) cuadro de resumen de la clasificación de suelo según SUCS, y sus características basadas en sus propiedades.

- CLASIFICACIÓN DE SUELOS SEGÚN EL SISTEMA DE CLASIFICACIÓN AASHTO.

(a) Valor del % que pasa el tamiz No. 200; (b) valor del % que pasa el tamiz No. 40; (c) valor del % que pasa el tamiz No. 10; (d) valor del Límite Líquido del suelo o suelo combinado con cenizas; (e) valor del Índice de Plasticidad del suelo o suelo combinado con cenizas; (f) Hoja de cálculo en el programa Excel; (g) cuadro

de resumen de la clasificación de suelos AASHTO, sus parámetros de cada grupo y subgrupo basados en sus propiedades.

- ENSAYO DE COMPACTACIÓN DE SUELOS EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGÍA MODIFICADA (PROCTOR MODIFICADO).

(a) Estufa controlado a 110 ± 5 °C; (b) 01 balanza de precisión 1 g, (c) 01 balanza de precisión 0.1 g; (d) 01 regla vernier digital; (e) Tamices: ¾", 3/8" y N° 4, (f) 01 pisón o martillo; (g) 01 molde de 6", collar de extensión y plato base; (h) 01 regla metálica (enrasador); (i) 01 probeta de plástico de 1000 ml de capacidad; (j) herramientas de mezcla: 02 cucharones, 01 cuchara, 01 espátula, 01 bandeja, guantes; (k) recipientes (taras) de aluminio para contenido de humedad; (l) tinas, (m) martillo de goma.

- ENSAYO DE CBR DE SUELOS (LABORATORIO).

(a) Prensa para CBR, con su pistón de penetración y dos diales (para el ensayo de penetración); (b) estufa controlada a 110 ± 5 °C; (c) 01 balanza de precisión 1 g; (d) 01 balanza de precisión 0.1 g; (e) 01 regla vernier digital; (f) medidor de expansión: 03 placas de metal perforada con un vástago regulable en el centro y 01 trípode con un dial montado en su centro cuyo vástago coincide con el de la placa perforada; (g) Tamices: 2", ¾" y N° 4; (h) 01 pisón o martillo, de compactación; (i) 03 moldes metal cilíndrico (6" de diámetro) con su respectiva placa base y collar de extensión (2" de altura); (j) 01 disco espaciador de metal de forma circular; (k) Pesas: 01 pesa anular (aprox. 2.29kg) y 01 pesa ranurada (aprox. 2.29kg); (l) 01 regla metálica (enrasador); (m) 01 probeta de plástico de

1000 ml de capacidad, (n) 01 poza; (o) herramientas de mezcla: 02 cucharones, 01 cuchara, 01 espátula, 01 bandeja; (p) recipientes (taras) de aluminio para contenido de humedad, (q) tinas, martillo de goma y guantes; (r) papel filtro del diámetro del molde.

3.5.3 PROCEDIMIENTOS

a. DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS DE LA CDO Y LA CCA.

- **TRABAJOS EJECUTADOS EN CAMPO, PARA LA OBTENCIÓN DE MUESTRAS DE CÁSCARA DE ARROZ Y DONAX OBESULUS.**

Se tuvo que realizar la recolección de la cáscara de arroz y Donax obesulus para su análisis en el laboratorio Sistema de servicios y análisis químicos SAC SLAB PERÚ SAC y, en el laboratorio LASACI/UNT, así como, la recopilación de una cantidad considerable, para su incineración y uso en esta investigación, en combinación con el suelo seleccionado de Captuy – Moro.

- **RECOLECCIÓN DE CÁSCARA DE ARROZ.**

Primero, se averiguó sobre los lugares factibles para la obtención de cáscara de arroz. Después, se viajó al centro poblado de Cambio Puente y se visitó el Molino de arroz Velásquez; donde el encargado, Sr. Ever Bazán, amablemente nos permitió el ingreso para el reconocimiento del lugar y la recolección de las muestras de cáscara de arroz en sacos de polipropileno.

Figura 28: *Recolección de cáscara de arroz en sacos de polipropileno dentro del molino de arroz.*

- En la primera visita al molino de arroz Velásquez, se extrajo 5 sacos de polipropileno con cáscara de arroz; en el segundo viaje, 7 sacos con cáscara de arroz y; en el tercer viaje, se consiguió 7 sacos con cáscara de arroz. Se transportaron los sacos en automóvil hasta la ciudad de Nuevo Chimbote.

Figura 27: *19 sacos de polipropileno, contenidos de cáscara de arroz procedentes del molino Velásquez Velásquez.*

- **RECOLECCIÓN DE DONAX OBESULUS.**

Luego de averiguar, sobre los bancos de Donax Obesulus en la Provincia y la manera de obtenerlas de manera rápida, se visitó el mercado de peces "La Sirena" en la ciudad de Chimbote y se coordinó para la obtención de 50 kg de marucha procedente de la Playa Atahualpa.

Figura 29: *50 kg de Donax Obesulus recolectados dentro de bolsas y sacos de polipropileno.*

- Luego de que, se contó con la población de Donax Obesulus; se procedió con el retiro de todo residuo orgánico de las valvas, se lavó con abundante agua potable hasta obtener su pulcritud.

Figura 30: *Limpieza de todo residuo y lavado con agua potable de la población de Donax Obesulus.*

- Las valvas lavadas de Donax obesulus se dejaron en tinas (sin agua), para su secado a la intemperie.

Figura 31: *Secado de las valvas lavadas de Donax Obesulus, a la intemperie.*

- Las valvas secas de Donax obesulus, se acomodaron sobre sacos de polipropileno secos y limpios; se trituraron con el uso de un martillo de mango de madera, reduciendo así su tamaño y facilitar su posterior proceso de molienda.

Figura 32: *Triturado de las valvas de Donax Obesulus con martillo de mango de madera.*

- Se colocaron las valvas trituradas de Donax Obesulus dentro de dos bolsas de polietileno transparentes grandes; después, se cerraron para su transporte al laboratorio de Operaciones Unitarias del Instituto de Investigación Tecnológica Agroindustrial de la Universidad Nacional del Santa (UNS).

Figura 33: *Colocación de las valvas trituradas de Donax Obesulus en bolsas de polietileno transparentes grandes.*

- **DETERMINACIÓN DEL TIEMPO Y TEMPERATURA DE INCINERACIÓN PARA LAS DONAX OBESULUS Y CÁSCARA DE ARROZ.**

- Luego de recolectar las muestras de cáscara de arroz y Donax Obesulus, se envió 1 kg de cada insumo al laboratorio LASACI (Trujillo) para su análisis, tal como: Análisis Térmico Diferencial (ATD); Análisis Termogravimétrico (TGA); Fluorescencia de rayos X; Peso específico; Contenido de humedad y pH. (Ver Figura 34).

Figura 34: *Preparación de las muestras de Donax Obesulus (1 kg) y cáscara de arroz (1 kg) para su envío y análisis en el laboratorio LASACI (Trujillo).*

- Asimismo, varios días después se realizó el envío de 2 kg de cáscara de arroz y 2 kg de Donax Obesulus al laboratorio Sistema de servicios y análisis químicos SAC SLAB PERÚ SAC (Lima), para su análisis a través de los ensayos, como: Calorimetría Diferencial de Barrido (DSC); Análisis Termogravimétrico (TGA); Fluorescencia de rayos X dispersa en Energía (FRXDE); Granulometría; Peso específico; Contenido de humedad y pH. (Ver Figura 35).

Figura 35: *Preparación de las muestras de Donax Obesulus (2 kg) y cáscara de arroz (2 kg) para su envío y análisis en el laboratorio SAC Slab SAC (Lima).*

Para la determinación del tiempo (h) y temperatura (°C) de la incineración tanto de las valvas de Donax Obesulus, así como de la cáscara de arroz, se desarrolló el análisis simultáneo de DSC – TGA y el análisis térmico simultáneo de ATD – TGA, ambos análisis en diferentes laboratorios.

- **CALORIMETRÍA DIFERENCIAL DE BARRIDO (DSC) Y ANÁLISIS TERMOGRAVIMÉTRICO (TGA).**

El laboratorio Sistema de servicios y análisis químicos SAC SLAB PERÚ SAC de la ciudad de Lima, realizó el análisis simultáneo de DSC – TGA, tanto de las valvas de Donax Obesulus como de la cáscara de arroz.

La técnica de DSC se basó en la ASTM D3418 “Método de prueba estándar para temperatura de transición y entalpías de fusión y cristalización de polímeros por calorimetría diferencial de barrido”; mientras que la técnica TGA, se fundamentó en el “Método de prueba estándar para análisis composicional por Termogravimetría”.

Para el desarrollo del Análisis simultáneo de DSC – TGA, de las valvas de Donax Obesulus, así como para la cáscara de arroz:

- Se pesó la muestra a analizar y se colocó en el equipo Analizador térmico – Perkin Elmer – STA 6000. En el caso de las valvas de Donax Obesulus, se pesó una muestra de 24.576 mg y; con respecto a la muestra de cáscara de arroz se pesó 7.710 mg. Ambas muestras se analizaron por separado, es decir, en diferentes ensayos.

- El calentamiento del equipo se realizó con el método lineal, con una rampa rápida de 20 °C/min desde los 35.00 °C a 900.00 °C. El equipo trabajó con una atmósfera inerte, de Nitrógeno en un rango de temperatura de 35.00 °C a 600.00 °C.

- El resultado, del Termograma de DSC y el Diagrama TGA de la muestra de Donax Obesulus y de la muestra de cáscara de arroz, se consiguieron a través del software conectado al equipo.

Figura 36: *Equipo Analizador térmico – Perkin Elmer – STA 6000, para el de análisis térmico simultáneo DSC - TGA.*

Nota: *Imagen proporcionada por el laboratorio SAC SLAB SAC de Lima.*

- **ANÁLISIS TÉRMICO DIFERENCIAL (ATD) Y ANÁLISIS TERMOGRAVIMÉTRICO (TGA).**

El laboratorio LASACI de la ciudad de Trujillo, desarrolló el análisis térmico simultáneo de ATD – TGA, de las valvas de Donax Obesulus y de la cáscara de arroz. Para el desarrollo:

- Se realizó el pesaje de la muestra a analizar y se colocó en el equipo analizador térmico simultáneo Setsys Evolution – Capacidad Máxima 1600 °C. Con respecto a las valvas de Donax Obesulus, se pesó una muestra de 35 mg; asimismo, se pesó 35 mg en relación con la muestra de cáscara de arroz. Ambas muestras se analizaron por separado, es decir, en diferentes momentos.

- El calentamiento del equipo se realizó con el método lineal, con una tasa de calentamiento de 20 °C/min. El equipo trabajó con un gas de Nitrógeno de 10ml/min. El rango de trabajo fue de 25 °C a 920 °C.

- El resultado, del Termograma de ATD y el Diagrama TGA de la muestra de Donax Obesulus y de la muestra de cáscara de arroz, se consiguieron a través de un software de fácil uso conectado al equipo.

- Del análisis simultáneo DSC – TGA; frente a ATD – TGA para las CDO y CCA:

En esta investigación para la elaboración de cenizas, es decir la incineración de Donax Obesulus y cáscara de arroz, se adhiere a los resultados obtenidos en los ensayos de Análisis simultáneo DSC – TGA de las valvas de Donax Obesulus y cáscara de arroz, realizado por el

laboratorio Sistema de servicios y análisis químicos SAC SLAB PERÚ SAC de la ciudad de Lima, y no, a los resultados hallados en el Análisis térmico simultáneo de ATD – TGA de las valvas de Donax Obesulus y de la cáscara de arroz, realizado en el laboratorio LASACI/UNT de la ciudad de Trujillo; debido a que, los datos hallados por el laboratorio SLAB son más parecidos a los valores determinados en los antecedentes (tesis) de referencia para esta investigación y; porque el DSC explora transiciones térmicas dentro de una muestra determinada, mientras que, el ATD mide la diferencia de temperatura entre la muestra y una referencia estándar utilizando termopares.

- **DETERMINACIÓN DE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA CDO Y CCA MEDIANTE EL ENSAYO DE FLUORESCENCIA DE RAYOS X DISPERSA EN ENERGÍA "FRXDE".**
  - **ANÁLISIS DE FRXDE PARA LAS CDO Y CCA, EN EL LABORATORIO SLAB.**

El laboratorio Sistema de servicios y análisis químicos SAC SLAB PERÚ SAC de la ciudad de Lima, realizó el análisis de Espectroscopia de fluorescencia de rayos X (FRXDE), tanto de las cenizas de las valvas de Donax Obesulus como las cenizas de cáscara de arroz.

- Las valvas de Donax Obesulus fueron incineradas a 750 °C por 4 horas, y la cáscara de arroz a 400 °C por un lapso de 2 horas. Luego, se tamizó por la malla N° 100 las muestras de cenizas y posteriormente, se analizó en el equipo SHIMADZU EDX-720 espectrómetro de fluorescencia de rayos X. Ambas

muestras de cenizas (CDO y CCA), se analizaron por separado, es decir, en diferentes ensayos.

Figura 37: *Equipo SHIMADZU EDX-720 espectrómetro de fluorescencia de rayos X.*

Nota: *Imagen proporcionada por el laboratorio SAC SLAB SAC de Lima.*

- **ANÁLISIS DE FRXDE PARA LAS CDO Y CCA, EN EL LABORATORIO LASACI.**

De igual forma, el laboratorio LASACI de la ciudad de Trujillo, desarrolló el análisis en un Espectrómetro de Fluorescencia de rayos X, a las cenizas de las valvas de Donax Obesulus y a las cenizas de cáscara de arroz.

- Se realizó el tamizaje por la malla N° 200 de la muestra de cenizas. Se prosiguió con su análisis en un espectrómetro de fluorescencia de rayos X, marca BRUKER, modelo S2-PICOFOX. Con respecto a las valvas de Donax Obesulus, se utilizó una muestra de 25 mg; asimismo, para la muestra de cáscara de arroz se usó 25 mg. Ambas muestras se analizaron por separado, es decir, en diferentes ensayos.

- La Fuente de rayos X fue mediante un Tubo de Mo. El tiempo de medida fue 2000 segundos.

- Del análisis de FRXDE de la CDO.

Tabla 21

Resultado de Fluorescencia de Rayos X de la Ceniza de Donax Obesulus (CDO) por el laboratorio SLAB y el laboratorio LASACI

Cenizas "Donax Obesulus" [a]		Cenizas "Donax Obesulus" [b]	
Temperatura (°C) y tiempo (h) de incineración:			
	750 °C por 4h		700 °C por 2h
Composición Química:		Composición Química:	
CaO	96.97	CaO	43.17
SiO_2	1.75	SiO_2	35.65
Al_2O_3	-	Al_2O_3	9.30
Fe_2O_3	0.61	Fe_2O_3	2.27
SrO	0.54	SrO	-
K_2O	-	K_2O	1.68
MgO	-	MgO	1.08
P_2O_5	-	P_2O_5	0.56
CuO	0.09	CuO	0.31
SO_3	0.05	SO_3	0.075
ZnO	-	ZnO	0.034
MnO	-	MnO	0.017
Pérdida por quemado	-	Pérdida por quemado	5.85
Total	100.00	Total	100.00

Nota: *[a]Datos obtenidos del informe de ensayo IE-250122-03-03. [b]Datos obtenidos del reporte de medición y análisis de muestra por fluorescencia de rayos X realizado en el laboratorio LASACI/UNT.*

- El análisis de FRXDE de las CDO ejecutado por el laboratorio SLAB, se realizó a CDO incineradas a 750 °C por un período 4 horas, mientras que; el análisis de FRXDE de efectuado por el laboratorio LASACI/UNT a las CDO, se operó a CDO incineradas a 700 °C por un lapso de 2 horas; por ende, en esta investigación se acoge como referencia a los datos ontenidos

por el laboratorio SLAB detallados en la Tabla 21, por lo que, los ensayos de suelos combinados con cenizas se utilizó CDO incinerados a 775 °C por 4 horas, a causa de los resultados del análisis termico que, sugería trabajar las muestras de Donax Obesulus en un rango de 750 a 800 °C por un tiempo de 4 horas (una gran variación en el tiempo de incineración en atención al análisis hecho por el laboratorio LASACI/UNT).

- Del análisis de FRXDE de la CCA.

Tabla 22

Resultado de Fluorescencia de Rayos X de la Ceniza de Cáscara de Arroz (CCA) por el laboratorio SLAB y el laboratorio LASACI

Cenizas "Cáscara de Arroz" [a]		Cenizas "Cáscara de Arroz" [b]	
Temperatura (°C) y tiempo (h) de incineración:			
	400 °C por 2h		450 °C por 2h
Composición Química:		Composición Química:	
SiO_2	70.55	SiO_2	86.97
K_2O	22.22	K_2O	2.07
CaO	1.41	CaO	1.43
Al_2O_3	4.08	Al_2O_3	0.67
MgO	-	MgO	0.52
P_2O_5	0.67	P_2O_5	-
MnO	0.50	MnO	-
Fe_2O_3	0.42	Fe_2O_3	0.49
Na_2O	-	Na_2O	0.18
TiO_2	-	TiO_2	0.016
SO_3	0.10	SO_3	-
ZnO	0.04	ZnO	-
CuO	0.01	Pérdida por calcinación	7.61
Total	100.00	Total	100.00

Nota: *[a]Datos obtenidos del informe de ensayo IE-250122-03-04. [b]Datos obtenidos del reporte de medición y análisis de muestra por fluorescencia de rayos X realizado en el laboratorio LASACI/UNT.*

- El análisis de FRXDE de las CCA realizado por el laboratorio SLAB, se examinó a CCA incineradas a 400 °C por un período 2 horas, en cambio, el análisis de FRXDE a las CCA desarrollado por el laboratorio LASACI/UNT, se ejecutó a CCA incineradas a 450 °C por un período 2 horas; en consecuencia, en esta tesis se acepta como referencia a los valores conseguidos por el laboratorio LASACI mencionados en la Tabla 22, porque para los ensayos de suelos combinados con cenizas, se emplearon CCA incinerados a 475 °C por 2 horas; en razón a los resultados del análisis térmico a las muestras de cáscara de arroz, que proponía emplear un rango de 450 a 480 °C en la incineración de las mismas.

- **INCINERACIÓN DE LAS MUESTRAS DE DONAX OBESULUS Y LA CÁSCARA DE ARROZ.**

  - **PROCESO DE SECADO DE MATERIAS PRIMAS.**

Se solicitó el permiso de acceso al laboratorio de Operaciones Unitarias, del Instituto de Investigación Tecnológica Agroindustrial de la Universidad Nacional del Santa, para los trabajos de secado y molienda de los insumos utilizados en esta investigación, el cual fue aceptado.

- Después de transportar los sacos de cáscara de arroz y las valvas trituradas de Donax Obesulus a un ambiente de depósito del laboratorio de Operaciones Unitarias. Se compró y colocó papel aluminio en las bandejas de secado para

cubrir los vacíos de sus mallas, con el propósito de que, en el proceso de secado de la cáscara de arroz, éstas no se desperdicien.

Figura 38: *Colocación de papel aluminio en las bandejas de secado para su uso.*

- Luego, se abrió un saco contenido de cáscara de arroz (con humedad) y se colocó poco a poco muestras de las cáscaras en un recipiente de aluminio o plástico para pesarlas en una balanza de 4 kg de capacidad del laboratorio de Operaciones Unitarias y registrarlas en una ficha.

Figura 39: *Pesaje de las muestras de cáscara de arroz (con humedad) en una balanza de 4kg.*

- Enseguida, la muestra de cáscara de arroz (con humedad) pesada y registrada, se acomodó de forma cuidadosa sobre las bandejas de secado preparadas con papel filtro, ubicadas en la mesa de trabajo.

Figura 40: *Colocación de las muestras de cáscaras de arroz (con humedad) pesadas y registradas en las bandejas de secado preparadas con papel aluminio.*

- El laboratorio de Operaciones Unitarias del Instituto de Investigación Tecnológica Agroindustrial de la Universidad Nacional del Santa, cuenta con un equipo de secador de bandejas para el secado de materia primas, comprendido por un ventilador y un tablero de control para resistencias, velocidad y temperatura. En el tablero de control; el ventilador, se enciende con el pulsador V1 y RUN, y se apaga con el pulsador V2; las resistencias, se enciende y apaga con el controlador P2; la velocidad, se regula con el controlador P1; y la temperatura, se programa con el controlador T2.

Figura 41: *El equipo de secador de bandejas con ventilador y su tablero de control a 60 °C de temperatura (T2).*

- Luego de llenar las bandejas de secado con las cáscaras de arroz (húmeda), se ingresó las mismas a la cámara de secado del equipo de secador de bandejas. El secado de las cáscaras de arroz se trabajó con una temperatura constante de 60 °C por un tiempo de 24 horas.

Figura 42: *Colocación de las bandejas con cáscara de arroz (húmeda), en la cámara del equipo de secador de bandejas del laboratorio de Operaciones Unitarias de la UNS.*

Nota: *De los 19 sacos que contenían cáscara de arroz (húmedo) obtenidos del molino Velásquez; sólo se utilizó en el laboratorio, 18 sacos de cáscara de arroz (cada uno tuvo alrededor de 15.6 kg).*

- Pasada las 24 horas, con el uso de trapos industriales se retiró de la cámara del equipo de secador de bandejas; las bandejas de secado con cáscara de arroz secas y se colocaron en la mesa de trabajo del laboratorio; esta actividad se realizó con mucha diligencia para no dejar caer las cáscaras secas.

Figura 43: *Retiro de las bandejas de secado con cáscara de arroz (seco), de la cámara del equipo de secador de bandejas después de 24 horas, y su colocación en la mesa de trabajo.*

- Enseguida, se procedió a colocar las muestras de cáscara de arroz secas en un recipiente de aluminio o plástico y se realizó el pesaje de las cáscaras en una balanza de 4 kg del laboratorio de Operaciones Unitarias. Se registró los valores en la ficha.

Figura 45: *Colocación de cáscara de arroz (seco) en recipiente y su pesaje en balanza de capacidad de 4kg en laboratorio.*

- Seguidamente, se guardó las cáscaras de arroz secas, pesadas y registradas, dentro de bolsas grandes, blancas o transparente de polietileno para su molienda.

Figura 44: *Colocación de las cáscaras de arroz (secas) pesadas y registradas, dentro de bolsas grandes de polietileno para su molienda.*

- Del proceso de secado de la cáscara de arroz.

Tabla 23

Pesaje (kg) de los lotes de cáscara de arroz antes y después del uso del Secador de bandejas

Lote	Inicio (Húmedo)	Final (Seco)	Rendimiento	Lote	Inicio (Húmedo)	Final (Seco)	Rendimiento
I	9.555	9.415	98.53%	XI	15.756	15.150	96.15%
II	11.925	11.896	99.76%	XII	17.229	16.174	93.88%
III	12.332	12.245	99.29%	XIII	12.317	11.949	97.01%
IV	15.433	14.701	95.25%	XIV	12.828	12.683	98.87%
V	15.515	15.363	99.02%	XV	13.570	13.345	98.34%
VI	12.777	12.099	94.69%	XVI	16.376	16.074	98.16%
VII	13.888	13.791	99.30%	XVII	16.579	16.317	98.42%
VIII	13.761	13.263	96.38%	XVIII	15.810	15.541	98.30%
IX	8.675	8.231	94.88%	XIX	16.005	15.922	99.48%
X	14.551	13.872	95.26%	XX	15.846	15.465	97.60%
			TOTAL	I - XX	280.728	273.496	

- Se utilizó 18 sacos de propileno, contenidos de un total de 280.728 kg de cáscara de arroz (húmedo) procedente del molino Velásquez del centro poblado de Cambio Puente, posteriormente, por el secado de las muestras a 60 °C por un periodo de 24 horas en el equipo secador de bandejas del laboratorio de Operaciones unitarias del Instituto de Investigación Tecnológica Agroindustrial de la UNS , se obtuvo 273.496 kg de cáscara de arroz (seco), una diferencia total 7.232 kg respecto al peso inicial, con un rendimiento entre 93.88% - 99.76%.

- **MOLIENDA DE CÁSCARA DE ARROZ.**

- Asimismo, el laboratorio de Operaciones Unitarias del Instituto de Investigación Tecnológica Agroindustrial de la Universidad Nacional del Santa cuenta con un Molino de Martillos, para los procesos de molienda y tamizado; está comprendido por un ventilador, motor, tamizador, esclusa, activador, tolva de alimentación y descarga, además de un tablero de control.

Figura 46: *Molino de martillos del laboratorio de Operaciones Unitarias del Instituto de Investigación.*

- Se ingresó por partes a la tolva de alimentación del molino de martillos, las cáscaras de arroz secas embolsadas. Para este proceso de molienda se trabajó con una malla de 3 mm. En la tolva de descarga, se colocó una bolsa blanca o transparente de polietileno en donde se recepcionó el producto final.

Figura 47: *Proceso de molienda de cáscara de arroz seca en el molino de martillos.*

- Al finalizar la molienda de cada lote de cáscara de arroz seca, se retiró de la tolva de descarga la bolsa con el producto, y se aseguró, colocándole otra bolsa externa. Luego, se trasladó el lote de molienda a la Planta piloto de la Universidad Nacional del Santa donde se realizó el pesaje en una balanza electrónica con capacidad de 100 kilos y se registró en la ficha del formato.

Figura 48: *Pesaje de los lotes de molienda de las cáscaras de arroz.*

- De la molienda de la cáscara de arroz.

Tabla 24

Pesaje (kg) de los lotes de cáscara de arroz antes y después del uso del Molino de martillo

Lote	Inicio	Final	Rendimiento	Lote	Inicio	Final	Rendimiento
I	9.415	9.319	98.98%	XI	15.150	14.983	98.30%
II	11.896	11.879	99.86%	XII	16.174	16.057	99.28%
III	12.245	12.228	99.86%	XIII	11.949	11.703	97.94%
IV	14.701	14.612	99.39%	XIV	12.683	12.443	98.11%
V	15.363	15.153	98.63%	XV	13.345	13.283	99.54%
VI	12.099	12.003	99.21%	XVI	16.074	15.703	97.69%
VII	13.791	13.273	96.24%	XVII	16.317	15.973	97.89%
VIII	13.263	13.103	98.79%	XVIII	15.541	15.243	98.08%
IX	8.231	8.223	99.09%	XIX	15.922	15.583	97.87%
X	13.872	13.813	99.57%	XX	15.465	15.093	97.59%
			TOTAL	I - XX	273.496	269.67	

- Se ingresó 273.496 kg de muestra de cáscara de arroz (seco) procedentes del secador de bandejas, en el molino de martillo del mismo laboratorio de

Operaciones Unitarias de la UNS, lográndose finalmente, un total de 269.67 kg de molienda de cáscara de arroz, con una diferencia de 3.826 kg respecto al peso inicial y, un rendimiento entre 96.24% - 99.86%.

- **MOLIENDA DE VALVAS DE DONAX OBESULUS.**

- Para el caso de las valvas trituradas de Donax Obesulus recepcionadas en un ambiente de depósito del laboratorio de Operaciones Unitarias, no fue necesario el proceso de secado en el equipo del secador de bandejas, debido a la textura de las valvas y por lo que, durante un mes estuvo expuesta a la intemperie para su secado; entonces, en laboratorio se ejecutó directamente su molienda.

- Se inició con el pesaje de las valvas trituradas en la balanza de 4 kg del laboratorio y se apuntó los datos en la ficha para continuar con su molienda.

Figura 49: *Pesaje de las valvas trituradas de Donax Obesulus en una balanza de 4 kg para dar inicio al proceso de molienda.*

- Las valvas trituradas de Donax obesulus (aparentemente secas) pesadas y registradas, se ingresaron poco a poco por la tolva de alimentación del molino de martillos del laboratorio de Operaciones Unitarias de la UNS; para su molienda también se utilizó una malla de 3mm. Se colocó una bolsa transparente de polietileno en la tolva de descarga para recepcionar la molienda de las valvas de la Donax.

Figura 50: *Proceso de molienda de las valvas trituradas de Donax Obesulus en el molino de martillos*.

- Al terminar el proceso de molienda y retirar la bolsa del molino, se reforzó el producto final con en otra bolsa de polietileno. Se llevó el lote a la Planta Piloto de la UNS y se determinó su peso registrándose el valor en la ficha del formato.

Figura 51: *Pesaje de los lotes de molienda de las valvas de Donax Obesulus.*

- De la molienda de Donax Obesulus.

Tabla 25

Pesaje (kg) de los lotes de valvas de Donax Obesulus antes y después del uso del Molino de martillos

Lote	Inicio	Final	Rendimiento
I	17.100	16.874	98.68%
II	17.200	16.933	98.45%
III	10.723	10.513	98.04%
TOTAL	45.023	44.320	-

- Se utilizó 45.023 kg de valvas trituradas de Donax Obesulus (aparentemente secas), se obtuvo un total de 44.320 kg de molienda de Donax Obesulus en el laboratorio de Operaciones Unitarias de la UNS. con una diferencia de 0.703 kg respecto al peso inicial y, un rendimiento entre 98.04% - 98.68%.

- **CONTENIDO DE HUMEDAD POR EL MÉTODO DE SECADO EN ESTUFA.**

Con la finalidad de obtener el contenido de humedad de las cáscaras de arroz para su registro en los formatos del proceso de secado y molienda.

- Se determinó el contenido de humedad en base húmeda y en base seca de la cáscara de arroz. Inicialmente, se pesó y se anotó los datos de seis placas Petri; de los cuales tres placas Petri fueron para las bases secas (1, 2, 3) y tres placas Petri fueron para las bases húmedas (1, 2, 3).

Figura 52: *Pesaje de 3 placas Petri para bases secas y 3 placas Petri para bases húmedas para la determinación de contenido de humedad.*

- De un saco de propileno con contenido de cáscara de arroz procedente del molino de Cambio Puente, se seleccionó 3 muestras representativas de cáscara de arroz (húmedas). Se colocó cada muestra en las placas Petri para las bases húmedas (1, 2, 3). Se pesaron y se registraron los valores.

Figura 54: *Pesaje de las 3 muestras representativas de cáscara de arroz (húmedas) colocadas en las placas Petri para las bases húmedas (1, 2, 3).*

- De igual manera, se seleccionó 3 muestras representativas de cáscara de arroz (secas) procedentes del equipo de secador de bandejas (secado por 24 horas a 60 °C). Se instauró cada muestra en las placas Petri para las bases secas (1, 2, 3). Se prosiguió con el pesaje y se anotó el dato.

Figura 53: *Pesaje de las 3 muestras representativas de cáscara de arroz (secadas a 60 °C por 24 horas en el secador de bandejas) colocadas en las placas Petri para las bases secas (1, 2, 3).*

- Luego, las 6 placas Petri con las muestras de cáscara de arroz húmedas y secas, se llevaron a la estufa esterilizadora digital para su secado a 105 °C por 3 horas.

Figura 55: *Disposición de las 6 placas Petri con las muestras de cáscara de arroz húmedas y secas dentro de la estufa esterilizadora digital para su secado a 105 °C por 3 horas.*

- Pasada las 3 horas, se retiró de la estufa las 6 placas Petri con muestras de cáscara de arroz secadas; se procedió a pesarlas y apuntar los pesos para el cálculo de la humedad.

Figura 56: *Retiro de las 6 placas Petri con las muestras de cáscara de arroz secas, de la estufa esterilizadora digital y su pesaje para el cálculo de humedad.*

Nota: *El contenido de humedad con base húmeda y con base seca, sirvió para llenar el formato del uso del secador de bandejas (inicio y final) y el del uso del módulo de molienda (inicio y final).*

- Del contenido de humedad por el método de secado en estufa para la CCA.

Mediante el método de secado en estufa a 105°C por 3 horas, se realizó el ensayo con tres muestras, para obtener el promedio se determinó el "Contenido de Humedad de la cáscara de arroz" proveniente del molino de arroz Velásquez en Cambio Puente y, el "Contenido de Humedad de la cáscara de arroz después de su secado dentro de la cámara del equipo secador de bandejas a 60 °C por 24 horas para la molienda de la misma". Ambos datos fue necesario para el llenado del contenido de humedad en el formato del uso del secador de bandejas (inicio y final) y el contenido de humedad en el uso del módulo de molienda (inicio y final).

Tabla 26

Contenido de Humedad de la Cáscara de arroz

Parámetro	Bases	C.H.	Contenido de Humedad Promedio
Contenido de Humedad de la CCA	Base Húmeda 1	8.18%	7.5%
	Base Húmeda 2	7.95%	
	Base Húmeda 3	6.37%	

Tabla 27

Contenido de Humedad de la CCA tras el uso del equipo secador de bandeja

Parámetro	Bases	C.H.	Contenido de Humedad Promedio
C.H. de la CCA después del uso del secador de bandejas	Base Seca 1	4.78%	4.85%
	Base Seca 2	4.99%	
	Base Seca 3	4.80%	

- **INCINERACIÓN EN HORNO MUFLA ELÉCTRICA.**

La incineración de la molienda de cáscara de arroz y la molienda de las valvas de Donax Obesulus fue realizada en el laboratorio Sistema de servicios y análisis químicos SAC SLAB PERÚ SAC en la ciudad de Lima, por medio de un horno mufla eléctrico.

Figura 57: *Mufla eléctrica del laboratorio Sistema de servicios y análisis químicos SAC SLAB SAC utilizada para la elaboración de cenizas de la presente investigación.*

Nota: *Imagen proporcionada por el laboratorio SAC SLAB SAC de Lima.*

- Para el proceso de incineración se utilizó una bandeja especial, resistente a altas temperaturas, que permitió colocar la molienda de los insumos dentro de la cámara interna de la mufla eléctrica.

Figura 58: *Colocación de molienda de cáscara de arroz dentro de la cámara interna de la mufla eléctrica.*

Nota: *Imagen proporcionada por el laboratorio SAC SLAB SAC de Lima.*

**Es preciso mencionar que, la colocación directa de la molienda de cáscara de arroz en la mufla, se realizó con fines de fotografía, ya que en el proceso de incineración se utilizó bandejas especiales por la cantidad de material y para su manejo.*

- La incineración de la molienda de cáscara de arroz, se ejecutó a 475 °C por un transcurso de 2 horas, la temperatura y tiempo se programó a través del sistema de control de la mufla eléctrica.

- Para la incineración de la molienda de las valvas de Donax Obesulus, se trabajó a una temperatura de 775 °C por un tiempo de 4 horas, programados en el sistema de control de la mufla.

- Dado que, para esta investigación se tuvo que realizar 9 combinaciones de cenizas y suelo de la muestra patrón, se coordinó con el laboratorio SAC SLAB SAC los envíos de cenizas por cada combinación a ejecutar, de Lima a la ciudad de Nuevo Chimbote.

- Las bolsas con cenizas fueron recepcionadas con la etiqueta de semana, correspondiente al número de combinación, como se muestra en la Tabla 28.

Tabla 28

Pesos y etiquetas de las bolsas con cenizas por combinación, enviadas desde SAC SLAB SAC

Combinaciones	Ceniza de Donax Obesulus (CDO)	Ceniza de cáscara de arroz (CCA)	Etiqueta de las bolsas que confinan las cenizas
Combinación 1: (MP + 4% CDO + 5% CCA)	1.876 kg de CDO	2.345 kg de CCA	PRIMERA SEMANA
Combinación 2: (MP + 4% CDO + 9% CCA)	1.876 kg de CDO	4.221 kg de CCA	SEGUNDA SEMANA
Combinación 3: (MP + 4% CDO + 12% CCA)	1.876 kg de CDO	5.628 kg de CCA	TERCERA SEMANA
Combinación 4: (MP + 6% CDO + 5% CCA)	2.814 kg de CDO	2.345 kg de CCA	CUARTA SEMANA
Combinación 5: (MP + 6% CDO + 9% CCA)	2.814 kg de CDO	4.221 kg de CCA	QUINTA SEMANA
Combinación 6: (MP + 6% CDO + 12% CCA)	2.814 kg de CDO	5.628 kg de CCA	SEXTA SEMANA
Combinación 7: (MP+ 8% CDO + 5% CCA)	3.752 kg de CDO	2.345 kg de CCA	SEPTIMA SEMANA
Combinación 8: (MP + 8% CDO + 9% CCA)	3.752 kg de CDO	4.221 kg de CCA	OCTAVA SEMANA
Combinación 9: (MP + 8% CDO + 12% CCA)	3.752 kg de CDO	5.628 kg de CCA	NOVENA SEMANA

Nota: *Los pesos detallados líneas arriba de las CDO y CCA, fueron determinados según el número de ensayos y la cantidad de cenizas a utilizar para cada uno, más un porcentaje de desperdicio.*

Figura 59: *Bolsas con cenizas de Donax Obesulus y cenizas de cáscara de arroz con sus respectivas etiquetas.*

Nota: *Es relevante especificar que, para la obtención de 25.326 Kg de CDO, se ingresó en el horno mufla un total de 43.133 Kg de molienda de valvas de Donax Obesulus. Por otra parte, para la obtención de 36.582 Kg de CCA, se colocó en el horno mufla un total de 224.400 Kg de molienda de Cáscara de Arroz.*

- De la incineración de Donax Obesulus y cáscara de arroz.

En la Tabla 29, se muestra las cantidades expresados en kilogramos de ceniza de Donax Obesulus y kilogramos de ceniza de cáscara de arroz, después de la incineración de la molienda de los insumos dentro del laboratorio de SLAB. Es conveniente precisar, que las cantidades de ceniza fueron enviadas desde Lima, según la proporción requerida por cada combinación estipulada en esta investigación.

Tabla 29

Cantidad (kg) de CDO incinerado a 775 °C por 4 horas y, cantidad (kg) de CCA incinerado a 475 °C por 2 horas

Combinación	% Muestra Requerida en base al suelo	Muestra Inicial (kg)	Muestra Final (kg)	Cantidad de Ceniza (kg)
Combinación 1:	4% CDO	3.127	1.876	1.876
(MP + 4% CDO + 5% CCA)	5% CCA	14.070	2.345	2.345
Combinación 2:	4% CDO	3.075	1.876	1.876
(MP + 4% CDO + 9% CCA)	9% CCA	26.463	4.221	4.221
Combinación 3:	4% CDO	2.958	1.876	1.876
(MP + 4% CDO + 12% CCA)	12% CCA	32.950	5.628	5.628
Combinación 4:	6% CDO	4.260	2.814	2.814
(MP + 6% CDO + 5% CCA)	5% CCA	14.203	2.345	2.345
Combinación 5:	6% CDO	5.171	2.814	2.814
(MP + 6% CDO + 9% CCA)	9% CCA	23.743	4.221	4.221
Combinación 6:	6% CDO	4.973	2.814	2.814
(MP + 6% CDO + 12% CCA)	12% CCA	31.986	5.628	5.628
Combinación 7:	8% CDO	6.315	3.752	3.752
(MP+ 8% CDO + 5% CCA)	5% CCA	15.261	2.345	2.345
Combinación 8:	8% CDO	6.690	3.752	3.752
(MP + 8% CDO + 9% CCA)	9% CCA	28.272	4.221	4.221
Combinación 9:	8% CDO	6.564	3.752	3.752
(MP + 8% CDO + 12% CCA)	12% CCA	37.452	5.628	5.628

Nota: *Datos obtenidos de los Reportes de Servicio RS-015-22 (obtención de CDO) y RS-016-22 (obtención de CCA) requeridos para las 9 combinaciones de suelo con cenizas, realizado por el laboratorio Sistema de servicios y análisis químicos SAC SLAB PERÚ SAC en la ciudad de Lima.*

- **DETERMINACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LA CDO Y CCA.**

  - **GRANULOMETRÍA.**

  - En el laboratorio Laboratorio SAC SLAB PERÚ SAC desarrollaron el ensayo de Análisis granulométrcio por tamizado de las CCA y CDO, igualmente se ejecutó el ensayo dentro del laboratorio de suelos del laboratorio KAE. El procedimiento es igual al de la Granulometría por tamizado, tanto del suelo natural como del suelo con adición de CDO y CCA, y se detalla líneas abajo.

  - De la granulometría de la ceniza de Donax Obesulus.

  En la Tabla 30, se detalla los valores determinados en la granulometría por tamizado de la CDO, hallados en dos laboratorios.

Tabla 30

Datos obtenidos del análisis granulométrico por tamizado de la CDO

Determinación	Unidad	Laboratorio SAC SLAB PERÚ SAC[a]	Elaboración propia[b]
Grava (No.4 < Diam < 3"):	%	0.00	0.00
Arena (No.200 < Diam < No.4):	%	> 64.62	67.96
Finos (Diam < No.200):	%	< 35.38	32.04

Nota: *[a]Dato obtenido del informe de ensayo IE-250122-03-03. [b]Dato obtenido de la elaboración propia dentro del laboratorio de KAE ingeniería.*

- El ensayo de granulometría de la ceniza de Donax Obesulus (CDO) desarrollado por el laboratorio SLAB, se efectuó hasta la malla Nº 170 con un "% Pasa N º170 = 35.38%"; mientras que, el ensayo granulométrico

por tamizado de la CDO realizado dentro del laboratorio de suelos de KAE, se utilizó hasta lel tamiz Nº 200, por ende, esta investigación se acoge a estos últimos valores.

- De la granulometría de la ceniza de cáscara de arroz.

En la Tabla 31, se muestra los datos calculados de la granulometría por tamizado de la CCA, determinados en dos laboratorios.

Tabla 31

Datos obtenidos del análisis granulométrico por tamizado de la CCA

Determinación	Unidad	Laboratorio SAC SLAB PERÚ SAC[a]	Elaboración propia[b]
Grava (No.4 < Diam < 3"):	%	0.00	0.00
Arena (No.200 < Diam < No.4):	%	95.64	45.92
Finos (Diam < No.200):	%	4.36	54.08

Nota: *[a]Dato obtenido del informe de ensayo IE-250122-03-04. [b]Dato obtenido de la elaboración propia dentro del laboratorio de KAE ingeniería.*

- El ensayo de granulometría de la ceniza de cáscara de arroz (CCA) trabajado por el laboratorio SLAB, presentó un 95.64% de arena y 4.36% de finos; por el contrario, el ensayo de análisis granulométrico tamizado de la CCA realizado desarrollado dentro del laboratorio de suelos de KAE, manifestó 45.92% de arena y 54.08% de finos; esta tesis se adhiere a estos últimos valores por guardar relación a los valores mencionados a los antecedentes (tesis) de este estudio

- **PESO ESPECÍFICO.**

La determinación del peso específico o gravedad específica de las cenizas de cáscara de arroz (CCA) y cenizas de Donax Obesulus (CDO), fue realizado tanto por el laboratorio Sistema de servicios y análisis químicos SAC SLAB PERÚ SAC en la ciudad de Lima, así también, por el laboratorio LASACI en la ciudad de Trujillo. Para su desarrollo:

- El material representativo se tamizó por la malla N° 4 y se dejó sumergido en agua por 24 horas; pasado el tiempo, se escurrió con cuidado el agua de la muestra, y se secó en el horno a 110 °C.

- Una vez seca, la muestra se consideró como muestra saturada superficialmente seca (SSS) y se prosiguió con su apisonado en un tronco conito en 3 capas con 25 golpes.

- Luego, se retiró el tronco conito de la muestra SSS, y ésta se derrumbó parcialmente conservando casi su forma y su altura. Es preciso mencionar que, si al retirar el tronco conito, la muestra se derrumbaba totalmente significa que se encontraba muy seca y, que, si la misma no se derrumbaba parcialmente, es decir, se mantenía intacta al retirar el tronco conito, significaba que la muestra seguía húmeda; em ambos casos se debía seguir preparando la muestra.

- De la muestra saturada superficialmente seca (SSS) se pesó 300 g y se tapó para que no absorbiera humedad.

- El picnómetro de 500 ml se llenó de agua destilada hasta la marca de calibración (parte inferior del menisco en la marca), esta actividad se realizó

con mesura para evitar introducir burbujas de aire en el picnómetro; luego, se secó el cuello del picnómetro con una toalla de papel, se realizó el pesaje del picnómetro con agua destilada y se registró.

Figura 60: *Picnómetros de 250 ml y 500 ml.*

Nota: *Reproducida de Picnómetros de 250 ml y 500 ml [Fotografía], por Sossa, 2019, (https://idoc.pub/documents/idocpub-5143redj3g4j).*

- Asimismo, se tomó y registró la temperatura del agua destilada dentro del picnómetro con el uso de un termómetro.

- Después, se retiró el agua destilada del matraz, se colocó un embudo dentro él y se vertió los 300 g de muestra saturada superficialmente seca (SSS).

- A continuación, se añadió agua estilada enjuagando cualquier partícula de muestra remanente en el embudo, se llenó el picnómetro hasta aproximadamente ¾ de su capacidad y se agitó el agua formando una pasta aguada con la muestra.

- Se removió el aire entrampado; para ello, se colocó el picnómetro en la estufa, se dejó hervir la mezcla de muestra y agua, y se agitó constantemente

el picnómetro por un periodo de 10 minutos para que la muestra no se pegue ni se seque en el vidrio. Una vez, eliminado el aire, se dejó enfriar.

- Luego, se completó hasta la marca del picnómetro con agua destilada, se pesó y se registró el peso de picnómetro, agua y muestra.

- Nuevamente, se tomó el termómetro y se midió la temperatura de ensayo, pero esta vez del agua destilada con la muestra dentro del picnómetro.

- Se pesó un recipiente y se traspasó a él, toda la muestra pastosa y el agua destilada confinadas en el picnómetro.

- Se colocó el recipiente con su contenido dentro del horno a 110 °C por 24 horas. Pasado ese tiempo, se retiró del horno el recipiente y se dejó enfriar; después, se pesó el recipiente con la muestra seca y se registró, para realizar los respectivos cálculos.

- Del peso específico de la ceniza de Donax Obesulus.

Inmediatamente, en la Tabla 32 se menciona los valores de peso específico de la ceniza de Donax Obesulus (CDO) hallados en dos laboratorios.

Tabla 32

Datos obtenidos del peso específico de la ceniza de Donax Obesulus (CDO)

Determinación	Unidad	Laboratorio SAC SLAB PERÚ SAC[a]	Laboratorio LASACI/UNT[b]
Peso Específico:	(g/cm3)	1.56	2.57

Nota: [a]*Dato obtenido del informe de ensayo IE-250122-03-03.* [b]*Dato obtenido del informe de análisis.*

- El ensayo de peso específico de la ceniza de Donax Obesulus (CDO) desarrollado por el laboratorio SLAB, se efectuó bajo la ASTM C-128; por otra parte, el ensayo de peso específico de CDO realizado por el

laboratorio LASACI/UNT, se hizo bajo la MTC 113 (NTP 339.131). Ahora bien, en esta investigación nos adherimos al dato obtenido de 2.57 g/cm3 (hallado por el laboratorio LASACI/UNT) porque este valor es más cercano a los valores descritos en relación con los antecedentes (tesis) de este estudio.

- Del peso específico de la ceniza de cáscara de arroz.

A continuación, en la Tabla 33 se muestra los valores de peso específico de la ceniza de cáscara de arroz (CCA) determinados en dos laboratorios.

Tabla 33

Datos obtenidos del peso específico de la ceniza de cáscara de arroz (CCA)

Determinación	Unidad	Laboratorio SAC SLAB PERÚ SAC[a]	Laboratorio LASACI/UNT[b]
Peso Específico:	(g/cm3)	0.42	2.83

Nota: [a]*Dato obtenido del informe de ensayo IE-250122-03-04.* [b]*Dato obtenido del informe de análisis.*

- El ensayo de peso específico de la ceniza de cáscara de arroz (CCA) realizado por el laboratorio SLAB, fue ejecutado bajo la ASTM C-128; mientras que, el ensayo de peso específico de CCA realizado por el laboratorio LASACI/UNT, se empleó la MTC 113 (NTP 339.131). Ahora bien, en esta investigación nos adherimos al dato obtenido de 2.83 g/cm3 (alcanzado por el laboratorio LASACI/UNT) debido a que este valor es más cercano con respecto a los valores mencionados a los antecedentes (tesis) de este estudio.

- **CONTENIDO DE HUMEDAD.**

- Se pesó los recipientes en la balanza, los cuales estaban limpios y secos; luego, se apuntó dichos pesos.

- Se seleccionó las muestras de cenizas representativas y se dispuso las mismas en cada recipiente; se determinó el peso del recipiente y las muestras húmedas en la balanza y, se anotó.

- Se introdujo los recipientes con muestras húmedas en el horno de secado por 24 horas.

- Pasado el tiempo mencionado, se extrajo del horno, los recipientes con las muestras y se halló el peso con la misma balanza.

- Se procedió con el cálculo del contenido de humedad de las muestras.

- Se solicitó el ensayo de contenido de humedad en dos laboratorios, como son Laboratorio SAC SLAB PERÚ SAC y Laboratorio LASACI/UNT.

- Del contenido de humedad de la CDO.

A continuación, en la Tabla 34 se hace referencia a los valores del contenido de humedad de la ceniza de Donax Obesulus (CDO) determinados en dos laboratorios.

Tabla 34

Datos obtenidos del contenido de humedad de la ceniza de Donax Obesulus (CDO)

Determinación	Unidad	Laboratorio SAC SLAB PERÚ Sac[ha]	Laboratorio LASACI/UNT[b]
Contenido de Humedad:	(%)	< 0.05	0.18

Nota: [a]*Dato obtenido del informe de ensayo IE-250122-03-03.* [b]*Dato obtenido del informe de análisis.*

- El ensayo de contenido de humedad de la ceniza de Donax Obesulus (CDO), realizado por el laboratorio SLAB, así como por el laboratorio LASACI/UNT; se ejecutó bajo la ASTM D-2216. En esta investigación, nos adherimos al valor obtenido de < 0.05% de contenido de humedad (logrado por el laboratorio SLAB) debido a que, este dato corresponde a una ceniza incinerada a 750 °C por un periodo de 4 horas, frente al valor de 0.18% que concierne a una ceniza trabajada a 700 °C por un periodo de 2 horas.

- Del contenido de humedad de la CCA.

En la Tabla 35 se menciona los valores del contenido de humedad de la ceniza de cáscara de arroz (CCA) hallados en los laboratorios citados.

Tabla 35

Datos obtenidos del contenido de humedad de la ceniza de cáscara de arroz (CCA)

Determinación	Unidad	Laboratorio SAC SLAB PERÚ SAC[a]	Laboratorio LASACI/UNT[b]
Contenido de Humedad:	(%)	1.94	0.12

Nota: [a]*Dato obtenido del informe de ensayo IE-250122-03-04.* [b]*Dato obtenido del informe de análisis.*

- El ensayo de contenido de humedad de la ceniza de cáscara de arroz (CCA), se realizó bajo la ASTM D-2216, por el laboratorio SLAB y el laboratorio LASACI/UNT. Pues bien, en esta investigación nos adherimos al dato obtenido de 0.12 % (conseguido por el laboratorio LASACI/UNT) por ser procedente del análisis a una ceniza incinerada a 450 °C en un tiempo de 2 horas, a la vez que, este valor es más cercano a los datos mencionados en los antecedentes (tesis) de este estudio; es preciso decir

que, el valor de 1.94 % corresponde a una ceniza elaborada a 400 °C por un periodo de 2 horas.

- **pH.**

La determinación del pH de las cenizas de Donax Obesulus y las cenizas de cáscara de arroz, fue realizado por el laboratorio LASACI en la ciudad de Trujillo y, por el laboratorio Sistema de servicios y análisis químicos SAC SLAB PERÚ SAC en la ciudad de Lima.

- Se secó la muestra al aire a la temperatura ambiente, luego, se tamizó la misma por la malla N° 10 y se trituró las partículas retenidas para que atraviesen el tamiz mencionado.

- Se realizó el cuarteo de la muestra tamizada, se obtuvo una muestra representativa de 30 g.

- Se colocó los 30 g de muestra en el vaso de vidrio de 100 ml y se agregó 75 ml de agua destilada, se agitó la muestra con agua por unos minutos y se dejó reposar por 8 horas tapándolo con una luna de reloj.

- Pasado el tiempo, se agitó otra vez la suspensión.

- Se tomó el potenciómetro y se calibró por medio de su electrodo usando las soluciones buffer.

- Después, se procedió al lavado del electrodo del potenciómetro con agua destilada, posterior a ello, se introdujo el electrodo en la suspensión (muestra más agua destilada). Se tomó 3 lecturas de pH (buscando el valor constante dentro de 1 minuto), y se verificó que el rango de diferencia entre dichas lecturas sea de 0.05 unidades de pH.

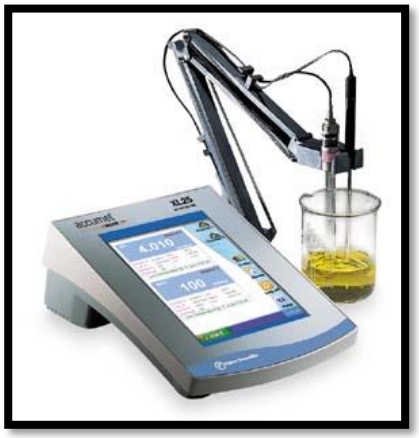


Figura 61: *Potenciómetro con un par de electrodos, uno de calomel y otro de vidrio.*

Nota: *Reproducida de Phmetro [Gráfico], por Potenciometría, 2012, (https://potenciometria.blogspot.com/2012/03/electrodos-para-la-medida-del-ph.html).*

- A continuación, se lavó los electrodos con agua destilada. Enseguida, se verificó la calibración del potenciómetro comparando con una solución buffer estándar.

- Del pH de la ceniza de Donax Obesulus (CDO).

A continuación, en la Tabla 36 se indica los valores de pH de la ceniza de Donax Obesulus (CDO) determinados en dos laboratorios.

Tabla 36

Datos obtenidos del pH de la ceniza de Donax Obesulus (CDO)

Determinación	Unidad	Laboratorio SAC SLAB PERÚ SAC[a]	Laboratorio LASACI/UNT[b]
pH:	(Unid. pH)	12.48	13.16

Nota: [a]*Dato obtenido del informe de ensayo IE-250122-03-03.* [b]*Dato obtenido del informe de análisis.*

- El ensayo de pH de la ceniza de Donax Obesulus (CDO) ejecutado por el laboratorio SLAB, así como, por el laboratorio LASACI/UNT, se efectuó bajo la NTP 339.176. A pesar de que ambos valores descritos en

la Tabla 36 están dentro de un mismo rango, en esta investigación nos adherimos al dato obtenido de 13.16 g/cm3 (determinado por el laboratorio LASACI/UNT), por lo que, este valor es más cercano a los valores indicados con respecto a los antecedentes (tesis) de este estudio.

- Del pH de la ceniza de cáscara de arroz (CCA).

Seguidamente, en la Tabla 37 se muestra los valores de pH de la ceniza de cáscara de arroz (CCA) conseguidos en dos laboratorios.

Tabla 37

Datos obtenidos del pH de la ceniza de cáscara de arroz (CCA)

Determinación	Unidad	Laboratorio SAC SLAB PERÚ SAC[a]	Laboratorio LASACI/UNT[b]
pH:	(Unid. pH)	9.00	10.21

Nota: [a]*Dato obtenido del informe de ensayo IE-250122-03-04.* [b]*Dato obtenido del informe de análisis.*

- El ensayo de pH de la ceniza de cáscara de arroz (CCA) desarrollado tanto por el laboratorio SLAB, como por el laboratorio LASACI/UNT, se realizó bajo la NTP 339.176. Pese a que ambos valores de la Tabla 37 están dentro de un mismo rango, en esta investigación nos adherimos al dato obtenido de 10.21 g/cm3 (hallado por el laboratorio LASACI/UNT), dado que, este valor es más próximo a los valores indicados en relación con los antecedentes (tesis) de este estudio.

b. DETERMINACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS Y FÍSICAS DEL SUELO NATURAL Y LOS SUELOS COMBINADOS CON CENIZAS.

- **TRABAJOS EN CAMPO PARA LA OBTENCIÓN DE MUESTRAS DE SUELO.**

  - **RECONOCIMIENTO DEL LUGAR.**

    Dentro de esta investigación se realizaron trabajos tanto en campo como en el laboratorio. Inicialmente, se viajó a la zona en estudio para el reconocimiento de las condiciones de la vía sin pavimentar Captuy – Moro, vía que también sirve de acceso a los pobladores de Jimbe. Se realizó la toma de varias fotografías, se observó que la vía presenta un afirmado desgastado y que se origina mucho polvo cuando transitan sobre el mismo, automóviles, camionetas, combis, buses o motos. Este problema descrito genera alergias en la población que vive en áreas colindantes a la red vial de Captuy, así como, perjuicios en la agricultura de mango y palta de la zona.

Figura 62: *Reconocimiento de la Red Vial Captuy - Moro.*

Posterior a ello, se buscó un mapa de la Vía Vecinal AN-883 validado por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), como referencia para la

elaboración del trazo del tramo en estudio dentro de la app de Google Earth, y la elección de las probables ubicaciones de las 06 calicatas (muestreo por conveniencia).

Encontrándose en el lugar se realizó los trabajos de toma de muestras de suelo mediante la excavación manual de 06 calicatas de hasta 1.50 de profundidad para su estudio en laboratorio.

- **CALICATAS.**

- Se verificó la ubicación de los pozos exploratorios de acuerdo con lo planteado en el plano, se reubicó algunos de ellos a unos metros de lo proyectado, por facilidad de acceso y seguridad; asimismo, se obtuvo las coordenadas UTM de las calicatas por medio de un GPS.

- A continuación, se efectuó la demarcación del área a excavar y se procedió con la limpieza superficial de 15 cm con ayuda de la palana.

- Seguidamente, se comenzó con la excavación gracias al uso de la barreta y palanas. Se registró el espesor y las características de cada estrato de subsuelo que se halló dentro de la calicata.

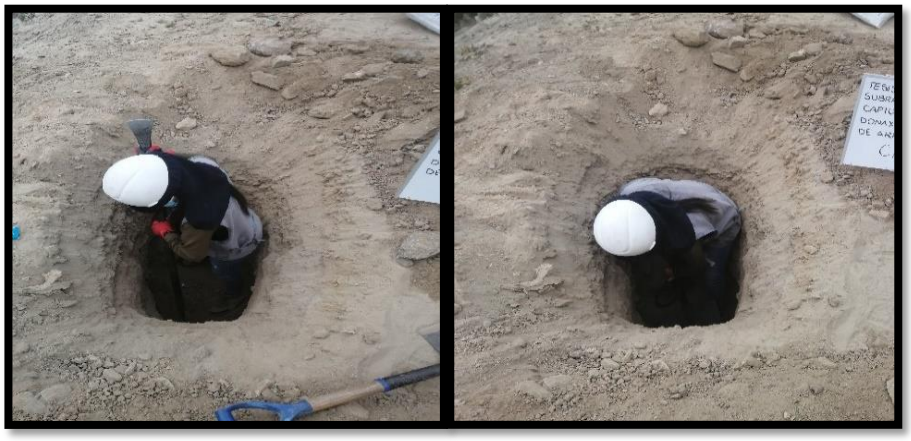


Figura 63: *Excavación con el uso de barreta y palana, en C-1.*

- Una vez que, se verificó la profundidad 1.50 metros, se empezó a guardar las muestras de suelos dentro de los sacos de polipropileno. Se etiquetó cada saco según el número de calicata y número de muestra al que correspondía, y se selló para ser llevado al laboratorio.

- Se rellenó el pozo realizado para el muestreo con material de la misma zona; de esta manera, se evitó futuros accidentes e incomodidades a los conductores que transitan por la vía.

- **TRABAJOS EJECUTADOS EN LABORATORIO, PARA SUELOS Y SUS COMBINACIONES.**

Las muestras de suelo procedentes de las calicatas C-1, C-2, C-3, C-4, C-5 y C-6, contenidas en sacos de polipropileno fueron trasladadas al laboratorio de la empresa KAE Ingeniería SAC, para la determinación de sus características físico-mecánicas por medio de ensayos bajo los protocolos del Manual de Ensayo de Materiales (2016) del MTC.

- **ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO.**

Este ensayo se realizó con el propósito de conocer los coeficientes de curvatura y uniformidad, además de los porcentajes de suelo que pasan en cada tamiz. Dichos parámetros son imprescindibles para la obtención de la clasificación SUCS y AASHTO del suelo. Para ello:

- Se inició con el cuarteo del suelo seco, para alcanzar la muestra uniforme representativa del suelo, y se registró como peso inicial de la muestra seca.

- Es necesario precisar que, en el caso del análisis granulométrico de las combinaciones de suelo y cenizas, se trabajó con 1 kg de la muestra patrón (MP) de suelo, y las cantidades de los porcentajes de 4%, 6% y 8% de cenizas de Donax Obesulus (CDO) y porcentajes de 5%, 9%, 12% de cenizas de cáscara de arroz (CCA). (Tabla 38).

Tabla 38

Cantidad de material utilizado para el análisis granulométrico por tamizado de las combinaciones de suelo y cenizas de Donax Obesulus y cáscara de arroz

Combinaciones	Muestra de Suelo	Ceniza de Donax Obesulus (CDO)	Ceniza de cáscara de arroz (CCA)
Combinación 1: (MP + 4% CDO + 5% CCA)	100% (1000 g)	4% (40 g CDO)	5% (50 g CCA)
Combinación 2: (MP + 4% CDO + 9% CCA)	100% (1000 g)	4% (40 g CDO)	9% (90 g CCA)
Combinación 3: (MP + 4% CDO + 12% CCA)	100% (1000 g)	4% (40 g CDO)	12% (120 g CCA)
Combinación 4: (MP + 6% CDO + 5% CCA)	100% (1000 g)	6% (60 g CDO)	5% (50 g CCA)
Combinación 5: (MP + 6% CDO + 9% CCA)	100% (1000 g)	6% (60 g CDO)	9% (90 g CCA)
Combinación 6: (MP + 6% CDO + 12% CCA)	100% (1000 g)	6% (60 g CDO)	12% (120 g CCA)
Combinación 7: (MP+ 8% CDO + 5% CCA)	100% (1000 g)	8% (80 g CDO)	5% (50 g CCA)
Combinación 8: (MP + 8% CDO + 9% CCA)	100% (1000 g)	8% (80 g CDO)	9% (90 g CCA)
Combinación 9: (MP + 8% CDO + 12% CCA)	100% (1000 g)	8% (80 g CDO)	12% (120 g CCA)

- Se pesó las cenizas de Donax Obesulus (CDO) y cenizas de cáscara de arroz (CCA) para mezclar con el suelo de muestra patrón (MP), y de esta manera, obtener la muestra a tamizar de acuerdo con la combinación determinada.

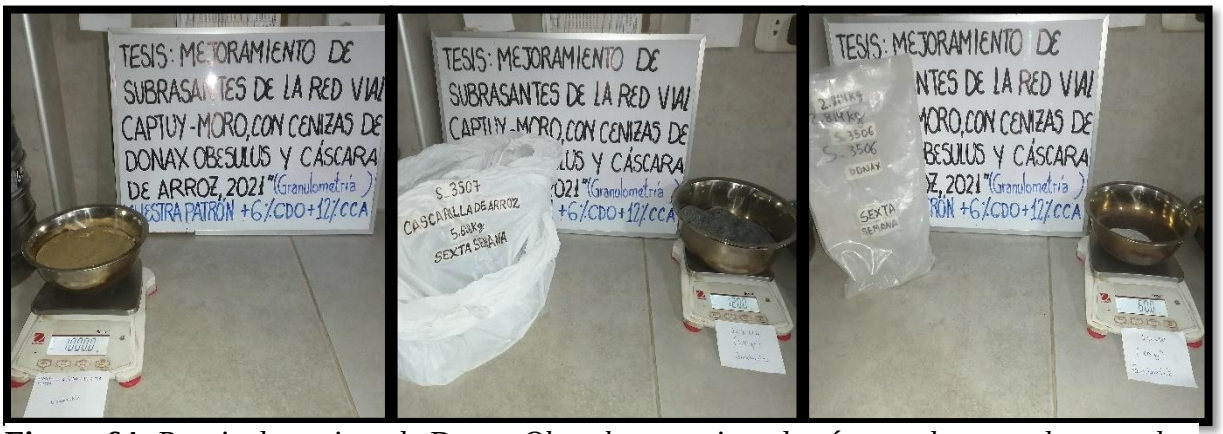


Figura 64: *Pesaje de cenizas de Donax Obesulus y cenizas de cáscara de arroz de acuerdo con la combinación (Muestra patrón + 6% CDO + 12% CCA) para su análisis granulométrico.*

- En el recipiente que contenía 1000 g de suelo de muestra patrón (MP), se adicionó el porcentaje de cenizas de Donax Obesulus y el porcentaje de cenizas de cáscara de arroz, además, se mezcló hasta tener una muestra homogénea.

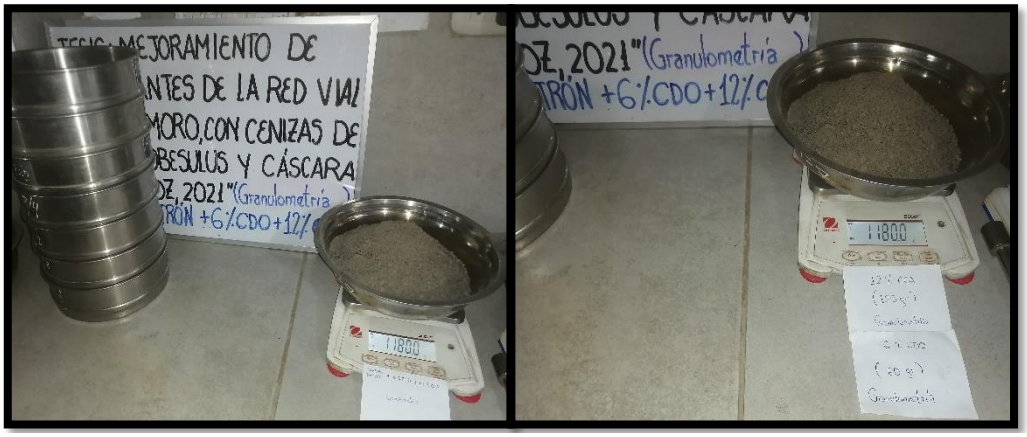


Figura 65: *Pesaje de la mezcla de 60 g de CDO, 120 g de CCA y 1000 g de suelo de muestra patrón, de acuerdo con la combinación (Muestra patrón + 6% CDO + 12% CCA) para su ensayo granulométrico.*

- Enseguida, la muestra representativa se separó en dos partes tamizándose por la malla N° 4 y se ensayó por separado. La primera parte, es la que quedó retenida en la malla N° 4 que corresponde al peso de grava (g), ese valor se anotó en la libreta de apuntes. La segunda parte, es la que pasó a través de la malla N° 4 y se recepcionó por el momento en un recipiente.

Figura 66: Separación en dos partes del material seco de la combinación (Muestra patrón + 8% CDO + 9% CCA) por medio del tamizaje por la malla N° 4.

- Se prosiguió, con el ensayo de la primera parte, es decir, todo el material retenido en la malla N°4 registrado como peso de grava. Para ello, se tamizó dicho material por las mallas: 2”, 1 ½”, 1”, ¾”, ½”, 3/8” y N° 4; se apuntó en la libreta de apuntes de recolección de datos, el peso retenido (g) en cada una de ellas.

Figura 68: *Tamizaje de todo el material registrado como peso de grava de la combinación (Muestra patrón + 8% CDO + 9% CCA).*

- A continuación, se ensayó el material de la segunda parte, en otras palabras, material pasante del tamiz N° 4 que se separó al inicio. De este material, se tomó una fracción y se pesó asentándose en la libreta de apuntes como peso de fracción (g); luego, esta fracción se lavó con cuidado para no desperdiciar el material, haciéndose uso de una malla especial N° 200 de grande marco rígido para lavado, una vez que se escurrió el agua del lavado se colocó la fracción lavada en la estufa para su secado.

Figura 67: *Lavado de todo el material registrado como peso de fracción de la combinación (Muestra patrón + 8% CDO + 9% CCA) usando una malla especial N° 200.*

- Una vez, que el material de la fracción lavada estuvo seca, se retiró y se dejó enfriar para ejecutar su tamizaje por las mallas: N° 10, N° 20, N° 40, N° 60, N° 140 y N°200. Se finalizó con el registro de los pesos retenidos (g) en cada una de las mallas.

Figura 69: *Tamizado de todo el material de peso de fracción lavado y secado, correspondiente a la combinación (Muestra patrón + 6% CDO + 12% CCA).*

- Finalmente, por medio de todos los valores anotados en la libreta de apuntes y el respectivo cálculo, se determinó la curva granulométrica, los coeficientes de curvatura y uniformidad, así como, los porcentajes de grava, arena y finos del suelo.

- **ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD.**

- Primero, se pesó en la balanza, dos taras limpias y secas; se anotó en la libreta de apuntes de recolección de datos, tanto el peso de las taras como el número etiquetado en las taras.

- Luego, se colocó muestras húmedas representativas de suelo en cada tara y se pesó; después de anotar los pesos de tara y muestras húmedas

correspondiente, se continuó con la colocación de las mismas en la estufa, el tiempo de permanencia fue según el tipo de material.

- Cuando el material se secó, se retiró de la estufa y se tomó el peso, es decir, peso de las muestras secas más taras y, se apuntó los valores en la libreta de apuntes para su respectivo cálculo.

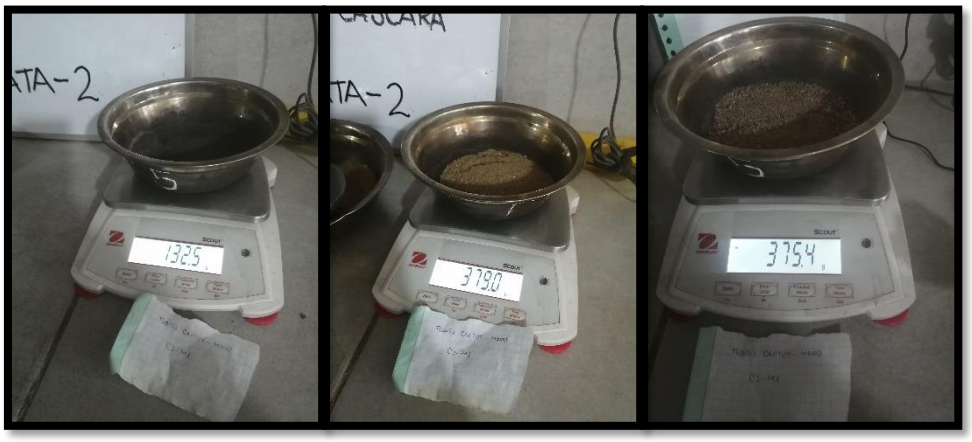


Figura 70: *Peso de recipiente (tara), peso de recipiente más muestra húmeda y peso de recipiente más muestra seca, para la determinación del contenido de humedad de la calicata C-2.*

- **ENSAYO DE DETERMINACIÓN DE LÍMITE LÍQUIDO.**

- Se seleccionó una muestra representativa del material y se tamizó por la malla N° 40, el material pasante a dicho tamiz aproximadamente de 150 g a 200 g se colocó en un recipiente.

- Es preciso mencionar que, para la determinación del límite líquido de las combinaciones de suelo y cenizas, se pesó 600 g de la muestra patrón (MP) de suelo con las cantidades de los porcentajes de 4%, 6% y 8% de cenizas de Donax Obesulus (CDO) y los porcentajes de 5%, 9%, 12% de cenizas de cáscara de arroz (CCA).

Tabla 39

Cantidad de suelo y cenizas a mezclar, antes del tamizado por la malla N° 40*, para la determinación del límite líquido de las combinaciones*

Combinaciones	Muestra de Suelo	Ceniza de Donax Obesulus (CDO)	Ceniza de cáscara de arroz (CCA)
Combinación 1: (MP + 4% CDO + 5% CCA)	100% (600 g)	4% (24 g CDO)	5% (30 g CCA)
Combinación 2: (MP + 4% CDO + 9% CCA)	100% (600 g)	4% (24 g CDO)	9% (54 g CCA)
Combinación 3: (MP + 4% CDO + 12% CCA)	100% (600 g)	4% (24 g CDO)	12% (72 g CCA)
Combinación 4: (MP + 6% CDO + 5% CCA)	100% (600 g)	6% (36 g CDO)	5% (30 g CCA)
Combinación 5: (MP + 6% CDO + 9% CCA)	100% (600 g)	6% (36 g CDO)	9% (54 g CCA)
Combinación 6: (MP + 6% CDO + 12% CCA)	100% (600 g)	6% (36 g CDO)	12% (72 g CCA)
Combinación 7: (MP+ 8% CDO + 5% CCA)	100% (600 g)	8% (48 g CDO)	5% (30 g CCA)
Combinación 8: (MP + 8% CDO + 9% CCA)	100% (600 g)	8% (48 g CDO)	9% (54 g CCA)
Combinación 9: (MP + 8% CDO + 12% CCA)	100% (600 g)	8% (48 g CDO)	12% (72 g CCA)

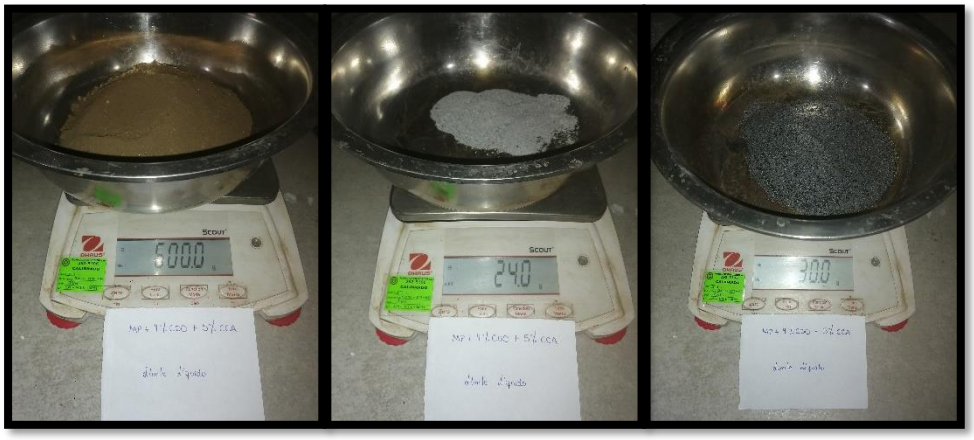


Figura 72: *Pesaje de 600 g de suelo muestra patrón (MP) y 24 g de cenizas de Donax Obesulus y 30 g de cenizas de cáscara de arroz de acuerdo con la combinación (Muestra patrón + 6% CDO + 12% CCA) para su tamizado.*

- Se prosiguió con el mezclado de cenizas de Donax Obesulus (CDO), cenizas de cáscara de arroz (CCA) y 600 g de muestra patrón (MP) de suelo para su tamizaje.

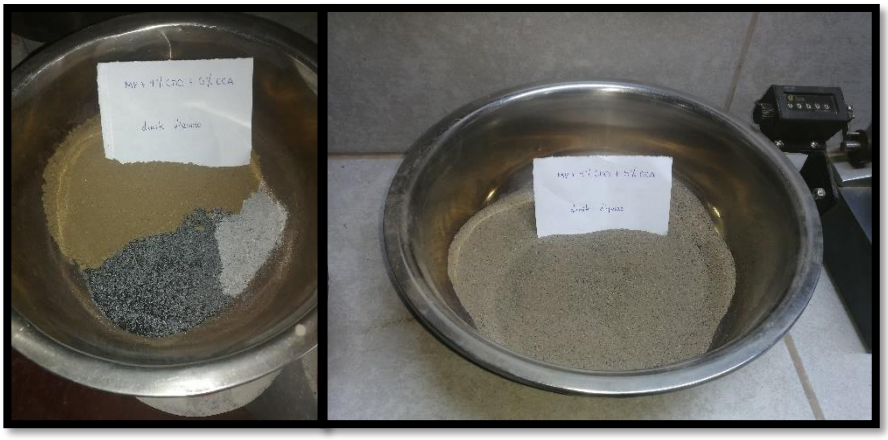


Figura 71: *Mezclado de 24 g de CDO, 30 g de CCA y 600 g de muestra patrón (MP) de suelo, de acuerdo con la combinación (Muestra patrón + 4% CDO + 5% CCA) para su tamizaje por la malla N° 40.*

- A continuación, la muestra combinada se tamizó por la malla N° 40.

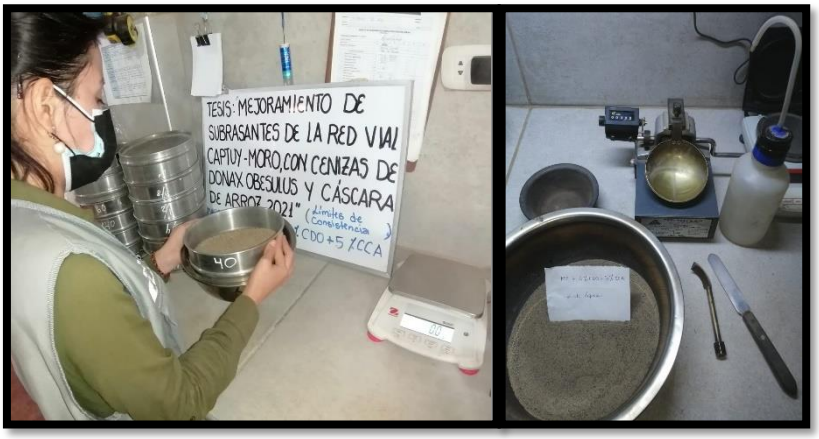


Figura 73: *Tamizado de la combinación (Muestra patrón + 6% CDO + 5% CCA) por la malla N° 40 para el ensayo de límite líquido.*

- Se agregó agua destilada con mesura, dentro del recipiente con muestra de suelo natural o muestra combinada (según sea el caso) y, se combinó con ayuda de una espátula hasta tener una pasta de textura uniforme. Seguidamente, se colocó una porción del material mezclado sobre la copa de Casagrande, y se niveló con la espátula hasta obtener una superficie aproximadamente horizontal de 1 cm de profundidad. Luego, se realizó una ranura limpia y firme con el acanalador, dividiendo la superficie en dos partes.

Figura 75: *Colocado de la pasta de suelo combinado con cenizas (Muestra patrón + 6% CDO + 5% CCA) en la copa de Casagrande, y su ranura realizada con el acanalador para su división.*

- Posteriormente, se giró el manubrio de la copa Casagrande, levantándola y soltándola hacia la base de la misma, a una velocidad constante hasta que, las dos mitades de suelo se desplazaron en conjunto y se cerraron a lo largo de su fondo en 13 mm, inmediatamente, se anotó el número de golpes.

Figura 74: *Cierre de 13mm en el fondo de la ranura y la demarcación para el retiro de la porción de la combinación (Muestra patrón + 6% CDO + 5% CCA).*

- Justo después, se retiró de la copa Casagrande, una porción de la pasta de suelo del ancho de la espátula de 20 mm y perpendicular a los 13 mm, y se colocó dentro de una tara (de peso y número de etiqueta conocido) para la determinación de su contenido de humedad.

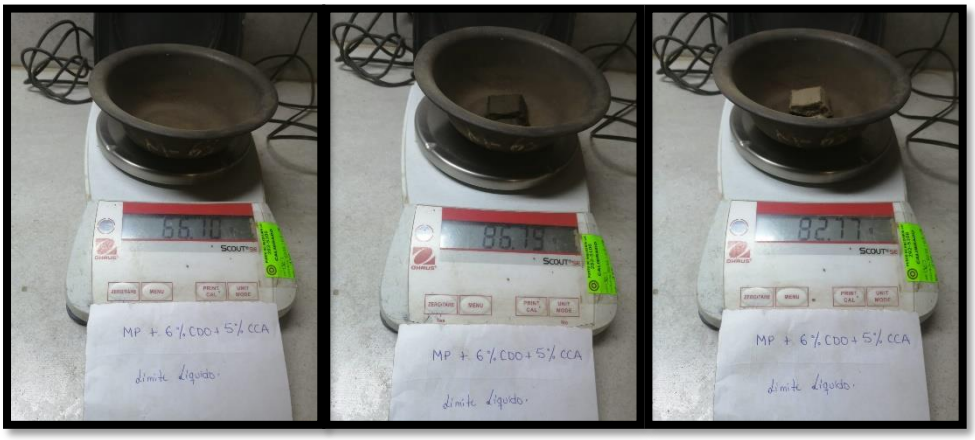


Figura 76: *Recolección de datos (pesos) para la determinación del contenido de humedad, de la combinación (Muestra patrón + 6% CDO + 5% CCA).*

- Se volvió a realizar el mismo procedimiento con el remanente de suelo, añadiendo agua destilada para aumentar su contenido de humedad (C.H), con la finalidad de disminuir el número de golpes que cierren la ranura en la copa; así también, se añadió suelo tamizado para disminuir el C.H y aumentar el número de golpes.

- Se verificó que los ensayos realizados tengan cierres que requieran: 25 a 35 golpes, 20 y 30 golpes y otro de 15 a 25 golpes.

- **ENSAYO PARA LA DETERMINACIÓN DE LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD.**

- Se seleccionó entre 15 g a 20 g de la muestra de suelo humedecida con agua destilada y amasada para el ensayo de límite líquido (pasante del tamiz N° 40), y se amasó hasta formar una esfera.

- Se tomó una porción de 1.5 g a 2.0 g de la esfera, y se rodó con los dedos de la mano sobre el vidrio esmerilado, con una presión suficiente para formar cilindros.

- Se realizó el ensayo hasta que se desmoronó (agrietar) el cilindro con un diámetro de 3.2mm (de forma regular y uniforme en su extensión); inmediatamente, se determinó su contenido de humedad.

- Se repitió el ensayo, hasta reunir 6 g de suelo. Finalmente, se determinó el promedio de estos contenidos de humedad y así, se obtuvo el valor en porcentaje del límite plástico.

- Cabe recalcar que, para la obtención del índice de plasticidad, se restó los datos de límite líquido y limite plástico.

- **CLASIFICACIÓN DE SUELOS SEGÚN EL SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELO (SUCS).**

- Para establecer según SUCS, los símbolos de grupo y subgrupo de un suelo fino (tamiz N° 200 > 50%), se utilizó la carta de plasticidad (LL e IP).

- Mientras que, para conocer el grupo al que pertenecía un suelo grueso (tamiz N° 200 < 50%), se determinó primero, el porcentaje del suelo pasante el tamiz

N° 4; siendo de esta manera “arena”, si el porcentaje de suelo pasante la malla N° 4 era mayor al 50% y, “grava” si era menor al 50%.

- Posteriormente, se estableció según SUCS el subgrupo que correspondía el suelo grueso, presentándose tres casos:

1. Sí era un suelo grueso, con Finos < 5%; el subgrupo al que pertenecía se hallaba mediante la granulometría (Cu y Cc) del suelo.
2. Si era un suelo grueso, con 5% < Finos < 12%; se empleó una doble nomenclatura, el primer subgrupo se determinó a través de la granulometría (Cu y Cc) y el segundo subgrupo mediante la carta de plasticidad (LL e IP).
3. Por último, sí era un suelo grueso, con 12% < Finos; el subgrupo se determinó por medio de la carta de plasticidad (LL e IP) como se visualiza en la Figura 5 (pág. 40).

- De la clasificación de suelos según SUCS de las muestras procedentes de las calicatas.

En la Tabla 40, se observa los valores de los parámetros para la clasificación de suelo SUCS de las muestras de suelo extraídas de la Red Vial Captuy – Moro.

- El “% que pasa el tamiz No. 200” de todas las muestras de las calicatas, C-1 (M-1), C-2 (M- 1), C-3 (M-1), C-3 (M-2), C-4 (M-1), C-4 (M-2), C-5 (M-1) y C-6 (M-1); fue menor al 50%, lo que indicó que son suelos gruesos.

- Asimismo, el "% que pasa el tamiz No. 4" de todas las muestras de las calicatas, C-1 (M-1), C-2 (M-1), C-3 (M-1), C-3 (M-2), C-4 (M-1), C-4 (M-2), C-5 (M-1) y C-6 (M-1); fue mayor al 50%, lo que indicó que pertenecían al grupo de las arenas (S).

- El % de finos (% que pasa el tamiz No. 200) de las muestras de todas las calicatas descritas líneas arriba, fue mayor al 12%; lo que indicó que para la determinación del subgrupo al que pertenecía, era por medio de la carta de plasticidad (LL e IP) y no por granulometría (Cu y Cc).

Tabla 40

Datos requeridos para la clasificación de suelos de las muestras procedentes de las calicatas C-1, C-2, C-3, C-4, C-5 y C-6 según el sistema unificado de clasificación de suelo (SUCS)

No. Calicata y (No. Muestra)	Estrato	(% Pasa) Tamiz No. 200	(% Pasa) Tamiz No. 4	Granulo-metría		Carta de Plasticidad	
				Cu	Cc	L.L.	I.P.
C-1 (M-1)	0.45 a 1.50 m	14.21%	62.31%	-	-	N.P.	N.P.
C-2 (M-1)	0.45 a 1.50 m	14.68%	83.22%	-	-	N.P.	N.P.
C-3 (M-1)	0.45 a 0.80 m	16.21%	74.35%	-	-	19.53%	N.P.
C-3 (M-2)	0.80 a 1.50 m	12.80%	57.90%	-	-	26.80%	N.P.
C-4 (M-1)	0.00 a 0.35 m	16.75%	70.37%	-	-	16.69%	N.P.
C-4 (M-2)	0.35 a 1.50 m	21.68%	64.94%	-	-	N.P.	N.P.
C-5 (M-1)	0.40 a 1.50 m	46.32%	97.23%	-	-	20.94%	N.P.
C-6 (M-1)	0.80 a 1.50 m	43.25%	84.74%	-	-	19.58%	N.P.

Nota: *Valores obtenidos de los ensayos realizados en el laboratorio de KAE Ingeniería SAC.*

- De la clasificación de suelos según SUCS de las muestras de suelos combinadas del suelo con CDO y CCA.

Por otro lado, en la Tabla 41, se observa los parámetros para la clasificación de suelo SUCS de las muestras combinadas de suelo con cenizas de Donax Obesulus (CDO) y cenizas de cáscara de arroz (CCA).

Tabla 41

Datos requeridos para la clasificación de suelos de las muestras combinadas del suelo patrón con porcentajes de 4%, 6% y 8% de CDO y porcentajes de 5%, 9%, 12% de CCA, según el sistema unificado de clasificación de suelo (SUCS)

No. Combinación	Tamiz No. 200	Tamiz No. 4	Granulo-metría		Carta de Plasticidad	
(% Porcentajes de Cenizas)	(% Pasa)		Cu	Cc	L.L.	I.P.
C-5 (M-1): MP	46.32%	97.23%	-	-	20.94%	N.P.
Combinación 1: (MP + 4% CDO + 5% CCA)	46.15%	97.47%	-	-	24.00%	N.P.
Combinación 2: (MP + 4% CDO + 9% CCA)	46.42%	97.55%	-	-	N.P.	N.P.
Combinación 3: (MP + 4% CDO + 12% CCA)	46.63%	97.61%	-	-	N.P.	N.P.
Combinación 4: (MP + 6% CDO + 5% CCA)	45.90%	97.50%	-	-	23.18%	N.P.
Combinación 5: (MP + 6% CDO + 9% CCA)	46.19%	97.59%	-	-	N.P.	N.P.
Combinación 6: (MP + 6% CDO + 12% CCA)	46.39%	97.65%	-	-	N.P.	N.P.
Combinación 7: (MP+ 8% CDO + 5% CCA)	45.63%	97.54%	-	-	22.14%	N.P.
Combinación 8: (MP + 8% CDO + 9% CCA)	45.93%	97.63%	-	-	N.P.	N.P.
Combinación 9: (MP + 8% CDO + 12% CCA)	46.15%	97.69%	-	-	N.P.	N.P.

Nota: *Valores obtenidos de los ensayos realizados en el laboratorio de la empresa KAE Ingeniería SAC.*

- El “% que pasa el tamiz No. 200” de todas las muestras combinadas del suelo patrón con porcentajes de 4%, 6% y 8% de CDO y porcentajes de 5%, 9%, 12% de CCA; fue menor al 50%, lo que significó que son suelos gruesos.

- Asimismo, el “% que pasa el tamiz No. 4” de todas las muestras combinadas del suelo patrón con porcentajes de 4%, 6% y 8% de CDO y porcentajes de 5%, 9%, 12% de CCA; fue mayor al 50%, lo que significó que pertenecían al grupo de las arenas (S).

- El % de finos (% que pasa el tamiz No. 200) de todas las muestras combinadas del suelo patrón con porcentajes de 4%, 6% y 8% de CDO y porcentajes de 5%, 9%, 12% de CCA descritas líneas arriba, fue mayor al 12%; lo que indicó que para la determinación del subgrupo al que pertenecía, era por medio de la carta de plasticidad (LL e IP) y no por granulometría (Cu y Cc).

- **CLASIFICACIÓN DE SUELOS SEGÚN EL SISTEMA DE CLASIFICACIÓN AASHTO.**

- Para conocer la división general del suelo, es decir, si pertenecía a “Materiales granulares” o “Materiales limoso arcilloso”, se realizó la verificación del “% que pasa el tamiz No. 200”; si este era menor al 35%, indicó que el suelo estaba dentro de los “materiales granulares” (donde posiblemente sería un A-1-a, A-1-b, A-3, A-2-4, A-2-5, A-2-6, o un A-2-7); mientras que, si el “% que pasa el tamiz No. 200” era mayor al 35%, denotó

que el suelo pertenecía a la división general de “materiales Limo- arcillosos” (donde probablemente sería un A-4, A-5, A-6, A-7-5, o un A-7-6).

- Ahora bien, para la determinación del grupo y subgrupo al que correspondía la muestra según AASHTO, se revisó dentro de la tabla del sistema de Clasificación AASHTO, los siguientes datos como: el “% que pasa el tamiz No. 10”, “% que pasa el tamiz No. 40”, el “% que pasa el tamiz No. 200”, los valores obtenidos del estado de consistencia como el Límite Líquido (L.L.) e Índice de Plasticidad (I.P.) y, el índice de grupo; la verificación del cumplimiento de cada parámetro, dentro de los rangos, permitió terminar con la clasificación del suelo.

- Es preciso mencionar que, el Índice de Grupo se determinó mediante la fórmula que relaciona: el % que pasa el tamiz No. 200, el Límite Líquido (L.L.) y el Índice de Plasticidad (I.P.).

- Del Sistema de clasificación AASHTO de las muestras procedentes de las calicatas.

En la Tabla 42, se observa los valores de cada parámetro para el sistema de clasificación AASHTO de cada muestra de suelo extraídas de la Red Vial Captuy – Moro.

Tabla 42

Datos requeridos para la clasificación de suelos de las muestras procedentes de las calicatas C-1, C-2, C-3, C-4, C-5 y C-6 según el sistema de clasificación AASHTO

No. Calicata (No. Muestra)	Estrato	Tamiz No. 200 (% Pasa)	Tamiz No. 40 (% Pasa)	Tamiz No. 10 (% Pasa)	L.L.	I.P
C-1 (M-1)	0.45 a 1.50 m	14.21%	24.80%	45.26%	N.P.	N.P.
C-2 (M-1)	0.45 a 1.50 m	14.68%	34.42%	60.87%	N.P.	N.P.
C-3 (M-1)	0.45 a 0.80 m	16.21%	36.26%	59.03%	19.53%	N.P.
C-3 (M-2)	0.80 a 1.50 m	12.80%	23.14%	40.68%	26.80%	N.P.
C-4 (M-1)	0.00 a 0.35 m	16.75%	33.28%	54.28%	16.69%	N.P.
C-4 (M-2)	0.35 a 1.50 m	21.68%	37.26%	53.23%	N.P.	N.P.
C-5 (M-1)	0.40 a 1.50 m	46.32%	71.82%	91.80%	20.94%	N.P.
C-6 (M-1)	0.80 a 1.50 m	43.25%	65.42%	78.01%	19.58%	N.P.

Nota: *Valores obtenidos de los ensayos realizados en el laboratorio de la empresa KAE Ingeniería SAC.*

- El "% que pasa el tamiz No. 200" de las muestras de las calicatas, C-1 (M-1), C-2 (M- 1), C-3 (M-1), C-3 (M-2), C-4 (M-1), C-4 (M-2), fue menor al 35%, lo que indicó que, pertenecía a la división general de suelos de "materiales granulares" (donde podía ser un A-1-a, A-1-b, A-3, A-2-4, A-2-5, A-2-6, A-2-7).

- Por otro lado, el "% que pasa el tamiz No. 200" de las muestras de las calicatas, C-5 (M-1) y C-6 (M-1); era mayor al 35%, lo que señalaba que pertenecían a la división general de suelos de "materiales Limo-arcillosos" (donde podía ser un A-4, A-5, A-6, A-7-5, A-7-6).

- Asimismo, del análisis granulométrico de todas las muestras de las calicatas mencionadas líneas arriba, por medio del "% que pasa el tamiz No. 10", "% que pasa el tamiz No. 40", el "% que pasa el tamiz No. 200"; y, los valores del estado de consistencia a través del Límite Líquido (L.L.) e Índice de Plasticidad (I.P.), determinaron el grupo y el subgrupo al que correspondían las muestras de suelo, de acuerdo con los rangos de cada parámetro descritos en la tabla del sistema de Clasificación AASHTO. La misma que señaló que, las muestras de C-1 (M-1) y C-3 (M-2), pertenecían a A-1-a (0); las muestras de C-2 (M-1), C-3 (M-1), C-4 (M-1) y C-4 (M-2), pertenecían a A-1-b (0); por último, las muestras de C-5 (M-1) y C-6 (M-1), pertenecían a A-4 (2).

- Del sistema de clasificación AASHTO de las muestras combinadas del suelo con CDO y CCA.

Por otra parte, en la Tabla 43, se observa los datos de los parámetros para el sistema de clasificación AASHTO de las muestras combinadas de suelo con cenizas de Donax Obesulus (CDO) y cenizas de cáscara de arroz (CCA).

Tabla 43

Datos requeridos para la clasificación de suelos de las muestras combinadas del suelo patrón con porcentajes de 4%, 6% y 8% de CDO y porcentajes de 5%, 9%, 12% de CCA, según el sistema de clasificación AASHTO

No. Combinación (% Porcentajes de Cenizas)	Tamiz No. 200 (% Pasa)	Tamiz No. 40 (%Pasa)	Tamiz No. 10 (%Pasa)	L.L.	I.P
C-5 (M-1): MP	46.32%	71.82%	91.80%	20.94%	N.P.
Combinación 1: (MP + 4% CDO + 5% CCA)	46.15%	73.31%	92.49%	24.00%	N.P.
Combinación 2: (MP + 4% CDO + 9% CCA)	46.42%	74.05%	92.73%	N.P.	N.P.
Combinación 3: (MP + 4% CDO + 12% CCA)	46.63%	74.66%	92.94%	N.P.	N.P.
Combinación 4: (MP + 6% CDO + 5% CCA)	45.90%	73.41%	92.62%	23.18%	N.P.
Combinación 5: (MP + 6% CDO + 9% CCA)	46.19%	74.22%	92.86%	N.P.	N.P.
Combinación 6: (MP + 6% CDO + 12% CCA)	46.39%	74.77%	93.05%	N.P.	N.P.
Combinación 7: (MP + 8% CDO + 5% CCA)	45.63%	73.54%	92.73%	22.14%	N.P.
Combinación 8: (MP + 8% CDO + 9% CCA)	45.93%	74.32%	92.98%	N.P.	N.P.
Combinación 9: (MP + 8% CDO + 12% CCA)	46.15%	74.86%	93.17%	N.P.	N.P.

Nota: *Valores obtenidos de los ensayos realizados en el laboratorio de la empresa KAE Ingeniería SAC.*

- El "% que pasa el tamiz No. 200" de las muestras combinadas del suelo patrón con porcentajes de 4%, 6% y 8% de CDO y porcentajes de 5%, 9%, 12% de CCA; fue mayor al 35%, lo que denotó que, correspondía dentro de la división general de suelos a "materiales Limo- arcillosos" (donde podía ser un A-4, A-5, A-6, A-7-5, A-7-6).

- Asimismo, de los valores obtenidos del análisis granulométrico de todas las muestras de las calicatas citadas anteriormente, como el "% que pasa el tamiz No. 10", "% que pasa el tamiz No. 40" y el "% que pasa tamiz No. 200", además, de los valores de Límite Líquido (L.L.), Índice de Plasticidad (I.P.) y, el índice de grupo; se determinó el grupo y el subgrupo al que pertenecían las muestras de suelo al comprobarse el cumplimiento de los rangos de cada parámetro marcado en la tabla del sistema de Clasificación AASHTO. Demostrándose que, las muestras combinadas del suelo patrón con porcentajes de 4%, 6% y 8% de CDO y porcentajes de 5%, 9%, 12% de CCA, pertenecían a A-4 (2).

- **ENSAYO DE COMPACTACIÓN DE SUELOS EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGÍA MODIFICADA (PROCTOR MODIFICADO).**

- Se seleccionó el método a utilizar del Proctor modificado; Método C. Se pesó el molde de 6" de diámetro; así también, con una regla vernier digital se determinó su diámetro y altura; se anotó los valores hallados en la libreta de apuntes de recolección de datos. Enseguida, se ensambló y aseguró el molde y el collar de extensión al plato de base.

Figura 77: *Pesaje y medición del molde metal cilíndrico (diámetro y altura) para Proctor modificado de la combinación (Muestra Patrón + 8% CDO + 9% CCA).*

- A continuación, se preparó 4 muestras (en algunos casos 5 muestras), de 6 kg cada una para el ensayo de Proctor modificado. (Figura 78).

- Conviene especificar que, para las combinaciones de suelo y cenizas, se utilizó 6 kg de la muestra patrón (MP) de suelo, y las cantidades de los porcentajes de 4%, 6% y 8% de cenizas de Donax Obesulus (CDO) y porcentajes de 5%, 9%, 12% de cenizas de cáscara de arroz (CCA).

Figura 78: *Cuatro muestras de 6kg de suelo para el ensayo de Proctor modificado relacionado a la combinación (Muestra patrón + 6% CDO + 5% CCA).*

Tabla 44

Cantidad de suelo muestra patrón (MP) y cenizas, por cada espécimen elaborada para el Ensayo de Proctor modificado, de acuerdo con cada combinación especificada

Combinaciones	Muestra de Suelo	Ceniza de Donax Obesulus (CDO)	Ceniza de cáscara de arroz (CCA)
Combinación 1: (MP + 4% CDO + 5% CCA)	100% (6000 g)	4% (240 g CDO)	5% (300 g CCA)
Combinación 2: (MP + 4% CDO + 9% CCA)	100% (6000 g)	4% (240 g CDO)	9% (540 g CCA)
Combinación 3: (MP + 4% CDO + 12% CCA)	100% (6000 g)	4% (240 g CDO)	12% (720 g CCA)
Combinación 4: (MP + 6% CDO + 5% CCA)	100% (6000 g)	6% (360 g CDO)	5% (300 g CCA)
Combinación 5: (MP + 6% CDO + 9% CCA)	100% (6000 g)	6% (360 g CDO)	9% (540 g CCA)
Combinación 6: (MP + 6% CDO + 12% CCA)	100% (6000 g)	6% (360 g CDO)	12% (720 g CCA)
Combinación 7: (MP+ 8% CDO + 5% CCA)	100% (6000 g)	8% (480 g CDO)	5% (300 g CCA)
Combinación 8: (MP + 8% CDO + 9% CCA)	100% (6000 g)	8% (480 g CDO)	9% (540 g CCA)
Combinación 9: (MP + 8% CDO + 12% CCA)	100% (6000 g)	8% (480 g CDO)	12% (720 g CCA)

- Se realizó el pesaje de las cantidades de cenizas de Donax Obesulus (CDO) y cenizas de cáscara de arroz (CCA) a utilizar de acuerdo con la combinación a elaborar.

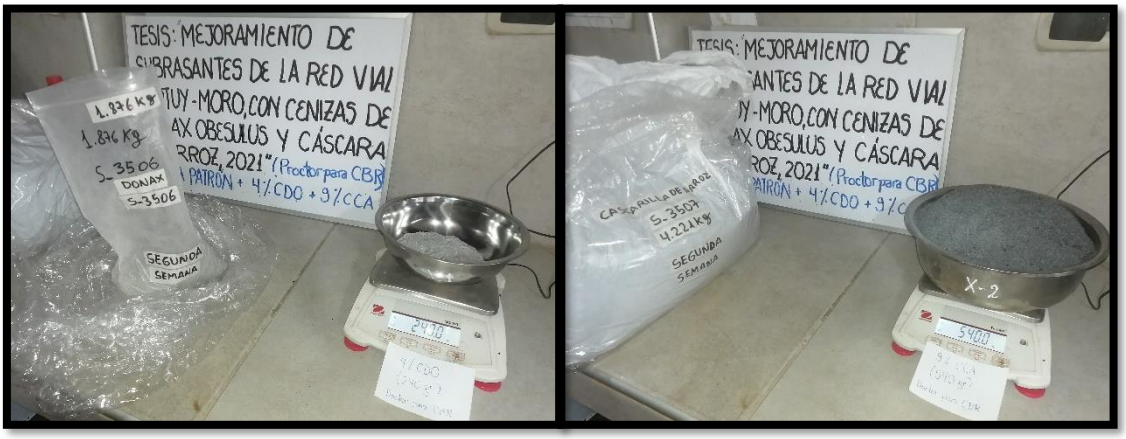


Figura 80: *Pesaje de cenizas de Donax Obesulus (CDO) y cenizas de cáscara de arroz (CCA) de acuerdo con la combinación (Muestra patrón + 4% CDO + 9% CCA) para la elaboración de un espécimen de CBR.*

- Se agregó a la tina que contenía los 6000 g de muestra patrón (MP) de suelo, el porcentaje de cenizas de cáscara de arroz (CCA) y se revolvió con un cucharón.

Figura 79: *Adición de 540 g de CCA a los 6000 g de suelo, con respecto a la combinación (Muestra patrón + 6% CDO + 9% CCA) para la elaboración de un espécimen del ensayo de Proctor modificado.*

- Después, se adicionó el porcentaje de cenizas de Donax Obesulus (CDO) correspondiente a la combinación y se mezcló de manera cuidadosa, hasta conseguir una muestra homogénea.

Figura 81: *Incorporación de 360 g de CDO, a la mezcla de los 6000 g de suelo y 540 g de CCA, con respecto a la combinación (Muestra patrón + 6% CDO + 9% CCA) para la elaboración de un espécimen del ensayo de Proctor modificado.*

- Se determinó el contenido de humedad de las combinaciones de suelo y cenizas de Donax Obesulus (CDO) y cenizas de cáscara de arroz (CCA).

Figura 82: *Toma de muestras de la mezcla de suelo y cenizas de la combinación (Muestra patrón + 6% CDO + 12% CCA) para la determinación de su contenido de humedad.*

- Se suministró de agua la probeta de plástico, de acuerdo con el porcentaje de agua requerida para la muestra a ensayar. Se añadió poco a poco el agua a la muestra de suelo hasta obtener una mezcla homogéneamente húmeda. Luego, se colocó la muestra húmeda de suelo dentro del molde, en 5 capas de igual espesor y se compactó cada capa con 56 golpes con el uso del pisón.

Figura 83: *Suministro de agua al suelo para su mezclado; colocación de muestra homogéneamente húmeda en el molde; y la compactación de la combinación (Muestra patrón + 6% CDO + 5% CCA), en 5 capas a 56 golpes con el uso de un pisón para Proctor modificado.*

- Al finalizar la compactación, se colocó el molde dentro de una bandeja metálica y se desmoldó el collarín de extensión. Seguidamente, con la regla metálica se enrasó cuidadosamente el espécimen hasta formar una superficie plana y enseguida se desmontó del plato de base. Se pesó el molde con la muestra de suelo húmedo compactado para su registro en la libreta de apuntes.

Figura 84: *Enrasado del espécimen con regla metálica y pesaje del molde con la muestra de suelo húmedo compactado de la combinación (Muestra patrón + 6% CDO + 5% CCA).*

- Después, se removió el material del molde y se obtuvo del centro del espécimen compactado una muestra representativa del que se determinó su contenido de humedad y se apuntó en la libreta de apuntes de recolección de datos.

Figura 85: *Toma de muestras de suelo húmedo compactado removidos del centro de los especímenes del Proctor modificado de la combinación (Muestra patrón + 6% CDO + 12% CCA) para determinar el contenido de humedad.*

- Se repitió el mismo procedimiento para las otras muestras de suelo; se seleccionó contenidos de agua que entre los especímenes del Proctor modificado varíen alrededor del 2%.

- Por último, se trazó la gráfica de la curva de compactación en Excel con los datos escritos en la libreta de apuntes; asimismo, se determinó el peso unitario seco máximo y el contenido de humedad óptimo, necesarios para el ensayo de CBR.

- De los ensayos de Proctor Modificado de las muestras de las calicatas (Figura 86) y los suelos combinados con cenizas (Figura 87).

No. Calicata (No. Muestra)							
C-1 (M-1)							
	Peso suelo húmedo compactado (W)	(g)	4566.00	4710.00	4850.00	4900.00	
	Volumen del molde (V)	(cm3)	2054.49	2054.49	2054.49	2054.49	
	Contenido de Humedad (w)	(%)	3.11	5.48	7.64	9.60	
C-2 (M-1)							
	Peso suelo húmedo compactado (W)	(g)	4260.00	4380.00	4540.00	4660.00	4650.00
	Volumen del molde (V)	(cm3)	2054.49	2054.49	2054.49	2054.49	2054.49
	Contenido de Humedad (w)	(%)	2.47	4.01	6.06	8.11	10.63
C-3 (M-2)							
	Peso suelo húmedo compactado (W)	(g)	4440.00	4750.00	4790.00	4670.00	
	Volumen del molde (V)	(cm3)	2054.49	2054.49	2054.49	2054.49	
	Contenido de Humedad (w)	(%)	5.71	7.49	9.70	11.43	
C-4 (M-2)							
	Peso suelo húmedo compactado (W)	(g)	4400.00	4705.00	4839.00	4832.00	
	Volumen del molde (V)	(cm3)	2054.49	2054.49	2054.49	2054.49	
	Contenido de Humedad (w)	(%)	4.46	6.46	8.11	10.36	
C-5 (M-1)							
	Peso suelo húmedo compactado (W)	(g)	4060.00	4230.00	4360.00	4330.00	
	Volumen del molde (V)	(cm3)	2054.49	2054.49	2054.49	2054.49	
	Contenido de Humedad (w)	(%)	4.71	6.65	8.57	10.45	
C-6 (M-1)							
	Peso suelo húmedo compactado (W)	(g)	4207.00	4420.00	4478.00	4381.00	
	Volumen del molde (V)	(cm3)	2054.49	2054.49	2054.49	2054.49	
	Contenido de Humedad (w)	(%)	5.82	7.45	9.67	11.33	

Figura 86: *Datos requeridos para la determinación de la Máxima Densidad Seca (M.D.S) y Óptimo Contenido de Humedad (O.C.H) de las muestras de las calicatas C-1, C-2, C-3, C-4, C-5 y C-6.*

Nota*: Valores obtenidos de los ensayos realizados en el laboratorio de la empresa KAE Ingeniería SAC.*

No. Combinación (% Porcentajes de Cenizas)							
Combinación 1: (MP + 4% CDO + 5% CCA)							
	Peso suelo húmedo compactado (W)	(g)	4158.90	4465.90	4635.90	4455.90	
	Volumen del molde (V)	(cm3)	2125.24	2125.24	2125.24	2125.24	
	Contenido de Humedad (w)	(%)	6.62	8.85	10.93	12.91	
Combinación 2: (MP + 4% CDO + 9% CCA)							
	Peso suelo húmedo compactado (W)	(g)	4043.70	4255.70	4382.70	4447.70	4342.70
	Volumen del molde (V)	(cm3)	2124.75	2124.75	2124.75	2124.75	2124.75
	Contenido de Humedad (w)	(%)	10.35	12.33	14.11	16.01	18.56
Combinación 3: (MP + 4% CDO + 12% CCA)							
	Peso suelo húmedo compactado (W)	(g)	4007.20	4150.20	4273.20	4227.20	
	Volumen del molde (V)	(cm3)	2122.39	2122.39	2122.39	2122.39	
	Contenido de Humedad (w)	(%)	12.16	14.40	16.58	18.98	
Combinación 4: (MP + 6% CDO + 5% CCA)							
	Peso suelo húmedo compactado (W)	(g)	4093.90	4284.90	4524.90	4512.90	
	Volumen del molde (V)	(cm3)	2125.24	2125.24	2125.24	2125.24	
	Contenido de Humedad (w)	(%)	6.51	8.60	10.47	12.11	
Combinación 5: (MP + 6% CDO + 9% CCA)							
	Peso suelo húmedo compactado (W)	(g)	3911.00	4152.00	4328.00	4416.00	4326.00
	Volumen del molde (V)	(cm3)	2117.84	2117.84	2117.84	2117.84	2117.84
	Contenido de Humedad (w)	(%)	10.72	12.33	14.11	16.72	18.26
Combinación 6: (MP + 6% CDO + 12% CCA)							
	Peso suelo húmedo compactado (W)	(g)	4043.00	4230.00	4330.00	4230.00	
	Volumen del molde (V)	(cm3)	2106.25	2106.25	2106.25	2106.25	
	Contenido de Humedad (w)	(%)	14.43	16.83	18.49	20.07	
Combinación 7: (MP+ 8% CDO + 5% CCA)							
	Peso suelo húmedo compactado (W)	(g)	4248.40	4472.40	4524.40	4499.40	
	Volumen del molde (V)	(cm3)	2135.76	2135.76	2135.76	2135.76	
	Contenido de Humedad (w)	(%)	10.22	12.02	14.32	16.46	
Combinación 8: (MP + 8% CDO + 9% CCA)							
	Peso suelo húmedo compactado (W)	(g)	3794.00	4093.00	4285.00	4298.00	
	Volumen del molde (V)	(cm3)	2114.12	2114.12	2114.12	2114.12	
	Contenido de Humedad (w)	(%)	10.43	12.86	14.43	16.20	
Combinación 9: (MP + 8% CDO + 12% CCA)							
	Peso suelo húmedo compactado (W)	(g)	3711.30	3971.30	4139.30	4157.30	
	Volumen del molde (V)	(cm3)	2115.22	2115.22	2115.22	2115.22	
	Contenido de Humedad (w)	(%)	12.23	14.36	16.81	18.50	

Figura 87: *Datos requeridos para la determinación de la Máxima Densidad Seca (M.D.S) y Óptimo Contenido de Humedad (O.C.H) de las muestras combinadas del suelo patrón con porcentajes de 4%, 6% y 8% de CDO y porcentajes de 5%, 9%, 12% de CCA.*

Nota: *Valores obtenidos de los ensayos realizados en el laboratorio de KAE Ingeniería SAC.*

- **ENSAYO DE CBR DE SUELOS (LABORATORIO).**

- Se realizó la medición de diámetros y alturas de los 3 moldes de metal, con la regla vernier digital y se anotó en la libreta de apuntes de recolección de datos.

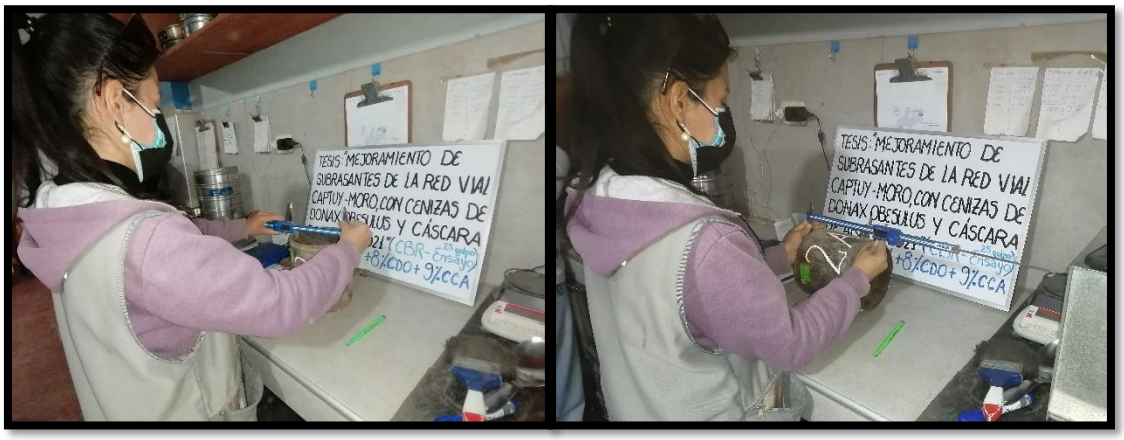


Figura 88: *Medición del molde metal cilíndrico (diámetro y altura) para el ensayo CBR a 25 golpes, de la combinación (Muestra Patrón + 8% CDO + 9% CCA).*

- Después, se ensambló el molde cilíndrico con su respectiva placa base y se pesó, enseguida, se registró su valor.

Figura 89: *Pesaje de los moldes con sus respectivas placas base para el ensayo de CBR (5 capas a 56, 25 y 10 golpes) de la calicata C-1.*

- Luego, se colocó el disco espaciador de metal de forma circular sobre la placa base y sobre él, un papel filtro. Se ensambló y aseguró el molde y el collar de extensión al plato de base.

Figura 90: *Colocación del disco espaciador y papel filtro dentro del molde, collar y plato base para CBR.*

- Se preparó 3 muestras de suelo de 6 kg cada una para el ensayo de CBR.

Figura 91: *Pesaje de las 3 muestras de suelo de 6000 g para el ensayo de CBR de la combinación (Muestra patrón + 4% CDO + 5% CCA).*

- Cabe recalcar que, para las combinaciones de suelo y cenizas, se utilizó una muestra patrón (MP) de suelo de 6 kg y se incorporó porcentajes de 4%, 6% y 8% de cenizas de Donax Obesulus (CDO) y porcentajes de 5%, 9%, 12% de cenizas de cáscara de arroz (CCA).

Tabla 45

Cantidad de suelo muestra patrón (MP) y ceniza, por cada espécimen elaborado para el Ensayo de CBR, de acuerdo con cada combinación especificada

Combinaciones	Muestra de Suelo	Ceniza de Donax Obesulus (CDO)	Ceniza de cáscara de arroz (CCA)
Combinación 1: (MP + 4% CDO + 5% CCA)	100% (6000 g)	4% (240 g CDO)	5% (300 g CCA)
Combinación 2: (MP + 4% CDO + 9% CCA)	100% (6000 g)	4% (240 g CDO)	9% (540 g CCA)
Combinación 3: (MP + 4% CDO + 12% CCA)	100% (6000 g)	4% (240 g CDO)	12% (720 g CCA)
Combinación 4: (MP + 6% CDO + 5% CCA)	100% (6000 g)	6% (360 g CDO)	5% (300 g CCA)
Combinación 5: (MP + 6% CDO + 9% CCA)	100% (6000 g)	6% (360 g CDO)	9% (540 g CCA)
Combinación 6: (MP + 6% CDO + 12% CCA)	100% (6000 g)	6% (360 g CDO)	12% (720 g CCA)
Combinación 7: (MP+ 8% CDO + 5% CCA)	100% (6000 g)	8% (480 g CDO)	5% (300 g CCA)
Combinación 8: (MP + 8% CDO + 9% CCA)	100% (6000 g)	8% (480 g CDO)	9% (540 g CCA)
Combinación 9: (MP + 8% CDO + 12% CCA)	100% (6000 g)	8% (480 g CDO)	12% (720 g CCA)

- Se procedió a pesar las cantidades de cenizas de Donax Obesulus y cenizas de cáscara de arroz de acuerdo con la combinación a desarrollar.

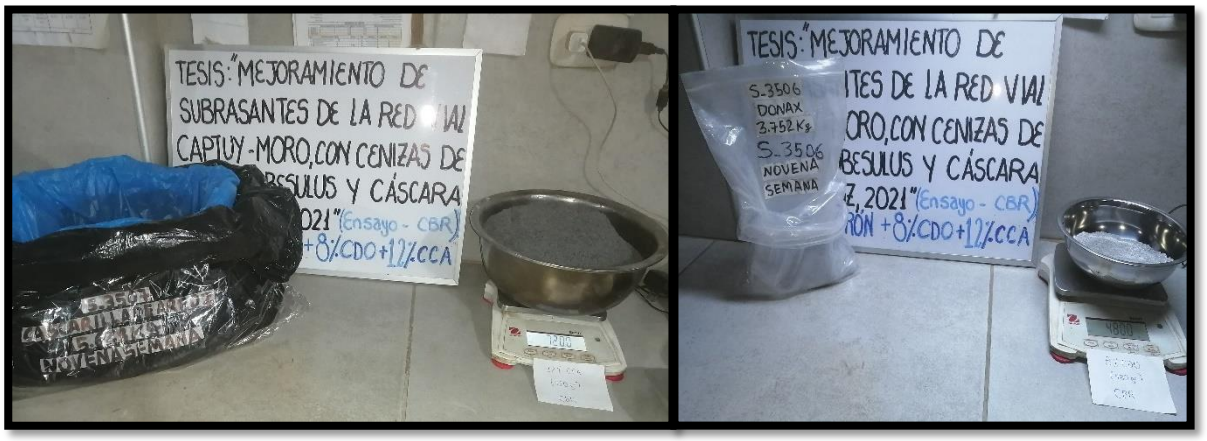


Figura 93: *Pesaje de cenizas de cáscara de arroz (CCA) y cenizas de Donax Obesulus (CDO) de acuerdo con la combinación (Muestra patrón + 8% CDO + 12% CCA) para un espécimen de CBR.*

- Se adicionó a la tina que contenía los 6000 g de muestra patrón (MP) de suelo, el porcentaje de cenizas de cáscara de arroz (CCA) y se mezcló con un cucharón.

Figura 92: *Adición de 720 g de CCA a los 6000 g de muestra patrón (MP) de suelo, con respecto a la combinación (Muestra patrón + 8% CDO + 12% CCA) para la elaboración de un espécimen de CBR.*

- Luego, se agregó el porcentaje de cenizas de Donax Obesulus (CDO) en la muestra de suelo y CCA, se revolvió de manera cuidadosa, hasta conseguir una muestra homogénea.

Figura 94: *Incorporación de 480 g de CDO, a la mezcla de los 6000 g de suelo y 720 g de CCA, con respecto a la combinación (Muestra patrón + 8% CDO + 12% CCA) para la elaboración de un espécimen de CBR.*

- Se determinó el contenido de humedad de las muestras, con la finalidad de añadir la cantidad de agua faltante para alcanzar la humedad fijada (O.C.H) para el ensayo de CBR.

Figura 95: *Pesaje de las muestras de la mezcla de suelo y cenizas de la combinación (Muestra patrón + 6%CDO+12%CCA) para la determinación de su contenido de humedad.*

- Se agregó el agua faltante a cada una de las muestras de suelo correspondiente al óptimo contenido de humedad (O.C.H) determinado por el ensayo Proctor modificado, y se revolvió hasta obtener una mezcla uniformemente húmeda. Se colocó cada muestra húmeda de suelo dentro de un molde, se compactó en 5 capas de igual espesor cada una, con la diferencia de que el procedimiento de compactación con el pisón en la primera muestra fue a 56 golpes, en la segunda muestra a 25 golpes y la tercera a 10 golpes cada capa.

Figura 96: *Adición de agua de acuerdo con el óptimo contenido de humedad; colocación de la muestra uniformemente húmeda en el molde; y la compactación del espécimen de 5 capas a 25 golpes con el uso del pisón de la combinación (Muestra patrón + 4%CDO + 12% CCA).*

- Una vez terminada la compactación, se ubicó el molde metálico dentro de la bandeja metálica, se quitó su collarín de extensión y se enrasó el espécimen compactado meticulosamente con la regla metálica.

Figura 97: *Enrasado con la regla metálica, del espécimen (5 capas a 10 golpes) para CBR de la combinación (Muestra patrón + 4% CDO + 12% CCA).*

- Se determinó el contenido de humedad del espécimen, del material húmedo sobrante después de la compactación.

Figura 98: *Pesaje de las muestras de suelo húmedo sobrante después de la compactación, para la determinación de contenido de humedad de los especímenes (56, 25 y 10 golpes) de CBR de la combinación (Muestra patrón + 8% CDO + 5% CCA).*

- Enseguida, se desmontó con cuidado el molde metálico del plato de base, se retiró el disco espaciador y se colocó un nuevo papel filtro en la placa base. Nuevamente, se montó el molde, pero esta vez invertido. Ahora bien, se retiró el antiguo papel filtro utilizado en la compactación, que quedó expuesto en la parte superior del espécimen invertido.

Figura 99: *Retiro del disco espaciador y la colocación de un nuevo papel filtro en la placa base; además, el montaje del molde invertido para el espécimen (5 capas a 56 golpes) de CBR de la combinación (Muestra patrón + 8% CDO + 5% CCA).*

- Se pesó el molde con la placa base y el suelo húmedo compactado dentro de él, y se anotó en la libreta de apuntes.

Figura 100: Pesaje de los moldes (5 capas a 56, 25 y 10 golpes) para CBR con sus placas base y el suelo húmedo compactado no saturado, de la combinación (Muestra patrón + 6% CDO + 9% CCA).

- Una vez pesado, se colocó sobre la superficie de la muestra invertida la placa de metal perforada con vástago regulable y encima la sobrecarga (01 pesa anular y 01 pesa ranurada).

Figura 101: *Colocación de la placa de metal perforada con vástago regulable, sobre la superficie de la muestra invertida, y sobre ella, la sobrecarga de 01 pesa anular y 01 esa ranurada, del molde para CBR (5 capas a 56 golpes) de la combinación (Muestra patrón + 6% CDO + 9% CCA).*

Figura 102: *3 moldes (5 capas a 56, 25 y 10 golpes) para CBR de la combinación (Muestra patrón + 6% CDO + 9% CCA), con sus respectivas placas de metal perforada de vástago regulable y las sobrecargas (01 pesa anular y 01 pesa ranurada).*

- Se montó el trípode, colocando sus patas en el borde del molde asegurando su vástago del dial, al de la placa perforada, se manipuló el dial (las agujas a cero) y se marcó la posición de las patas del trípode en el borde del molde.

Figura 103: *Montaje del trípode con dial sobre el borde del molde. Colocación de las agujas del dial a cero, y el marcado de la posición de las patas del trípode en el borde del molde de CBR de la combinación (Muestra patrón + 4%CDO + 5% CCA).*

- Se sumergió en la poza con agua los 03 moldes (56, 25 y 10 golpes) de CBR para el control de la expansión, además, se realizó el ajuste de las agujas del dial a cero. El proceso de sumersión fue de 4 días (96 horas); cada 24 horas se verificó el dial de cada molde y se apuntó en la libreta de apuntes la lectura, día y hora de cada espécimen.

Figura 104: *Sumersión de los 03 moldes (56, 25 y 10 golpes) de CBR en la poza con agua, y el ajuste de las agujas del dial a cero de la combinación (Muestra patrón + 8% CDO + 5% CCA).*

- A las 96 horas de la sumersión, luego de haberse tomado el hinchamiento, se quitó el trípode del molde. Se retiró los 03 moldes del tanque sujetando con firmeza la placa perforada y las pesas, se vertió el agua retenida en la parte superior y se dejó escurrir los moldes por 15 minutos.

Figura 105: *Lectura del dial de un molde (10 golpes) de CBR a las 96 horas. Retiro de la poza de los 03 moldes de CBR de la combinación (Muestra patrón + 8% CDO + 5% CCA) para su escorrentía.*

- Después, se quitó la sobrecarga y la placa perforada, y se tomó los pesos de los moldes metálicos con sus respectivas placas base y el suelo húmedo compactado saturado.

Figura 106: *Pesaje de los moldes (56, 25 y 10 golpes) de CBR con sus placas bases y el suelo húmedo compactado saturado de la combinación (Muestra patrón + 8% CDO + 5% CCA).*

- Una vez pesado, se colocó en la prensa para CBR, el molde metálico con la muestra saturada y una pesa (anular), se prosiguió con el asentado del pistón de penetración de la prensa y de inmediato se puso la otra pesa (ranurada). Se situó a cero los diales medidores y el control de penetración.

Figura 107: *Colocación del molde (10 golpes) de la combinación (Muestra patrón + 4% CDO + 9% CCA) y las pesas de sobrecarga en la prensa para CBR, y el asentado del pistón de penetración.*

- Se realizó el ensayo de penetración con un pistón de penetración a una velocidad de 1.27 mm/min, registrándose las lecturas de carga a 0.025, 0.050, 0.075, 0.100, 0.150, 0.200, 0.300, 0.400 y 0.500 pulgadas.

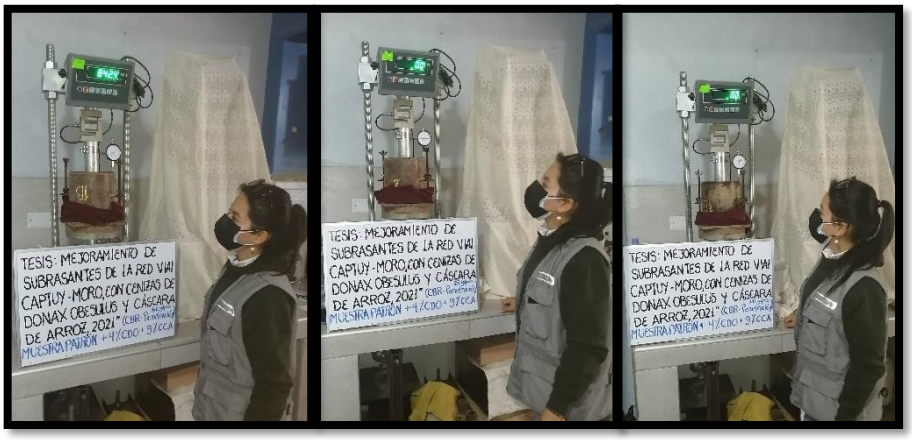


Figura 108: *Ensayo de penetración de los moldes (56, 25 y 10 golpes) de CBR de la combinación (Muestra patrón + 4% CDO + 9 % CCA).*

- De cada molde saturado y ensayado, se determinó su contenido de humedad, tomando una porción de muestra de la zona superior y próxima a donde se realizó la penetración.

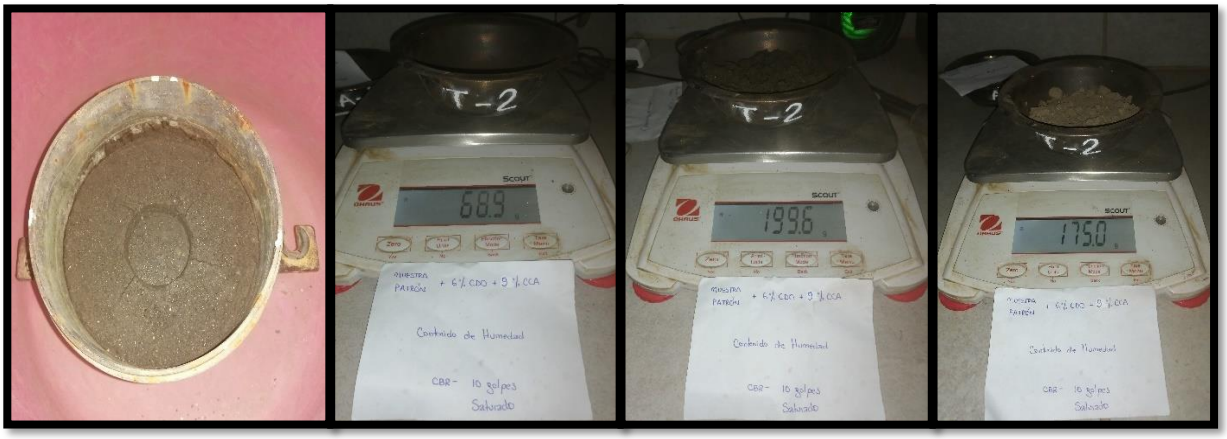


Figura 109: *Determinación del contenido de humedad del espécimen (5 capas a 10 golpes) de CBR saturado y ensayado de la combinación (Muestra patrón + 6% CDO + 9% CCA).*

- Finalmente, se generó una gráfica relacionando la carga y la profundidad a la que fue penetrado por el pistón dentro de la muestra.

3.6 TÉCNICAS DE ANÁLISIS DE DATOS

Para la contrastación de la hipótesis de esta investigación, se utilizó el Análisis de la Varianza (ANOVA) y el Método TUKEY en el software Microsoft Excel, con un nivel de confianza al 95%, para la verificar si los niveles de las Variables Independientes (CDO y CCA) influyen en los niveles de la Variable Dependiente (Propiedades mecánicas físicas de la subrasante).

CAPÍTULO IV.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1.1 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS DE LA CENIZA DE *DONAX OBESULUS* Y LA CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ.

a. DETERMINACIÓN DEL TIEMPO Y TEMPERATURA DE INCINERACIÓN PARA LAS DONAX OBESULUS Y CÁSCARA DE ARROZ.

- **Calorimetría Diferencial de Barrido (DSC) y Análisis Termogravimétrico (TGA) de la Donax Obesulus y la cáscara de Arroz.**
  - **Análisis simultáneo DSC – TGA de las valvas de Donax Obesulus.**

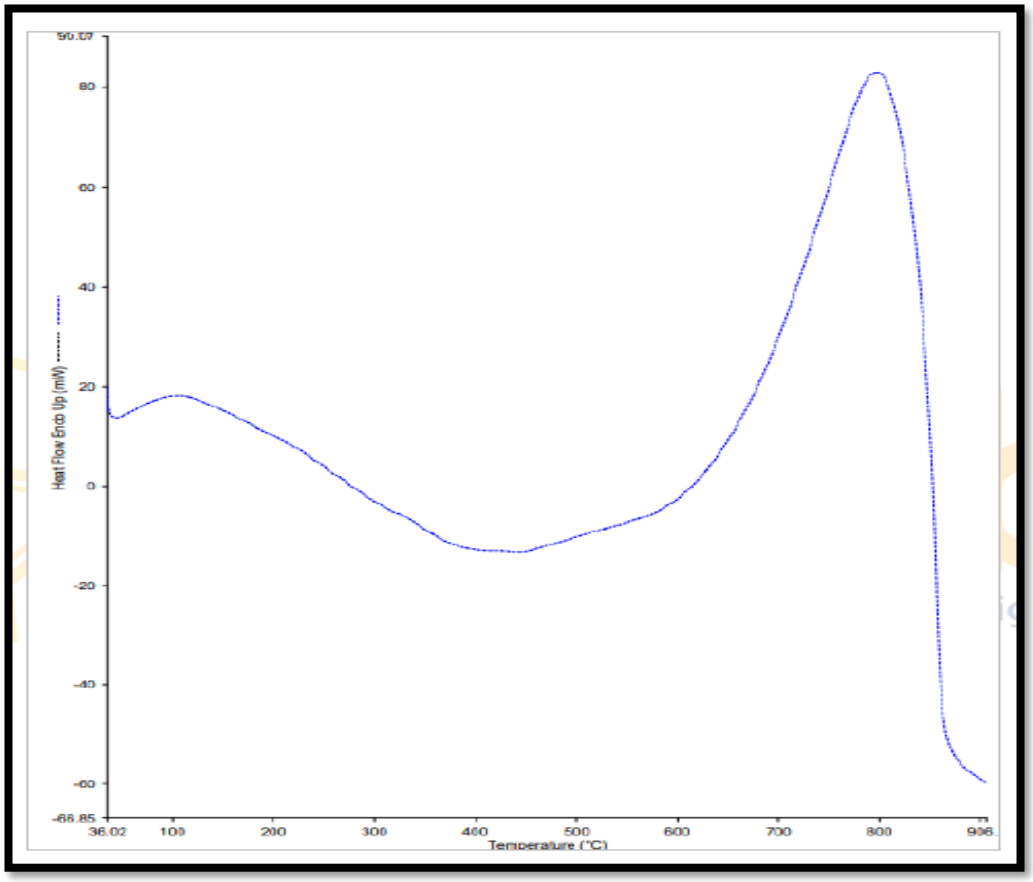


Figura 110: *Resultado obtenido de Calorimetría Diferencial de Barrido (DSC) de las valvas de la Donax Obesulus.*

INTERPRETACIÓN:

De la Figura 110, se visualiza que la curva DSC muestra una pequeña región endotérmica aproximadamente a 100 °C. Posteriormente, se evidencia un pico grande de absorción térmica alrededor de 800°C mostrando un posible cambio estructural de la muestra.

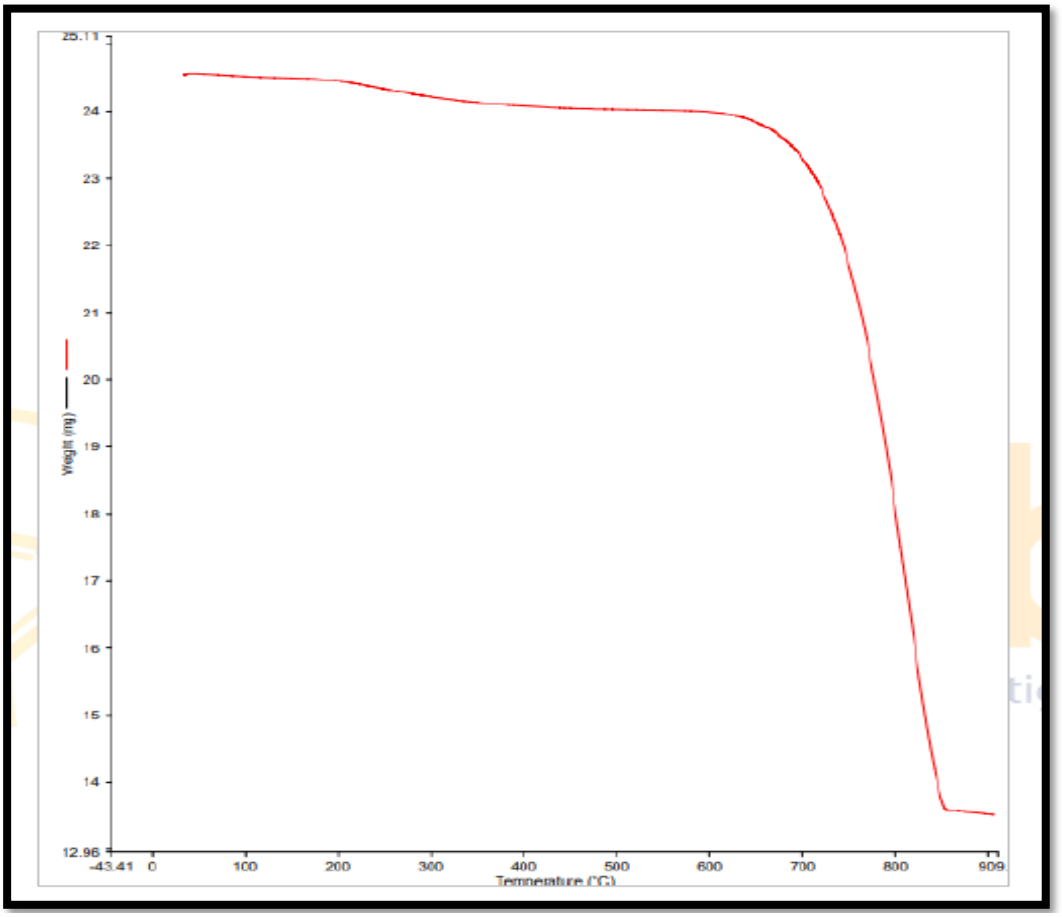


Figura 111: *Resultado obtenido del Análisis Termogravimétrico (TGA) de las valvas de Donax Obesulus.*

INTERPRETACIÓN:

De la Figura 111, el TGA de la muestra evidencia una estabilidad hasta los 700 °C, a partir de esta temperatura inicia su descomposición y pérdida

constante de masa hasta obtener un remanente de aproximadamente 55 % de su masa inicial al alcanzar la temperatura final de ensayo.

En otras palabras, de ambas curvas obtenidas, la incineración de la Donax Obesulus se puede trabajar entre un rango de 750 a 800 °C. En esta investigación, la obtención de CDO se ejecutó a una temperatura promedio de 775.0 °C ± 1.0 °C por un tiempo de 4 horas.

- **Análisis simultáneo DSC – TGA de la cáscara de arroz.**

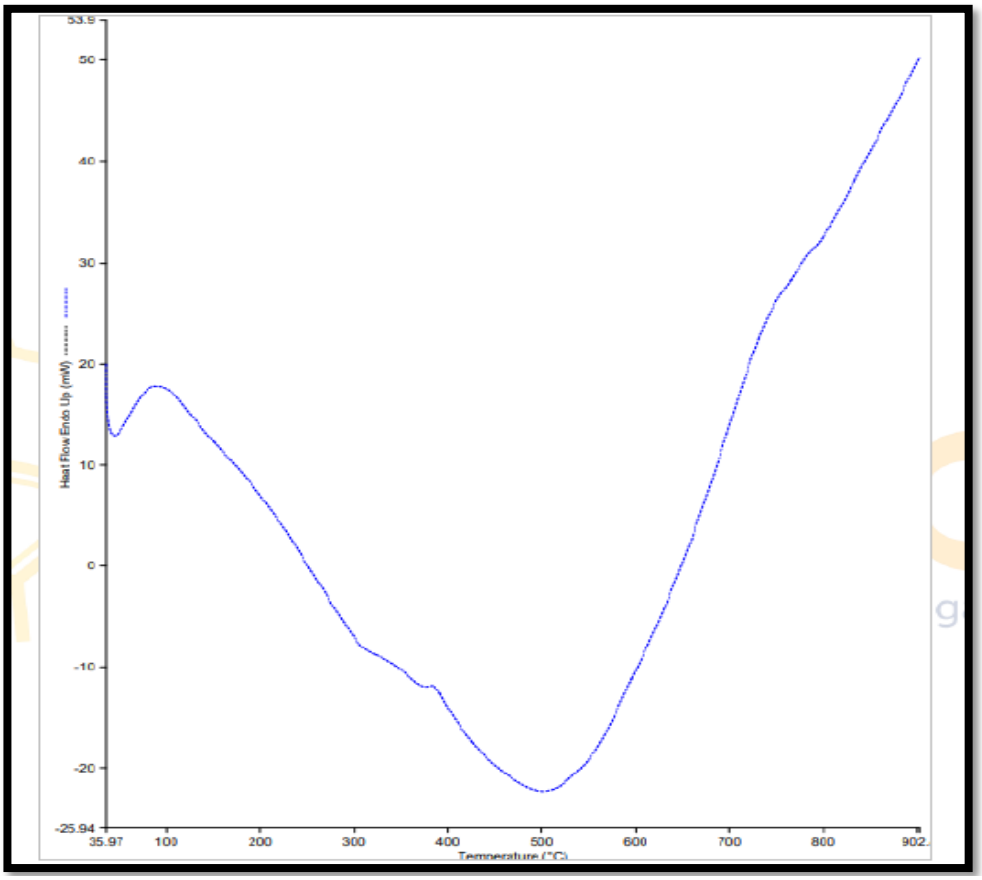


Figura 112: *Resultado obtenido de Calorimetría Diferencial de Barrido (DSC) de la cáscara de arroz.*

INTERPRETACIÓN:

De la Figura 112, se observa que la curva DSC muestra una pequeña región endotérmica aproximadamente a 100 °C. Posteriormente, se evidencia un pico grande de absorción térmica alrededor de 760°C mostrando un posible cambio estructural de la muestra.

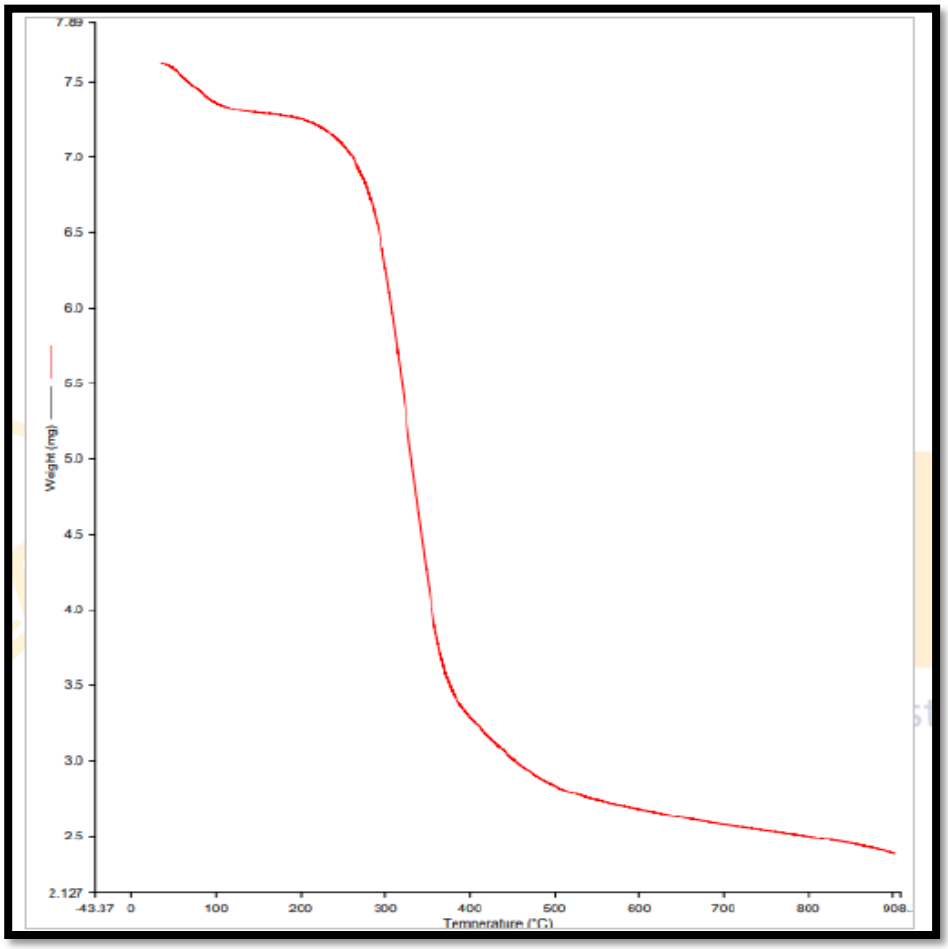


Figura 113: *Resultado obtenido del Análisis Termogravimétrico (TGA) de la cáscara de arroz.*

INTERPRETACIÓN:

De la Figura 113, el TGA de la muestra evidencia 02 pérdidas de masa, la primera en el rango de 90°C y 110°C (5% de masa) y el segundo con mayor intensidad en un rango de 255°C y 385°C; posteriormente, se muestra una

pérdida constante de masa hasta obtener un remanente de aproximadamente 32 % de su masa inicial al alcanzar la temperatura final de ensayo.

Es decir, de ambas curvas obtenidas, el trabajo de incineración de la cáscara de arroz se puede ejecutar entre el rango de 450 a 480 °C. En esta tesis, se utilizó una temperatura de 475.0 °C ± 1.0 °C y un tiempo de 2 horas para la obtención de CCA.

b. DETERMINACIÓN DE LA COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA CDO Y CCA MEDIANTE EL ENSAYO DE FLUORESCENCIA DE RAYOS X DISPERSA EN ENERGÍA "FRXDE".

- **CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DE LA CENIZA DE DONAX OBESULUS (CDO).**

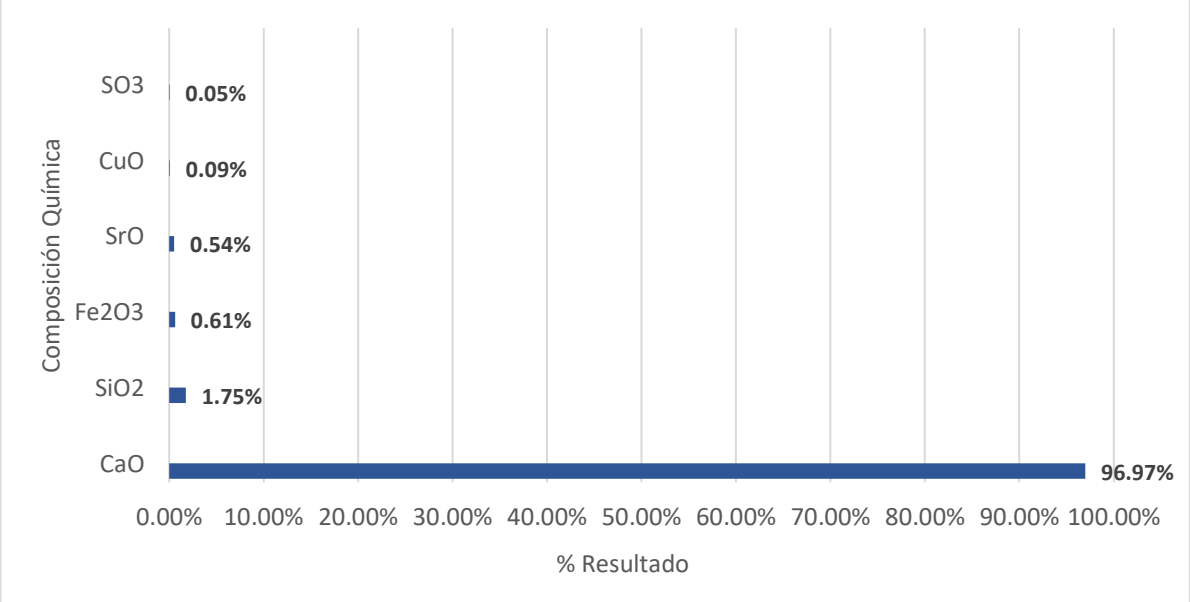


Figura 114: *Resultado de Fluorescencia de Rayos X de la Ceniza de Donax Obesulus (CDO).*

INTERPRETACIÓN:

De la Figura 114, sobre el resultado de Fluorescencia de Rayos X de la CDO, se puede identificar que la composición química predominante de la Ceniza de Donax

Obesulus fue el CaO (óxido de calcio) con un porcentaje de 96.97%; adicionalmente, un 1.75% de SiO2 (óxido de silicio) y 0.61% Fe2O3 (óxido de hierro).

Con base en Ibañez (2018), un recurso calcáreo incinerado genera óxidos de calcio activados y, demás componentes principales presentes en el cemento (pág. 21). Del resultado del ensayo, las CDO contuvieron 99.33% de componentes químicos principales cementantes (CaO, SiO2, Al2O3, Fe2O3).

- **CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DE LA CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ (CCA).**

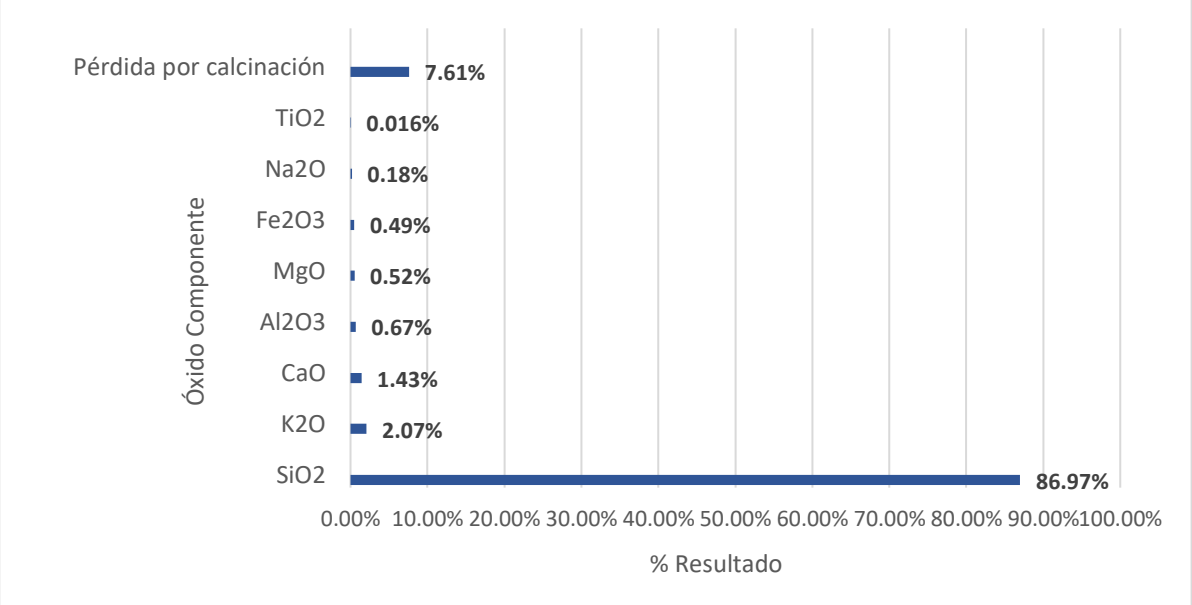


Figura 115: *Resultado de Fluorescencia de Rayos X de la Ceniza de Cáscara de Arroz (CCA).*

INTERPRETACIÓN:

De la Figura 115, en relación con los resultados de Fluorescencia de Rayos X de las CCA, se puede visualizar que la composición química predominante fue el SiO_2

(óxido de silicio) con un porcentaje de 86.97%; además, 0.67% de Al_2O_3 (óxido de aluminio) y 0.49% de Fe_2O_3 (óxido de hierro).

Con base en el estándar de la ASTM C 618, las cenizas pueden considerarse como un material puzolánico; por la razón de que, la suma de los óxidos de silicio, aluminio y hierro superan el 70%. Asimismo, al ser de gran actividad puzolánica, pueden generar un material cementante al combinarse con agua y reaccionar con el hidróxido de calcio a temperatura ambiente. En este caso, las CCA contuvieron 88.13% de componentes puzolánicos.

Con base en Behak y Peres (2008), "solamente la sílice amorfa (no cristalina) reacciona químicamente con los iones de calcio de la cal, formando productos cementantes que estabilizan un suelo arenoso" (pág. 36). En esta investigación, la sílice amorfa de la CCA reaccionó con los iones de calcio de la CDO, produciendo un componente cementante.

c. INCINERACIÓN DE LAS MUESTRAS DE DONAX OBESULUS Y LA CÁSCARA DE ARROZ.

- **PORCENTAJE DE REMANENTE DE CENIZA DE DONAX OBESULUS (CDO) Y CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ (CCA).**
  - **PORCENTAJE DE REMANENTE DE CENIZA DE DONAX OBESULUS (CDO).**

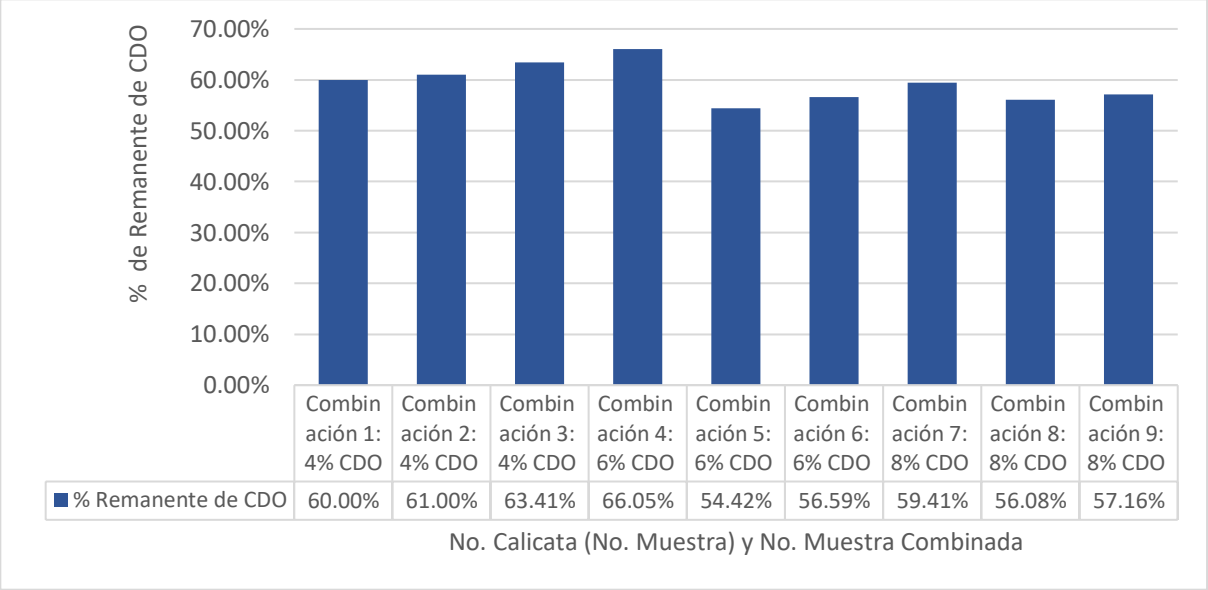


Figura 116: *Porcentaje (%) de remanente de la Ceniza de Donax Obesulus (CDO) para las combinaciones 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 y 9.*

INTERPRETACIÓN:

En síntesis, de la Figura 116 el rango de variabilidad del porcentaje (%) de remanente de CDO incinerado a 775 °C por 4 horas, fue entre 54.42% - 66.05%.

- **PORCENTAJE DE REMANENTE DE CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ (CCA).**

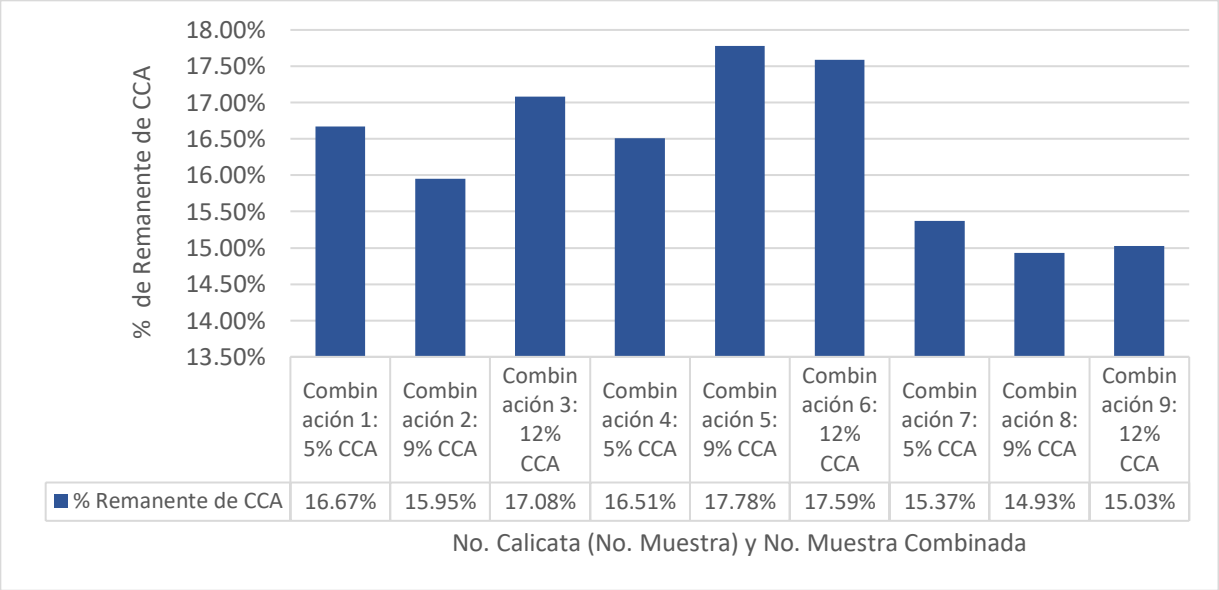


Figura 117: *Porcentaje (%) de remanente de la Ceniza de Cáscara de Arroz (CCA) para las combinaciones 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 y 9.*

INTERPRETACIÓN:

Como se percibe en la Figura 117, el rango de variabilidad del porcentaje (%) de remanente de CCA incinerado a 475 °C por 2 horas, fue entre 14.93% - 17.78%.

d. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LA CDO Y LA CCA.

- **ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO DE LA CDO Y LA CCA.**

- **ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO DE LA CDO.**

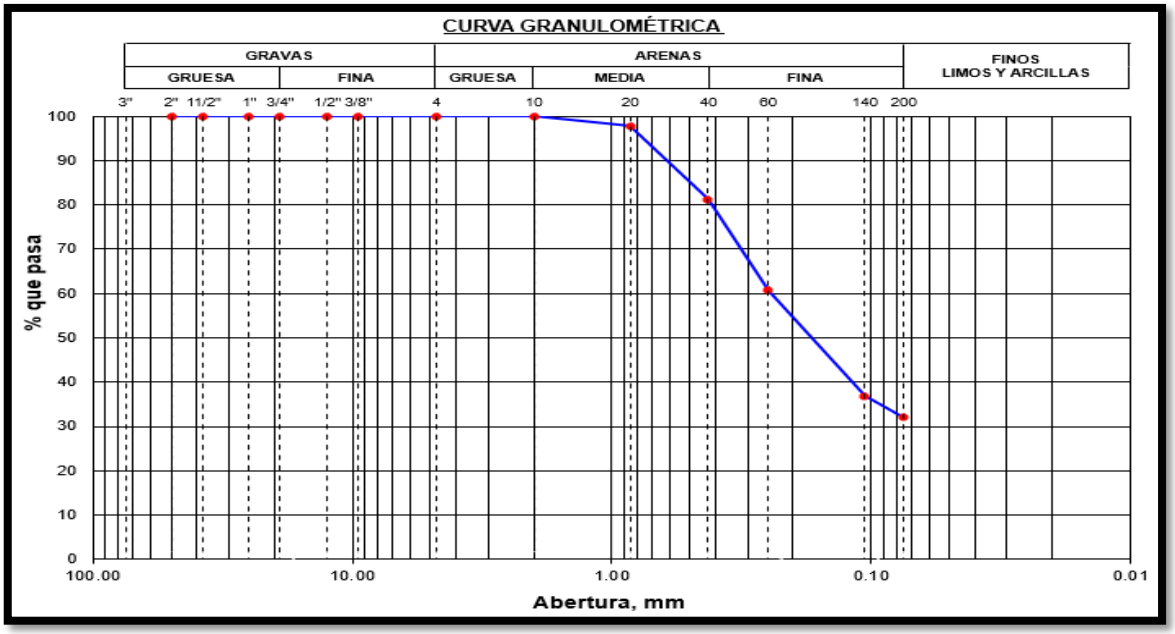


Figura 118: *Curva Granulométrica de la Ceniza de Donax Obesulus (CDO).*

INTERPRETACIÓN:

La Figura 118 correspondiente a la curva granulométrica de la muestra de CDO presentó 0.00% de grava, es decir, el % que pasa el tamiz No. 4 es el 100% de la muestra; a la vez, mostró un 67.96% de arena y; 32.04% de finos, dicho de otra forma, el % que pasa el tamiz No. 200 es mayor al 30%, por lo cual, el D_{30} (mm) y el D_{10} (mm) no interceptan la curva, por consiguiente, no se pudo determinar el Coeficiente de Uniformidad (Cu), ni Coeficiente de Curvatura (Cc) en la CDO, lo que significa que no es una muestra bien graduada y contiene un gran porcentaje de huecos.

- **ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO DE LA CCA.**

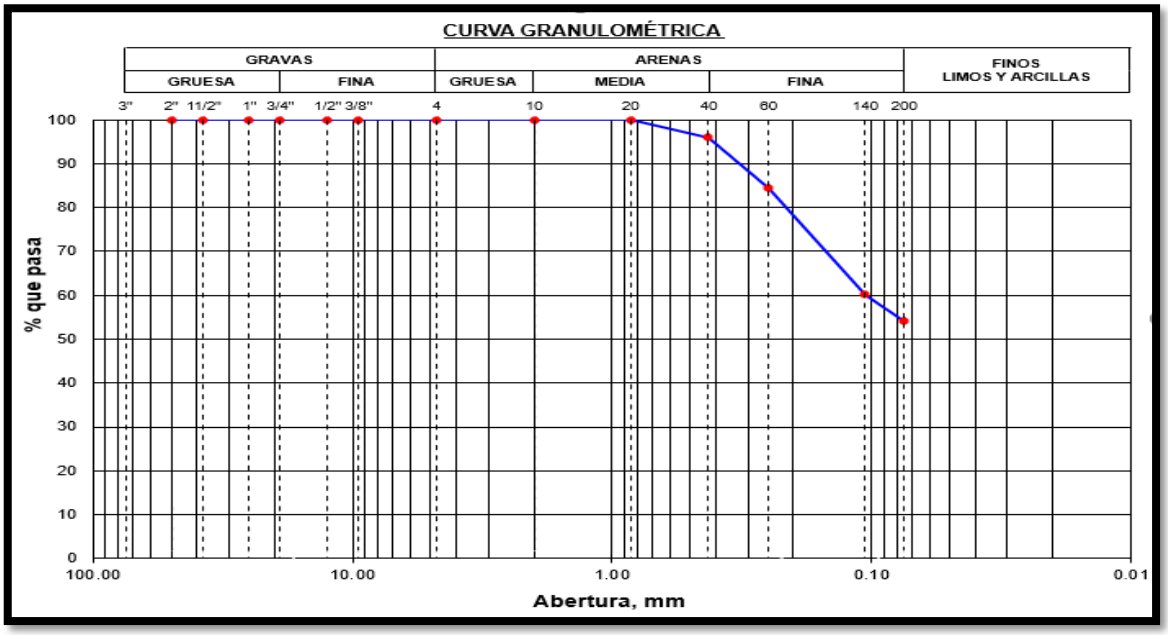


Figura 119: *Curva Granulométrica de la Ceniza de Cáscara de Arroz (CCA).*

INTERPRETACIÓN:

La Figura 119, acerca de la curva granulométrica de la muestra de CCA reveló 0.00% de grava, en otras palabras, el % que pasa el tamiz No. 4 es el 100% de la muestra; asimismo, presentó un 45.92% de arena y; 54.08% de finos, dicho de otra manera, el % que pasa el tamiz No. 200 es mayor al 30%, por ende, el D_{30} (mm) y el D_{10} (mm) no interceptan la curva; por lo tanto, no se pudo determinar el Coeficiente de Uniformidad (Cu), ni Coeficiente de Curvatura (Cc) en la CCA, lo que significa que no es una muestra bien graduada y contiene un gran porcentaje de huecos.

- **PESO ESPECÍFICO DE LA CDO Y LA CCA.**

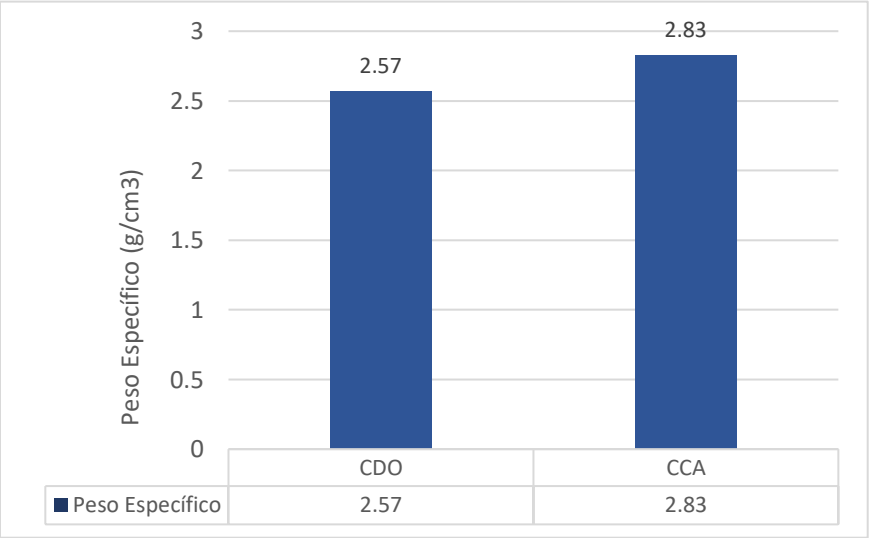


Figura 120: *Resultado del peso específico (g/cm3) de la CDO y la CCA.*

INTERPRETACIÓN:

De acuerdo con la Figura 120, el dato que se obtuvo en el peso específico de la Ceniza de Donax Obesulus (CDO) fue de 2.57 g/cm3, mientras que, el peso específico de la Ceniza de Cáscara de Arroz (CCA) fue de 2.83 g/cm3; valores que se vieron reflejados en el aumento o disminución del peso específico del suelo de muestra patrón en combinación con los porcentajes estipulados de CDO y CCA.

- **CONTENIDO DE HUMEDAD DE LA CDO Y CCA.**

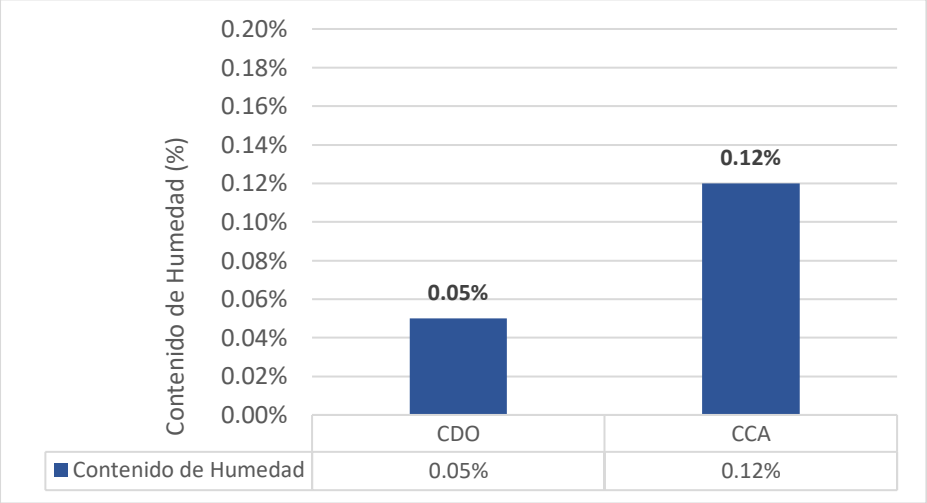


Figura 121: *Resultado del contenido de humedad (%) de la CDO y la CCA.*

INTERPRETACIÓN:

Referente a la Figura 121, se muestra que el contenido de humedad de la Ceniza de Donax Obesulus (CDO) fue < 0.05%; dicho valor representa una cantidad de agua muy baja, lo que significa que, en combinación con un suelo, la misma solo aportó una ligera humedad.

Además, el contenido de humedad de la CCA conseguido fue de 0.12%; de la misma forma, al presentar una cantidad de agua muy pequeña, la muestra solo añadió una minúscula humedad al combinarse con un suelo.

- **pH (POTENCIAL DE HIDRÓGENO) DE LA CDO Y LA CCA.**

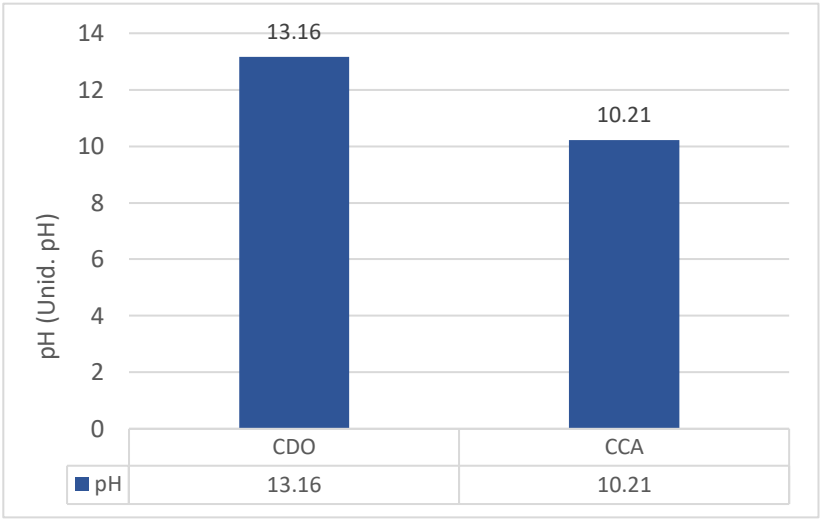


Figura 122: *Resultado del pH (Unid. pH) de la CDO y la CCA.*

INTERPRETACIÓN:

Respecto a la Figura 122, se obtuvo 13.16 Unid. pH en cuanto al pH de la Ceniza de Donax Obesulus (CDO), valor que revela alcalinidad o basicidad en las CDO (según la escala del pH es de carácter muy básico, 12 < pH < 14); resultado que, al mismo tiempo es cercano al "pH del cemento Portland, que cuenta con valores entre 12.00 y 13.00 Unid. pH" (UNACEM, 2017, pág. 2).

Por lo que se refiere al pH de la Ceniza de Cáscara de Arroz, el resultado fue de 10.21 Unid. pH, que denota alcalinidad (según la escala del pH es moderadamente básico 10 < pH < 12).

Ambos resultados, tendrán efecto en el pH del suelo de muestra patrón combinado con los porcentajes de CDO y CCA; según fertilab.com.mx (2016), "los suelos alcalinos son generalmente impermeables, es decir, se origina una lenta infiltración y percolación del agua a través del suelo, imposibilitando así, un desarrollo óptimo de las plantas" (pág. 1).

4.1.2 PROPIEDADES MECÁNICAS Y FÍSICAS EN LA SUBRASANTE DE LA RED VIAL CAPTUY - MORO, ANTES DE LA INCORPORACIÓN DE LAS CENIZAS DE *DONAX OBESULUS* Y CÁSCARA DE ARROZ

a. ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO DE LAS CALICATAS C-1, C-2, C-3, C-4, C-5 y C-6.

- **ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO DE LA CALICATA C-1.**

A continuación, a detalle las curvas granulométricas de cada calicata de esta investigación.

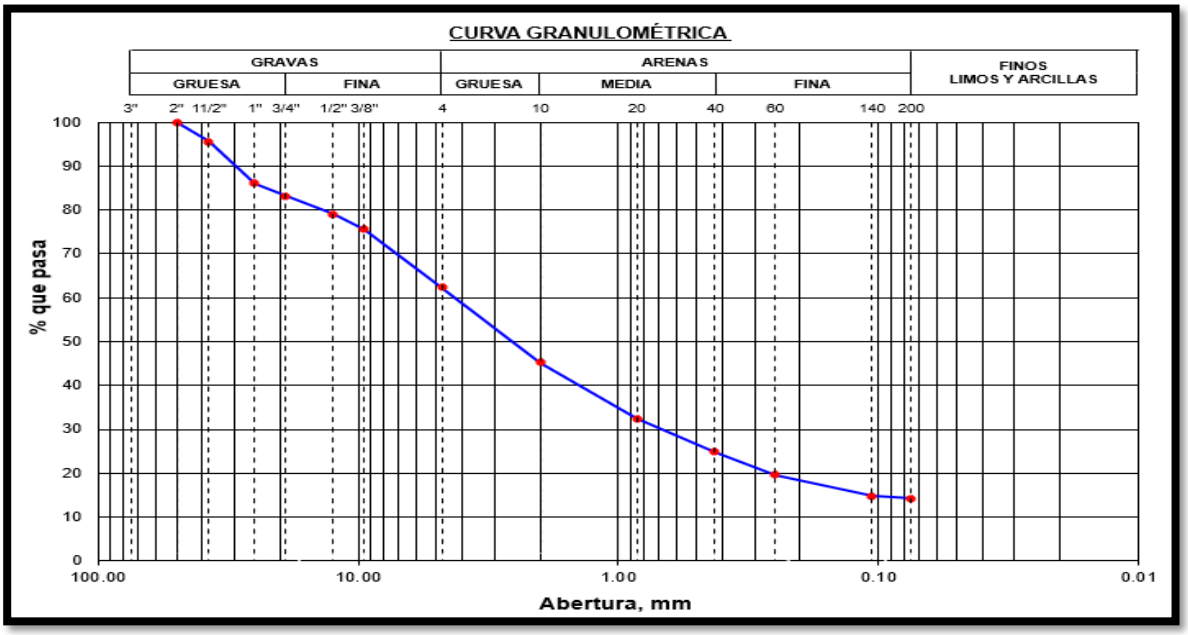


Figura 123: *Curva Granulométrica de la Calicata C-1 (M-1).*

INTERPRETACIÓN:

En la Figura 123, se observa la curva granulométrica de la muestra M-1 de la calicata C-1, que presentó 37.69% de grava, 48.10% de arena y 14.21% de finos.

Además, el D_{10} (mm) no intercepta la curva granulométrica porque el porcentaje de suelo que pasa por el último tamiz No. 200 (finos) es mayor al l0%; por consiguiente, no se pudo determinar el Coeficiente de Uniformidad (Cu), ni el Coeficiente de Curvatura (Cc), lo que significa que, no es un suelo bien graduado y contiene un gran porcentaje de huecos. Con base en Bañón y Beviá (2000), la forma de la curva nos muestra una granulometría discontinua (presencia de picos y tramos planos), propia de un suelo mal graduado.

- **ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO DE LA CALICATA C-2.**

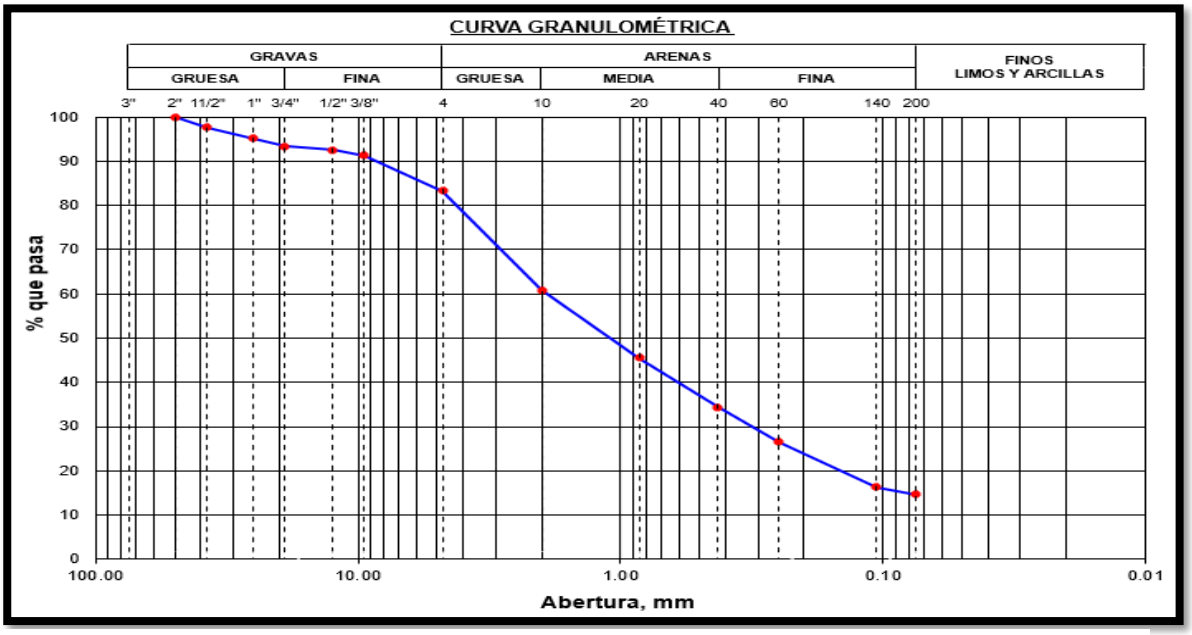


Figura 124: *Curva Granulométrica de la Calicata C-2 (M-1).*

INTERPRETACIÓN:

En la Figura 124, se visualiza la curva granulométrica de la muestra M-1 de la calicata C-2, que presentó 16.78% de grava, 68.54% de arena y 14.68% de finos. Debido a que el porcentaje de suelo que pasa por el último tamiz No. 200 (finos) es mayor al l0%, el D_{10} (mm) no intercepta la curva granulométrica; en

consecuencia, no se pudo determinar el Coeficiente de Uniformidad (Cu), ni Coeficiente de Curvatura (Cc), lo que significa que, no es un suelo bien graduado y contiene un gran porcentaje de huecos. De acuerdo con Bañón y Beviá (2000), la forma de la curva nos muestra una granulometría discontinua (presencia de picos y tramos planos), propia de un suelo mal graduado.

- **ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO DE LA CALICATA C-3.**

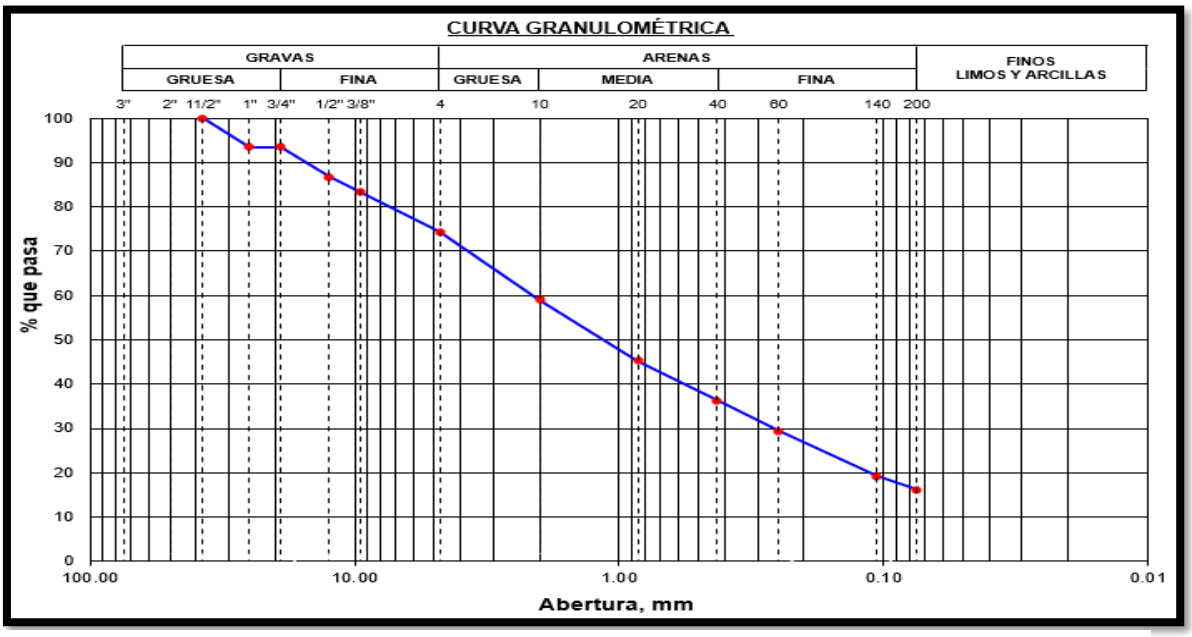


Figura 125: *Curva Granulométrica de la Calicata C-3 (M-1).*

INTERPRETACIÓN:

En la Figura 125, se contempla la curva granulométrica de la muestra M-1 de la calicata C-3, que presentó 25.65% de grava, 58.14% de arena y 16.21% de finos.

El porcentaje de suelo que pasa por el último tamiz No. 200 (finos) es mayor al l0%, por ello, el D_{10} (mm) no intercepta la curva granulométrica; por consiguiente, no se pudo determinar el Coeficiente de Uniformidad (Cu), ni Coeficiente de Curvatura (Cc), lo que significa que, no es un suelo bien graduado y contiene un gran porcentaje de huecos. Según Bañón y Beviá (2000), la forma de la curva nos muestra una granulometría discontinua (presencia de picos y tramos planos), propia de un suelo mal graduado.

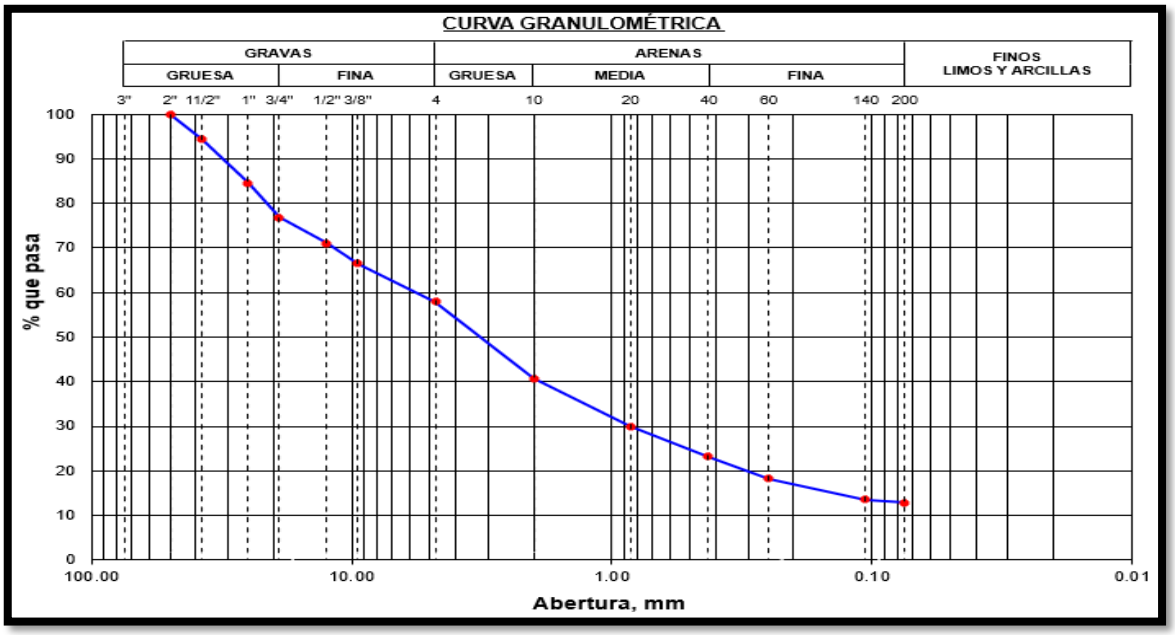


Figura 126: *Curva Granulométrica de la Calicata C-3 (M-2).*

INTERPRETACIÓN:

En la Figura 126, se percibe la curva granulométrica de la muestra M-2 de la calicata C-3, que presentó 42.10% de grava, 45.10% de arena y 12.80% de finos. Asimismo, el D_{10} (mm) no intercepta la curva granulométrica por la razón de que el porcentaje de suelo que pasa por el último tamiz No. 200 (finos) es mayor al l0%; en consecuencia, no se pudo determinar el Coeficiente de Uniformidad (Cu),

ni Coeficiente de Curvatura (Cc), lo que significa que, no es un suelo bien graduado y contiene un gran porcentaje de huecos. Desde la posición de Bañón y Beviá (2000), la forma de la curva nos muestra una granulometría discontinua (presencia de picos y tramos planos), propia de un suelo mal graduado.

- **ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO DE LA CALICATA C-4.**

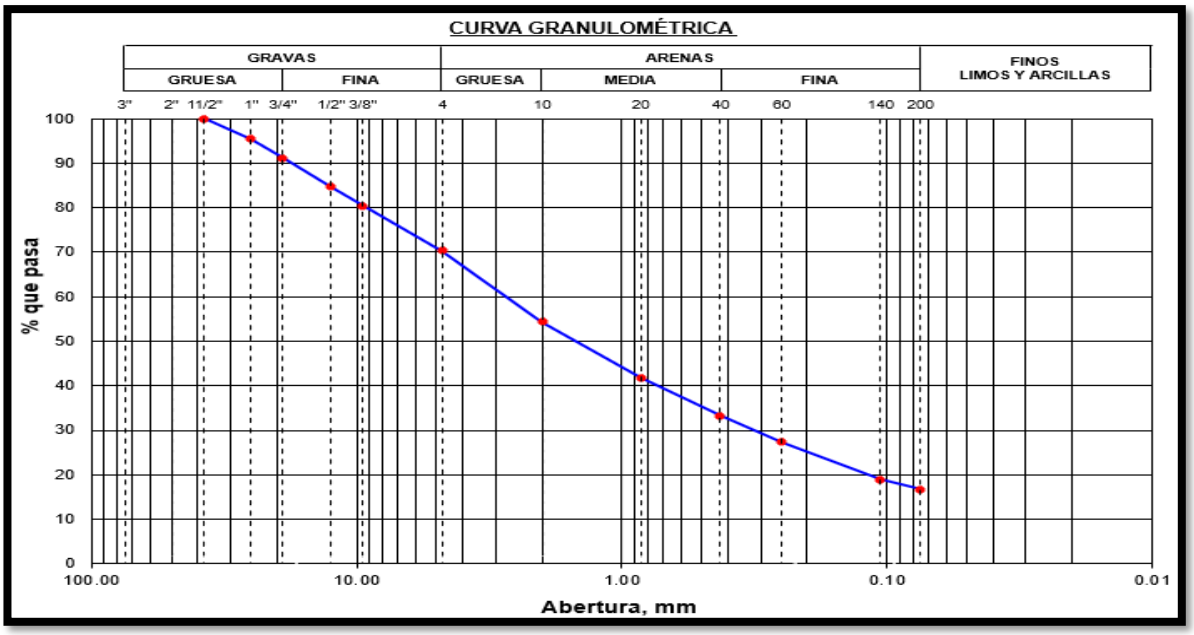


Figura 127: *Curva Granulométrica de la Calicata C-4 (M-1).*

INTERPRETACIÓN:

En la Figura 127, se aprecia la curva granulométrica de la muestra M-1 de la calicata C-4, que presentó 29.63% de grava, 53.62% de arena y 16.75% de finos.

Adicionalmente, el D_{10} (mm) no intercepta la curva granulométrica porque el porcentaje de suelo que pasa por el último tamiz No. 200 (finos) es mayor al l0%; por lo cual, no se pudo determinar el Coeficiente de Uniformidad (Cu), ni Coeficiente de Curvatura (Cc), lo que significa que, no es un suelo bien graduado y contiene un gran porcentaje de huecos. A juicio de Bañón y Beviá (2000), la forma de la curva nos muestra una granulometría discontinua (presencia de tramos planos), propia de un suelo mal graduado.

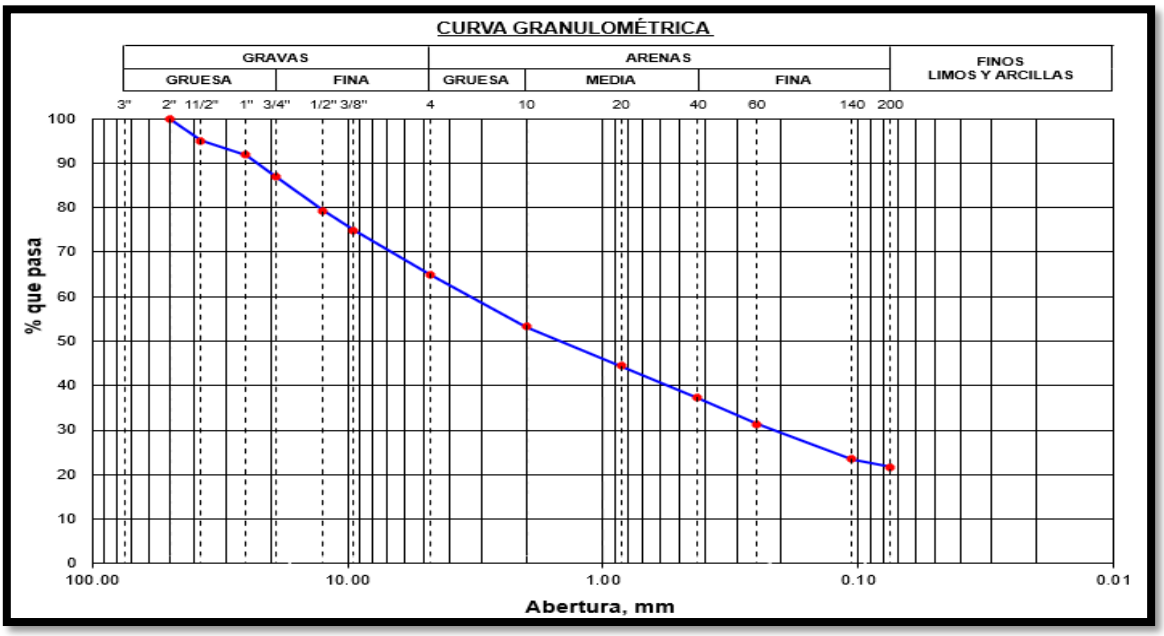


Figura 128: *Curva Granulométrica de la Calicata C-4 (M-2).*

INTERPRETACIÓN:

En la Figura 128, se reconoce la curva granulométrica de la muestra M-2 de la calicata C-4, que presentó 35.06% de grava, 43.26% de arena y 21.68% de finos. Asimismo, el D_{10} (mm) no intercepta la curva granulométrica, por la razón de que, el porcentaje de suelo que pasa por el último tamiz No. 200 (finos) es mayor al l0%; por ende, no se pudo determinar el Coeficiente de Uniformidad (Cu), ni

Coeficiente de Curvatura (Cc), lo que significa que, no es un suelo bien graduado y contiene un gran porcentaje de huecos. Desde la posición de Bañón y Beviá (2000), la forma de la curva nos muestra una granulometría discontinua (presencia de picos y tramos planos), propia de un suelo mal graduado.

- **ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO DE LA CALICATA C-5.**

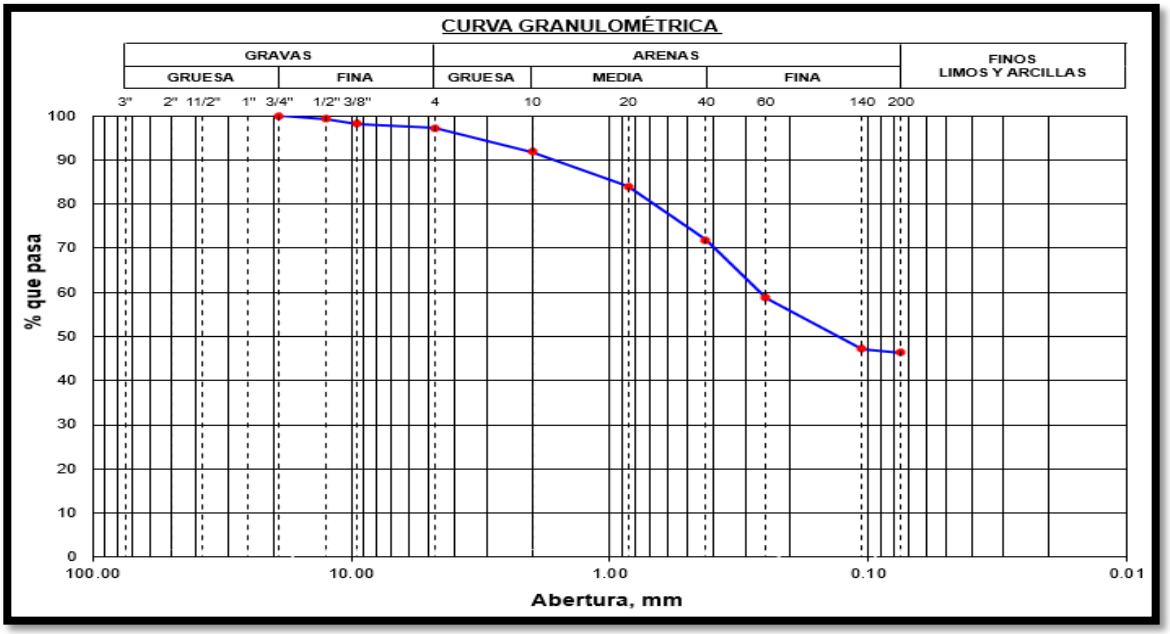


Figura 129: *Curva Granulométrica de la Calicata C-5 (M-1).*

INTERPRETACIÓN:

En la Figura 129, se observa la curva granulométrica de la muestra M-1 de la calicata C-5, que presentó 2.77% de grava, 50.91% de arena y 46.32% de finos. Además, el D_{30} (mm) y D_{10} (mm) no interceptan la curva granulométrica, debido a que, el porcentaje de suelo que pasa por el último tamiz No. 200 (finos) es mayor al 30%; por consiguiente, no se pudo determinar el Coeficiente de Uniformidad (Cu), ni Coeficiente de Curvatura (Cc), lo que significa que, no es un suelo bien graduado y contiene un gran porcentaje de huecos. Como lo hace notar Bañón y

Beviá (2000), la forma de la curva nos muestra una granulometría discontinua (presencia de picos), propia de un suelo mal graduado.

- **ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO DE LA CALICATA C-6.**

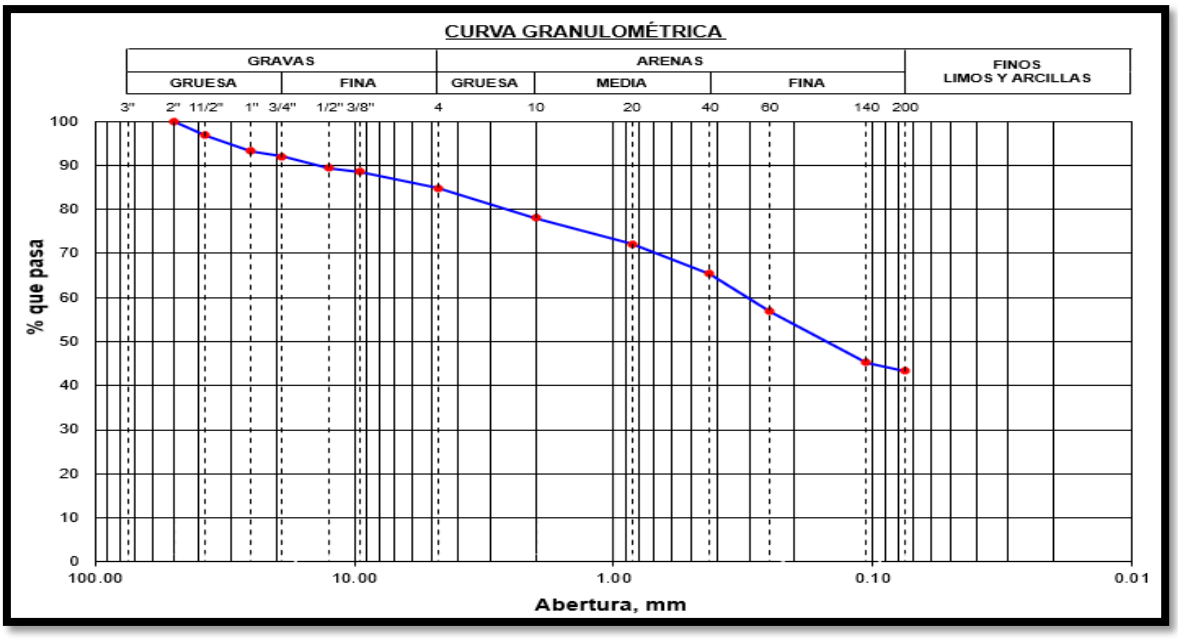


Figura 130: *Curva Granulométrica de la Calicata C-6 (M-1).*

INTERPRETACIÓN:

En la Figura 130, se visualiza la curva granulométrica de la muestra M-1 de la calicata C-6, que presentó 15.26% de grava, 41.49% de arena y 43.25% de finos. Asimismo, el D_{30} (mm) y D_{10} (mm) no interceptan la curva granulométrica, porque el porcentaje de suelo que pasa por el último tamiz No. 200 (finos) es mayor al 30%; en consecuencia, no se pudo determinar el Coeficiente de Uniformidad (Cu), ni Coeficiente de Curvatura (Cc), lo que significa que, no es un suelo bien graduado y contiene un gran porcentaje de huecos. Teniendo en cuenta a Bañón y

Beviá (2000), la forma de la curva nos muestra una granulometría discontinua (presencia de tramos planos), propia de un suelo mal graduado.

b. ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD DE LAS CALICATAS C-1, C-2, C-3, C-4, C-5 y C-6.

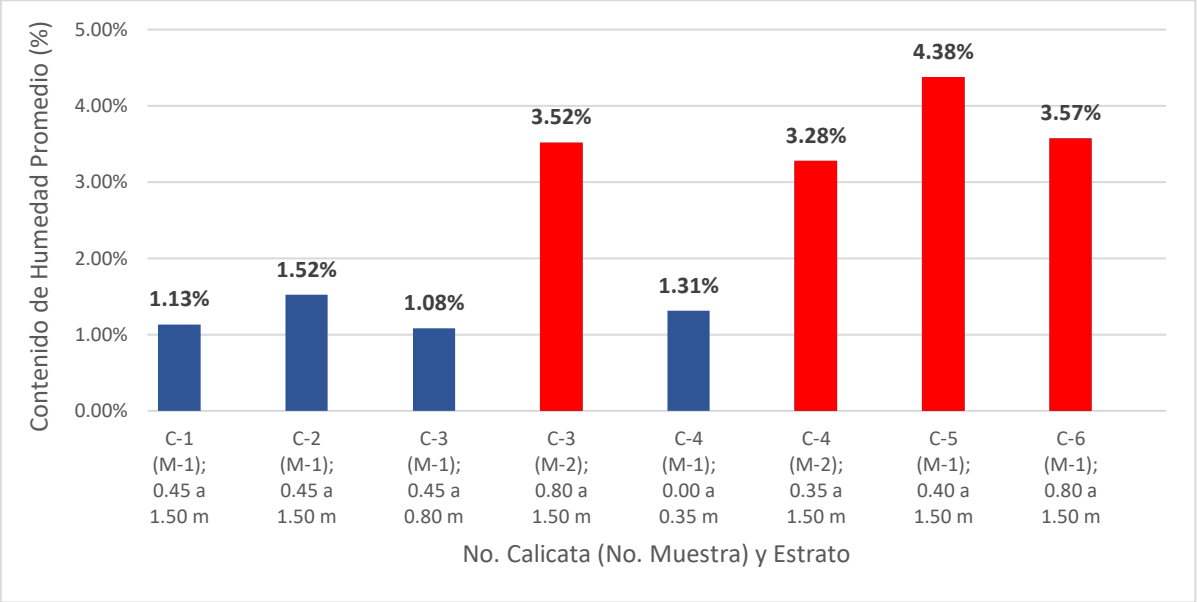


Figura 131: *Contenido de humedad (%) promedio de las muestras procedentes de las calicatas C-1, C-2, C-3, C-4, C-5 y C-6.*

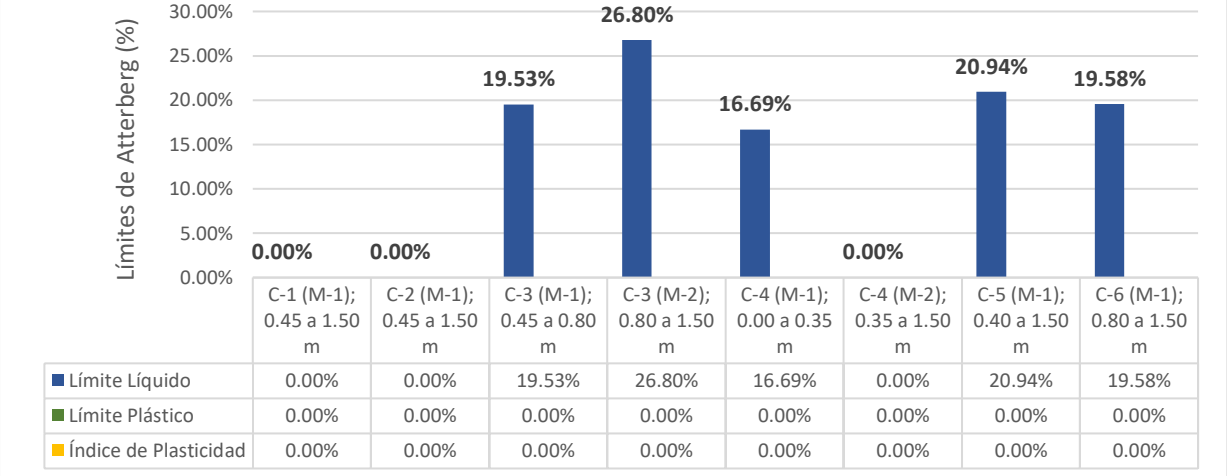
INTERPRETACIÓN:

De la Figura 131 se contempla que, las muestras de las calicatas, C-1 (M-1), C-2 (M-1), C-3 (M-1) y C-4 (M-1), presentaron un contenido de humedad muy bajo, es decir, las muestras son ligeramente húmedas.

Sin embargo, las muestras de las calicatas C-3 (M-2), C-4 (M-2), C-5 (M-1) y C-6 (M-1), son muestras semi húmedas; debido a que, en su granulometría presentan un % de finos mayor al 12% y, se ubican adyacentes a la vegetación de la zona. Por ejemplo, las calicatas C-3 (M-2) y C-4 (M-2), son contiguos al cultivo de caña de azúcar; la calicata C-5 (M-1) colinda con grama y el cultivo de mango; por último, la calicata C-

6 (M-1) se emplaza de manera fronteriza también al cultivo de mango; Por lo tanto, todas ellas retienen agua proveniente de la vegetación (raíces) próxima.

c. ENSAYO DE DETERMINACION DE LÍMITE LÍQUIDO DE SUELOS, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD DE LAS CALICATAS C-1, C-2, C-3, C-4, C-5 y C-6.



	C-1 (M-1); 0.45 a 1.50 m	C-2 (M-1); 0.45 a 1.50 m	C-3 (M-1); 0.45 a 0.80 m	C-3 (M-2); 0.80 a 1.50 m	C-4 (M-1); 0.00 a 0.35 m	C-4 (M-2); 0.35 a 1.50 m	C-5 (M-1); 0.40 a 1.50 m	C-6 (M-1); 0.80 a 1.50 m
Límite Líquido	0.00%	0.00%	19.53%	26.80%	16.69%	0.00%	20.94%	19.58%
Límite Plástico	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Índice de Plasticidad	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%

Figura 132: *Límites de Atterberg de las muestras procedentes de las calicatas C-1, C-2, C-3, C-4, C-5 y C-6.*

INTERPRETACIÓN:

De la Figura 132 se percibe que, las muestras de suelo de las calicatas: C-3 (M-1), C-3 (M-2), C-4 (M-1), C-5 (M-1) y C-6 (M-1) presentaron valores de Límite Líquido (L.L.) menores al 50.00%; que, con base en la carta de plasticidad de Casagrande (Límites de Atterberg), estos suelos se definen como de baja plasticidad.

Por otro lado, no se pudo determinar el Límite Plástico (L.P.), en todas las muestras de suelo procedentes de las calicatas (C-1, C-2, C-3, C-4, C-5 y C-6) ejecutadas; por esta razón, todas las muestras ensayadas no presentaron Índice de Plasticidad, es decir, de acuerdo con el MTC (2014) son No Plásticos (NP), suelos exentos de arcilla.

d. CLASIFICACIÓN DE SUELOS DE LAS CALICATAS C-1, C-2, C-3, C-4, C-5 Y C-6.

- **SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELO (SUCS) Y SISTEMA DE CLASIFICACIÓN AASHTO DE LAS CALICATAS C-1, C-2, C-3, C-4, C-5 Y C-6.**

Tabla 46

Resultado de la clasificación de suelos según el sistema unificado de clasificación de suelo (SUCS) y según el sistema de clasificación AASHTO de las muestras procedentes de las calicatas C-1, C-2, C-3, C-4, C-5 y C-6

No. Calicata (No. Muestra)	Estrato	Clasificación de suelo SUCS	Sistema de Clasificación AASHTO
C-1 (M-1)	0.45 a 1.50 m	SM (Arena limosa con grava)	A-1-a (0) (Grava y arena)
C-2 (M-1)	0.45 a 1.50 m	SM (Arena limosa con grava)	A-1-b (0) (Grava y arena)
C-3 (M-1)	0.45 a 0.80 m	SM (Arena limosa con grava)	A-1-b (0) (Grava y arena)
C-3 (M-2)	0.80 a 1.50 m	SM (Arena limosa con grava)	A-1-a (0) (Grava y arena)
C-4 (M-1)	0.00 a 0.35 m	SM (Arena limosa con grava)	A-1-b (0) (Grava y arena)
C-4 (M-2)	0.35 a 1.50 m	SM (Arena limosa con grava)	A-1-b (0) (Grava y arena)
C-5 (M-1)	0.40 a 1.50 m	SM (Arena limosa)	A-4 (2) (Suelo limoso)
C-6 (M-1)	0.80 a 1.50 m	SM (Arena limosa con grava)	A-4 (2) (Suelo limoso)

INTERPRETACIÓN:

De la Tabla 46 según la clasificación de suelo SUCS, las muestras de las calicatas C-1, C-2, C-3, C-4, C-5 y C-6, corresponden a suelos gruesos, determinado como arenas.

Específicamente, las muestras de las calicatas C-1 (M-1), C-2 (M-1), C-3 (M-1), C-3 (M-2), C-4 (M-1), C-4 (M-2) y C-6 (M-1), son SM (Arena limosa con grava); por evidenciar un % Grava (No. 4 < Diam < 3") mayor al 15%.

Particularmente, la muestra de la calicata C-5 (M-1) es un SM (Arena limosa), sin grava porque el % Grava (No. 4 < Diam < 3") es menor al 15%.

Por otra parte, la Tabla 46 respecto a la clasificación AASHTO; generaliza a las muestras de las calicatas C-1, C-2, C-3 y C-4, como materiales granulares y; a las muestras de las calicatas C-5 y C-6, como materiales limo - arcillosos.

Precisamente, las muestras de C-1 (M-1) y C-3 (M-2), pertenecen al grupo y subgrupo A-1-a (0), su índice de grupo “0” según el MTC (2014) indica que, es un suelo de subrasante muy bueno.

Concretamente, las muestras de C-2 (M-1), C-3 (M-1), C-4 (M-1) y C-4 (M-2), corresponden al grupo y subgrupo A-1-b (0), el índice de grupo “0” en cuanto al MTC (2014) señala que, es un suelo de subrasante muy bueno.

Singularmente, las muestras de C-5 (M-1) y C-6 (M-1), competen al grupo y subgrupo A-4 (2), su índice de grupo “2” con base en el MTC (2014) muestran que, es un suelo de subrasante regular.

e. ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO DE LAS CALICATAS C-1, C-2, C-3, C-4, C-5 Y C-6.

- **MÁXIMA DENSIDAD SECA Y ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD DE LAS CALICATAS C-1, C-2, C-3, C-4, C-5 Y C-6.**

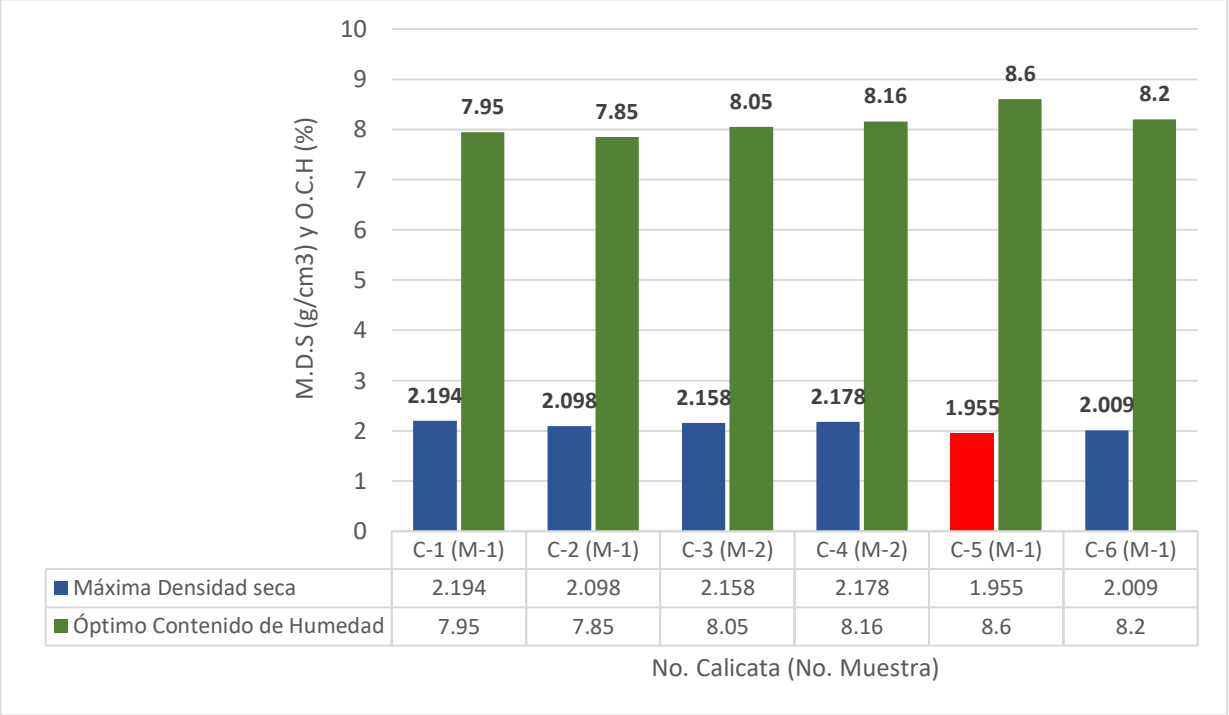


Figura 133: *Máxima Densidad Seca (M.D.S.) y Óptimo Contenido de Humedad (O.C.H.) de las Calicatas C-1, C-2, C-3, C-4, C-5 y C-6.*

INTERPRETACIÓN:

Según los datos descritos en la Figura 133, la calicata C-5 (M-1) presentó 1.955 g/cm3 de Máxima Densidad Seca, siendo éste el menor valor en relación con las demás muestras; asimismo, obtuvo el mayor valor de Óptimo Contenido de Humedad con 8.6%, debido a que por su granulometría contenía un mayor porcentaje de huecos (porcentaje de finos mayor al 12% y el porcentaje de gravas

menor al 15%), que genera menor densidad, mayor compresibilidad y menor impermeabilidad.

f. ENSAYO DE CBR DE SUELOS (LABORATORIO) DE LAS CALICATAS C-1, C-2, C-3, C-4, C-5 Y C-6.

- **C.B.R (95% M.D.S) A 0.1" DE PENETRACIÓN DE LAS CALICATAS C-1, C-2, C-3, C-4, C-5 Y C-6.**

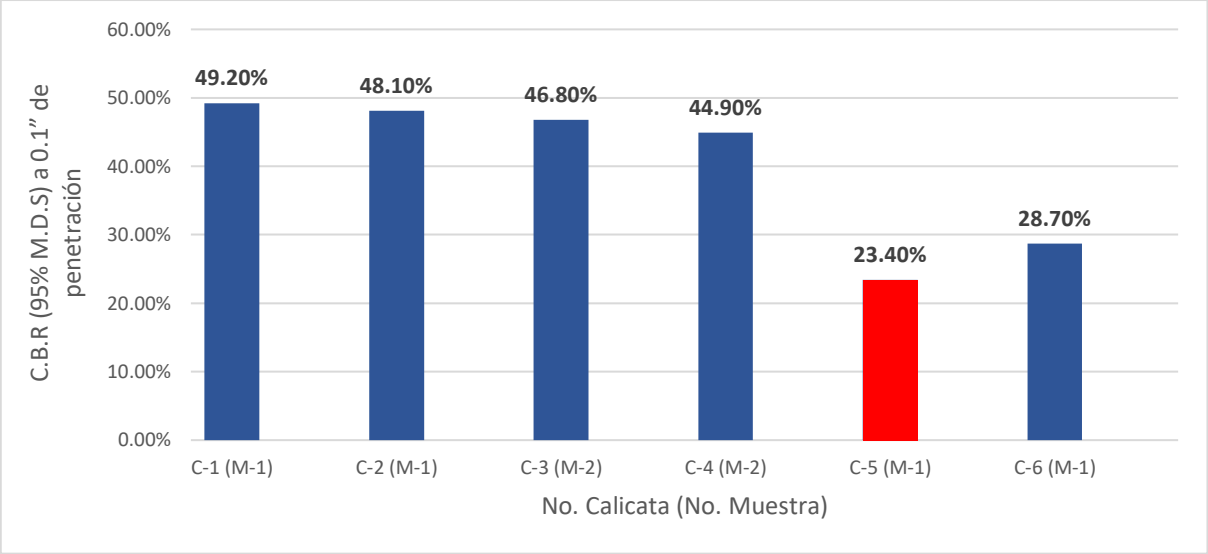


Figura 134: *C.B.R (95% M.D.S) a 0.1" de penetración de las muestras de las calicatas.*

INTERPRETACIÓN:

Acerca de los datos puntualizados en la Figura 134, los valores obtenidos de C.B.R. (95% M.D.S) a 0.1" de penetración de las calicatas C-1 (M-1), C-2 (M-1), C-3 (M-2) y C-4 (M-2), los colocan en la categoría S_5 de Subrasante Excelente en relación con el MTC (2014).

Por otro lado, se observa que el menor valor de C.B.R. (95% M.D.S) a 0.1" de penetración entre las muestras fue de 23.4% concerniente a la calicata C-5 (M-1);

este valor conforme al MTC (2014), la sitúa en el rango de la categoría S_4 de Subrasante Muy Buena.

A la vez, el valor de C.B.R. (95% M.D.S) a 0.1" de penetración de la calicata C-6 (M-1), con 28.7%, también la ubica dentro del rango de la categoría S_4 de Subrasante Muy Buena.

Ahora bien, de las 6 calicatas ejecutadas en esta investigación de la red vial Captuy – Moro, se determinó a la calicata C-5 (M-1, espesor de 1.10 m) y calicata C-6 (M-1, espesor de 0.70 m) como A-4 (2) con base en AASHTO; las mismas que, de acuerdo al MTC (2014) son sectores de subrasante de características homogéneas y pertenecen a una misma categoría de subrasante S_4 de Subrasante Muy Buena, al presentar valores de C.B.R. (95% M.D.S) a 0.1" de penetración de 23.4% (C-5) y 28.7% (C-6).

Por último, para este estudio con respecto al mejoramiento con cenizas, se tomó el valor crítico o más bajo de C.

4.1.3 PROPIEDADES MECÁNICAS Y FÍSICAS EN LA SUBRASANTE DE LA RED VIAL CAPTUY - MORO, DESPUÉS DE LA INCORPORACIÓN DE LAS COMBINACIONES 4%, 6% Y 8% DE CDO Y 5%, 9% Y 12% DE CCA.

a. ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO DE LAS MUESTRAS COMBINADAS DEL SUELO PATRÓN CON 4%, 6% Y 8% DE CDO Y 5%, 9%, 12% DE CCA.

- **ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO DE MP + 4% CDO + 5% CCA.**

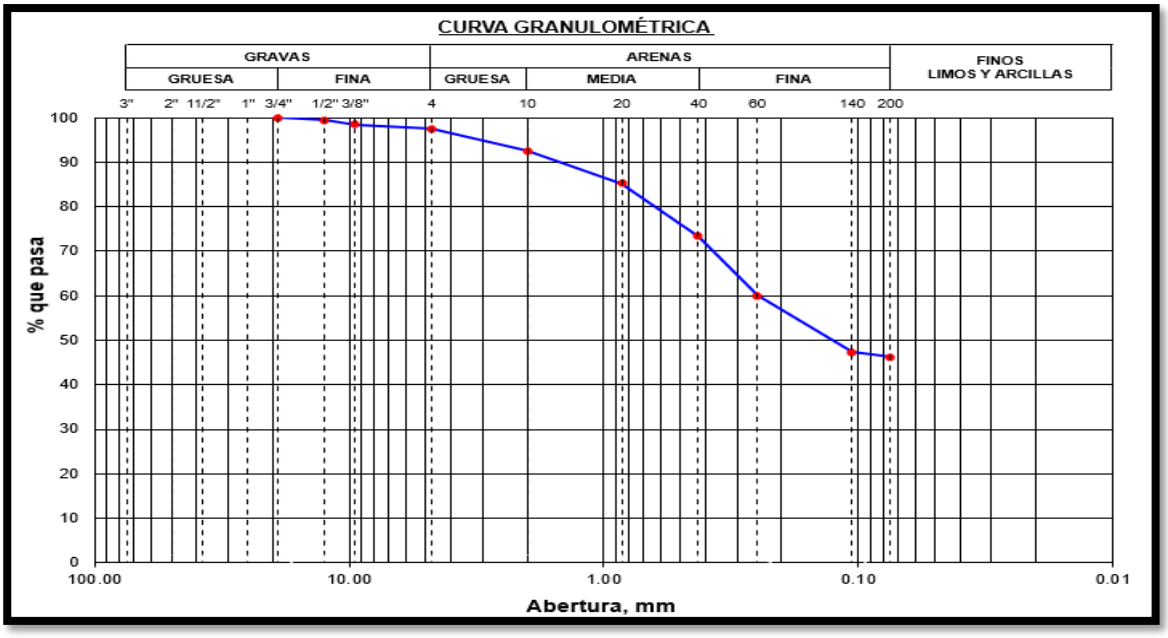


Figura 135: *Curva Granulométrica de la Combinación 1: MP + 4% CDO + 5% CCA.*

INTERPRETACIÓN:

En la Figura 135, se visualiza la curva granulométrica de la Muestra combinada 1 (MP + 4% CDO + 5% CCA), que presentó 2.53% de grava, 51.32% de arena y 46.15% de finos.

Asimismo, el D_{30} (mm) y D_{10} (mm) no interceptan la curva granulométrica, porque el porcentaje de suelo combinado con cenizas que pasa por el último tamiz No.

200 (finos) es mayor al 30%; en consecuencia, no se pudo determinar el Coeficiente de Uniformidad (Cu), ni Coeficiente de Curvatura (Cc), lo que significa que, no es un suelo bien graduado y contiene un gran porcentaje de huecos.

- **ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO DE MP + 4% CDO + 9% CCA.**

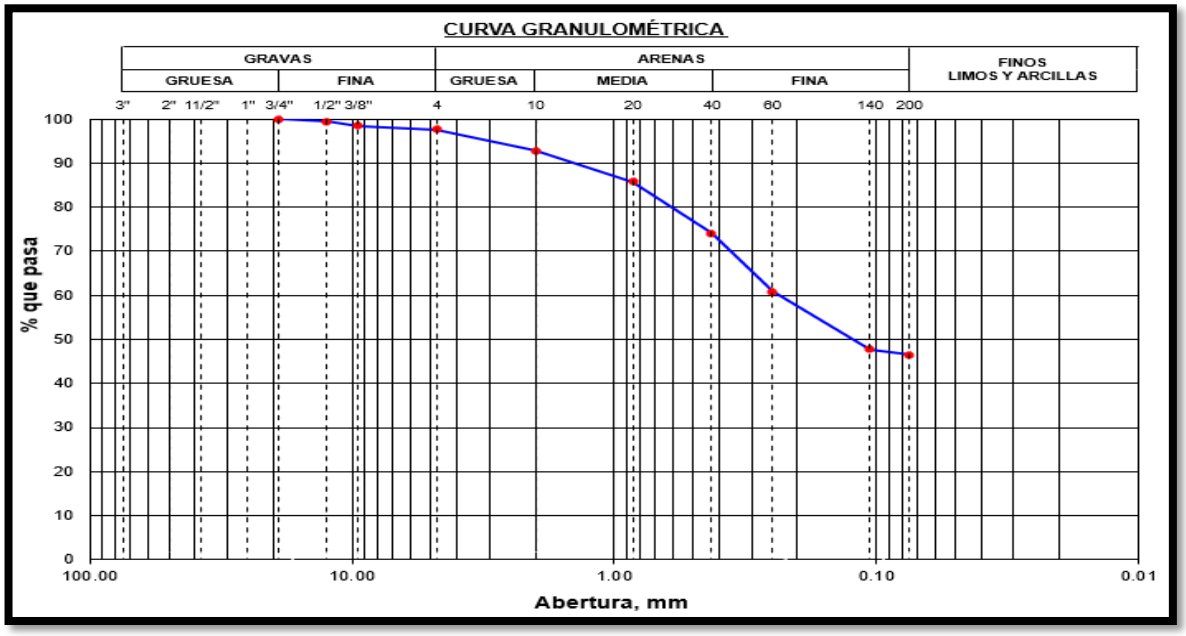


Figura 136: *Curva Granulométrica de la Combinación 2: MP + 4% CDO + 9% CCA.*

INTERPRETACIÓN:

En la Figura 136, se observa la curva granulométrica de la Muestra combinada 2 (MP + 4% CDO + 9% CCA), que presentó 2.45% de grava, 51.13% de arena y 46.42% de finos.

Además, el D_{30} (mm) y D_{10} (mm) no interceptan la curva granulométrica, debido a que, el porcentaje de suelo combinado con cenizas que pasa por el último tamiz No. 200 (finos) es mayor al 30%; por consiguiente, no se pudo determinar el

Coeficiente de Uniformidad (Cu), ni Coeficiente de Curvatura (Cc), lo que significa que, no es un suelo bien graduado y contiene un gran porcentaje de huecos.

- **ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO DE MP + 4% CDO + 12% CCA.**

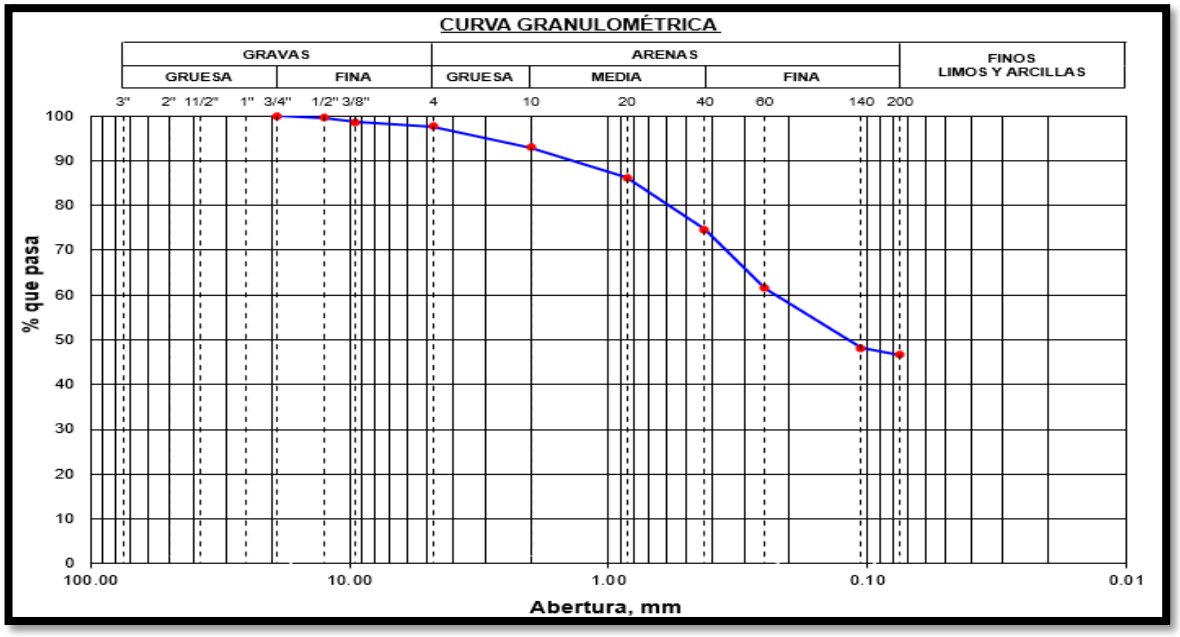


Figura 137: *Curva Granulométrica de la Combinación 3: MP + 4% CDO + 12% CCA.*

INTERPRETACIÓN:

En la Figura 137, se contempla la curva granulométrica de la Muestra combinada 3 (MP + 4% CDO + 12% CCA), que presentó 2.39% de grava, 50.98% de arena y 46.63% de finos.

Se debe agregar que, el D_{30} (mm) y D_{10} (mm) no interceptan la curva granulométrica, por la razón de que, el porcentaje de suelo combinado con cenizas que pasa por el último tamiz No. 200 (finos) es mayor al 30%; por lo cual, no se pudo determinar el Coeficiente de Uniformidad (Cu), ni Coeficiente de Curvatura

(Cc), lo que significa que, no es un suelo bien graduado y contiene un gran porcentaje de huecos.

- **ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO DE MP + 6% CDO + 5% CCA.**

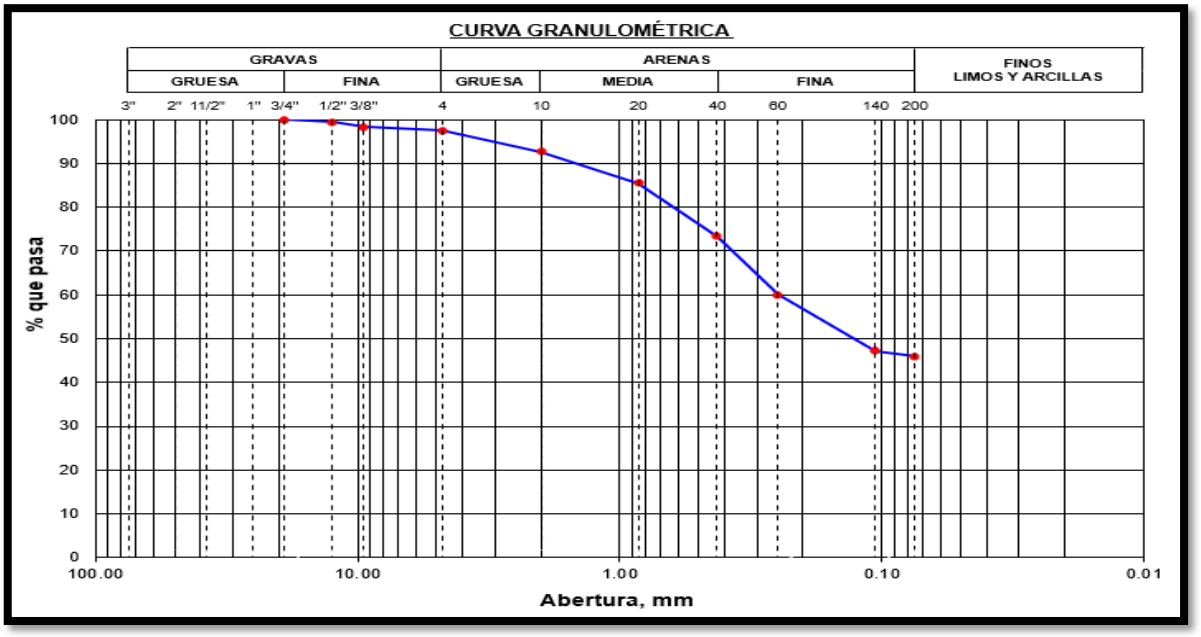


Figura 138: *Curva Granulométrica de la Combinación 4: MP + 6% CDO + 5% CCA.*

INTERPRETACIÓN:

En la Figura 138, se aprecia la curva granulométrica de la Muestra combinada 4 (MP + 6% CDO + 5% CCA), que presentó 2.50% de grava, 51.60% de arena y 45.90% de finos.

Habría que añadir, el D_{30} (mm) y D_{10} (mm) no interceptan la curva granulométrica, porque el porcentaje de suelo combinado con cenizas que pasa por el último tamiz No. 200 (finos) es mayor al 30%; por este motivo, no se pudo determinar el Coeficiente de Uniformidad (Cu), ni Coeficiente de Curvatura (Cc), lo que

significa que, no es un suelo bien graduado y contiene un gran porcentaje de huecos.

- **ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO DE MP + 6% CDO + 9% CCA.**

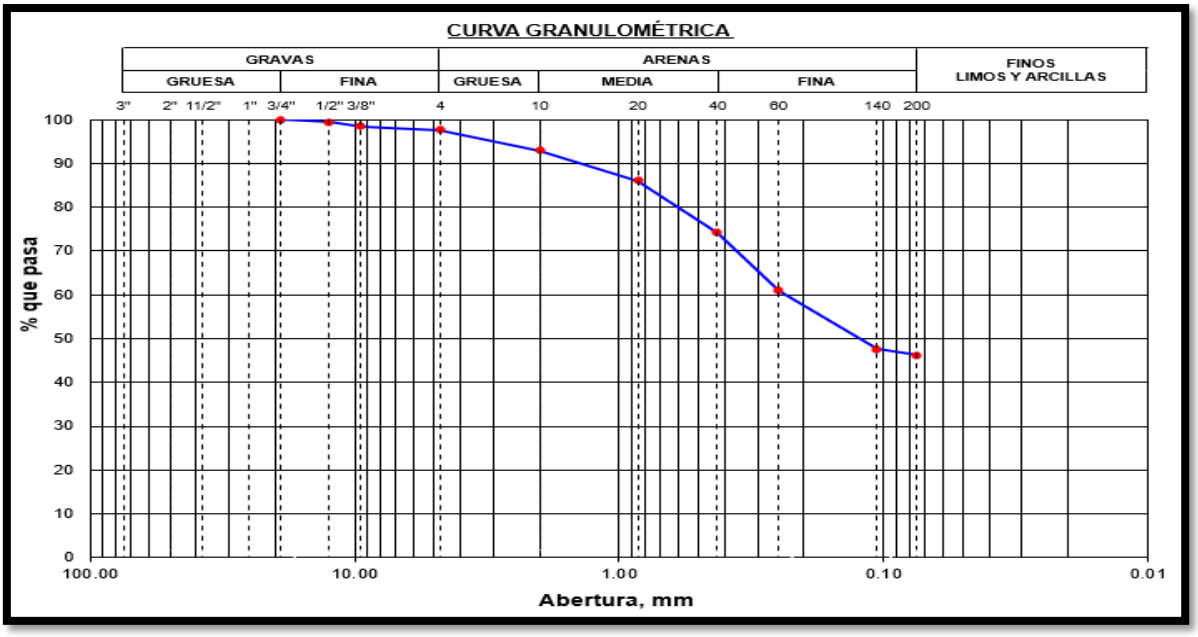


Figura 139: *Curva Granulométrica de la Combinación 5: MP + 6% CDO + 9% CCA.*

INTERPRETACIÓN:

En la Figura 139, se percibe la curva granulométrica de la Muestra combinada 5 (MP + 6% CDO + 9% CCA), que presentó 2.41% de grava, 51.40% de arena y 46.19% de finos.

Hay que mencionar que, el D_{30} (mm) y D_{10} (mm) no interceptan la curva granulométrica, debido a que, el porcentaje de suelo combinado con cenizas que pasa por el último tamiz No. 200 (finos) es mayor al 30%; por ende, no se pudo determinar el Coeficiente de Uniformidad (Cu), ni Coeficiente de Curvatura (Cc),

lo que significa que, no es un suelo bien graduado y contiene un gran porcentaje de huecos.

- **ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO DE MP + 6% CDO + 12% CCA.**

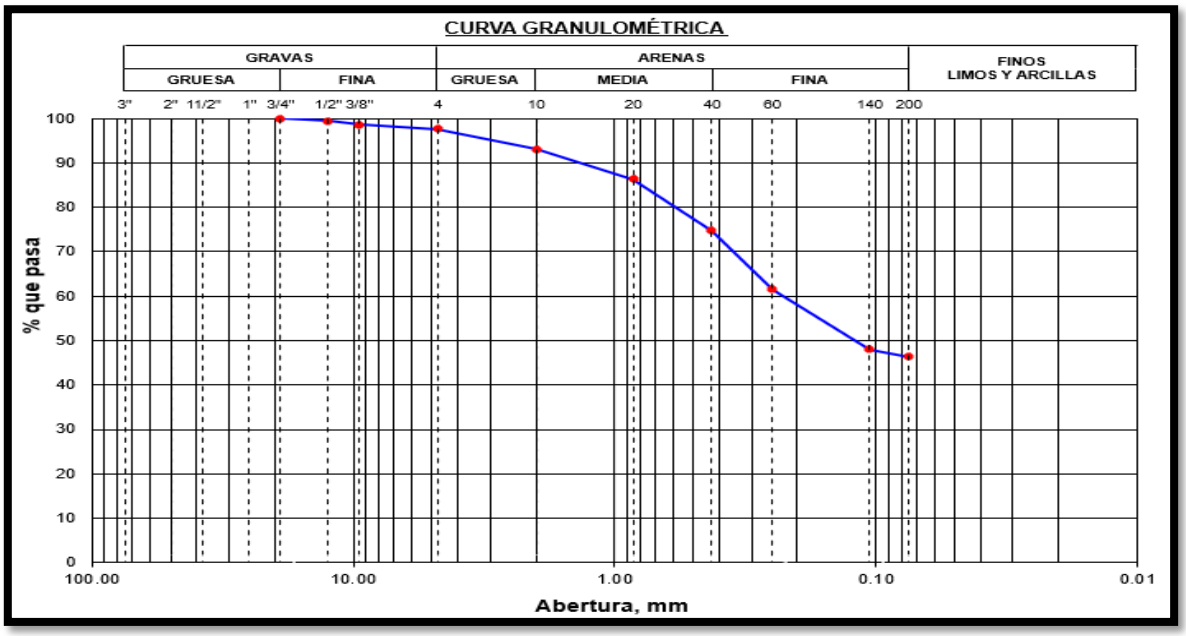


Figura 140: *Curva Granulométrica de la Combinación 6: MP + 6% CDO + 12% CCA.*

INTERPRETACIÓN:

En la Figura 140, se reconoce la curva granulométrica de la Muestra combinada 6 (MP + 6% CDO + 12% CCA), que presentó 2.35% de grava, 51.26% de arena y 46.39% de finos.

A parte de eso, el D_{30} (mm) y D_{10} (mm) no interceptan la curva granulométrica, por la razón de que, el porcentaje de suelo combinado con cenizas que pasa por el último tamiz No. 200 (finos) es mayor al 30%; por tanto, no se pudo determinar el Coeficiente de Uniformidad (Cu), ni Coeficiente de Curvatura (Cc), lo que

significa que, no es un suelo bien graduado y contiene un gran porcentaje de huecos.

- **ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO DE MP + 8% CDO + 5% CCA.**

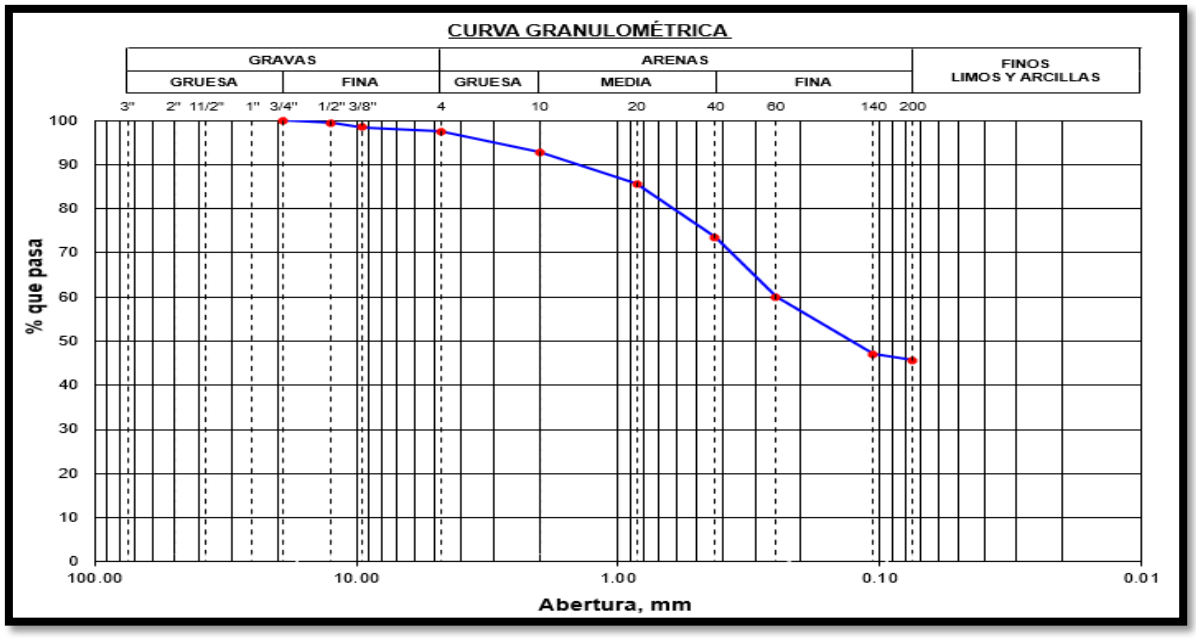


Figura 141: *Curva Granulométrica de la Combinación 7: MP + 8% CDO + 5% CCA.*

INTERPRETACIÓN:

En la Figura 141, se visualiza la curva granulométrica de la Muestra combinada 7 (MP + 8% CDO + 5% CCA), que presentó 2.46% de grava, 51.91% de arena y 45.63% de finos.

Incluso, el D_{30} (mm) y D_{10} (mm) no interceptan la curva granulométrica, debido a que, el porcentaje de suelo combinado con cenizas que pasa por el último tamiz No. 200 (finos) es mayor al 30%; en consecuencia, no se pudo determinar el Coeficiente de Uniformidad (Cu), ni Coeficiente de Curvatura (Cc), lo que

significa que, no es un suelo bien graduado y contiene un gran porcentaje de huecos.

- **ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO DE MP + 8% CDO + 9% CCA.**

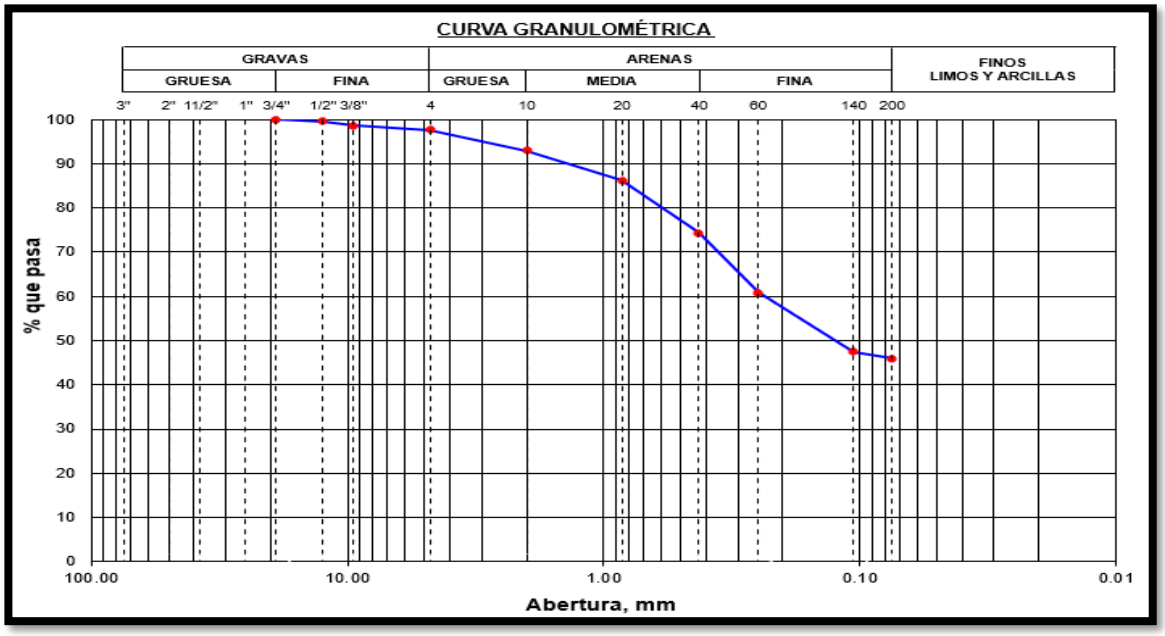


Figura 142: *Curva Granulométrica de la Combinación 8: MP + 8% CDO + 9% CCA.*

INTERPRETACIÓN:

En la Figura 142, se observa la curva granulométrica de la Muestra combinada 8 (MP + 8% CDO + 9% CCA), que presentó 2.37% de grava, 51.70% de arena y 45.93% de finos.

Además, el D_{30} (mm) y D_{10} (mm) no interceptan la curva granulométrica, porque el porcentaje de suelo combinado con cenizas que pasa por el último tamiz No. 200 (finos) es mayor al 30%; por lo tanto, no se pudo determinar el Coeficiente de Uniformidad (Cu), ni Coeficiente de Curvatura (Cc), lo que significa que, no es un suelo bien graduado y contiene un gran porcentaje de huecos.

- **ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO DE MP + 8% CDO + 12% CCA.**

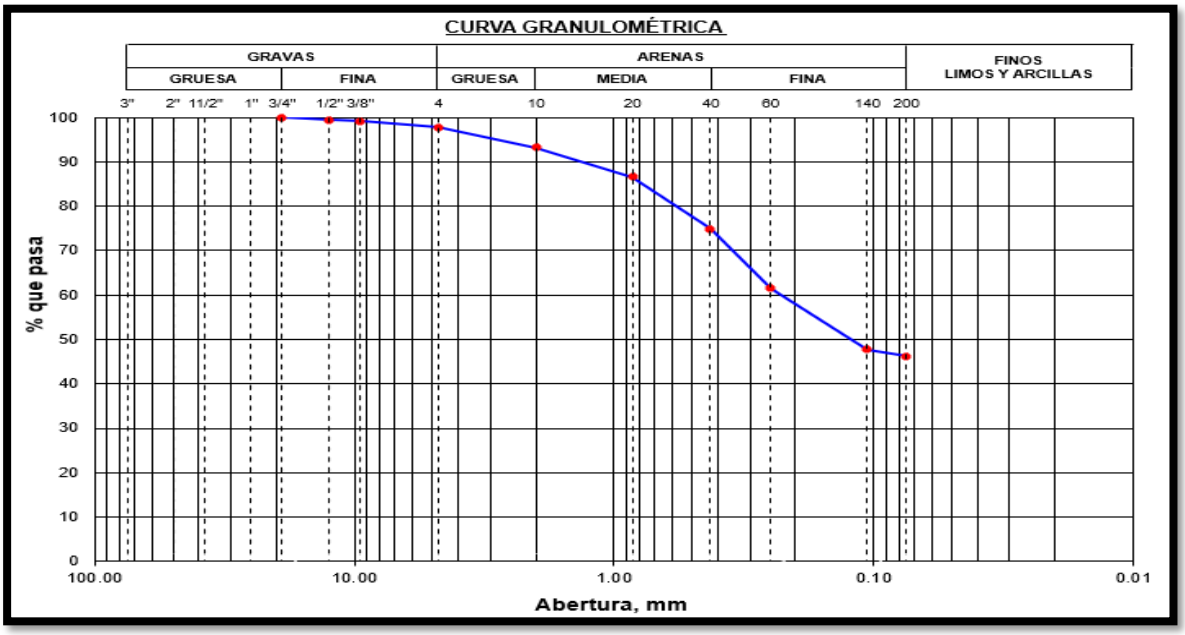


Figura 143: *Curva Granulométrica de la Combinación 9: MP + 8% CDO + 12% CCA.*

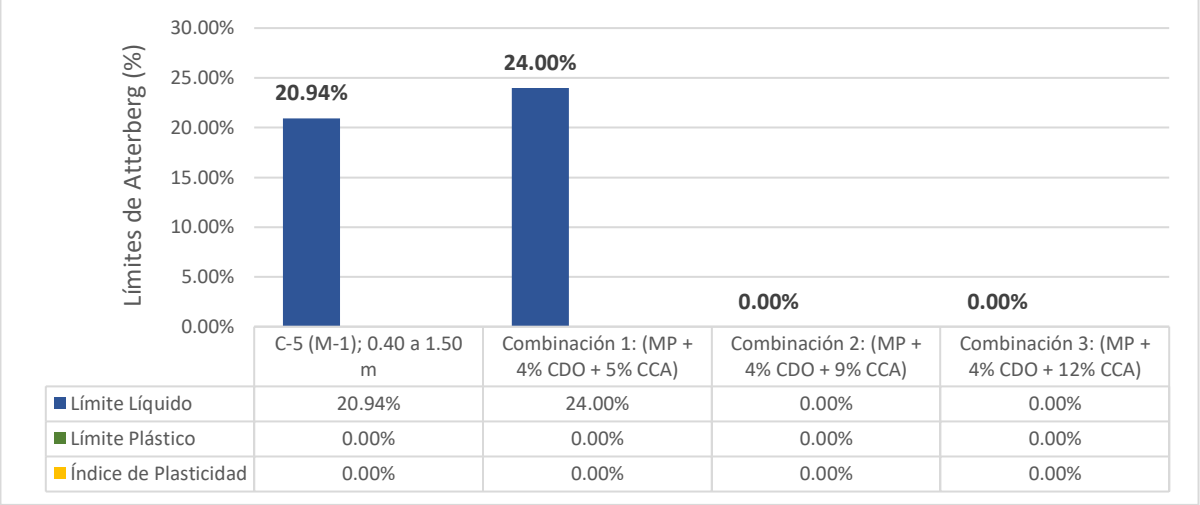
INTERPRETACIÓN:

En la Figura 143, se contempla la curva granulométrica de la Muestra combinada 9 (MP + 8% CDO + 12% CCA), que presentó 2.31% de grava, 51.54% de arena y 46.15% de finos.

Asimismo, el D_{30} (mm) y D_{10} (mm) no interceptan la curva granulométrica, por la razón de que, el porcentaje de suelo combinado con cenizas que pasa por el último tamiz No. 200 (finos) es mayor al 30%; por lo cual, no se pudo determinar el Coeficiente de Uniformidad (Cu), ni Coeficiente de Curvatura (Cc), lo que significa que, no es un suelo bien graduado y contiene un gran porcentaje de huecos.

b. LÍMITES DE ATTERBERG DE LAS MUESTRAS COMBINADAS DEL SUELO PATRÓN CON PORCENTAJES DE 4%, 6% Y 8% DE CDO Y PORCENTAJES DE 5%, 9%, 12% DE CCA.

- **LÍMITES DE ATTERBERG DE MP + 4% CDO + 5% CCA, MP + 4% CDO + 9% CCA Y, MP + 4% CDO + 12% CCA.**



	C-5 (M-1); 0.40 a 1.50 m	Combinación 1: (MP + 4% CDO + 5% CCA)	Combinación 2: (MP + 4% CDO + 9% CCA)	Combinación 3: (MP + 4% CDO + 12% CCA)
Límite Líquido	20.94%	24.00%	0.00%	0.00%
Límite Plástico	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Índice de Plasticidad	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%

Figura 144: *Límites de Atterberg de las muestras combinadas 1, 2 y 3; frente a la muestra patrón C-5 (M-1).*

INTERPRETACIÓN:

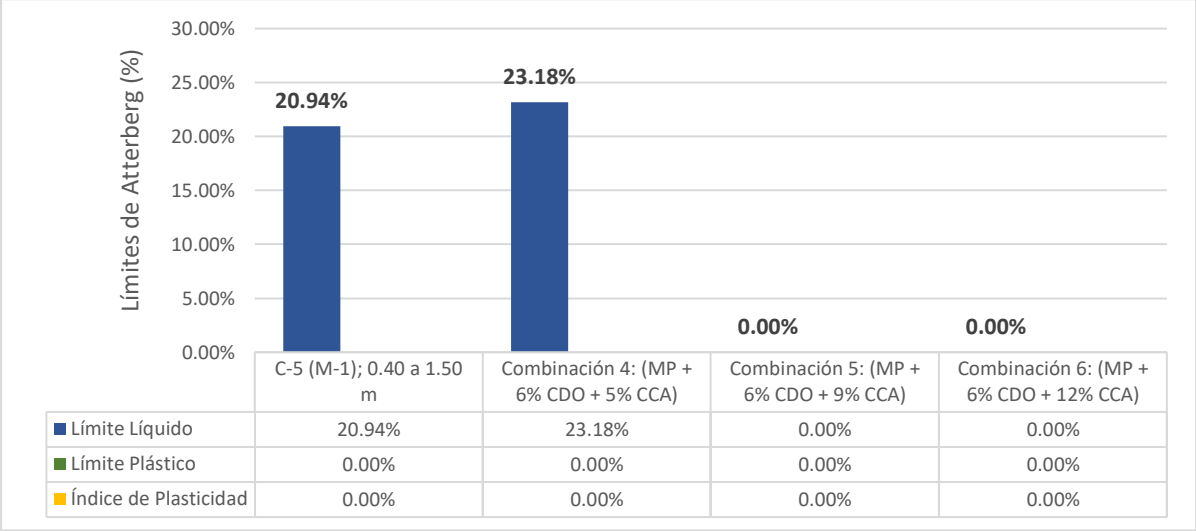
En relación con la Figura 144 se aprecia que, el límite líquido de la muestra patrón C-5 (M-1) fue 20.94% y, aumentó en un 14.61% cuando a la muestra patrón se le adicionó 4% CDO y 5% CCA (combinación 1); obteniéndose así, un valor de 24.00%. Este valor logrado de límite líquido en la muestra combinada 1 es menor a 50.00% y, conforme a la Carta de Plasticidad de Casagrande (Límites de Atterberg) se define como de baja plasticidad.

Por otra parte, cuando se agregó a la muestra patrón de suelo, el mismo 4% CDO y un porcentaje mayor % de CCA (9%, 12%); tal como, MP + 4% CDO + 9%

CCA (combinación 2) y, MP + 4% CDO + 12% CCA (combinación 3); no se pudo determinar el límite líquido; por la razón de que, la muestra combinada por su alto porcentaje de % SiO_2 (óxido de silicio) de la CCA, no hubo adhesión entre las partículas.

Asimismo, no se pudo hallar el Límite Plástico en las muestras combinadas 1, 2 y 3 de suelo con cenizas; por ende, las mismas muestras combinadas 1, 2 y 3 no presentaron Índice de Plasticidad, en otras palabras, son No Plásticos (NP), suelos exentos de arcilla según el MTC (2014).

- **LÍMITES DE ATTERBERG DE MP + 6% CDO + 5% CCA, MP + 6% CDO + 9% CCA Y, MP + 6% CDO + 12% CCA.**



	C-5 (M-1); 0.40 a 1.50 m	Combinación 4: (MP + 6% CDO + 5% CCA)	Combinación 5: (MP + 6% CDO + 9% CCA)	Combinación 6: (MP + 6% CDO + 12% CCA)
Límite Líquido	20.94%	23.18%	0.00%	0.00%
Límite Plástico	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Índice de Plasticidad	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%

Figura 145: *Límites de Atterberg de las muestras combinadas 4, 5 y 6; frente a la muestra patrón C-5 (M-1).*

INTERPRETACIÓN:

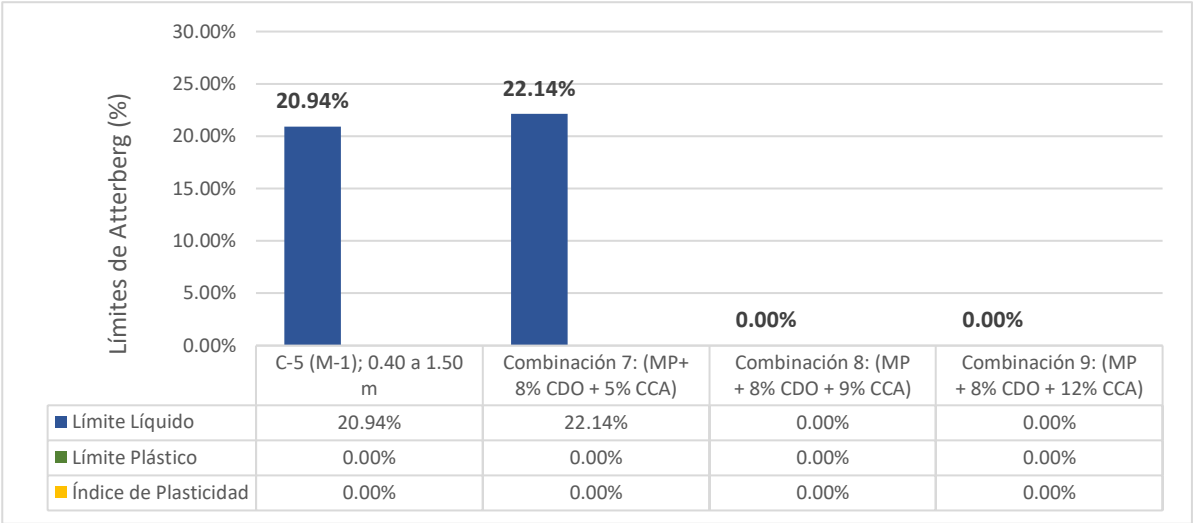
En cuanto a la Figura 145, se percibe que, el límite líquido de la muestra patrón C-5 (M-1) de valor de 20.94%, aumentó en un 10.70% cuando a la muestra patrón se le incorporó 6% CDO y 5% CCA (combinación 4); consiguiéndose como límite

líquido, un valor de 23.18%. Este valor obtenido en la muestra combinada 4 es menor a 50.00% y, con base en la Carta de Plasticidad de Casagrande (Límites de Atterberg), se define como de baja plasticidad.

Por otro lado, cuando se añadió a la muestra patrón un constante 6% CDO y un porcentaje mayor % de CCA (9%, 12%); así como, MP + 6% CDO + 9% CCA (combinación 5) y, MP + 6% CDO + 12% CCA (combinación 6); no se pudo hallar el límite líquido, porque la muestra combinada por su alto porcentaje de % SiO_2 (óxido de silicio) de la CCA, no hubo adhesión entre las partículas.

De igual forma, no se pudo determinar el Límite Plástico en las muestras combinadas 4, 5 y 6 de suelo con adición de cenizas; en consecuencia, las mismas muestras combinadas 4, 5 y 6 no presentaron Índice de Plasticidad, es decir, de acuerdo con el MTC (2014) son No Plásticos (NP), suelos exentos de arcilla.

- **LÍMITES DE ATTERBERG DE MP + 8% CDO + 5% CCA, MP + 8% CDO + 9% CCA Y, MP + 8% CDO + 12% CCA.**



	C-5 (M-1); 0.40 a 1.50 m	Combinación 7: (MP+ 8% CDO + 5% CCA)	Combinación 8: (MP + 8% CDO + 9% CCA)	Combinación 9: (MP + 8% CDO + 12% CCA)
Límite Líquido	20.94%	22.14%	0.00%	0.00%
Límite Plástico	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%
Índice de Plasticidad	0.00%	0.00%	0.00%	0.00%

Figura 146: *Límites de Atterberg de las muestras combinadas 7, 8 y 9; frente a la muestra patrón C-5 (M-1).*

INTERPRETACIÓN:

Por lo que concierne a la Figura 146, se reconoce que el límite líquido de la muestra patrón C-5 (M-1) de 20.94%, aumentó en un 5.73% cuando a la muestra patrón se le añadió un 8% CDO y 5% CCA (combinación 7), lográndose como límite líquido, un valor de 22.14%. Este valor obtenido de límite líquido en la muestra combinada 7 es menor a 50.00% y, en cuanto a la Carta de Plasticidad de Casagrande (Límites de Atterberg), se define como de baja plasticidad.

Por otra parte, cuando se incorporó a la muestra patrón el mismo 6% de CDO y un porcentaje mayor % de CCA (9%, 12%); igual que, MP + 8% CDO + 9% CCA (combinación 8) y, MP + 8% CDO + 12% CCA (combinación 9); no se pudo

obtener el límite líquido, debido a que, la muestra combinada por su alto porcentaje de % SiO_2 (óxido de silicio) de la CCA, no hubo adhesión entre las partículas. Igualmente, no se pudo determinar el Límite Plástico en las muestras combinadas 7, 8 y 9 de suelo y cenizas; por lo tanto, las mismas muestras combinadas 7, 8 y 9 no presentaron Índice de Plasticidad, esto es, con base en el MTC (2014) son No Plásticos (NP), suelos exentos de arcilla.

c. CLASIFICACIÓN DE SUELOS DE LAS MUESTRAS COMBINADAS DEL SUELO PATRÓN CON 4%, 6%, 8% CDO Y 5%, 9%, 12% CCA.

- **SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELO (SUCS) Y SISTEMA DE CLASIFICACIÓN AASHTO DE LAS MUESTRAS COMBINADAS DEL SUELO PATRÓN CON CDO Y CCA.**

Tabla 47

Resultado de la clasificación de suelos según el sistema unificado de clasificación de suelo (SUCS) y según el sistema de clasificación AASHTO de las muestras combinadas del suelo patrón con 4%, 6%, 8% CDO y 5%, 9%, 12% CCA

No. Combinación (% Porcentajes de Cenizas)	Clasificación de suelo SUCS	Sistema de Clasificación AASHTO
C-5 (M-1): MP	SM (Arena limosa)	A-4 (2) (Suelo limoso)
Combinación 1: (MP + 4% CDO + 5% CCA)	SM (Arena limosa)	A-4 (2) (Suelo limoso)
Combinación 2: (MP + 4% CDO + 9% CCA)	SM (Arena limosa)	A-4 (2) (Suelo limoso)
Combinación 3: (MP + 4% CDO + 12% CCA)	SM (Arena limosa)	A-4 (2) (Suelo limoso)
Combinación 4: (MP + 6% CDO + 5% CCA)	SM (Arena limosa)	A-4 (2) (Suelo limoso)
Combinación 5: (MP + 6% CDO + 9% CCA)	SM (Arena limosa)	A-4 (2) (Suelo limoso)
Combinación 6: (MP + 6% CDO + 12% CCA)	SM (Arena limosa)	A-4 (2) (Suelo limoso)
Combinación 7: (MP + 8% CDO + 5% CCA)	SM (Arena limosa)	A-4 (2) (Suelo limoso)
Combinación 8: (MP + 8% CDO + 9% CCA)	SM (Arena limosa)	A-4 (2) (Suelo limoso)
Combinación 9: (MP + 8% CDO + 12% CCA)	SM (Arena limosa)	A-4 (2) (Suelo limoso)

INTERPRETACIÓN:

De la Tabla 47, conforme a la clasificación de suelo SUCS, las muestras combinadas de suelo patrón con porcentajes de 4%, 6% y 8% de CDO y porcentajes de 5%, 9%, 12% de CCA; conciernen a suelos gruesos, establecido como arenas.

Precisamente, las muestras combinadas 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 y 9, son SM (arena limosa), sin grava por lo que el % Grava (No. 4 < Diam < 3") es menor al 15%.

Por otra parte, en la Tabla 47 referente a la clasificación AASHTO; determinan a las muestras del suelo patrón combinadas con porcentajes de 4%, 6% y 8% de CDO y porcentajes de 5%, 9%, 12% de CCA, como materiales limo- arcillosos.

Justamente, las muestras combinadas 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8 y 9, pertenecen al grupo y subgrupo A-4 (2), además, el índice de grupo “2” con base en el MTC (2014), indica que, son suelos de subrasante regular.

d. ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO DE LAS MUESTRAS COMBINADAS DEL SUELO PATRÓN CON 4%, 6%, 8% CDO Y 5%, 9%, 12% CCA.

- **MÁXIMA DENSIDAD SECA Y ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD DE LAS MUESTRAS COMBINADAS DEL SUELO PATRÓN CON 4%, 6%, 8% CDO Y 5%, 9%, 12% CCA.**
  - **M.D.S. Y O.C.H. DE MP + 4% CDO + 5% CCA, MP + 4% CDO + 9% CCA Y, MP + 4% CDO + 12% CCA.**

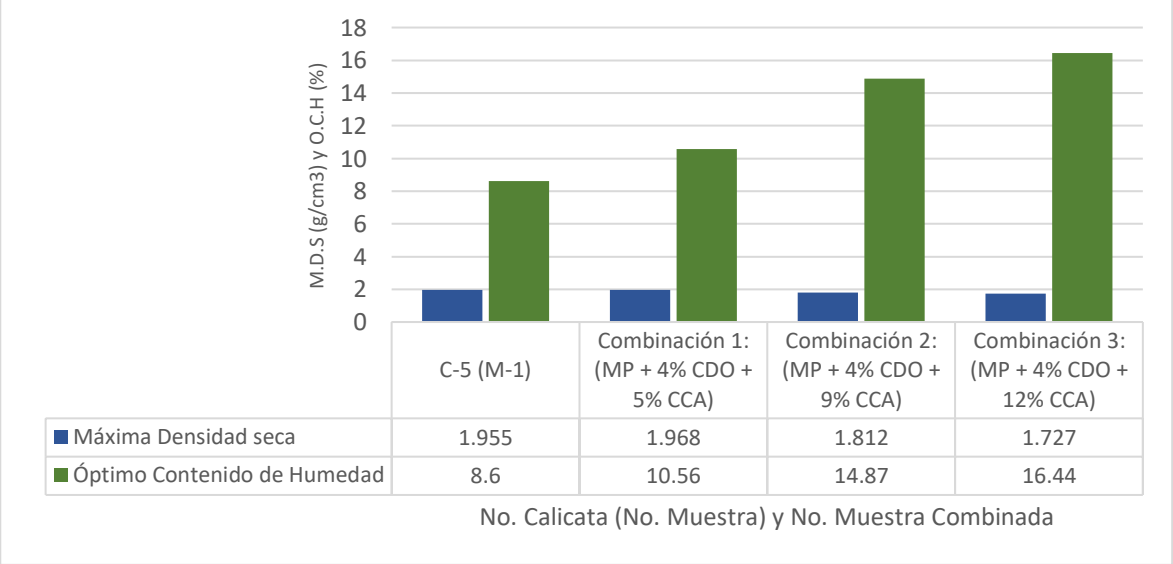


Figura 147: *M.D.S. y O.C.H. de las Combinaciones 1, 2 y 3; frente a la muestra patrón C-5 (M-1).*

INTERPRETACIÓN:

En consideración a la Figura 147 se visualiza que, la combinación 1 (MP + 4% CDO + 5% CCA) en comparación con la muestra de suelo patrón C-5 (M-1), presentó un aumento despreciable del 0.66% en su Máxima Densidad Seca, obteniéndose un valor de 1.968 g/cm3 y, un Óptimo Contenido de Humedad

de 10.56%. Es decir, la adición de 4 % CDO y 5% CCA a la muestra patrón, cambia de manera insignificante la microestructura del mismo; disminuyendo despreciablemente el % de porosidad y aumentando el % de absorción.

Por otro lado, las Combinaciones 2 y 3 (MP + 4% CDO + 9% CCA; MP + 4% CDO + 12% CCA, respectivamente) mostraron inferiores valores de Máxima Densidad Seca y, superiores valores de Óptimo Contenido de Humedad, en relación con la muestra patrón C-5 (M-1).

Así pues, al agregar a la muestra patrón de suelo, el mismo 4% CDO y adicionar un porcentaje mayor del 5% CCA (9%, 12% CCA); los valores de la M.D.S mostraron una tendencia de decrecimiento, mientras que, los valores del O.C.H presentaron una inclinación a incrementar. Este hecho se podría asignar, a la densidad de las cenizas utilizadas, es decir, el peso específico de las cenizas (CDO y CCA) es menor referente al peso específico del suelo de la muestra patrón C-5 (M-1). Asimismo, el aumento del O.C.H está relacionado con la gran condición de absorción de las cenizas. Por lo tanto, para un mayor porcentaje (%) del 5% CCA, combinada con el suelo de muestra patrón y 4% CDO, cambia la microestructura del mismo; acrecentando el % de porosidad y el % de absorción.

- **M.D.S. Y O.C.H. DE MP + 6% CDO + 5% CCA, MP + 6% CDO + 9% CCA Y, MP + 6% CDO + 12% CCA.**

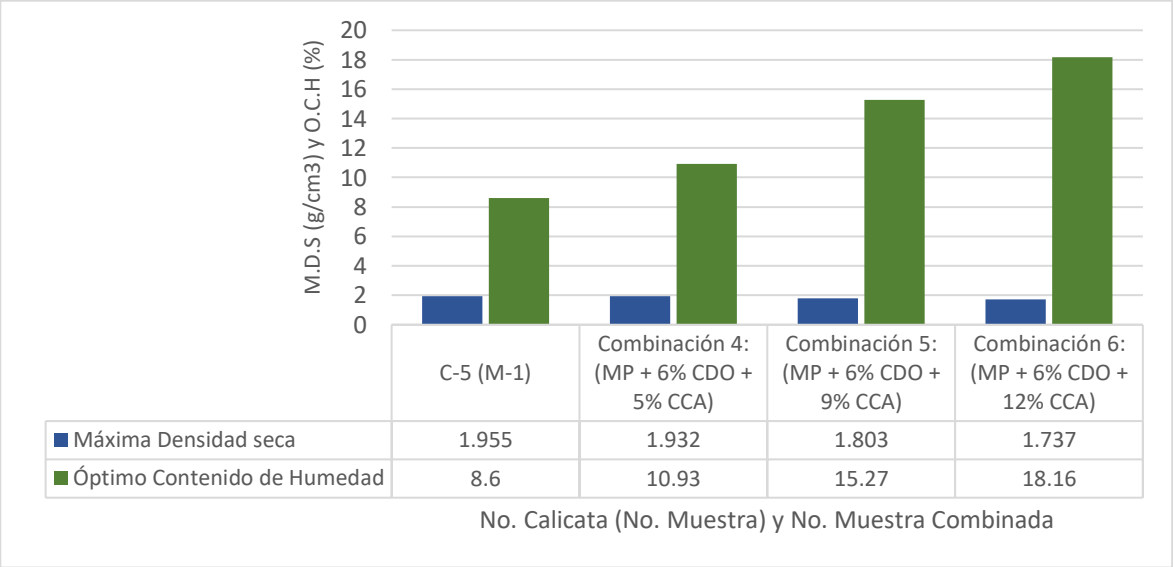


Figura 148: *M.D.S. y O.C.H. de las Combinaciones 4, 5 y 6; frente a la muestra patrón C-5 (M-1).*

INTERPRETACIÓN:

Respecto a la Figura 148, se observa que las Combinaciones 4, 5 y 6 (MP + 6% CDO+ 5% CCA; MP + 6% CDO + 9% CCA; MP + 6% CDO + 12% CCA; respectivamente), presentaron menores valores de Máxima Densidad Seca y mayores valores de Óptimo Contenido de Humedad en comparación con la muestra patrón C-5 (M-1).

Al incorporar a la muestra patrón de suelo, un constante 6% CDO e ir aumentando el porcentaje % de CCA (5%, 9%, 12% CCA); los valores de la M.D.S mostraron una tendencia a descender, en tanto que, los valores del O.C.H tendieron a crecer. Esto se podría atribuir, a la densidad de las cenizas (CDO y CCA) adicionadas a la muestra en los porcentajes propuestos

(6%CDO + 5%CCA; 6%CDO + 9%CCA y; 6%CDO + 12%CCA), en otras palabras, el peso específico de las cenizas es inferior en relación con el peso específico del suelo de muestra patrón C-5 (M-1), por ello, las cenizas adicionadas bajan la densidad del espécimen. Además, el incremento del O.C.H está vinculado con la gran capacidad de absorción de las cenizas. En consecuencia, para porcentajes (%) del 5%, 9% y 12% CCA combinada con el suelo de muestra patrón y 6% CDO, varía la microestructura del mismo; incrementando el % de porosidad y el % de absorción.

- **M.D.S. Y O.C.H. DE MP + 8% CDO + 5% CCA, MP + 8% CDO + 9% CCA Y, MP + 8% CDO + 12% CCA.**

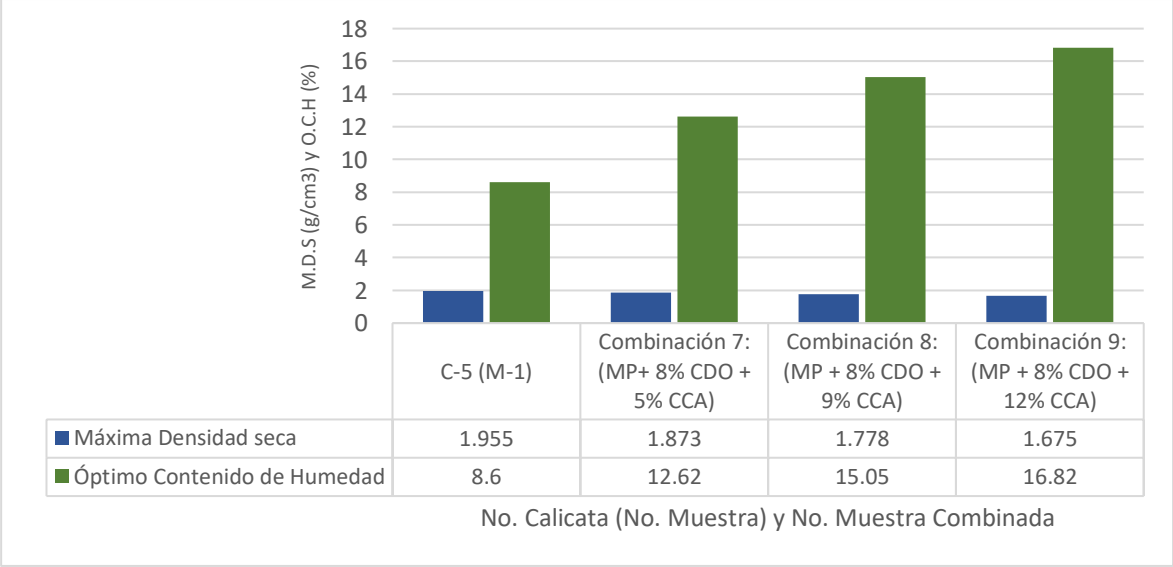


Figura 149: *M.D.S y O.C.H. de las Combinaciones 7, 8 y 9; frente a la muestra patrón C-5 (M-1).*

INTERPRETACIÓN:

Con base en la Figura 149, se contempla que las Combinaciones 7, 8 y 9 (MP + 8% CDO+ 5% CCA; MP + 8% CDO + 9% CCA; MP + 8% CDO + 12%

CCA; respectivamente), tuvieron menores valores de Máxima Densidad Seca y mayores valores de Óptimo Contenido de Humedad en cuanto a la muestra patrón C-5 (M-1).

Ahora bien, cuando se adicionó y aumentó los porcentajes (%) de CCA (5%, 9%, 12% CCA) a la muestra patrón de suelo con el mismo 8% CDO; los valores de M.D.S presentaron una tendencia a disminuir, entre tanto, los valores de O.C.H incrementaron. El decremento en la densidad de los especímenes, se podría enlazar con las densidades de las cenizas, o sea, el peso específico del suelo de muestra patrón es mayor al peso específico de las cenizas incorporadas. También, el aumento del O.C.H en los especímenes está conectado con el gran potencial de absorción de las cenizas utilizadas. Por lo cual, para porcentajes (%) del 5% CCA, 9% CCA y 12% CCA combinada con el suelo de muestra patrón y un constante 8% CDO, se altera la microestructura del mismo; aumentando el % de porosidad y el % de absorción.

e. ENSAYO DE CBR DE SUELOS (LABORATORIO) DE LAS MUESTRAS COMBINADAS DEL SUELO PATRÓN CON 4%, 6%, 8% CDO Y 5%, 9%, 12% CCA.

- **C.B.R (95% M.D.S) A 0.1" DE PENETRACIÓN DE LAS MUESTRAS COMBINADAS DEL SUELO PATRÓN CON 4%, 6%, 8% CDO Y 5%, 9%, 12% CCA.**
  - **C.B.R (95% M.D.S) A 0.1" DE PENETRACIÓN DE MP + 4% CDO + 5% CCA, MP + 4% CDO + 9% CCA Y, MP + 4% CDO + 12% CCA.**

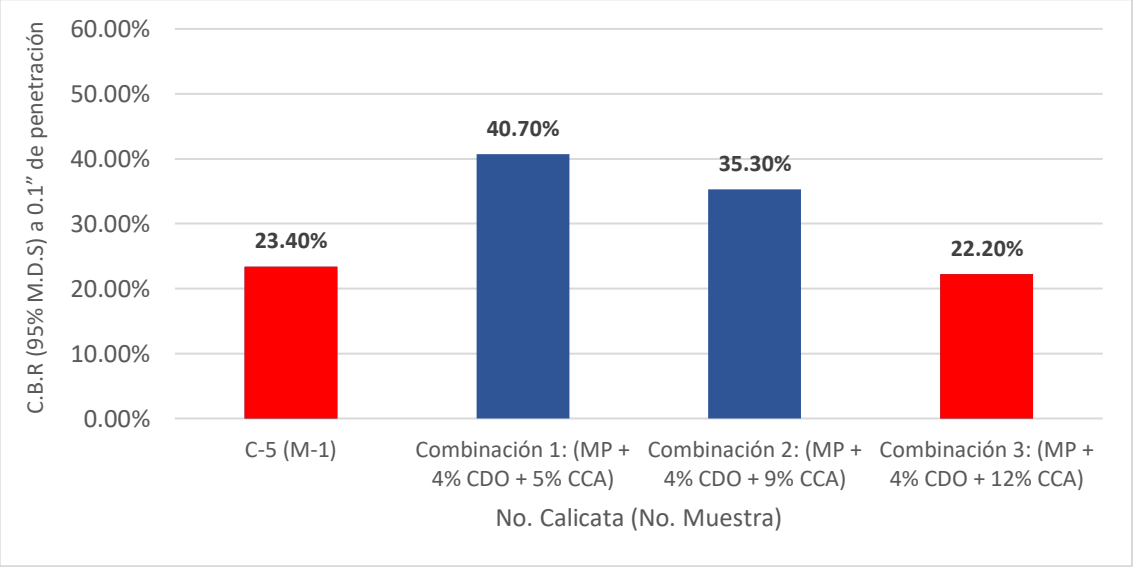


Figura 150: *C.B.R (95% M.D.S) a 0.1" de penetración de las combinaciones 1, 2 y 3; frente a la muestra patrón C-5 (M-1).*

INTERPRETACIÓN:

Referente a la Figura 150 se aprecia que, la Combinación 1 (MP + 4% CDO + 5% CCA) y la Combinación 2 (MP + 4% CDO + 9% CCA) en comparación con la muestra patrón C-5 (M-1), presentaron un incremento en el valor de

C.B.R. (95% M.D.S) a 0.1" de penetración en un 73.93% y 50.85%, respectivamente. Esto podría atribuirse, esencialmente a la generación de compuestos cementantes en el suelo combinado, por la reacción de la sílice de la CCA, el agua adicionada y el calcio activado de la CDO, con base en la ASTM C 618.

Por otro lado, el valor de C.B.R. (95% M.D.S) a 0.1" de penetración de la Combinación 3 (MP + 4% CDO + 12% CCA), se redujo en un 5.12% en relación con el C.B.R. de la muestra patrón C-5 (M-1). Es preciso mencionar que, en este grupo, la combinación 3 presentó la Máxima Densidad Seca más baja mediante el ensayo de Proctor Modificado. Es decir, hay una relación proporcional en el valor de M.D.S y el valor del C.B.R (95% M.D.S) a 0.1" de penetración de las muestras combinadas con cenizas.

Al momento de la adición de un porcentaje mayor al 5% CCA (esto es, 9% o 12% CCA) y, una constante de 4% CDO a la muestra patrón de suelo; los valores de C.B.R. (95% M.D.S) a 0.1" de penetración mostraron una tendencia de disminución.

Se debe agregar que conforme al MTC (2014), los valores obtenidos de C.B.R, de 40.70% en la Combinación 1 y 35.30% en la Combinación 2, los sitúan en la categoría S_5 de "Subrasante Excelente" y que; el valor de 22.20% correspondiente al C.B.R de la Combinación 3, lo coloca en la categoría S_4 de "Subrasante Muy Buena", calidad semejante al de la muestra patrón C-5 (M-1).

- **C.B.R (95% M.D.S) A 0.1” DE PENETRACIÓN DE MP + 6% CDO + 5% CCA, MP + 6% CDO + 9% CCA Y, MP + 6% CDO + 12% CCA.**

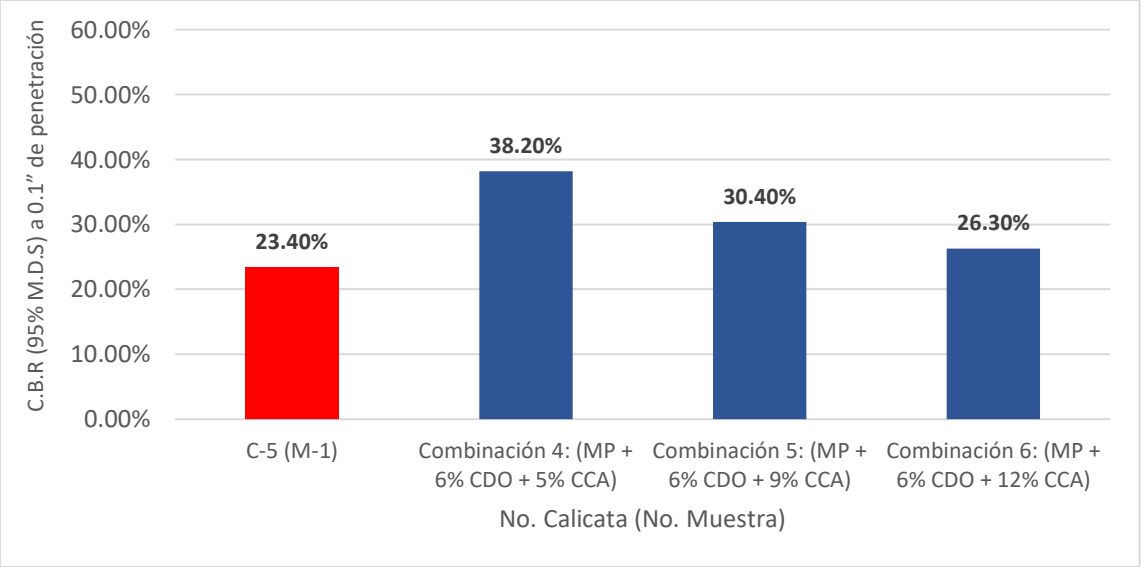


Figura 151: *C.B.R (95% M.D.S) a 0.1” de penetración de las combinaciones 4, 5 y 6; frente a la muestra patrón C-5 (M-1).*

INTERPRETACIÓN:

En relación con la Figura 151 se percibe que, la Combinación 4 (MP + 6% CDO+ 5% CCA), Combinación 5 (MP + 6% CDO + 9% CCA) y Combinación 6 (MP + 6% CDO + 12% CCA) en relación con la muestra patrón C-5 (M-1), mostraron un crecimiento en el valor de C.B.R. (95% M.D.S) a 0.1” de penetración en un 63.25%, 29.91% y 12.39%, respectivamente. Este hecho se podría asignar en relación con la ASTM C 618, primordialmente a la producción de compuestos cementantes en el suelo combinado con cenizas, por el efecto de la sílice amorfa de la CCA, el agua añadida y el calcio activado de la CDO.

Cabe señalar que, a través del ensayo de Proctor Modificado, la combinación 6 mostró el menor valor de Máxima Densidad Seca dentro de este grupo. En otras palabras, existe una relación proporcional entre el valor de la M.D.S y el valor del C.B.R (95% M.D.S) a 0.1" de penetración de las muestras combinadas con cenizas.

Al agregar a la muestra patrón de suelo un constante 6% CDO y, adicionar un porcentaje (%) mayor al 5% CCA (esto es, 9% o 12% CCA); los valores de C.B.R. (95% M.D.S) a 0.1" de penetración tuvieron una tendencia de decrecimiento.

Habría que añadir que, los valores alcanzados de C.B.R de 38.20% en la Combinación 4 y 30.40% en Combinación 5, los ubican en la categoría S_5 de "Subrasante Excelente" con base en el MTC (2014) y que; la Combinación 6, con un valor de C.B.R (95% M.D.S) a 0.1" de penetración de 26.30% lo emplaza dentro del rango de la categoría S_4 de "Subrasante Muy Buena", similar a la calidad de la muestra patrón C-5 (M-1).

- **C.B.R (95% M.D.S) A 0.1” DE PENETRACIÓN DE MP + 8% CDO + 5% CCA, MP + 8% CDO + 9% CCA Y, MP + 8% CDO + 12% CCA.**

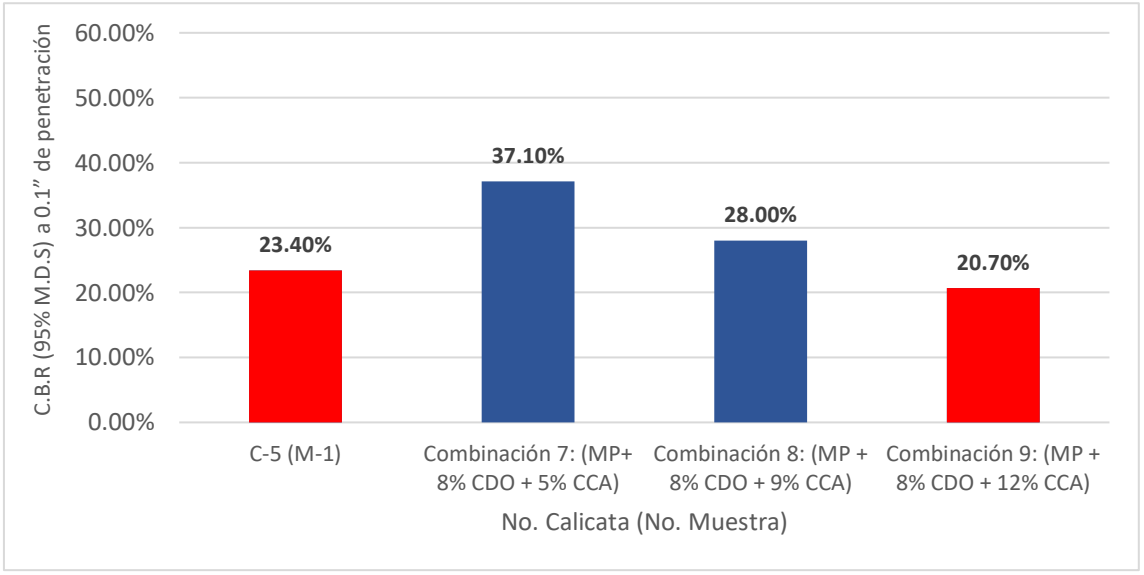


Figura 152: *C.B.R (95% M.D.S) a 0.1” de penetración de las combinaciones 7, 8 y 9; frente a la muestra patrón C-5 (M-1).*

INTERPRETACIÓN:

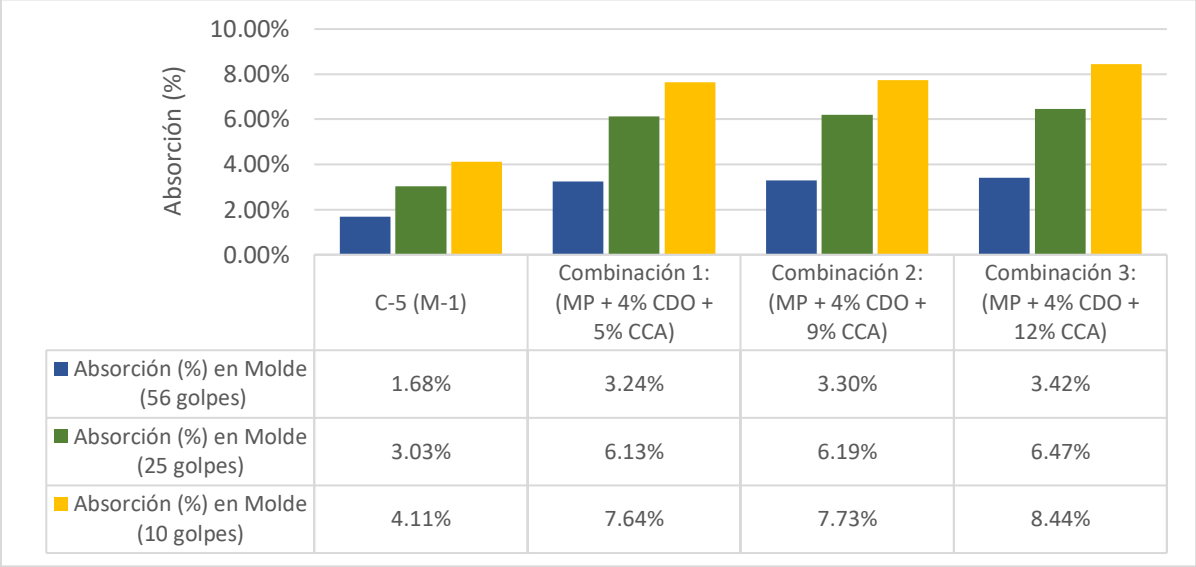
En cuanto a la Figura 152 se reconoce que, la Combinación 7 (MP + 8% CDO+ 5% CCA) y Combinación 8 (MP + 8% CDO + 9% CCA) en relación con la muestra patrón C-5 (M-1), manifestaron un aumento en el valor de C.B.R. (95% M.D.S) a 0.1” de penetración en un 58.55% y 19.66%, respectivamente. Teniendo en cuenta a la ASTM C 618, se podría atribuir, especialmente a la producción de compuestos cementantes en el suelo combinado con cenizas, por la reacción de la sílice amorfa de la CCA, el calcio activado de la CDO y el agua agregada.

Por otra parte, el valor de C.B.R. (95% M.D.S) a 0.1" de penetración de la Combinación 9 (MP + 8% CDO + 12% CCA), menguó en un 11.54% en cuanto al C.B.R. de la muestra patrón C-5 (M-1). Es importante indicar que, la combinación 9 dentro de este grupo mostró en el ensayo Proctor Modificado, la Máxima Densidad Seca más baja. O sea, existe una relación proporcional en el valor de la M.D.S y el C.B.R (95% M.D.S) a 0.1" de penetración de las muestras combinadas.

Cuando en la incorporación de cenizas a la muestra patrón de suelo, se suministró un porcentaje (%) mayor al 5% CCA (esto es, 9% o 12% CCA) y, una constante del 8% CDO; los valores de C.B.R. (95% M.D.S) a 0.1" de penetración presentaron una tendencia de disminución.

El valor logrado de C.B.R de 37.10% de la Combinación 7, con respecto al MTC (2014) lo ubica en la categoría S_5 de "Subrasante Excelente"; ahora bien, la Combinación 8 y Combinación 9, de valores de C.B.R de 28.00% y 20.70%, respectivamente, están dentro del rango de la categoría S_4 de "Subrasante Muy Buena", al igual que, la muestra patrón C-5 (M-1).

- **ABSORCIÓN (%) TRAS LA INMERSIÓN DE ESPECÍMENES DE C.B.R DE LAS MUESTRAS COMBINADAS DEL SUELO PATRÓN CON 4%, 6%, 8% CDO Y 5%, 9%, 12% CCA.**
- **ABSORCIÓN (%) EN ESPECÍMENES DE MP + 4% CDO + 5% CCA, MP + 4% CDO + 9% CCA Y, MP + 4% CDO + 12% CCA.**



	C-5 (M-1)	Combinación 1: (MP + 4% CDO + 5% CCA)	Combinación 2: (MP + 4% CDO + 9% CCA)	Combinación 3: (MP + 4% CDO + 12% CCA)
Absorción (%) en Molde (56 golpes)	1.68%	3.24%	3.30%	3.42%
Absorción (%) en Molde (25 golpes)	3.03%	6.13%	6.19%	6.47%
Absorción (%) en Molde (10 golpes)	4.11%	7.64%	7.73%	8.44%

Figura 153: *Absorción (%) de los especímenes de C.B.R de las muestras combinadas 1, 2 y 3; frente a la muestra patrón C-5 (M-1).*

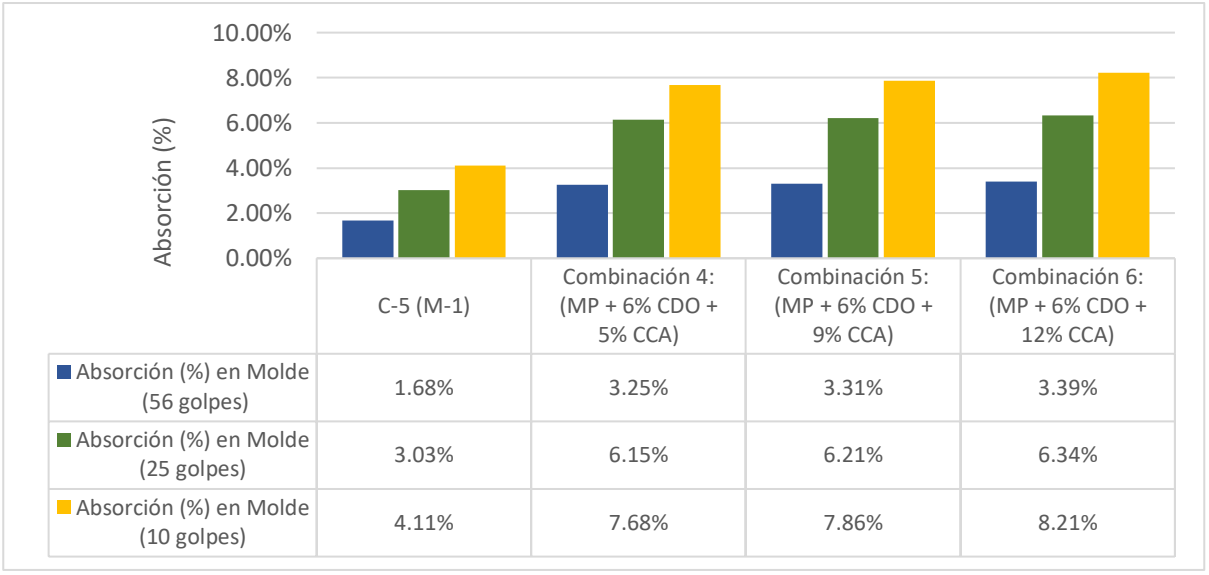
INTERPRETACIÓN:

Acerca de la Figura 153 se visualiza que, la Combinación 1 (MP + 4% CDO + 5% CCA), Combinación 2 (MP + 4% CDO + 9% CCA) y Combinación 3 (MP + 4% CDO + 12% CCA), en comparación con la muestra patrón C-5 (M-1), mostraron mayores valores en el % de Absorción tras la inmersión de sus 3 respectivos especímenes de C.B.R compactados a diferente número de golpes (56, 25 o 10).

Asimismo, para una misma muestra de suelo combinado 1, 2 o 3, el % de Absorción se incrementó a medida que disminuyó el número de golpes de compactación; dado que, una muestra compactada a un número menor de golpes se encuentra menos consolidada, en relación con una muestra compactada a un número mayor de golpes.

Del mismo modo, al comparar entre las muestras combinadas 1, 2 y 3, los especímenes de C.B.R de igual número de golpes (ya sea, 56, 25 o 10), se reconoció que el % de Absorción tuvo una tendencia de crecimiento; esto podría estar relacionado, con la adición y aumento del % de CCA (5%, 9%, 12% CCA), con un constante 4% CDO en la muestra patrón C-5 (M-1), es decir, la CCA presenta un gran potencial de absorción y mayor % de porosidad debido al componente SiO_2.

- **ABSORCIÓN (%) EN ESPECÍMENES DE MP + 6% CDO + 5% CCA, MP + 6% CDO + 9% CCA Y, MP + 6% CDO + 12% CCA.**



	C-5 (M-1)	Combinación 4: (MP + 6% CDO + 5% CCA)	Combinación 5: (MP + 6% CDO + 9% CCA)	Combinación 6: (MP + 6% CDO + 12% CCA)
Absorción (%) en Molde (56 golpes)	1.68%	3.25%	3.31%	3.39%
Absorción (%) en Molde (25 golpes)	3.03%	6.15%	6.21%	6.34%
Absorción (%) en Molde (10 golpes)	4.11%	7.68%	7.86%	8.21%

Figura 154: *Absorción (%) de los especímenes de C.B.R de las muestras combinadas 4, 5 y 6; frente a la muestra patrón C-5 (M-1).*

INTERPRETACIÓN:

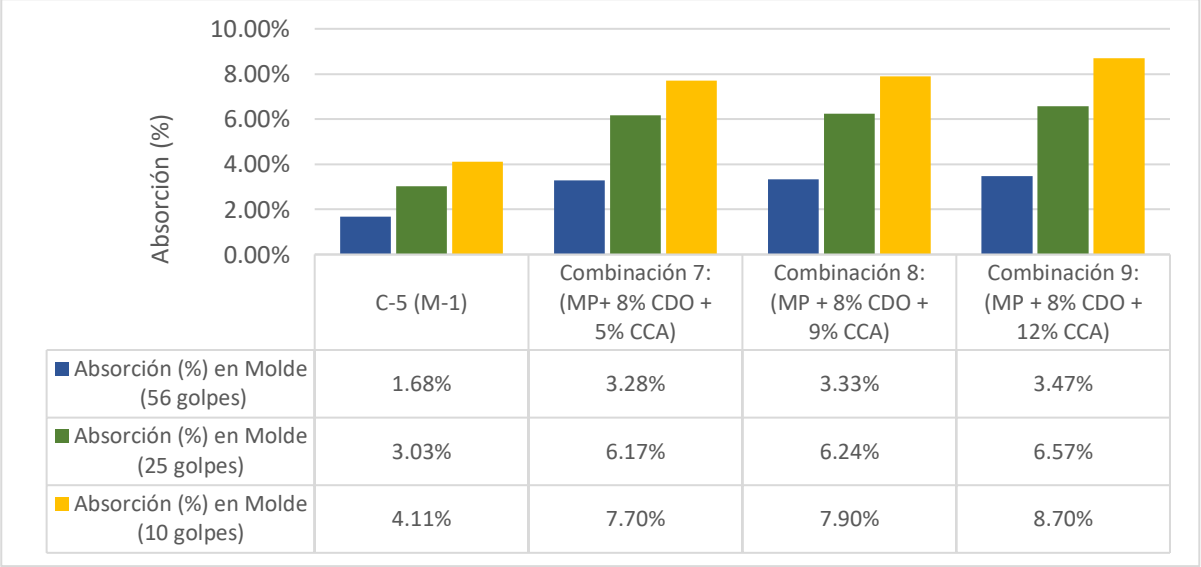
Por lo que corresponde a la Figura 154 se observa que, la Combinación 4 (MP + 6% CDO + 5% CCA), Combinación 5 (MP + 6% CDO + 9% CCA) y Combinación 6 (MP + 6% CDO + 12% CCA), en relación con la muestra patrón C-5 (M-1), presentaron mayores valores en el % de Absorción tras la sumersión de sus 3 correspondientes especímenes de C.B.R compactados a diferente número de golpes (56, 25 o 10).

Así también, al aminorar el número de golpes de compactación para una misma muestra de suelo combinado 4, 5 o 6, el % de Absorción se elevó, debido a que, una muestra compactada a un número menor de golpes está

menos consolidada, en comparación con una muestra compactada a un número mayor de golpes.

De igual manera, al cotejar entre las muestras combinadas 4, 5 y 6, los especímenes de C.B.R de igual número de golpes (ya sea, 56, 25 o 10), se apreció que el % de Absorción presentó una tendencia de incremento; este hecho podría adjudicarse, a la incorporación y aumento del % de CCA (5%, 9%, 12% CCA), para un mismo 6% CDO en la muestra patrón C-5 (M-1); en otras palabras, la Ceniza de Cáscara de Arroz tiene una gran capacidad de absorción y mayor % de porosidad por el componente químico SiO_2.

- **ABSORCIÓN (%) EN ESPECÍMENES DE MP + 8% CDO + 5% CCA, MP + 8% CDO + 9% CCA Y, MP + 8% CDO + 12% CCA.**



	C-5 (M-1)	Combinación 7: (MP+ 8% CDO + 5% CCA)	Combinación 8: (MP + 8% CDO + 9% CCA)	Combinación 9: (MP + 8% CDO + 12% CCA)
Absorción (%) en Molde (56 golpes)	1.68%	3.28%	3.33%	3.47%
Absorción (%) en Molde (25 golpes)	3.03%	6.17%	6.24%	6.57%
Absorción (%) en Molde (10 golpes)	4.11%	7.70%	7.90%	8.70%

Figura 155: *Absorción (%) de los especímenes de C.B.R de las muestras combinadas 7, 8 y 9; frente a la muestra patrón C-5 (M-1).*

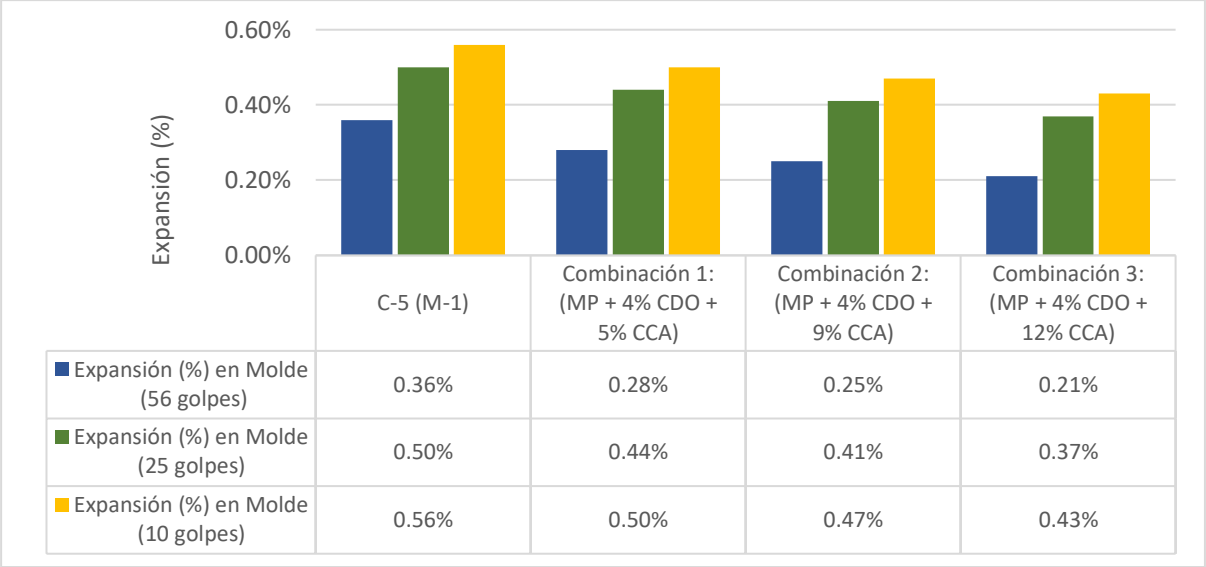
INTERPRETACIÓN:

En la Figura 155 se contempla que, la Combinación 7 (MP + 8% CDO+ 5% CCA), Combinación 8 (MP + 8% CDO + 9% CCA) y Combinación 9 (MP + 8% CDO + 12% CCA), con respecto a la muestra patrón C-5 (M-1), tuvieron mayores valores en el % de Absorción tras el sumergimiento de sus 3 respectivos especímenes de C.B.R compactados a diferente número de golpes (56, 25 o 10).

También, el % de Absorción aumentó en una misma muestra de suelo combinado 7, 8 o 9, a medida que menguó el número de golpes de compactación; por lo que, una muestra compactada a un número menor de golpes se encuentra menos consolidada que, una muestra compactada a un número mayor de golpes.

De igual forma, al analizar entre las muestras combinadas 7, 8 y 9, los especímenes de C.B.R de igual número de golpes (ya sea, 56, 25 o 10), se observó que el % de Absorción presentó una tendencia a crecer; esto podría estar vinculado, a la añadidura y aumento del % de CCA (5%, 9%, 12% CCA), con un constante 8% CDO en la muestra patrón C-5 (M-1), mejor dicho, la Ceniza de Cáscara de Arroz tiene una gran condición de absorción y mayor % de porosidad por el componente SiO_2.

- **EXPANSIÓN (%) TRAS LA INMERSIÓN DE ESPECÍMENES DE C.B.R DE LAS MUESTRAS COMBINADAS DEL SUELO PATRÓN CON 4%, 6%, 8% CDO Y 5%, 9%, 12% CCA.**
- **EXPANSIÓN (%) EN ESPECÍMENES DE MP + 4% CDO + 5% CCA, MP + 4% CDO + 9% CCA Y, MP + 4% CDO + 12% CCA.**



	C-5 (M-1)	Combinación 1: (MP + 4% CDO + 5% CCA)	Combinación 2: (MP + 4% CDO + 9% CCA)	Combinación 3: (MP + 4% CDO + 12% CCA)
Expansión (%) en Molde (56 golpes)	0.36%	0.28%	0.25%	0.21%
Expansión (%) en Molde (25 golpes)	0.50%	0.44%	0.41%	0.37%
Expansión (%) en Molde (10 golpes)	0.56%	0.50%	0.47%	0.43%

Figura 156: *Expansión (%) de los especímenes de C.B.R de las muestras combinadas 1, 2 y 3; frente a la muestra patrón C-5 (M-1).*

INTERPRETACIÓN:

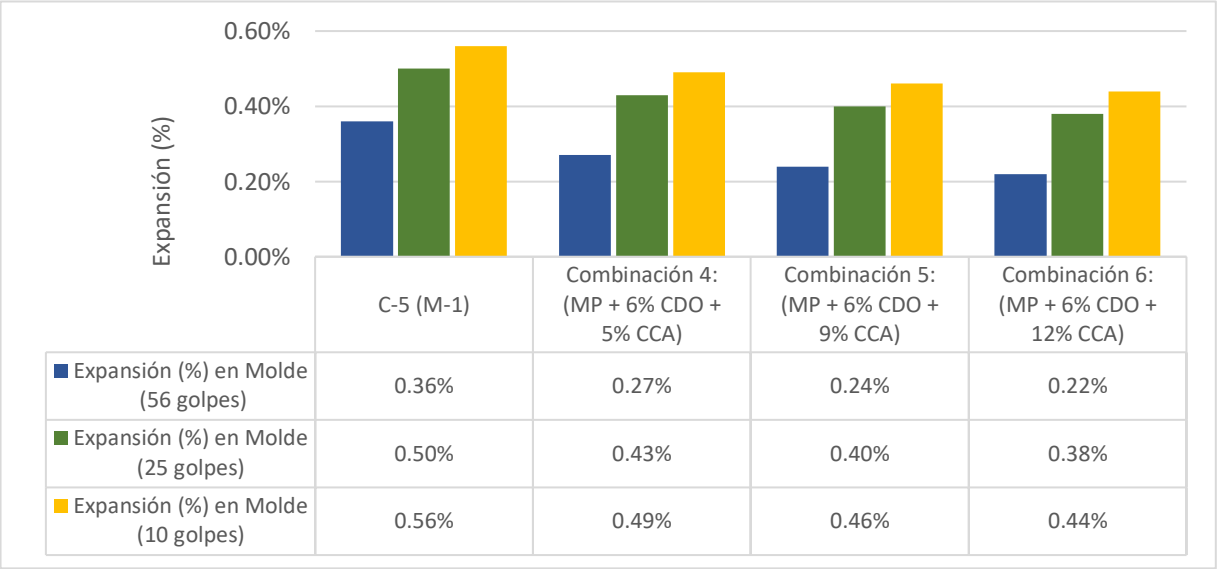
Con base en la Figura 156 se aprecia que, la Combinación 1 (MP + 4% CDO+ 5% CCA), Combinación 2 (MP + 4% CDO + 9% CCA) y Combinación 3 (MP + 4% CDO + 12% CCA), en relación con la muestra patrón C-5 (M-1), mostraron menores valores en el % de Expansión tras la inmersión de sus 3 correspondientes especímenes de C.B.R compactados a diferente número de golpes (56, 25 o 10). Esto, podría estar relacionado con las características de

los suelos combinados 1, 2 y 3, especialmente a su IP = 0; es decir, para IP ≤ 15, el Potencial de Expansión es Bajo según Chen (1988).

Por otro lado, el % de Expansión para una misma muestra de suelo combinado 1, 2 o 3, se ve afectado por la cantidad de golpes de compactación; a mayor número de golpes, es menor el % de Expansión.

Asimismo, al comparar entre las muestras combinadas 1, 2 y 3, los especímenes de C.B.R de igual número de golpes (esto es, 56, 25 o 10), se visualizó que el % de Expansión tuvo una tendencia a menguar; este hecho podría estar conectado, con la incorporación y aumento del porcentaje % de CCA (5%, 9%, 12% CCA), con un mismo 4% CDO en la muestra patrón de suelo, o sea, la añadidura de CDO Y CCA tiene un impacto positivo en el hinchamiento del suelo.

- **EXPANSIÓN (%) EN ESPECÍMENES DE MP + 6% CDO + 5% CCA, MP + 6% CDO + 9% CCA Y, MP + 6% CDO + 12% CCA.**



	C-5 (M-1)	Combinación 4: (MP + 6% CDO + 5% CCA)	Combinación 5: (MP + 6% CDO + 9% CCA)	Combinación 6: (MP + 6% CDO + 12% CCA)
Expansión (%) en Molde (56 golpes)	0.36%	0.27%	0.24%	0.22%
Expansión (%) en Molde (25 golpes)	0.50%	0.43%	0.40%	0.38%
Expansión (%) en Molde (10 golpes)	0.56%	0.49%	0.46%	0.44%

Figura 157: *Expansión (%) de los especímenes de C.B.R de las muestras combinadas 4, 5 y 6; frente a la muestra patrón C-5 (M-1).*

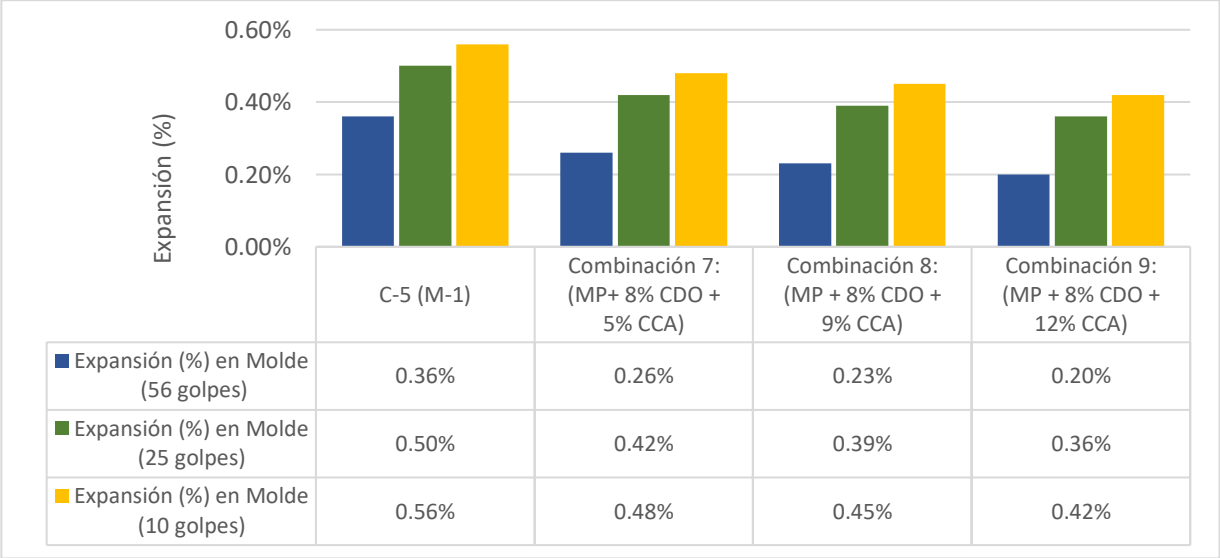
INTERPRETACIÓN:

De acuerdo con la Figura 157, se percibe que, la Combinación 4 (MP + 6% CDO+ 5% CCA), Combinación 5 (MP + 6% CDO + 9% CCA) y Combinación 6 (MP + 6% CDO + 12% CCA), en comparación con la muestra patrón C-5 (M-1), presentaron menores valores en el % de Expansión tras la sumersión de sus 3 correspondientes especímenes de C.B.R compactados a diferente número de golpes (56, 25 o 10). Esto, podría vincularse a las características de los suelos combinados 4, 5 y 6, principalmente a su IP = 0; esto es, para IP ≤ 15, el Potencial de Expansión es Bajo con base a Chen (1988).

Por otra parte, el % de Expansión para una misma muestra de suelo combinado 4, 5 o 6, se ve relacionado a la cantidad de golpes de compactación; es decir, a mayor número de golpes, es menor el % de Expansión.

Así también, al analizar entre las muestras combinadas 4, 5 y 6, los especímenes de C.B.R de igual número de golpes (esto es, 56, 25 o 10), se observó que el % de Expansión mostró una tendencia a minorar; este hecho podría estar vinculado con la incorporación y aumento del porcentaje % de CCA (5%, 9%, 12% CCA), con un constante 6% de CDO en la muestra patrón de suelo, en otras palabras, la incorporación de CDO Y CCA impacta de manera positiva en el hinchamiento del suelo.

- **EXPANSIÓN (%) EN ESPECÍMENES DE MP + 8% CDO + 5% CCA, MP + 8% CDO + 9% CCA Y, MP + 8% CDO + 12% CCA.**



	C-5 (M-1)	Combinación 7: (MP+ 8% CDO + 5% CCA)	Combinación 8: (MP + 8% CDO + 9% CCA)	Combinación 9: (MP + 8% CDO + 12% CCA)
Expansión (%) en Molde (56 golpes)	0.36%	0.26%	0.23%	0.20%
Expansión (%) en Molde (25 golpes)	0.50%	0.42%	0.39%	0.36%
Expansión (%) en Molde (10 golpes)	0.56%	0.48%	0.45%	0.42%

Figura 158: *Expansión (%) de los especímenes de C.B.R de las muestras combinadas 7, 8 y 9; frente a la muestra patrón C-5 (M-1).*

INTERPRETACIÓN:

Según la Figura 158, se reconoce que, la Combinación 7 (MP + 8% CDO+ 5% CCA), Combinación 8 (MP + 8% CDO + 9% CCA) y Combinación 9 (MP + 8% CDO + 12% CCA), en cuanto a la muestra patrón C-5 (M-1), tuvieron menores valores en el % de Expansión tras el sumergimiento de sus 3 respectivos especímenes de C.B.R compactados a diferente número de golpes (56, 25 o 10). Esto podría adjudicarse a las características de los suelos combinados 7, 8 y 9, básicamente al IP = 0; o sea, para IP ≤ 15, el Potencial de Expansión es Bajo a juicio de Chen (1988).

Además, el % de Expansión para una misma muestra de suelo combinado 7, 8 o 9, se ve conectado a la cantidad de golpes de compactación; esto es, a mayor número de golpes, es menor el % de Expansión.

De igual manera, al cotejar entre las muestras combinadas 7, 8 y 9, los especímenes de C.B.R. de igual número de golpes (esto es, 56, 25 o 10), se contempló que el % de Expansión presentó una tendencia a descender; este hecho podría estar relacionado con la adición y aumento del porcentaje % de CCA (5%, 9%, 12% CCA) con un constante 8% de CDO en la muestra patrón de suelo, es decir, la adición de CDO Y CCA origina un impacto positivo en el hinchamiento del suelo.

4.1.4 DOSIFICACIÓN ÓPTIMA DE LAS COMBINACIONES 4%, 6% Y 8% CDO Y 5%, 9% Y 12% CCA QUE MEJORA LAS PROPIEDADES MECÁNICAS EN LA SUBRASANTE DE LA RED VIAL CAPTUY - MORO

La Dosificación Óptima de muestra patrón de suelo con incorporación de Cenizas de Donax Obesulus y Cenizas de Cáscara de Arroz en esta investigación es: MP + 4% CDO + 5% CCA (Combinación 1); por lo que, obtuvo un 40.7% de valor de C.B.R (95% M.D.S) a 0.1" penetración, es decir, un incremento de un 73.93% del C.B.R (95% M.D.S) de la muestra patrón C-5 (M-1) de valor 23.40%. La Combinación 1, obtuvo el valor de C.B.R más alto en comparación con las demás combinaciones (2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9). Esto indicaría, que se originó reacciones puzolánicas entre la sílice amorfa del 5% CCA o cenizas de gran actividad puzolánica, con la presencia de agua y, los óxidos activados de calcio del 4% CDO, generando mejoras en la capacidad de soporte del suelo.

Ver en la Tabla 48 el resumen de los resultados relacionados con la Dosificación Óptima de esta tesis.

Tabla 48

Resultados de la Dosificación Óptima MP + 4% CDO + 5% CCA (Comb. 1)

Indicadores	Resultados	
Granulometría por tamizado	% Grava:	2.53%
	% Arena:	51.32%
	% Finos:	46.15%
Límites de Attertberg	Límite Líquido:	24.00%
	Límite Plástico:	N.P.
	Índice de Plasticidad:	N.P.
Clasificación de suelos	SUCS:	SM
	AASHTO:	A-4 (2)
Proctor modificado	Máxima Densidad Seca:	1.968 g/cm3
	Óptimo Contenido de Humedad:	10.56 %
CBR de suelos (laboratorio)	CBR (95% M.D.S) a 0.1”:	40.7%
% Absorción tras inmersión	Molde (56 golpes):	3.24%
	Molde (25 golpes):	6.13%
	Molde (10 golpes):	7.64%
% Expansión tras inmersión	Molde (56 golpes):	0.28%
	Molde (25 golpes):	0.44%
	Molde (10 golpes):	0.50%

Asimismo, se da a conocer la verificación de la hipótesis planteada en esta investigación, por el Análisis de Varianza (ANOVA) y el método Tukey, para los resultados del ensayo de Proctor Modificado y el ensayo de CBR.

ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LOS GRUPOS DEL ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

De cada grupo de experimentación, a continuación se reemplaza una nueva simbología, como se observa en la Tabla 49:

MP: para C-5; Comb.1: para MP+4%CDO+5%CCA; Comb.2: para MP+4%CDO+9%CCA; Comb.3: para MP+4%CDO+12%CCA; Comb.4: para MP+6%CDO+5%CCA; Comb.5: para MP+6%CDO+9%CCA; Comb.6: para MP+6%CDO+12%CCA; Comb.7: para MP+8%CDO+5%CCA; Comb.8: para MP+8%CDO+9%CCA; Comb.9: para MP+8%CDO+12%CCA.

Para el ANOVA del ensayo Proctor Modificado se tiene como Hipótesis Nula (Ho) e Hipótesis Alterna (Ha):

Ho: La incorporación de 4%, 6% y 8% de ceniza de Donax Obesulus y 5%, 9% y 12% de ceniza de cáscara de arroz no mejorarán los valores de Máxima Desnsidad Seca y Óptimo Contenido de Humedad en la subrasante de la red vial Captuy - Moro.

Ha: La incorporación de 4%, 6% y 8% de ceniza de Donax Obesulus y 5%, 9% y 12% de ceniza de cáscara de arroz mejorarán los valores de Máxima Desnsidad Seca y Óptimo Contenido de Humedad en la subrasante de la red vial Captuy - Moro.

Los grupos del ensayo Proctor Modificado a examinar por el ANOVA son:

Tabla 49

Grupos y datos del Ensayo Proctor Modificado

	MP	Comb. 1	Comb. 2	Comb. 3	Comb. 4	Comb. 5	Comb. 6	Comb .7	Comb. 8	Comb. 9
M.D. S.	1.955	1.968	1.812	1.727	1.932	1.803	1.737	1.873	1.778	1.675
Ó.C. H.	8.6	10.56	14.87	16.44	10.92	15.27	18.16	12.62	15.05	16.82

De los grupos del Ensayo Proctor Modificado, se desarrolla el Nivel o Cuenta, Suma, Promedio y Varianza de los datos de la experimentación. Como se ve en la Tabla 50.

Tabla 50

Resumen Nivel, Suma, Promedio y Varianza de los Grupos del ensayo Proctor Modificado

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
MP	2	10.555	5.2775	22.0780125
Comb. 1	2	12.528	6.264	36.911232
Comb. 2	2	16.682	8.341	85.255682
Comb.3	2	18.167	9.0835	108.236185
Comb.4	2	12.852	6.426	40.392072
Comb.5	2	17.073	8.5365	90.6800445
Comb.6	2	19.897	9.9485	134.857465
Comb.7	2	14.493	7.2465	57.7490045
Comb.8	2	16.828	8.414	88.072992
Comb.9	2	18.495	9.2475	114.685513

Asimismo, se procede con el Análisis de Varianza, obteniéndose el F calculado y el Valor crítico para F (obtenido de la Tabla de valores críticos para la prueba de Tukey). (Tabla 51).

Tabla 51

Análisis de Varianza de los Grupos del ensayo Proctor Modificado

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabili-dad	Valor crítico para F
Entre grupos	40.851416	9	4.53904622	0.05827372	0.99988928	3.02038295
Dentro de los grupos	778.918201	10	77.8918201			
Total	819.769617	19				

De la Tabla 51, "F calculado < Valor crítico para F"; entonces se ACEPTA la Hipótesis Nula (Ho).

El valor de la "Probabilidad > 0.05"; entonces se ACEPTA la Hipótesis Nula (Ho).

En este Análisis de Varianza de los grupos del Proctor Modificado, con un 95% de confianza se RECHAZA la Hipótesis Alterna (Ha).

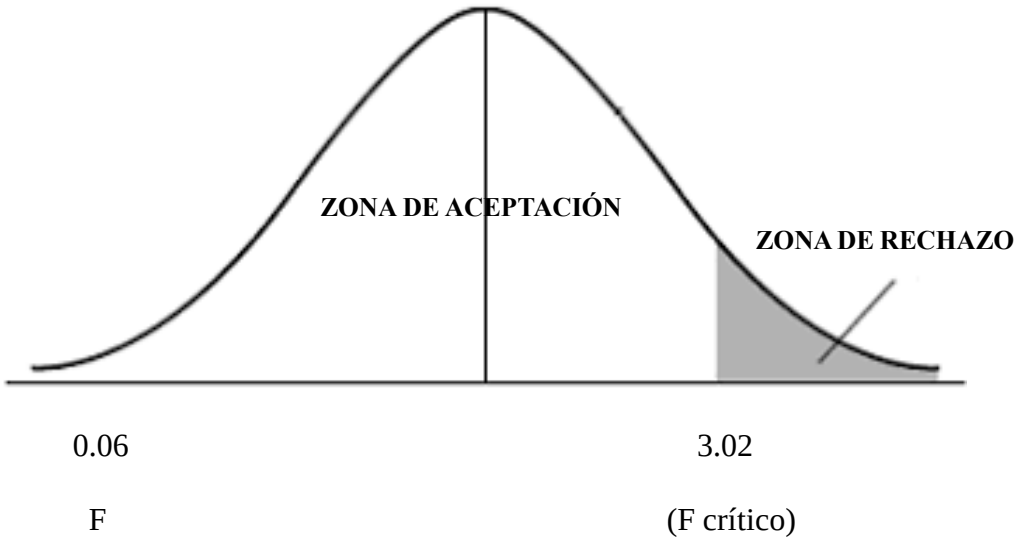


Figura 159: *Curva de Snedecor para F para el ensayo Proctor Modificado.*

INTERPRETACIÓN:

El valor de la probabilidad (p) es de 0.9999, siendo p>0.05. Además, el valor de F de 0.06, se encuentra al lado izquierdo del valor crítico de F de 3.02, y nos coloca en la zona de Aceptación de la Hipótesis Nula (Ho). Es importante mencionar que, en los grupos del ensayo Proctor Modificado, los valores obtenidos de Máxima Densidad Seca, en su mayoría a excepción de la primera combinación 1, son de menor valor en comparación al de la Muestra Patrón. Entonces, la Aceptación de la Hipótesis Nula, destaca que, la incorporación de 4%, 6% y 8% de ceniza de Donax Obesulus y 5%, 9% y 12% de ceniza de cáscara de arroz no mejora los valores de Máxima Densidad Seca y Óptimo Contenido de Humedad en la subrasante de la red vial Captuy - Moro.

MÉTODO DE TUKEY PARA LOS GRUPOS DEL ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO

Cuando en el Análisis de Varianza, se da el caso de la Aceptación de la Hipótesis Alterna (Ha), se continua con el Método de Tukey para conocer a detalle en donde existe Diferencia Significativa.

En esta investigación no se acepta la Hipótesis Alterna, pero de igual forma, se desarrollará este análisis por el método mencionado, para su respaldo a todo lo dicho anteriormente.

Se tiene la fórmula para hallar la Diferencia Honestamente Significativa (HSD):

HSD = q *√(CME/r)

Datos necesarios:

Nº de Grupos: 10; **Grados de libertad dentro de los grupos:** 10;

Tabla de Tukey (q): 5.6; **Error (CME):** 77.89182; **Niveles o N (r):** 2;

Entonces, **HSD:** 34.947729

Se prosigue, con la determinación de la Media Aritmética de cada uno de los grupos. (Tabla 52).

Tabla 52

Media Aritmética de los Grupos del ensayo Proctor Modificado

	MP	Comb. 1	Comb. 2	Comb. 3	Comb. 4	Comb. 5	Comb. 6	Comb .7	Comb. 8	Comb. 9
M.D. S.	1.955	1.968	1.812	1.727	1.932	1.803	1.737	1.873	1.778	1.675
Ó.C. H.	8.6	10.56	14.87	16.44	10.92	15.27	18.16	12.62	15.05	16.82
M	5.28	6.26	8.34	9.08	6.43	8.54	9.95	7.25	8.41	9.25

Nota: *M, es la Media Aritmética.*

Tabla 53

Sub conjuntos homogéneos del ensayo Proctor Modificado

		(x1) MP	(x2) Comb. 1	(x3) Comb. 2	(x4) Comb. 3	(x5) Comb. 4	(x6) Comb. 5	(x7) Comb. 6	(x8) Comb. 7	(x9) Comb. 8	(x10) Comb. 9
(x1)	MP		-0.99	-3.06	-3.81	-1.15	-3.26	-4.67	-1.97	-3.14	-3.97
(x2)	Comb. 1			-2.08	-2.82	-0.16	-2.27	-3.68	-0.98	-2.15	-2.98
(x3)	Comb. 2				-0.74	1.92	-0.20	-1.61	1.09	-0.07	-0.91
(x4)	Comb. 3					2.66	0.55	-0.86	1.84	0.67	-0.16
(x5)	Comb. 4						-2.11	-3.52	-0.82	-1.99	-2.82
(x6)	Comb. 5							-1.41	1.29	0.12	-0.71
(x7)	Comb. 6								2.70	1.53	0.70
(x8)	Comb. 7									-1.17	-2.00
(x9)	Comb. 8										-0.83
(x10)	Comb. 9										

Nota: *La diferencia de las Medias Aritméticas en las casillas con el mismo grupo en fila y columna, es cero.*

Se prosigue con la diferencia de las Medias Aritméticas entre cada uno de los grupos del ensayo Proctor Modificado por pareja (Media Aritmética del grupo que alude la fila de la Tabla, menos la Media Aritmética correspondiente al grupo que hace referencia la columna del Tabla), como se observa en la Tabla 53.

El paso siguiente es comparar cada uno de los datos (como un número absoluto) de la Tabla 53, con el valor de la Diferencia Honestamente Significativa (HSD); de ser de mayor valor, la experimentación presenta una diferencia significativa. Todos los valores de la Tabla son menores a la Diferencia Honestamente Significativa.

Entonces, se tiene:

x1 - x2 : no hay diferencia significativa; **x1 - x3** : no hay diferencia significativa; **x1 - x4** : no hay diferencia significativa; **x1 - x5** : no hay diferencia significativa; **x1 - x6** : no hay diferencia significativa; **x1 - x7** : no hay diferencia significativa; **x1 - x8** : no hay diferencia significativa; **x1 - x9** : no hay diferencia significativa; **x1 - x10** : no hay diferencia significativa; **x2 - x3** : no hay diferencia significativa; **x2 - x4** : no hay diferencia significativa; **x2 - x5** : no hay diferencia significativa; **x2 - x6** : no hay diferencia significativa; **x2 - x7** : no hay diferencia significativa; **x2 - x8** : no hay diferencia significativa; **x2 - x9** : no hay diferencia significativa; **x2 - x10** : no hay diferencia significativa; **x3 - x4** : no hay diferencia significativa; **x3 - x5** : no hay diferencia significativa; **x3 - x6** : no hay diferencia significativa; **x3 - x7** : no hay diferencia significativa; **x3 - x8** : no hay diferencia significativa; **x3 - x9** : no hay diferencia significativa; **x3 - x10** : no hay diferencia significativa; **x4 - x5** : no hay diferencia significativa; **x4 - x6** : no hay diferencia significativa; **x4 - x7** : no hay diferencia significativa; **x4 - x8** : no hay diferencia significativa; **x4 - x9** : no hay diferencia significativa; **x4 - x10** : no hay diferencia significativa; **x5 - x6** : no hay diferencia significativa; **x5 - x7** : no hay diferencia significativa; **x5 - x8** : no hay diferencia

significativa; **x5 - x9** : no hay diferencia significativa; **x5 - x10** : no hay diferencia significativa; **x6 - x7** : no hay diferencia significativa; **x6 - x8** : no hay diferencia significativa; **x6 - x9** : no hay diferencia significativa; **x6 - x10** : no hay diferencia significativa; **x7 - x8** : no hay diferencia significativa; **x7 - x9** : no hay diferencia significativa; **x7 - x10** : no hay diferencia significativa; **x8 - x9** : no hay diferencia significativa; **x8 - x10** : no hay diferencia significativa; **x9 - x10** : no hay diferencia significativa.

ANÁLISIS DE VARIANZA PARA LOS GRUPOS DEL ENSAYO DE CBR EN LABORATORIO

En cada grupo de experimentación, se reemplaza la misma simbología, como se visualiza en la Tabla 54:

MP: para C-5; Comb.1: para MP+4%CDO+5%CCA; Comb.2: para MP+4%CDO+9%CCA; Comb.3: para MP+4%CDO+12%CCA; Comb.4: para MP+6%CDO+5%CCA; Comb.5: para MP+6%CDO+9%CCA; Comb.6: para MP+6%CDO+12%CCA; Comb.7: para MP+8%CDO+5%CCA; Comb.8: para MP+8%CDO+9%CCA; Comb.9: para MP+8%CDO+12%CCA.

Para el Análisis de Varianza ANOVA del ensayo de CBR en laboratorio se tiene como Hipótesis Nula (Ho) e Hipótesis Alterna (Ha):

Ho: La incorporación de 4%, 6% y 8% de ceniza de Donax Obesulus y 5%, 9% y 12% de ceniza de cáscara de arroz no mejorarán los valores de CBR en la subrasante de la red vial Captuy - Moro.

Ha: La incorporación de 4%, 6% y 8% de ceniza de Donax Obesulus y 5%, 9% y 12% de ceniza de cáscara de arroz mejorarán los valores de CBR en la subrasante de la red vial Captuy - Moro.

Los grupos del ensayo de CBR en laboratorio a estudiar por el ANOVA a continuación.

Tabla 54

Grupos y datos del ensayo CBR en laboratorio

	MP	Comb. 1	Comb. 2	Comb. 3	Comb. 4	Comb. 5	Comb. 6	Comb. 7	Comb. 8	Comb. 9
CBR (100% M.D.S.) 0.1":	44.0	64.5	50	32.5	67.5	53	33	46.5	46.5	40.5
CBR (95% M.D.S.) 0.1":	23.4	40.7	35.3	22.2	38.2	30.4	26.3	37.1	28	20.7
CBR (100% M.D.S.) 0.2":	58.7	70	58.7	41.3	73.7	63.3	43.7	62.3	59	53
CBR (95% M.D.S.) 0.2":	31.5	43.3	39.5	26.6	44	33.7	32	45	33.5	25.8

De los grupos del ensayo CBR en laboratorio, se detalla el Nivel o Cuenta, Suma, Promedio y Varianza de los datos de la experimentación. Como se observa en la Tabla 55.

Tabla 55

Resumen Nivel, Suma, Promedio y Varianza de los Grupos del ensayo CBR en laboratorio

Grupos	Cuenta	Suma	Promedio	Varianza
MP	4	157.6	39.4	237.3533333
Comb. 1	4	218.5	54.625	218.6891667
Comb. 2	4	183.5	45.875	111.3225
Comb.3	4	122.6	30.65	68.21666667
Comb.4	4	223.4	55.85	302.0966667
Comb.5	4	180.4	45.1	246.5666667
Comb.6	4	135	33.75	52.71
Comb.7	4	190.9	47.725	111.4158333
Comb.8	4	167	41.75	192.4166667
Comb.9	4	140	35	214.46

Luego, del Análisis de Varianza, se consigue el F calculado y el Valor crítico para F (obtenido de la Tabla de valores críticos para la prueba de Tukey). (Tabla 56).

Tabla 56

Análisis de Varianza de los Grupos del ensayo CBR en laboratorio

Origen de las variaciones	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Promedio de los cuadrados	F	Probabilidad	Valor crítico para F
Entre grupos	2607.45725	9	289.7174722	1.650579034	0.145763881	2.210696983
Dentro de los grupos	5265.7425	30	175.52475			
Total	7873.19975	39				

De la Tabla 56, "F calculado < Valor crítico para F"; entonces se ACEPTA la Hipótesis Nula (Ho).

El valor de la "Probabilidad > 0.05"; entonces se ACEPTA la Hipótesis Nula (Ho).

En este Análisis de Varianza de los grupos del Proctor Modificado, con un 95% de confianza se RECHAZA la Hipótesis Alterna (Ha).

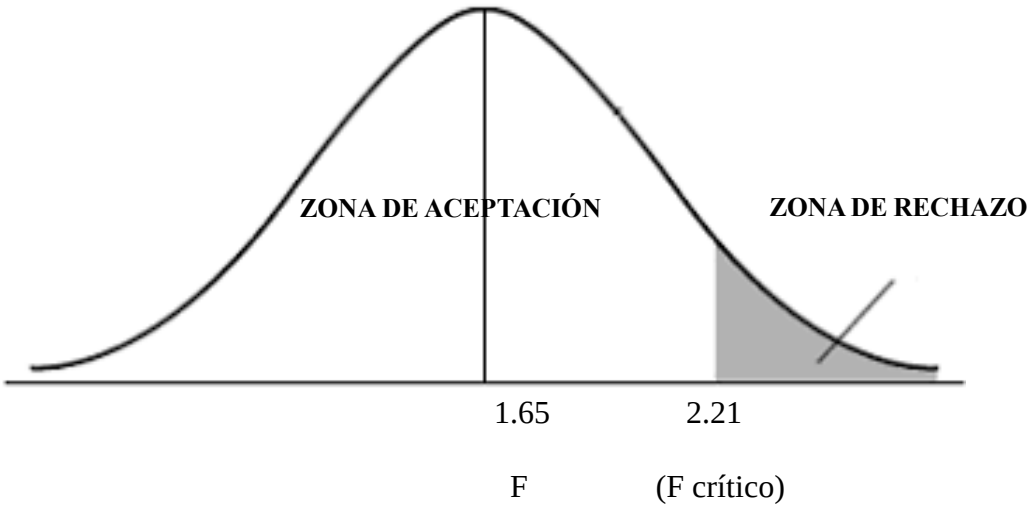


Figura 160: *Curva de Snedecor para F para el ensayo de CBR en laboratorio.*

INTERPRETACIÓN:

Se obtuvo 0.145763881 como valor de la probabilidad (p), siendo p>0.05. También, 1.65 como valor de F, que nos coloca en la zona de Aceptación de la Hipótesis Nula (Ho) por ubicarse al lado izquierdo del valor crítico de F de 2.21. Es relevante mencionar que, en los grupos del CBR en laboratorio, alguno de los valores conseguidos de CBR (100% M.D.S.) 0.1", CBR (95% M.D.S.) 0.1", CBR (100% M.D.S.) 0.2", CBR (95% M.D.S.) 0.2", son de menor valor en comparación al de la Muestra Patrón. Entonces, la Aceptación de la Hipótesis Nula, destaca que, la incorporación de 4%, 6% y 8% de ceniza de Donax Obesulus y 5%, 9% y 12% de ceniza de cáscara de arroz no mejora el CBR de la red vial Captuy - Moro.

MÉTODO DE TUKEY PARA LOS GRUPOS DEL ENSAYO DE CBR EN LABORATORIO

En el momento en que, el Análisis de Varianza, Acepta la Hipótesis Alterna (Ha), se prosigue con el Método de Tukey para entender a detalle en donde existe Diferencia Significativa.

En esta investigación no se acepta la Hipótesis Alterna, pero de igual manera, se desarrolla este análisis por el método de Tukey, para su respaldo a todo lo mencionado anteriormente.

Se tiene la fórmula para hallar la Diferencia Honestamente Significativa (HSD):

HSD = q *√(CME/r)

Datos necesarios:

Nº de Grupos: 10; **Grados de libertad dentro de los grupos:** 30;

Tabla de Tukey (q): 4.83; **Error (CME):** 175.52475; **Niveles o N (r):** 4;

Entonces, **HSD:** 31.9953096

Se sigue, con la determinación de la Media Aritmética de cada uno de los grupos. (Tabla 57).

Tabla 57

Media Aritmética de los Grupos del ensayo CBR en laboratorio

	MP	Comb. 1	Comb. 2	Comb. 3	Comb. 4	Comb. 5	Comb. 6	Comb. 7	Comb .8	Comb .9
CBR (100% M.D.S.) 0.1":	44.0	64.5	50	32.5	67.5	53	33	46.5	46.5	40.5
CBR (95% M.D.S.) 0.1":	23.4	40.7	35.3	22.2	38.2	30.4	26.3	37.1	28	20.7
CBR (100% M.D.S.) 0.2":	58.7	70	58.7	41.3	73.7	63.3	43.7	62.3	59	53
CBR (95% M.D.S.) 0.2":	31.5	43.3	39.5	26.6	44	33.7	32	45	33.5	25.8
M:	39.40	54.63	45.88	30.65	55.85	45.10	33.75	47.73	41.75	35.00

Nota: *M, es la Media Aritmética.*

Se sigue con la diferencia de las Medias Aritméticas entre cada uno de los grupos del ensayo CBR en laboratorio por pareja (Media Aritmética del grupo que hace referencia a la fila de la Tabla, menos la Media Aritmética correspondiente al grupo que alude a la columna de la Tabla), como se observa en la Tabla 58.

Se continua con la comparación de cada uno de los datos (como un número absoluto) de la Tabla 58, con el valor de la Diferencia Honestamente Significativa (HSD); de ser de mayor valor, la experimentación muestra una diferencia significativa. Se observa que todos los valores de la Tabla 58 son menores a la Diferencia Honestamente Significativa.

Tabla 58

Sub conjuntos homogéneos del ensayo CBR en laboratorio

		(x1) MP	(x2) Comb. 1	(x3) Comb. 2	(x4) Comb. 3	(x5) Comb. 4	(x6) Comb. 5	(x7) Comb. 6	(x8) Comb. 7	(x9) Comb. 8	(x10) Comb. 9
(x1)	MP		-15.23	-6.47	8.75	-16.45	-5.70	5.65	-8.32	-2.35	4.40
(x2)	Comb. 1			8.75	23.98	-1.23	9.53	20.88	6.90	12.88	19.63
(x3)	Comb. 2				15.23	-9.98	0.78	12.13	-1.85	4.13	10.88
(x4)	Comb. 3					-25.20	-14.45	-3.10	-17.08	-11.10	-4.35
(x5)	Comb. 4						10.75	22.10	8.13	14.10	20.85
(x6)	Comb. 5							11.35	-2.63	3.35	10.10
(x7)	Comb. 6								-13.98	-8.00	-1.25
(x8)	Comb. 7									5.97	12.73
(x9)	Comb. 8										6.75
(x10)	Comb. 9										

Nota: *La diferencia de las Medias Aritméticas en las casillas con el mismo grupo en fila y columna, es cero.*

Entonces, se tiene:

x1 - x2 : no hay diferencia significativa; **x1 - x3** : no hay diferencia significativa; **x1 - x4** : no hay diferencia significativa; **x1 - x5** : no hay diferencia significativa; **x1 - x6** : no hay diferencia significativa; **x1 - x7** : no hay diferencia significativa; **x1 - x8** : no hay diferencia significativa; **x1 - x9** : no hay diferencia significativa; **x1 - x10** : no hay diferencia significativa; **x2 - x3** : no hay diferencia significativa; **x2 - x4** : no hay diferencia significativa; **x2 - x5** : no hay diferencia significativa; **x2 - x6** : no hay diferencia significativa; **x2 - x7** : no hay diferencia significativa; **x2 - x8** : no hay diferencia significativa; **x2 - x9** : no hay diferencia significativa; **x2 - x10** : no

hay diferencia significativa; **x3 - x4** : no hay diferencia significativa; **x3 - x5** : no hay diferencia significativa; **x3 - x6** : no hay diferencia significativa; **x3 - x7** : no hay diferencia significativa; **x3 - x8** : no hay diferencia significativa; **x3 - x9** : no hay diferencia significativa; **x3 - x10** : no hay diferencia significativa; **x4 - x5** : no hay diferencia significativa; **x4 - x6** : no hay diferencia significativa; **x4 - x7** : no hay diferencia significativa; **x4 - x8** : no hay diferencia significativa; **x4 - x9** : no hay diferencia significativa; **x4 - x10** : no hay diferencia significativa; **x5 - x6** : no hay diferencia significativa; **x5 - x7** : no hay diferencia significativa; **x5 - x8** : no hay diferencia significativa; **x5 - x9** : no hay diferencia significativa; **x5 - x10** : no hay diferencia significativa; **x6 - x7** : no hay diferencia significativa; **x6 - x8** : no hay diferencia significativa; **x6 - x9** : no hay diferencia significativa; **x6 - x10** : no hay diferencia significativa; **x7 - x8** : no hay diferencia significativa; **x7 - x9** : no hay diferencia significativa; **x7 - x10** : no hay diferencia significativa; **x8 - x9** : no hay diferencia significativa; **x8 - x10** : no hay diferencia significativa; **x9 - x10** : no hay diferencia significativa.

4.2 DISCUSION

4.2.1 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS Y QUÍMICAS DE LA CENIZA DE DONAX OBESULUS Y LA CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ

a. ANÁLISIS SIMULTÁNEO DSC – TGA DE LAS VALVAS DE DONAX OBESULUS Y, DSC – TGA DE LA CÁSCARA DE ARROZ.

- Los resultados que hemos obtenido en esta investigación a través del Análisis simultáneo DSC – TGA de las valvas de Donax Obesulus, nos permitieron tener la opción de ejecutar la incineración de la Donax Obesulus en un rango de temperatura de 750 °C a 800 °C, ejecutándose así, a una temperatura de 775.0 °C ± 1.0 ° C por un tiempo de 4 horas; lo cual, coincide con lo que determinó Alarcón (2018), quien luego de los ensayos de Análisis térmico simultáneo DTA – TGA de la concha de Donax Obesulus, procedente de la playa Atahualpa, desarrolló su investigación con cenizas elaboradas a 750 °C por un periodo de 4 horas; no obstante, no se concuerda con Gonzales y Mariños (2019), que realizaron el ensayo de Análisis térmico simultáneo DTA – TGA a la Donax Sp. oriundo de la playa Atahualpa, y trabajaron el bivalvo a 890 °C por un periodo de 2 horas. Aunque se coincide con uno de los estudios mencionados, la diferencia en los grados de temperatura, podría estar vinculado con la técnica de análisis térmico realizada, en nuestro caso, DSC (Calorimetría diferencial de Barrido) y, en el caso de los otros tesistas, ATD (Análisis Térmico Diferencial). Asimismo, es importante realizar los análisis térmicos para potenciar el componente químico preponderante.

- En este estudio, con respecto al Análisis simultáneo DSC - TGA de la cáscara de arroz, se obtuvo un rango de temperatura de incineración entre 450 °C y 480 °C, que

finalmente se realizó a 475.0 °C ± 1.0 °C por un periodo de 2 horas; el mismo que, concuerda con la temperatura a incinerar la cáscara de arroz procedente del valle de Santa, hallado por Maldonado y Sarrin (2018) mediante el Análisis térmico simultáneo DTA – TGA, de valor 450 °C, pero que, trabajaron por un tiempo de 1 hora; por otro lado, nuestro resultado no encaja con Gonzales y Mariños (2019), que con base en su Análisis térmico simultáneo DTA – TGA de la cáscara de arroz, originario de los campos de cultivo del distrito de Santa, desarrolló su investigación con cenizas elaboradas a 420 °C por 90 minutos es decir, 1 hora y 30 minutos. Pese a que, se coincide con el estudio de Maldonado y Sarrin, la desigualdad en el valor de la temperatura obtenida, podría deberse a la técnica de análisis térmico o método térmico; en nuestra tesis, DSC y, en el de los otros investigadores, ATD. Cabe recalcar que, para potenciar el componente químico dominante, es relevante ejecutar los análisis térmicos de los insumos.

b. CARACTERIZACIÓN QUÍMICA DE LA CDO Y LA CCA.

- En este estudio, con respecto al resultado del ensayo de Fluorescencia de Rayos X de la Ceniza de Donax Obesulus, incinerada a 750 °C por 4 horas, se determinó 96.97% de óxido de calcio (CaO); porcentaje que no coindice con la investigación de Alarcón (2018), donde la CDO también elaborada a 750 °C por 4 horas, logró una composición química de 74.64% de CaO; luego, la tesis de Gonzales y Mariños (2019), con la CDO trabajada a 890 °C por 2 horas, consiguió 78.39% de CaO. Aunque en las tres investigaciones referenciadas, la incineración de las valvas de Donax Obesulus procedentes de la playa Atahualpa se realizó dentro de un horno mufla, siendo dos de éstas elaboradas a una misma temperatura y tiempo (750 °C y 4 horas), se obtuvo una

diferencia en el valor del porcentaje de óxido de calcio (CaO) en la CDO, que se podría atribuir a las condiciones de los equipos utilizados; finalmente, se confirma que la composición química predominante en la Ceniza de Donax Obesulus es el óxido de calcio.

- En esta investigación, en relación con el ensayo de Fluorescencia de Rayos X de la Ceniza de Cáscara de Arroz (CCA), ejecutada a 450 °C por un periodo de 2 horas, se obtuvo 86.97% de óxido de silicio (SiO_2), al mismo tiempo se halló 88.13% de componentes puzolánicos con base en la ASTM C 618. Este porcentaje de SiO_2 es cercano a los valores determinados por los siguientes investigadores; Maldonado y Sarrin (2018), obtuvieron 87.18% de óxido de silicio y 88.37% de componentes puzolánicos, en la CCA trabajada a 450 °C en un espacio de 1 hora. Asimismo, Flores (2020) logró 87.18% de SiO_2 y, 88.42% de componentes puzolánicos en la CCA elaborada a 450 °C en un tiempo de 1 hora. Por otro lado, Alarcón (2018) trabajó con Ceniza de Cáscara de Arroz incinerada a 360 °C en una fase de 2 horas y, mediante al ensayo de Fluorescencia consiguió 87.135% de SiO2 y, 93.456% de componentes puzolánicos. Las incineraciones de la cáscara de arroz en las investigaciones mencionas, fueron realizadas dentro de un horno mufla y pese a que, no coinciden en el mismo número de grados de temperatura y tiempo de incineración, todas reafirman que, en la CCA sobresale el compuesto químico “óxido de silicio” y, de acuerdo con la ASTM C 618, estas cenizas son consideradas como material puzolánico.

c. PORCENTAJE DE REMANENTE DE LA CDO Y LA CCA.

- En esta investigación, en cuanto al porcentaje (%) de remanente de la Ceniza de Donax Obesulus elaborada a una temperatura de 775 °C por 4 horas, se obtuvo el rango de 54.42% - 66.05%, el mismo que, se respaldó con respecto al resultado del ensayo precedente de Análisis TGA (Análisis Termogravimétrico) de la Donax Obesulus de este estudio, de valor 55% de remanente. Dato que, a la vez coincide con el 55% de remanente obtenido en el Análisis TGA de la Donax Obesulus de la tesis de Alarcón (2018), es decir, el bivalvo tuvo una pérdida de su masa inicial del 45%. Ahora bien, Gonzales y Mariños (2019) en su Análisis de TGA, alcanzaron un remanente de 63%, esto es, una pérdida del 37% de su masa inicial. Los porcentajes de remanente conseguidos por los tesistas de valores, 55% y 63%, reafirman el rango de variabilidad del remanente de la CDO de este estudio. Es imprescindible, realizar previamente el Análisis Térmico, para conocer la cantidad a recolectar del recurso para su incineración.

- En esta tesis, con respecto al porcentaje (%) de remanente de las Cenizas de Cáscara de Arroz elaborada a 475 °C por 2 horas, se alcanzó un rango entre 14.93% - 17.78%, el cual difiere del resultado obtenido en el previo Análisis TGA de la cáscara de arroz, de 32% de remanente, esta diferencia podría estar relacionado a los pocos gramos de cáscara de arroz ingresados en el horno mufla para el TGA. De la misma manera, el rango de 14.93% - 17.78% no concuerda con el resultado del Análisis TGA del estudio de Alarcón (2018), donde la CCA logró un 40% de remanente, esto significa que, el bivalvo presentó un 60% de pérdida en relación a su masa inicial. Asimismo, dicho rango no coincide con el dato logrado del Análisis de TGA en la tesis de Gonzales y

Mariños (2019), donde logró un 45% de remanente, es decir, una pérdida de 55% de su masa inicial. La significativa diferencia entre los porcentajes de remanente de la CCA, indicaría la influencia que existe dentro de la cáscara, por el tipo de suelo del lugar de su procedencia (molino de arroz Velásquez – Cambio Puente, apiladora Zavaleta – Santa, y campos de cultivo del distrito de Santa, respectivamente), así como, el efecto de los químicos presentes en los pesticidas.

d. CARACTERÍSTICAS FÍSICAS DE LA CDO Y LA CCA.

- **ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO DE LA CDO Y LA CCA.**

  - De acuerdo con el análisis granulométrico por tamizado de la Ceniza de Donax Obesulus (familia Donacidae) incinerada a 775 °C por 4 horas en horno mufla, en esta tesis se consiguió 0.00% de grava, 67.96% de arena y 32.04% de finos; resultados que no concuerdan con el estudio que realizaron Espinoza y Honores (2018) a la Ceniza de Concha de Abanico (familia Pectinidae), incinerada a 900 °C por 3 horas en un horno de fundición y luego fue pulverizada en un molino a mano para su utilización, mediante el ensayo de análisis granulométrico encontraron 0.00% de grava, 36.30% de arena y 63.70% de finos. Los valores obtenidos nos muestran el efecto que tienen sobre ambos bivalvos; el tipo de familia al que pertenecen, la temperatura, el tiempo al que son sometidos en el proceso de incineración, como también, la pulverización post incinerado.

  - Como resultado del análisis granulométrico por tamizado de la Ceniza de Cáscara de Arroz incinerada a 475 °C por 2 horas en horno mufla, en esta investigación se obtuvo 0.00% de grava, 45.92% de arena y 54.08% de finos (% que pasa el tamiz

No. 200 de abertura 0.075 mm); en cuanto a Araujo y Urbano (2020) encontraron 0.00% de grava, 36.40% de arena y 63.60% de finos, con base en el ensayo de análisis granulométrico por tamizado de la CCA adquirida por el quemado al aire libre en la empresa molino selva Tocache SAC. Por lo que se refiere a Mory (2020), consiguió CCA en la empresa Costeño Alimentos S.A.C.; mediante el ensayo de granulometría por tamizado, la CCA presentó dificultad en el proceso de cribado por su forma alargada y achatada de textura irregular y rugosa, por lo que, realizó el ensayo de granulometría por el método de sedimentación con hidrómetro, donde el 46% de la muestra total de CCA pasó la abertura 0.0385 mm y el 32% paso la abertura de 0.0020 mm. Los resultados mencionados coinciden en que las partículas de la ceniza de cáscara de arroz están conformadas por un gran porcentaje de finos.

- **PESO ESPECÍFICO DE LA CDO Y LA CCA.**

- En esta investigación, se obtuvo 2.57 g/cm3 como resultado del peso específico de la Ceniza de Donax Obesulus incinerada a 750 °C por 4 horas, valor que es cercano y difiere en un 0.81% en el peso específico obtenido por Alarcón (2018), 2.591 g/cm3 en la Ceniza de Donax Obesulus, trabajada a 750 °C por 4 horas. Por otro lado, Ibañez (2018), determinó el peso específico de la ceniza de Concha de coquina o Donax Trunculus, elaborada a 900 °C por 2 horas, logrando un dato de 3.002 g/cm3. En el peso específico de las cenizas de los bivalvos de la familia Donacidae, se aprecia la influencia de la temperatura y el tiempo de incineración.

- Con relación al peso específico de la Ceniza de Cáscara de Arroz en esta tesis, producida a 450 °C por 2 horas, se consiguió como resultado 2.83 g/cm3, el mismo

que, dista de un 4.49% en comparación con el valor de peso específico de 2.963 g/cm3, hallado por Alarcón (2018) para la Ceniza de Cáscara de Arroz incinerada a 360 °C por un periodo de 2 horas. Se reafirma el efecto que tiene la temperatura y el tiempo de incineración en el valor del peso específico de las cenizas.

- **CONTENIDO DE HUMEDAD DE LA CDO Y LA CCA.**

- El resultado de esta investigación, con respecto al contenido de humedad de la Ceniza de Donax Obesulus trabajada dentro de un horno mufla a 750 °C por 4 horas, fue < 0.05% (ligeramente húmeda); valor que no se pudo verificar en los ensayos de las tesis elegidas de antecedentes para este estudio, por lo que, no determinaron esta característica del bivalvo de la familia Donax. Por otro lado, Espinoza y Honores (2018) obtuvieron del bivalvo de la familia Pectinidae incinerada adentro de un horno de fundición a 900 °C por 4 horas, Ceniza de conchas de abanico de humedad de 0.88%. Ambas cenizas de ligera humedad, originarios de bivalvos de diferente familia, nos muestran una desigualdad entre sus valores de humedad, por el efecto del grado de temperatura a la que fueron sometidas.

- El resultado determinado en esta tesis, en relación con el contenido de humedad de la Ceniza de Cáscara de Arroz producida a 450 °C por 2 horas, fue de 0.12%; valor que dista de lo obtenido por Flores (2020), con un contenido de humedad de 0.80%, para una CCA ejecutada a 450 °C por un lapso de 1 hora, Ambas cenizas ligeramente húmedas, exhiben la influencia en la humedad, por el número de grado de temperatura y tiempo empleado en la incineración.

- **pH (POTENCIAL DE HIDRÓGENO) DE LA CDO Y LA CCA.**

- En esta tesis, el pH obtenido en la Ceniza de Donax Obesulus, incinerada a 750 °C por 4 horas, fue de 13.16 Unid. pH, dato próximo al valor de 13.18 Unid. pH determinado por Alarcón (2018) en el pH de la Ceniza de Donax Obesulus trabajada a 750 °C por 4 horas. Por otra parte, Ibañez (2018) consiguió 13.27 Unid. pH en el pH de la Ceniza de Concha de Coquina o Ceniza de Donax Trunculus, elaborada a 900 °C por 2 horas. Los resultados hallados, coinciden en la alcalinidad de las cenizas de los bivalvos de la familia Donacidae (Donax Obesulus y Donax Trunculus).

- En esta investigación, en cuanto al pH de la Ceniza de Cáscara de Arroz, elaborada a 450 °C por 2 horas, se obtuvo como resultado 10.21 Unid. pH, dato cercano al hallado por Alarcón (2018) en el pH de la Ceniza de Cáscara de Arroz, incinerada a 360 °C por 2 horas, con un valor de 10.34 Unid. pH. Ambos resultados reafirman la alcalinidad de las cenizas de cáscara de arroz.

4.2.2 PROPIEDADES MECÁNICAS Y FÍSICAS EN LA SUBRASANTE DE LA RED VIAL CAPTUY - MORO, ANTES DE LA INCORPORACIÓN DE LAS CENIZAS DE DONAX OBESULUS Y CÁSCARA DE ARROZ

- En esta investigación, se realizó ensayos a la subrasante de la red vial Captuy – Moro, obteniéndose como tipo de suelo en la muestra patrón (C-5), un SM (Arena Limosa) con base en el Sistema Unificado de Clasificación de Suelo (SUCS) y, A-4 (2) (Suelo limoso) según el Sistema de Clasificación AASHTO. En relación con los Limites de Atterberg, se determinó el Límite líquido (L.L.) e Índice de plasticidad (I.P.), lográndose 20.94%, y N.P. (no plástico), respectivamente. Del ensayo de Proctor modificado, se consiguió 1.955 g/cm3

de Máxima Densidad Seca (M.D.S) y un Óptimo Contenido de Humedad (O.C.H) de 8.60%, por consiguiente, se alcanzó un C.B.R. (95% M.D.S) a 0.1" de penetración de 23.4%. Los resultados citados son cercanos a los hallados por León y Vega (2018), en su estudio dentro del distrito de Moro, titulado, Evaluación de la infraestructura vial entre los sectores Vinchamarca grande – cruce de Motocachy, propuesta de solución, Distrito de Moro – Ancash – 2018; donde obtuvieron como tipo de suelo en las calicatas ejecutadas C01, C02, C03 y C04, un SM (Arena Limosa con Grava) en relación con SUCS y, con base en la clasificación AASHTO, A-4, A-4, A-2-4, y, A-2-4, respectivamente. Asimismo, las calicatas indicadas no presentaron L.L., por ende, los I.P. de estas muestras fueron N.P. (no plástico). Del Proctor modificado, lograron 2.14 g/cm3 como M.D.S, así como, un O.C.H de 8.30%, además, un C.B.R. (95% M.D.S) a 0.1" de penetración de 24%. Sin embargo, en un estudio de la carretera del distrito de Moro, realizado por Carrasco (2017) en su tesis titulada, Estabilización de los suelos arcillosos adicionando cenizas de caña de azúcar en el tramo de Moro a Virahuanca en el Distrito de Moro – Provincia del Santa – 2017, encontró como tipo de suelo con base en SUCS, un SC (Arena Arcillosa) y, de acuerdo con la clasificación AASHTO, A-6 (11). En cuanto al Índice de Plasticidad, halló un rango entre 13.54% a 15.84%. Además, de las dos calicatas C-2 y C-4, seleccionadas como muestras patrones en su tesis, logró por medio del ensayo de Proctor modificado los siguientes valores, 1.67 g/cm3 de M.D.S. y 8.6% de O.C.H. para la calicata C-2; asimismo, 1.66 g/cm3 de M.D.S. y 7.5% de O.C.H. para C-4. Finalmente, determinó un C.B.R. (95% M.D.S) a 0.1" de penetración de 4.17% para C-2 y, un C.B.R. (95% M.D.S) a 0.1" de penetración de 4.51% para C-4. Dado que, se coincide con León y Vega (2018) en el tipo de suelo, y al mismo tiempo, no se concuerda con Carrasco (2017); se afirma que, en el distrito de Moro,

existen zonas con un suelo de arena con limo, arena con limo y grava, así también, suelo de arena con arcilla.

- Dentro del caserío de Anta perteneciente a Moro, Chirinos (2017) en su tesis titulada, Diseño del sistema de abastecimiento de agua potable y alcantarillado del caserío Anta, Moro – Ancash 2017; con base en el informe de mecánica de suelos y el registro de excavaciones de C-1, C-2, C-3, C-4 y C-5, encontró como tipo de suelo, SM, SM, CL, SC-SM, SC-SM, respectivamente, según SUCS y, de acuerdo con la clasificación AASHTO, A-2-4 (0), A-2-4 (0), A-4 (2), A-4 (0) y A-2-4 (0), respectivamente; los mismos que presentaron un Índice de Plasticidad de N.P., N.P., 7.34%, 6.41%, 5.63%, respectivamente. Por todo esto, concluyó que el suelo de este caserío presenta una capa de material de relleno arena limosa, con presencia de raíces secas, hojas secas y vegetación superficial, de mediana compacidad y ligera humedad, seguidamente, presenta hasta la profundidad de estudio, arenas limosas, arenas arcillosas con limos, arcillas inorgánicas y lecho rocosos muy duro, de compacidad semi compacto y, de ligeramente húmedo a húmedo. Por otro lado, en el estudio que realizó Navarro (2020), en su tesis titulada, Diseño del sistema de agua potable para el caserío de Quillhuay, Distrito de Moro, Provincia del Santa, Región Ancash, y su incidencia en la condición sanitaria de la población – 2020; de acuerdo con su informe técnico – estudio de mecánica de suelos y el registro de excavación de C-1, C-2, C-3 y C-4 dentro del caserío de Quillhuay correspondiente a Moro, halló como tipo de suelo, SM, SP, SM, SM, respectivamente, según SUCS; los mismos que mostraron un Índice de Plasticidad de N.P. (no plástico). De los datos mencionados, finalizó en que el suelo del caserío, presenta una capa inicial de material de relleno arena limosa de espesor variable de 0.10 m a 0.20 m, con la presencia de grabas aisladas, raíces, pajillas y bolonería de T.M.7";

seguidamente presenta hasta la profundidad de estudio arena limosa, arena mal graduada, de media compacidad, ligeramente húmedo a seco, con la presencia de grava aislada de T.M. 2". Resultados que, como dato común reafirman el tipo de suelo de Moro, declarado en la presente tesis como suelo patrón perteneciente a la calicata C-5, como SM (arena limosa) con base en SUCS y, A-4 (2) teniendo en cuenta a la clasificación AASHTO. En cuanto, a las demás calicatas C-1, C-2, C-3, C-4 y C-6, en relación con SUCS, de tipo SM (arena limosa) y de acuerdo con AASHTO, de tipos, A-1-a (0) y A-1-b (0).

4.2.3 PROPIEDADES MECÁNICAS Y FÍSICAS EN LA SUBRASANTE DE LA RED VIAL CAPTUY - MORO, DESPUÉS DE LA INCORPORACIÓN DE LAS COMBINACIONES 4%, 6%, 8% CDO Y 5%, 9%, 12% CCA

- El ingeniero De La Pared (2013), en su tesis utilizó material de la ciudad de Bogotá proveniente de la cantera identificada como "Soacha 2007" y; a través del análisis granulométrico (ASTM D 422) determinó al material según SUCS como GP. Para obtener un mejor análisis del efecto de la CCA en el suelo, decidió usar en los posteriores ensayos a la granulometría, material pasante el tamiz No. 4. Obtuvo de esta manera, una M.D.S. de 1.898 g/cm3 y un O.C.H. de 14.00%; asimismo, un C.B.R. (ASTM D 1883) de 3.76%. La CCA utilizada, fue quemada en hornos a una temperatura entre los 600 °C a 800 °C y posteriormente molida; presentando alrededor del 97% de SiO2 en su composición química. De La Pared, en su investigación, añadió al suelo proporciones de 5%, 10% y 15% de CCA y, logró valores de C.B.R. (2.54 mm de penetración) de 7.68%, 5.87% y 6.14%, respectivamente. Adicionalmente, analizó los valores de M.D.S. de los C.B.R. y, observó que, cuando se aumentaba el % de CCA para los especímenes de C.B.R compactados a un mismo número de golpes, la densidad disminuía; asumiendo de este modo, que el peso

específico de la CCA era menor al peso específico del suelo de la cantera; y/o que, al mezclarse las partículas de CCA con el suelo, formaban partículas más grandes con mayores vacíos, originando una menor densidad. Además, halló el porcentaje de absorción durante inmersión de C.B.R, donde concluyó que, a medida que aumenta el % CCA en especímenes de C.B.R de igual número de golpes de compactación, el % de absorción aumenta, razón vinculada al gran potencial de absorción de la CCA; a la vez, afirmó que, el porcentaje % de absorción incrementa, al disminuir el número de golpes para una misma muestra. Por otro lado, realizó el ensayo de Porosimetría por intrusión de mercurio para las muestras (0%, 5%, 10% y 15% de CCA) y obtuvo 28.0404%, 27.4017%, 33.4766% y 32.9166% de porosidad, respectivamente; apreciándose, un decremento de 0.6% en el porcentaje de porosidad para una adición del 5% CCA, por ende, infirió en que, el % de porosidad está relacionado con el valor de CBR, porque a menor % de poros se espera un mayor valor de CBR. Asimismo, realizó el Análisis de Distribución del Tamaño de Poros (PSD) para las muestras con adición de 0%, 5%, 10% y 15% de CCA, obteniéndose como tamaño predominante de poros 0.113387 μm, 0.113418 μm, 2.489268 μm y 7.177511μm, respectivamente. Donde dedujo que, una adición del 5% de CCA no modificaba la microestructura de la muestra, tales como porosidad y tamaño predominante de poros. Por medio, del Microscopio electrónico de Barrido (MEB), el investigador pudo observar en las imágenes de alta resolución lo siguiente; en el MEB1 – 0% CCA, visualizó solamente la estructura del suelo; en relación con el MEB2 – 5% CCA, apreció algunos grumos correspondientes a las partículas de CCA; con respecto a MEB3 – 10% CCA, vio ciertas partículas de apariencia esponjosa recubriendo a las partículas del suelo; finalmente, en el MEB4 – 15% CCA, observó que, en su mayoría las partículas del suelo estaban cubiertas

de partículas esponjosas (CCA). Concluyendo en que, con adiciones mayores al 5% CCA, las partículas de CCA cubren a las partículas del suelo, sin reaccionar con él. Comparando con esta tesis, se coincide en que la adición de la CCA, disminuyó la densidad del suelo y aumentó el porcentaje de absorción de los especímenes de las combinaciones de suelo y cenizas. Así también, la adición del 5% CCA se identificó para ambos estudios como el porcentaje de adición óptimo, en este caso, la combinación 1, MP + 4% CDO + 5% CCA; por el aumento de la resistencia del suelo, y la insignificantemente modificación a la M.D.S de esa combinación.

- Los investigadores Barragán y Cuervo (2019), en su tesis recolectaron muestra de suelo a una profundidad de 1 metro en la finca el triunfo ubicado en la vereda San José del municipio de Agua de Dios dentro del departamento de Cundinamarca y; por medio de la granulometría por tamizado y los límites de consistencia, como Límite líquido (L.L.) de 40%, Límite plástico (L.P.) de 15.9% e Índice de plasticidad (I.P.) de 24%, clasificaron al material con base en SUCS como SC areno arcilloso de baja plasticidad. La cascarilla de arroz obtenida, fue calcinada a una temperatura entre los 400 °C a 500 °C en un horno de barro. Con base en la norma I.N.V.E-142-13, para el ensayo modificado de compactación y el método C utilizado, lograron 1.726 g/cm3 de M.D.S. y 19.7% en el O.C.H. Así también, determinaron el valor de 1% en el C.B.R. al 95% y 1.6% en el C.B.R. al 100%, respectivamente. En cuanto al porcentaje % de expansión del suelo natural consiguieron 2.3% como valor promedio. Barragán y Cuervo, adicionaron la única proporción de 1% de CCA al suelo areno arcilloso con respecto al peso total de la muestra, donde obtuvieron una M.D.S. de 1.714 g/cm3 y un O.C.H. de 20.3%. Observaron de esta manera que, la adición de 1% CCA en el suelo areno arcilloso disminuyó la M.D.S en un 0.7%, al mismo tiempo

que, evidenciaron un aumento de humedad para su compactación. También, alcanzaron el valor de 1.3% para el C.B.R. al 95%, es decir, un aumento del 30% con respecto al C.B.R. al 95% de la muestra natural y; 1.9% para el C.B.R. al 100%, esto es, un incremento del 19% acerca del C.B.R. al 100% de la muestra natural. Infirieron así, en el mejoramiento de la resistencia del suelo con la incorporación del 1% de CCA con respecto a la presión ejercida, pero que, el mismo no era suficiente en relación con el valor mínimo de C.B.R. admitido por el INVIAS, para que, una subrasante sea intervenida para una estabilización. Por otra parte, acerca del porcentaje % de expansión volumétrica del suelo areno arcilloso con adición del 1% de CCA lograron 2.5% como valor promedio, reflejándose un aumento promedio del 0.09% en relación con el suelo en su estado natural. En equiparación con esta tesis, donde en principio para la red vial Captuy se determinó como muestra patrón un tipo de suelo SM arena limosa con base en SUCS, con una M.D.S. de 1.955 g/cm3 y un O.C.H de 8.60% y C.B.R (95% M.D.S) a 0.1" de penetración de 23.40%. Y posteriormente, mediante la ejecución del ensayo de Proctor modificado a las 9 combinaciones de la muestra patrón con proporciones de la Ceniza de Donax Obesulus y la Ceniza de Cáscara de Arroz, se coincide con Barragán y Cuervo en que existe una disminución en los valores de Máxima Densidad Seca y un aumento en el Óptimo Contenido de Humedad por la absorción de las cenizas. A excepción, de la dosificación óptima de este estudio, MP + 4% CDO + 5% CCA, donde se originó un insignificante aumento del 0.66% en el valor de la M.D.S con 1.968 g/cm3 de M.D.S. y 10.56% de O.C.H. Asimismo, se corrobora que la adición de cenizas en su dosificación óptima incrementa la resistencia del suelo; para este caso, el valor de C.B.R (95% M.D.S) a 0.1" de penetración incrementó en un 73.93%, es decir, de 23.40% pasó a 40.70%. Por otro lado, este estudio no concuerda con Barragán y Cuervo, en el aumento del

% de expansión del suelo por la CCA, ya que, en esta tesis se observó menores valores en el % de expansión de los especímenes de C.B.R con cenizas, con respecto a los especímenes sin cenizas; y se atribuye a que, los investigadores solamente estudiaron el suelo SC con la adición del 1% de CCA.

- Los tesistas Aponte y Calderón (2020), en su investigación obtuvieron la muestra de suelo a 1 metro de profundidad en el condominio Anamay de la vereda las Mercedes, del municipio de Anapoima en el departamento de Cundinamarca y; a través de los valores de límites de consistencia, como Límite líquido (L.L.) de 40.9%, Límite plástico (L.P.) de 30.85% e Índice de plasticidad (I.P.) de 10.05% y, la granulometría por tamizado, clasificaron al material de acuerdo con SUCS como ML limo de baja plasticidad. Asimismo, recolectaron la cascarilla de arroz en una arrocera emplazada en la variante Girardot - Espinal y, lo procesaron mediante un incinerado con temperaturas entre los 400 °C a 500 °C, finalmente, tamizaron la ceniza a través de la malla No. 200 para su homogeneidad. Por otra parte, del ensayo Proctor modificado, lograron 1.83 g/cm3 de M.D.S. y 15.4% en el O.C.H para el suelo. Asimismo, por medio del ensayo de Resistencia Incofinada a las probetas del suelo virgen con compactaciones de 12 golpes, 25 golpes y 56 golpes por capa; pudieron observar valores de resistencia máxima al corte de 0.001126418 kg/cm2, 0.001325841 kg/cm2, y 0.001692704 kg/cm2, respectivamente. Donde dedujeron que, la muestra de suelo tiene un incremento de resistencia a medida que se aumenta el número de golpes de compactación. Aponte y Calderón, posteriormente, añadieron al suelo limoso el exclusivo porcentaje del 12% de CCA en relación con el peso total de la muestra; donde mediante el Proctor modificado consiguieron como M.D.S. el valor de 1.435 g/cm3 y para el O.C.H. el valor de 24%. Contemplaron de esta forma que, al adicionar un 12%

CCA al suelo limoso se originaba la disminución de la M.D.S. respecto al suelo virgen; a la vez que, exhibieron un aumento de 9% de humedad para su compactación. Además, revelaron los resultados del ensayo de Resistencia Incofinada a las probetas del suelo con Cenizas de Cascarilla de arroz con compactaciones de 12 golpes, 25 golpes y 56 golpes por capa; valores de resistencia máxima al corte de 0.000795795 kg/cm2, 0.00102404 kg/cm2, y 0.00184247 kg/cm2, respectivamente. Concluyendo así que, los datos de las probetas de suelo con cenizas de CCA con respecto a las probetas del suelo virgen, con compactación de 12 golpes y 25 golpes, no presentaron crecimiento en la resistencia y; en cuanto a, las probetas de suelo con cenizas de CCA compactadas a 56 golpes en cada capa, contemplaron un mejoramiento en su resistencia, pero no suficiente para su implementación en el sitio de estudio. Los resultados de la Máxima Densidad Seca en esta investigación, con respecto a 3 combinaciones en específico de X% Ceniza de Donax Obesulus y 12% Ceniza de Cáscara de Arroz, como MP + 4% CDO + 12% CCA, MP + 6% CDO + 12% CCA y MP + 8% CDO + 12% CCA, coinciden con Aponte y Calderón en que la incorporación del 12 % CCA causan un decremento en los valores de M.D.S. y un incremento en el O.C.H. También, los tesistas mencionados encontraron que, en algunos ensayos de Resistencia Incofinada al 12% CCA no había mejoramiento en su resistencia; en esta tesis, los resultados de las combinaciones MP + 4% CDO + 12% CCA y MP + 8% CDO + 12% CCA, mostraron un descenso en la capacidad de soporte, es decir, disminución en el valor del C.B.R (95% M.D.S) a 0.1” de penetración; ahora bien, la combinación MP + 6% CDO + 12% CCA a diferencia de las anteriores, presentó un ligero mejoramiento en la capacidad de soporte, con base en el MTC (2014), pero con un valor de C.B.R. que se ubicó dentro de la categoría

de calidad de subrasante S_4 de “Subrasante Muy Buena”, como el de la muestra patrón de este estudio.

- En la investigación ejecutada por Maldonado y Sarrin (2018), los tesistas recolectaron la materia prima de cáscara de arroz en la zona del valle de Santa; posteriormente, en un horno mufla incineraron las cáscaras a 450 ºC y a través del análisis químico en laboratorio lograron 87.18% SiO_2. Además, realizaron 5 calicatas en un tramo de 4024 metros de longitud a nivel del terreno natural en el suelo de la carretera del valle de San Rafael. Por medio del ensayo de Límite de Atterberg de las muestras de suelo de las calicatas C-1, C-2, C-3, C-4 y C-5, obtuvieron como Índice de plasticidad (I.P.) un intervalo de 15.00% a 20.00% y, en conjunto con el análisis granulométrico de acuerdo con SUCS, determinaron el tipo de suelo, como SC, SC, CL, CL y CL, respectivamente; así también, con base en AASHTO, obtuvieron A-2-6, A-2-6, A-6, A-6, A-6, respectivamente. Dentro de su investigación tomaron como muestras patrones a las calicatas C-1 y C-3; desarrollaron los ensayos de Proctor modificado y CBR, al suelo en su estado natural y al suelo con adiciones del 5%, 10% y 15% CCA. De este modo, para la primera muestra patrón C-1 consiguieron lo siguiente; una M.D.S. de 0.462 g/cm3 y un O.C.H. de 9.4%. Asimismo, para las muestras de suelo con cenizas, C-1 + 5%CCA, C-1 + 10%CCA y, C-1 + 15%CCA; lograron 0.51 gr/cm3 como valor más alto entre las M.D.S., mostrando un aumento con respecto a C-1. Del mismo modo, para la segunda muestra patrón C-3, obtuvieron una M.D.S. de 0.524 g/cm3 y un O.C.H. de 11.80%. Igualmente, para las muestras de suelo combinadas con las cenizas, C-3 + 5%CCA, C-3 + 10%CCA y, C-3 + 15%CCA; consiguieron 0.54 gr/cm3 como valor más alto de M.D.S, revelando un aumento con respecto a C-3. Además, para la capacidad portante de la muestra patrón C-1, lograron un C.B.R. (95% M.D.S) a 0.1” de

penetración de 5.985% “Subrasante pobre”. Para las muestras con adición de cenizas como, C-1 + 5%CCA, C-1 + 10%CCA y, C-1 + 15%CCA, obtuvieron valores de 9.50%, 15.20% y 12.35%, respectivamente. Siendo, 15.20% el valor más alto de C.B.R., evidenciando un incremento en relación con la muestra patrón C-1. Por otra parte, para la capacidad portante de la muestra patrón C-3, consiguieron un C.B.R. (95% M.D.S) a 0.1” de penetración de 5.32% “Subrasante pobre”. Para las muestras con incorporación de cenizas tales como, C-3 + 5%CCA, C-3 + 10%CCA y, C-3 + 15%CCA; lograron valores de 11.40%, 14.25% y 12.35%, respectivamente. Siendo, 14.25% el valor más alto de C.B.R., evidenciando un incremento en relación con la muestra patrón C-3. De esta forma, concluyeron en que los porcentajes de 5%, 10% y 15% CCA muestran una mejoría, en la resistencia a deformaciones bajo la aplicación de cargas al suelo del valle San Rafael; siendo la proporción de 10% de ceniza de cáscara de arroz, la más óptima. En confrontación a esta investigación, se reafirma lo expuesto por Maldonado y Sarrin en el aumento del CBR en el suelo del valle de San Rafael, con el 5% CCA; cenizas incineradas dentro de un horno mufla a una temperatura controlada. Dado que, en esta tesis la adición del 5% CCA en las muestras del suelo natural SM (SUCS) de Captuy – Moro; de combinaciones desarrolladas, MP + 4% CDO + 5% CCA, MP + 6% CDO + 5% CCA y, MP + 8% CDO + 5% CCA; obtuvieron como CBR (95% M.D.S) a 0.1” de penetración, valores de 40.7%, 38.2% y 37.1%, respectivamente; frente al valor de CBR de la muestra patrón, 23.4%.

- Los tesistas Argandoña y Palomino (2019), en su investigación obtuvieron la cáscara de arroz en la zona de Pilcopata, en el distrito de Paucartambo en el departamento de Cusco y; realizaron la calcinación de las cáscaras, en un horno artesanal a una temperatura aproximada de 500 ºC; después, trituraron las cenizas en una máquina de los ángeles. Del

informe de análisis químico consiguieron 86.80% SiO_2 en las CCA. Además, recolectaron las muestras de suelo en la carretera no asfaltada APV. Kari Grande – vía Rumi Wasi, en un tramo de 1 km, por medio de 5 calicatas a profundidades de 1.50m. De los ensayos de Límites de consistencia en laboratorio y la granulometría por tamizado; determinaron el Límite líquido (L.L.) de 30.93%, Límite plástico (L.P.) de 16.87% e Índice de plasticidad (I.P.) de 14.06%; así como, % Grava de 5.99%, % Arena de 27.78% y % Finos de 66.24%; clasificando al suelo natural como CL con base en SUCS y, A-6 (8) en relación con AASHTO. A través del ensayo de Proctor modificado para el suelo natural, consiguieron; una M.D.S. de 1.88 g/cm3 y un O.C.H. de 13.24%. Posteriormente, utilizaron como aditivo de sustitución la cal viva y las CCA, en proporciones de, 88% suelo + 7% CCA + 5% Cal, 83% suelo + 12% CCA + 5% Cal y, 80% suelo + 15% CCA + 5% Cal; así lograron, valores de M.D.S., 1.80 g/cm3, 1.72 g/cm3 y 1.68 g/cm3, respectivamente. Asimismo, valores de O.C.H. como, 14.08%, 15.28% y 17.08%, respectivamente. Concluyeron en que, a medida que se aumenta los porcentajes de % CCA + % CAL en el suelo, la M.D.S. tiende a menguar de manera progresiva y el O.C.H. a aumentar. Por otro lado, del ensayo de CBR del suelo natural obtuvieron un C.B.R. (95% M.D.S) a 0.1" de penetración de 4.45% "subrasante pobre". Igualmente, determinaron el CBR para las sustituciones de suelo con cenizas, 88% suelo + 7% CCA + 5% Cal, 83% suelo + 12% CCA + 5% Cal y, 80% suelo + 15% CCA + 5% Cal; donde consiguieron valores de 27.39%, 28.09% y 19.61%, respectivamente. Infirieron en que, la sustitución de cenizas de % CCA + % CAL en el suelo de, 83% suelo + 12% CCA + 5% Cal, con mayor CBR de valor 28.09% "subrasante muy buena", incrementa en casi 6.5 veces al valor de CBR del suelo natural. Por otra parte, de los resultados en el % de Expansión por la sumersión de especímenes de CBR de suelo natural

y de suelo con cenizas; concluyeron en que, a medida que se aumenta el % CCA + % Cal, disminuye la expansión. En comparación con esta tesis, en cuanto a la adición del 12% de CCA en el suelo, señalada por Argandoña y Palomino como óptima dosificación mediante la combinación, 83% suelo + 12% CCA + 5% Cal; se coincide en que, la incorporación del 12% CCA, como en las proporciones, MP + 4% CDO + 12% CCA, MP + 6% CDO + 12% CCA y, MP + 8% CDO + 12% CCA, originan una disminución en los valores de M.D.S y el crecimiento de los valores en el O.C.H. Por lo que se refiere, al valor del CBR por la añadidura del 12% CCA, no se coincide con Argandoña y Palomino, debido a que, sus resultados expusieron el incremento de los mismos y; en esta tesis, las 3 combinaciones con 12% CCA, de resultados 22.2%, 26.3% y 20.7%, respectivamente; muestran que algunos CBR disminuyeron con la adición de cenizas, en relación con el valor del CBR del suelo natural de Catuy, 23.4%. Asumiéndose que, la diferencia se debe a la influencia de los compuestos químicos, tanto de la Cal, así como, de la Ceniza de Donax Obesulus combinadas con CCA, en las diferentes proporciones estipuladas por ambos estudios. Por otro lado, se concuerda en que, tanto la combinación de % CCA + % Cal, como la combinación de %CDO + CCA% en los suelos, disminuyen el % de expansión de los especímenes de CBR tras su inmersión en agua.

- Los tesistas Esquivel y Gamez (2019), en su investigación excavaron 7 calicatas de 1.5 metros de profundidad en la vía mencionada; así también, recopilaron las cáscaras de arroz en el Molindustrias El Chimbotano S.A.C. localizado en el centro poblado de Tambo Real Viejo, donde incluso se realizó la quema de las mismas a una temperatura no controlada. Antes de emplear las cenizas en el suelo, dentro del laboratorio, los tesistas procedieron a tamizarlas; CCA con un 80.85% de SiO_2. Además, realizaron la adquisición de la cal, en

un centro comercial. Los investigadores mediante SUCS, determinaron para las muestras de las calicatas C-1, C-2, C-3, C-4, C-5, C-6 y C-7; los tipos de suelo como, CL, SP-SM, SP-SM, SP-SM, SP-SM, SP-SM y, SP-SM, respectivamente. Igualmente, a través de AASHTO, clasificaron a las calicatas C-1, C-2, C-3, C-4, C-5, C-6 y C-7; como, A-4 (8), A-1-b (0), A-3 (0), A-3 (0), A-3 (0), A-3 (0) y, A-3 (0). Asimismo, ejecutaron los ensayos de Proctor modificado y CBR para las 7 calicatas y; después de comparar sus resultados, convinieron en utilizar a la muestra proveniente de la calicata C-1, como suelo natural para las combinaciones con cal y CCA por tener el menor valor de CBR; de esta forma, lograron para C-1, 1.66 g/cm3 de M.D.S., 7.538% de O.C.H y, 10% como C.B.R. (95% M.D.S) a 0.1" de penetración. Posteriormente, realizaron los mismos ensayos para las 9 combinaciones, donde obtuvieron como valores de C.B.R. (95% M.D.S) a 0.1" de penetración; 20.50% para S74-C6-CCA20; 13.00% para S76-C4-CCA20; 22.70% para S78-C2-CCA20; 17.00% para S84-C6-CCA10; 22.50% para S86-C4-CCA10; 16.50% para S88-C2-CCA10; 19.00% para S89-C6-CCA5; 23.50% para S91-C4-CCA5, y; 26.00% para S93-C2-CCA5. Siendo este último la combinación por sustitución de mayor resistencia, 93% Suelo – 2% Cal – 5% CCA; aumentando así, 2.6 veces el valor de CBR del suelo sin estabilizar C-1. Esta dosificación, finalmente fue utilizado en la estabilización de los tres tramos de prueba ejecutados (C-1, C-2 y C-3) por los tesistas. Contrastando el resultado del CBR con esta investigación, se coincide en que, la adición del 5% de CCA (en este caso dentro de la combinación, MP + 4%CDO + 5%CCA), aumenta el CBR del suelo natural, obteniéndose así, un valor de CBR de 40.70% (el mayor dato entre las 9 combinaciones propuestas); frente al C.B.R (95% M.D.S) a 0.1" de penetración de 23.40% del natural - muestra patrón, de tipo SM "arena limosa".

- El investigador Flores (2020), extrajo muestras de suelo de la carretera San Martín a través de 2 calicatas, C-1 y C-2; los sometió a ensayos de Límites de Atterberg y granulometría. Después, de acuerdo con SUCS, llegó a determinar para ambas calicatas, C-1 y C-2, CL y CL, respectivamente; asimismo, según AASHTO, A-6 (12) para C-1 y, A-7-6 (12) para la calicata C-2. Posteriormente, seleccionó como muestra de grupo control, la calicata C-2 y; por medio del ensayo de Proctor modificado halló una M.D.S. de 1.726 g/cm3 y el O.C.H de 19.7%; así también, consiguió el valor de 5.90% para el CBR al 95% de la M.D.S. En cuanto a la incineración de la cascarilla de arroz, utilizó un horno mufla a una temperatura de 450 °C por 1 hora y, obtuvo 87.18% SiO_2 en su composición química. Flores, en su investigación decidió sustituir el suelo de arcilla, con un 5%, 10% y 15% de puzolánico de cascarilla de arroz y cal. Determinando así las combinaciones, 95% arcilla + 3% puzolánico de cascarilla de arroz + 2% cal, 90% arcilla + 6% puzolánico de cascarilla de arroz + 4% cal y, 85% arcilla + 9% puzolánico de cascarilla de arroz + 6% cal. Seguidamente, ensayó las muestras combinadas al igual que, las muestras del grupo control y; concluyó en que, la combinación una mejora en el valor del CBR fue la número 3, 85% arcilla + 9% puzolánico de cascarilla de arroz + 6% cal, con una M.D.S. de 1.80 g/cm3 y un O.C.H. de 12.40% proveniente del ensayo Proctor modificado y; 7.40% para el CBR al 95% de la M.D.S. Corroborando los datos brindados por Flores para un 9% puzolánico de cascarilla de arroz, con esta investigación de suelo tipo SM donde se adicionó 9% CCA en las combinaciones como, MP + 4%CDO + 9%CCA, MP + 6%CDO + 9%CCA y, MP + 8%CDO + 9%CCA; se reafirma que, hubo un aumento en el valor de CBR (95% M.D.S.) a 0.1" de penetración, 35.3%, 30.4% y 28%, respectivamente, en comparación al CBR de la muestra de suelo patrón de valor 23.4%.

- En la investigación ejecutada por Estrada y Ventura (2019), después de lavar, secar y triturar las conchas de abanico, incineraron la materia prima durante 4 horas, en un horno mufla con una temperatura constante de 900 ºC, en relación con los estudios de ATD y TGA y, lograron 96.068% CaO. Además, realizaron 3 calicatas de 1.50 metros de profundidad, cada 1.5 kilómetros en la vía no pavimentada del centro poblado San Ignacio. Los resultados procedentes de los ensayos de límite de consistencia de las calicatas, C-1, C-2 y C-3, determinaron la no presencia del límite líquido y del límite plástico; y en conjunto con la granulometría por tamizaje, clasificaron a las 3 calicatas en un tipo de suelo, GM grava limosa de acuerdo con SUCS y, en A-1-b (0) con base en AASHTO. Obtuvieron el menor valor de CBR (95% M.D.S.) de 12.79% con respecto a la calicata C-1, con una M.D.S. de 2.03 g/cm3 y un O.C.H de 11.60%. Percibieron que, en la vía por medio de C-1, C-2 y C-3, predominaba el mismo tipo de suelo, GM; es así que, determinaron el CBR (95% M.D.S.) promedio de 13.19%. Así también, ejecutaron los ensayos de Proctor modificado y CBR, a la muestra patrón de suelo con sustitución de ceniza de concha de abanico (CA), al 4% CA, 6% CA y 8% CA, así consiguieron valores de Máxima Densidad Seca para las combinaciones, S 96% + 4% CA, S 94% + 6% CA, S 92% + 8% CA; de 2.22 g/cm3, 2.4 g/cm3 y 2.82 g/cm3, respectivamente. De la misma forma, lograron valores de CBR al 95% de la M.D.S. para las mismas combinaciones, S 96% + 4% CA, S 94% + 6% CA, S 92% + 8% CA; de 23.02%, 24.89% y 26.70%, respectivamente. Concluyeron en que, la incorporación de 4%, 6% y 8% de cenizas de concha de abanico en el suelo de grava limosa aumenta la capacidad de resistencia del suelo. Comparando los resultados de Estrada y Ventura para una sustitución 4% CA, 6% CA y 8% CA, con esta tesis donde se incorporó a la muestra patrón, proporciones de 4% CDO, 6% CDO y 8% CDO (ceniza de Donax

Obesulus con una composición de 96.97% CaO), con adiciones de ceniza de cáscara de arroz (5% CCA, 9% CCA y 12% CCA), en un total de 9 combinaciones, se afirma los resultados obtenidos con la ceniza de concha de abanico; por lo que, 7 de las combinaciones de este estudio como, MP + 4%CDO + 5%CCA, MP + 4%CDO + 9%CCA, MP + 6%CDO + 5%CCA, MP + 6%CDO + 9%CCA, MP + 6%CDO + 12%CCA, MP + 8%CDO + 5%CCA, MP + 8%CDO + 9%CCA, presentaron un incremento en el valor del CBR (95% M.D.S) a 0.1" de penetración con respecto al CBR de la muestra patrón de Captuy – Moro, de suelo Arena Limosa; y solamente 2 de las combinaciones, MP + 4%CDO + 12%CCA y MP + 8%CDO + 12%CCA una disminución en el valor de CBR, esto podría ser por el efecto de las CCA en las proporciones estipuladas.

- Los tesistas Espinoza y Honores (2018), realizaron 4 calicatas en las calles del A. H. Nuevo Santa, para la recaudación de la muestra de suelo natural. Además, consiguieron cenizas de carbón (Ce) en los depósitos de la ladrillera artesanal en el A. H. San Luis en el distrito de Santa; cenizas que presentaron en su composición 34.954% SiO_2. Así también, recolectaron valvas de conchas de abanico procedentes de la planta de la empresa Aquapesca SAC en el distrito de Samanco, las mismas que fueron lavadas, secadas y trituradas para su incineración a 900 °C por 4 horas, finalmente, pulverizaron las cenizas de conchas de abanico (Co) por medio de un molino manual hasta la obtención de polvo fino; en su composición presentaron 48.569% CaO. Efectuaron estudios al suelo natural y, a las de suelos sustituidos con cenizas en porcentajes en peso del 20%, 25% y 30%; teniendo así combinaciones, S80%-CoCe20%, S75%-CoCe25% y, S70%-CoCe30%; donde especificaron que, CoCe20% estaba conformado por 15.00%Co y 5.00%Ce; CoCe25%, por 18.75%Co y 6.25%Ce y; por último, CoCe30%, por 22.50%Co y 7.50%Ce. De la

granulometría del suelo natural y las sustituciones al 20%, 25% y 30%, infirieron en que, todos estaban formados por más del 50% de limos y arcillas. De los ensayos de Límites de consistencia en el laboratorio; observaron que, los límites líquidos y límites plásticos de las sustituciones de CoCe20%, CoCe25% y CoCe30%, mostraron mayores valores, en relación con el L.L y L.P del suelo natural; y que, el índice de plasticidad, tanto del suelo natural como el de las sustituciones, eran de valor mayor a 7, revelando de esta manera, una plasticidad media, característica de suelos arcillosos. De los datos mencionados, los tesistas clasificaron al suelo Natural y sustituciones al 20%, 25% y 30%CoCe, en base a SUCS, como CL; asimismo, determinaron para el suelo Natural y sustituciones, S80%-CoCe20%, S75%-CoCe25% y, S70%-CoCe30%, de acuerdo con AASHTO, como A-6, A-6, A-7-5 y A-4, respectivamente. Mediante el ensayo de Proctor modificado para el suelo con sustituciones al 20%, 25% y 30%; contemplaron, un crecimiento en el Óptimo Contenido de Humedad de los suelos sustituidos con cenizas, 13.00%, 13.80% y 11.00%; así como, una disminución en los valores de Máxima Densidad Seca, 1.886 g/cm3, 1.838 g/cm3, 1.847 g/cm3, con respecto al suelo natural, de O.C.H. de 10.6% y M.D.S. de 1.928 g/cm3. Por otra parte, percibieron en los suelos sustituidos con Cenizas de concha de Abanico y Cenizas de Carbón al 20%, 25% y 30%, un aumento en el valor de CBR al 95% de la M.D.S., con valores de 14.50%, 19.80% y 15.60% - subrasante buena, en relación con el del suelo natural, de 15.60% - subrasante inadecuada. Se confirma lo dicho por Espinoza y Honores; en que, el O.C.H. incrementa su valor en los suelos combinados con cenizas; en su caso, utilizando ceniza de concha de abanico y en la presente tesis, ceniza de Donax Obesulus; ambas con composición química principal de Óxido de Calcio representado por CaO. Así también se reafirma que, la M.D.S. disminuye en los suelos combinados por la

presencia de las mismas. Pese a que, nuestras investigaciones no coinciden en los insumos mezclados con el suelo (ceniza de Carbón y la cáscara de arroz, ambas de composición principal de SiO2), ni en los porcentajes utilizados, se afirma que, la influencia de las mismas incrementa el CBR, en las cantidades estudiadas.

CAPÍTULO V.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- Se concluye, que al incorporar la ceniza de Donax Obesulus y la ceniza de cáscara de arroz, mejoran las propiedades mecánicas y físicas de la subrasante de la red vial Captuy – Moro, incrementando en un 73.93% el valor del C.B.R., con lo cual se aceta la hipótesis.
- Se determinó las características físicas y químicas de la ceniza de *Donax Obesulus* y la ceniza de cáscara de arroz. La CDO tuvo como composición química predominante al óxido de calcio en un 96.97%; en su granulometría presentó 67.96% de arena y 32.04% de finos; obtuvo un contenido de humedad < 0.05%, un peso específico de 2.57g/cm3 y logró un 13.16 Unid. pH. Así también, la CCA presentó 86.97% de óxido de silicio en su composición; mostró en su granulometría 45.92% de arena y 54.08% de finos; en cuanto al contenido de humedad un valor de 0.12%, un peso específico de 2.83 g/cm3 y; consiguió un 10.21 Unid. pH.
- Se logró identificar las propiedades físicas y mecánicas ejecutadas en la red vial Captuy – Moro antes de la incorporación de CDO y CCA, encontrándose: un suelo de tipo SM (según SUCS), y A-4 (2) (según AASHTO); una Máxima Densidad seca 1.955 g/cm3 y Óptimo Contenido de Humedad de 8.6%; además, un CBR al 95% de la M.D.S de 23.40%.
- Se ha logrado identificar las propiedades físicas y mecánicas ejecutadas en la red vial Captuy – Moro después de la incorporación de CDO y CCA, obteniéndose lo siguiente: un incremento en el valor del O.C.H. y una disminución en el valor de la M.D.S.; a excepción de la combinación 1 (MP + 4% CDO + 5% CCA) que, aumentó despreciablemente en un 0.66%. Por otro lado, en el valor de CBR al 95% de la M.D.S., 7 de las combinaciones del suelo con cenizas aumentaron en un 12.39% - 73.93%. De igual forma, en todas las combinaciones con

CDO y CCA, incrementaron en un 92% - 106.55%, el valor del % absorción y; disminuyeron en un 22.22% - 44.44%, el valor del % expansión.

- Se determinó la dosificación óptima entre las combinaciones 4%, 6% y 8% de ceniza de *Donax obesulus* y 5%, 9% y 12% de ceniza de cáscara de arroz, al adicionar 4% CDO y 5% CCA, ya que, alcanza un CBR al 95% de la M.D.S de 40.70%; aumentando en un 73.93% al CBR al 95% de la M.D.S del suelo de muestra patrón de valor 23.40%.

5.2 RECOMENDACIONES

- Se recomienda a la municipalidad de Captuy – Moro, utilizar la combinación MP + 4% CDO + 5% CCA, encontrada en esta investigación para mejorar las propiedades mecánicas y físicas de la subrasante de la vía.
- Se recomienda a las futuras investigaciones, realizar el Análisis simultáneo DSC – TGA, para determinar el grado de temperatura y tiempo en el proceso de incineración que, permita potenciar las cualidades químicas de los insumos; así tambien, determinar el % de remanente en las cenizas, con la finalidad de obtener la cantidad de materia prima necesaria y cumplir con los porcentajes requeridos para la investigación a realizar.
- Por el potencial que han presentado las CCA y CDO en el mejoramiento de suelo de subrasante de esta tesis, se recomienda experimentar con otros insumos que, en su composición química contengan un gran porcentaje de óxido de silicio (como es el caso de la CCA) y/o un elevado porcentaje de óxido de calcio (como en la CDO).
- Se recomienda a los futuros investigadores que, se experimente los mismos porcentajes de CDO y CCA estipulados en esta investigación, en el mejoramiento de subrasante de suelos granulares.

- En lo que respecta a la dosificación óptima, MP + 4% CDO + 5% CCA; se sugiere ejecutar investigaciones con porcentajes cercanos al 4% Ceniza de Donax Obesulus y 5% Ceniza de Cáscara de Arroz, con la finalidad de evaluar el impacto en las subrasantes de suelo. Asimismo, se recomienda realizar tramos de pruebas en subrasantes de suelo, para la verificación de los resultados obtenidos en laboratorio.

CAPÍTULO VI.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y VIRTUALES

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS Y VIRTUALES

Alarcón Miranda, J. (2018). *Resistencia a la compresión de mortero sustituyendo al cemento con 12% de ceniza de cáscara de arroz y 8% de ceniza de concha de donax obesulus [Tesis de pregrado en ingeniería civil, Universidad San Pedro]*. Repositorio institucional, Chimbote. Obtenido de http://repositorio.usanpedro.edu.pe/handle/USANPEDRO/10397

Aponte Gonzalez, C. M., & Calderón Martínez, B. A. (2020). *Evaluación del comportamiento de la resistencia de un suelo limoso con adición de ceniza de cascarilla de arroz [Tesis de pregrado en ingeniería civil, Universidad Piloto de Colombia]*. Repositorio institucional, Girardot. Obtenido de http://repository.unipiloto.edu.co/handle/20.500.12277/7445

Araujo Cueva, L. D., & Urbano Ciriaco, D. F. (2020). *Estabilización a nivel de subrasante incorporando ceniza de cascara de arroz en calle Integración - Chosica 2019 [Tesis de pregrado en ingeniería civil, Universidad César Vallejo]*. Repositorio institucional, Lima. Obtenido de https://hdl.handle.net/20.500.12692/53995

Argandoña Puma, D. A., & Palomino Blanco, J. (2019). *Evaluación de las propiedades físico-mecánicas del suelo obtenido de la APV. Kari Grande vía Rumi Wasi – San Sebastián utilizado a nivel de subrasante en la región Cusco, estabilizado c [Tesis de pregrado en ingeniería civil, Universidad Andina del Cusco]*. Repositorio institucional, Cusco. Obtenido de https://repositorio.uandina.edu.pe/handle/20.500.12557/3487

Atom Education. (2 de Julio de 2020). Cristal plano con colimadores de SOLLER [Gráfico]. Obtenido de https://www.youtube.com/watch?v=NA2Q1c2xa0o

Atom Education. (2 de Julio de 2020). Espectrómetros de energía dispersiva EDXRF y Espectrómetros dispersivos de longitud de onda WDXRF [Gráfico]. Youtube. Obtenido de https://www.youtube.com/watch?v=NA2Q1c2xa0o

Atom Education. (2 de Julio de 2020). Espectrómetros dispersivos de longitud de onda WDXRF [Gráfico]. Youtube. Obtenido de https://www.youtube.com/watch?v=NA2Q1c2xa0o

Atom Education. (2 de Julio de 2020). X-Ray Fluorescence - Instruments [Gráfico]. Youtube. Obtenido de https://www.youtube.com/watch?v=NA2Q1c2xa0o

Atom Education. (2 de Julio de 2020). X-Ray Fluorescence [Gráfico]. Youtube. Obtenido de https://www.youtube.com/watch?v=NA2Q1c2xa0o

Atom Education. (2 de Julio de 2020). XRF | FLUORESCENCIA DE RAYOS X (X-RAY FLUORESCENCE) [video]. Youtube. Obtenido de https://www.youtube.com/watch?v=NA2Q1c2xa0o

Bañón Blázquez, L., & Beviá García, J. F. (2000). *Manual de Carreteras - Construcción y Mantenimiento* (Vol. II). Alicante: Ortiz e Hijos, Contratista de Obras, S.A. Obtenido de http://hdl.handle.net/10045/1787

Barragán Garzón, C. A., & Cuervo Camacho, H. A. (2019). *Análisis del comportamiento físico mecánico de la adición de ceniza de cascarilla de arroz de la variedad blanco a un suelo areno-arcilloso [Tesis de pregrado en ingeniería civil, Universidad Piloto de Colombia]*. Repositorio Institucional, Girardot. Obtenido de http://repository.unipiloto.edu.co/handle/20.500.12277/6488

Behak, L., & Peres Núñez, W. (Abril de 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, XXIII*(1), 34-41. Obtenido de www.ing.puc.cl/ric

Carrasco Mejía, D. A. (2017). *Estabilización de los Suelos Arcillosos Adicionando Cenizas de Caña de Azúcar en el Tramo de Moro a Virahuanca en el Distrito de Moro – Provincia del Santa – 2017 [Tesis de pregrado en ingeniería civil, Universidad César Vallejo]*. Repositorio institucional, Nuevo Chimbote. Obtenido de https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/10223

Chirinos Alvarado, S. B. (2017). *Diseño del sistema de abastecimiento de agua potable y alcantarillado del caserío Anta, Moro – Ancash 2017 [Tesis de pregrado en ingeniería civil, Universidad César Vallejo]*. Repositorio institucional, Chimbote. Obtenido de https://hdl.handle.net/20.500.12692/12193

Coello Ortiz, V. C., & Garcés Barcia, C. C. (2012). *Análisis de Propiedades Térmicas durante Gelatinización en tres variedades de arroz INIAP aplicando el Calorímetro Diferencial de Barrido (DSC) [Tesis de de pregrado en ingeniería de alimentos, Escuela Superior Politécnica del Litoral]*. Repositorio institucional, Guayaquil. Obtenido de https://www.dspace.espol.edu.ec/xmlui/handle/123456789/31046

CONSTRUMÁTICA. (29 de Noviembre de 2021). *construmatica.com*. Obtenido de https://www.construmatica.com/construpedia/Ensayo_CBR

Crespo Villalaz, C. (2004). *Mecánica de Suelos y Cimentaciones* (Quinta ed.). D.F. México: Limusa.

Das, B. M. (2001). *Principios de Ingeniería de Cimentaciones* (Cuarta ed.). Sacramento: International Thomson Editores.

Das, B. M. (2012). *Fundamentos de Ingenería de Cimentaciones* (Séptima ed.). D.F. México: Cengage Learning Editores.

Das, B. M. (2015). *Fundamentos de Ingeniería Geotécnica* (Cuarta ed.). D.F. México: Cengage Learning Editores.

De la Pared Condo, D. (2013). *Estabilización del suelo mediantes adiciones de ceniza de cascarilla de arroz [Tesis de maestría en ingeniería civil, Universidad de los Andes].* Repositorio institucional, Bogotá. Obtenido de https://repositorio.uniandes.edu.co/entities/publication/0b7867b8-9d9d-4fca-8a24-1fbc0f5ab862

Espinoza Eusebio, T. D., & Honores Tantalean, G. F. (2018). *Estabilización de suelos arcillosos con conchas de abanico y cenizas de carbón con fines de pavimentación [Tesis de pregrado en ingeniería civil, Universidad Nacional del Santa].* Repositorio Institucional, Chimbote. Obtenido de https://hdl.handle.net/20.500.14278/3349

Esquivel Saavedra, G. E., & Gamez Velásquez, M. L. (2019). *Cal y cenizas de cáscara de arroz para estabilizar la superficie de rodadura en la vía Santa Clemencia-Chachapoyas [Tesis de pregrado en ingeniería civil, Universidad Nacional del Santa].* Repositorio institucional, Nuevo Chimbote. Obtenido de http://repositorio.uns.edu.pe/handle/UNS/3501

Estrada Espinoza, D. J., & Ventura Ruiz, P. J. (2019). *Estabilización de la subrasante del suelo del Centro Poblado San Ignacio con ceniza de concha de abanico, con fines de pavimentación, distrito de Guadalupito – La Libertad, 2019 [Tesis de pregrado en ingeniería civil, Universidad César Vallejo].* Repositorio institucional, Chimbote. Obtenido de https://hdl.handle.net/20.500.12692/56947

F. Bautista, Suelos, ambiente y algo más. (30 de Agosto de 2013). Infiltración [Gráfico]. Youtube. Obtenido de https://www.youtube.com/watch?v=dUoFfVy70EE&t=26s

F. Bautista, Suelos, ambiente y algo más. (30 de Agosto de 2013). La retención de humedad del suelo [video]. Youtube. Obtenido de https://www.youtube.com/watch?v=dUoFfVy70EE&t=26s

Flores Isminio, K. K. (2020). *Estabilización de subrasante utilizando puzolánico de cascarilla de arroz y cal para mejorar la capacidad portante, San Martín-2020 [Tesis de pregrado en ingeniería civil, Universidad César Vallejo].* Repositorio institucional, Tarapoto. Obtenido de https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/47893

Forero Barrios, B. O., & Moreno Feria, K. J. (2020). *Evaluación del comportamiento físico-mecánico de la resistencia de un suelo arcilloso con cenizas de cascarilla de arroz [Tesis de pregrado en ingeniería civil, Corporación Universitaria Minuto De Dios].* Repositorio institucional, Girardot. Obtenido de https://repository.uniminuto.edu/handle/10656/12045

Geo tech tips. (15 de Diciembre de 2018). *Esfuerzo vs. Penetración [Gráfico]*. Obtenido de geotechtips.com: https://www.geotechtips.com/post/que-es-el-cbr

Geo tech tips. (15 de Diciembre de 2018). *geotechtips.com*. Obtenido de https://www.geotechtips.com/post/que-es-el-cbr

Geotecnia MX. (28 de Octubre de 2019). Porosidad, concepto y ejercicios | Mecánica de suelos básica [video]. Youtube. Obtenido de https://www.youtube.com/watch?v=5AJEkSU7ie0

Gonzales Castillo, Y. A., & Mariños Bermúdez, J. M. (2019). *Propiedades físico mecánicas de ladrillo tipo V de concreto al sustituir al cemento por 6%, 12% y 18% de una*

combinación de cenizas de cascarilla de arroz y polvo de Donax sp - Nuevo Chimbote-2019 [Tesis de pregrado en ingeniería civil, Universidad César]. Repositorio institucional, Chimbote. Obtenido de https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/42752

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, M. d. (2014). *Metodología de la investigación* (Sexta ed.). México D.F.: McGRAW-HILL / INTERAMERICANA EDITORES, S.A. DE C.V.

Ibañez Cruz, D. E. (2018). *Resistencia de mortero sustituyendo al cemento por la combinación de 12% de polvo de concha de coquina y 36% de cenizas de cola de caballo [Tesis de pregrado en ingeniería civil, Universidad San Pedro]*. Repositorio institucional, Chimbote. Obtenido de http://repositorio.usanpedro.edu.pe/handle/USANPEDRO/5398

Instituto del Mar del Perú. (2014). Sinopsis biológico-pesquera de la marucha Donax obesulus Reeve, 1854 en el litoral de Ancash (Bahía Samanco), 2001-2009. *Instituto del Mar del Perú, XLI*(1-4), 179-196. Obtenido de https://repositorio.imarpe.gob.pe/handle/20.500.12958/2318

Juárez Quevedo, B. M. (2012). *La utilización de cáscara de arroz bajo el proceso de calcinación controlada como puzolana artificial en el diseño de morteros para acabados [Tesis de pregrado en ingeniería civil, Universidad de San Carlos de Guatemala]*. Repositorio intitucional, Guatemala. Obtenido de http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_4162_IN.pdf

León Vasquez, S. C., & Vega Polo, O. J. (2018). *Evaluación de la infraestructura vial entre los sectores Vinchamarca grande- cruce de Motocachy, propuesta de solución, Distrito de Moro -Ancash-2018 [Tesis de pregrado en ingeniería civil, Universidad Cesar Vallejo]*.

Repositorio institucional, Chimbote. Obtenido de https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/10223

López Gonzalez, C. F., & Méndez Medina, J. D. (2020). *Evaluación del comportamiento físico-mecánico de la resistencia de un suelo arcilloso con adición de cal y cenizas de cascarilla de arroz [Tesis de pregrado en ingeniería civil, Universidad Piloto de Colombia]*. Repositorio Institucional, Girardot. Obtenido de http://repository.unipiloto.edu.co/handle/20.500.12277/7447

Maldonado Chan, R. A., & Sarrin Tueros, D. A. (2018). *Estabilización del suelo con fines de pavimentación del valle san Rafael con ceniza de Cáscara de arroz añadiendo 5%, 10% y 15%, Casma – Ancash - 2018 [Tesis de pregrado en ingeniería civil, Universidad César Vallejo]*. Repositorio Institucional, Chimbote. Obtenido de https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/30966

Materiales de Laboratorio. (31 de Octubre de 2022). *materialeslaboratorio.com*. Obtenido de https://materialeslaboratorio.com/mufla/

Materiales de Laboratorio. (31 de Octubre de 2022). *Mufla [Fotografía]*. Obtenido de materialesdelaboratorio.com: https://materialeslaboratorio.com/mufla/

Mattey, P. E., Robayo, R. A., Díaz, J. E., Delvasto, S., & Monzó, J. (2015). Aplicación de ceniza de cascarilla de arroz obtenida de un proceso agro-industrial para la fabricación de bloques en concreto no estructurales. *Revista Latinoamericana de Metalurgia y Materiales, 35*(2), 285-294. Obtenido de https://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0255-69522015000200015

Ministerio de Transporte y Comunicaciones. (2016). *Manual de Ensayo de Materiales.* Lima: MTC.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2014). *Manual de Carreteras – Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos – Sección Suelos y Pavimentos.* Lima: MTC.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2018). *Manual de Carreteras - Diseño Geométrico DG - 2018.* Lima: MTC.

Ministro de la producción. (2022). *Establecen el periodo de veda del recurso Donax obesulus "Marucha" o "Palabritas" en la bahía Samanco.* Lima: Diario oficial El Peruano. Obtenido de www.gob.pe/produce

Molino de Martillos. (31 de Octubre de 2022). *molinodemartillos.com*. Obtenido de https://molinodemartillos.com/

Montejo Fonseca, A. (2002). *Ingeniería de Pavimentos para Carreteras.* Bogotá: Universidad Católica de Colombia.

Mory Espinoza, W. A. (2020). *Efecto de la incorporación de las cenizas de cáscara de arroz en subrasantes arenosas [Tesis de pregrado en ingeniería civil, Universidad de Piura].* Repositorio institucional, Piura. Obtenido de https://pirhua.udep.edu.pe/handle/11042/4476

Navarro Barrantes, C. E. (2020). *Diseño del sistema de agua potable para el caserío de Quillhuay, Distrito de Moro, Provincia del Santa, Región Áncash, y su incidencia en la condición sanitaria de la población – 2020 [Tesis de pregrado en ingeniería civil, Universidad Católica Los Ángel].* Repositorio institucional, Chimbote. Obtenido de https://hdl.handle.net/20.500.13032/21129

Paredes, C., & Cardoso, F. (2001). EL GÉNERO Donax EN LA COSTA PERUANA (BIVALVIA: TELLlNOIDEA). *Revista Peruana de Biología, VIII*(2), 83-93. Obtenido de https://revistasinvestigacion.unmsm.edu.pe/index.php/rpb/article/view/8363

Pasquel Carbajal, E. (1998). *Tópicos de tecnología del concreto en el Perú* (Segunda ed.). Lima: Capítulo de Ingeniería Civil del CIP.

Planeta Perú. (13 de Diciembre de 2021). *Tamiz de Granulometría Astm E11 en Lima Capital [Fotografía]*. Obtenido de Planetaperu.pe: https://www.planetaperu.pe/tamiz-de-granulometria-astm-e11-F1A0EC1031F

Potenciometría. (25 de Marzo de 2012). *Phmetro [Gráfico]*. Obtenido de Potenciometría: https://potenciometria.blogspot.com/2012/03/electrodos-para-la-medida-del-ph.html

QUIMICA.ES. (30 de octubre de 2022). *quimica.es*. Obtenido de https://www.quimica.es/enciclopedia/Hemicelulosa.html

Rico, A., & Del Castillo, H. (1976). *La Ingeniería de Suelos en las Vías Terrestres - Carreteras, Ferrocarriles y Aeropistas* (Vol. I). D.F. México: LIMUSA.

Rivera Mantilla, H. (2005). *Geología General.* Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

Rodríguez de Sensale, G., Romay, C., Costa, F., Rodríguez, S., Benítez, A., & Dalchiele, E. (2013). *Valorización del residuo obtenido de la quema de la cáscara de arroz.* Montevideo: INIA.

Sánchez Sabogal, F. (23 de Diciembre de 2016). *es.slideshare.net*. Obtenido de https://es.slideshare.net/castilloaroni/mdulo-6-evaluacin-de-la-sub-rasante-fernando-snchez-sabogal

Secretaría Vinculación UNAM. (2 de Marzo de 2022). Análisis simultáneo DSC-TGA [Gráfico]. Youtube. Obtenido de https://www.youtube.com/watch?v=7LibyHr9ftE

Secretaría Vinculación UNAM. (2 de Marzo de 2022). Seminario: "Fundamentos de la Calorimetría de Barrido Diferencial (DSC) y Termogravimetría (TGA)" [video]. Youtube. Obtenido de https://www.youtube.com/watch?v=7LibyHr9ftE

Secretaría Vinculación UNAM. (2 de Marzo de 2022). Termogravimetría (TGA) [Gráfico]. Youtube. Obtenido de https://www.youtube.com/watch?v=7LibyHr9ftE

Sossa Layme, S. A. (30 de Noviembre de 2019). *Picnómetros de 250 ml y 500 ml [Fotografía]*. Obtenido de IDOCPUB: https://idoc.pub/documents/idocpub-5143redj3g4j

Universitat Politècnica de València – UPV. (21 de Octubre de 2013). Movimiento y retención del agua en el suelo [Fotografía]. Youtube. Obtenido de https://www.youtube.com/watch?v=RS4Z3bOMJY0&t=2s

Universitat Politècnica de València – UPV. (21 de Octubre de 2013). Movimiento y retención del agua en el suelo.© UPV [video]. Youtube. Obtenido de https://www.youtube.com/watch?v=RS4Z3bOMJY0&t=2s

Valverde G., A., Sarria L., B., & Monteagudo Y., J. P. (2007). Análisis comparativo de las características fisicoquímicas de la cascarilla de arroz. *Scientia et Technica*, *I*(37), 255-260.

Vargas, J., Alvarado, P., Vega Baudrit, J., & Porras, M. (2013). Caracterización del subproducto cascarillas de arroz en búsqueda de posibles aplicaciones como materia prima en procesos. *Revista Científica, XXIII*, 87-102.

CAPÍTULO VII: ANEXOS

ANEXO 1:

MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES
PROBLEMA GENERAL	**OBJETIVO GENERAL**	**HIPÓTESIS GENERAL**	**V. INDEPENDIENTE**
¿En qué magnitud mejorará la subrasante de la red vial Captuy – Moro, con la incorporación de las cenizas de *Donax obesulus* y cáscara de arroz, 2021?.	Realizar el mejoramiento de subrasantes de la red vial Captuy – Moro, con cenizas de *Donax obesulus* y cáscara de arroz, 2021.	La incorporación de 4%, 6% y 8% de ceniza de *Donax Obesulus* y 5%, 9% y 12% de ceniza de cáscara de arroz mejorará más del 50% a la subrasante de la red vial Captuy - Moro.	Cenizas de *Donax obesulus* y cenizas de cáscara de arroz.
PROBLEMAS ESPECÍFICOS	**OBJETIVOS ESPECÍFICOS**		**V. INDEPENDIENTE**
a) ¿Qué características físicas y químicas presentan la ceniza de *Donax obesulus* y la ceniza de cáscara de arroz?	a) Determinar las características físicas y químicas de la ceniza de *Donax obesulus* y la ceniza de cáscara de arroz.		Las propiedades mecánicas y físicas de la subrasante.
b) ¿Cuáles son las propiedades mecánicas y físicas en la subrasante de la red vial Captuy - Moro, antes de la incorporación de las cenizas de *Donax obesulus* y cáscara de arroz?	b) Identificar las propiedades mecánicas y físicas en la subrasante de la red vial Captuy -Moro, antes de la incorporación de las cenizas de *Donax obesulus* y cáscara de arroz.		

PROBLEMAS ESPECÍFICOS	OBJETIVOS ESPECÍFICOS		
c) ¿Cuáles son las propiedades mecánicas y físicas en la subrasante de la red vial Captuy - Moro, después de la incorporación de las combinaciones 4%, 6% y 8% de ceniza de Donax obesulus y 5%, 9% y 12% de ceniza de cáscara de arroz?	c) Identificar las propiedades mecánicas y físicas en la subrasante de la red vial Captuy - Moro, después de la incorporación de las combinaciones 4%, 6% y 8% de ceniza de Donax Obesulus y 5%, 9% y 12% de ceniza de cáscara de arroz.		
d) ¿Cuál es la dosificación óptima de las combinaciones 4%, 6% y 8% de ceniza de Donax obesulus y 5%, 9% y 12% de ceniza de cáscara de arroz que mejorará las propiedades mecánicas en la subrasante de la red vial Captuy - Moro?	d) Determinar la dosificación óptima de las combinaciones 4%, 6% y 8% de ceniza de *Donax obesulus* y 5%, 9% y 12% de ceniza de cáscara de arroz que mejorará las propiedades mecánicas en la subrasante de la red vial Captuy - Moro.		

ANEXO 2:

OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

VA-RIA-BLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTO	ESCALA DE MEDICION
VARIABLE INDEPENDIENTE CENIZA DE DONAX OBESULUS	Villanueva (2019) comenta que en los bancos naturales se ha comprobado la presencia de tres especias de moluscos, de las cuales se logra identificar al "*Donax obesulus*", más conocidas como "palabritas" o "maruchas", ubicadas en diferentes zonas intermareal. Este Molusco de aguas cálidas, ha logrado el incremento en su exportación debido a su característica principal que es el elevado calcio, generando un aproximado de 6 millones de dólares anuales hasta la fecha de esta. (pág. 13)	La ceniza de *Donax obesulus* será analizada mediante el método cuantitativo: Permite evaluar una muestra mediante una serie de patrones, protocolos, etc. con el fin de obtener resultados numéricos. Primero, se calcinará la *Donax obesulus*, por consiguiente, se determinará las características físicas y químicas de sus cenizas. La adición de la misma al suelo de subrasante en estudio, se hará en proporciones estimado en peso, para ser analizados en conjunto.	Características físicas de la ceniza	-Granulometría	-Instrumentos de laboratorio. -Libreta de apuntes. -Formato de procesamiento de datos para el ensayo: Análisis Granulométrico de suelos por tamizado (MTC E 107).	Nominal
				-Peso específico	-Instrumentos de laboratorio. -Libreta de apuntes. -Formato de procesamiento de datos para el ensayo: Método de ensayo estándar para la gravedad específica de sólidos de suelo mediante picnómetro de agua (MTC E 113).	Nominal
				-Contenido de Humedad	-Instrumentos de laboratorio. -Libreta de apuntes. -Formato de procesamiento de datos para el ensayo: Determinación del Contenido de Humedad de un suelo (ASTM D2216).	Nominal
				-pH	-Instrumentos de laboratorio. -Libreta de apuntes. -Formato de procesamiento de datos para el ensayo: pH en los suelos (MTC E 129) NTP 339.176 (2002).	Nominal

VA-RIA-BLES		DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTO	ESCALA DE MEDICION
VAR. INDEPEDIENYTE	CENIZA DE DONAX OBESULUS.			Composición química de la ceniza	-Análisis químico (%)	-Formato de procesamiento de datos para el ensayo: Espectroscopia de fluorescencia de rayos X (FRXDE).	Nominal
				Proporción de 4%, 6% y 8% de ceniza de *Donax obesulus* del peso total de la muestra a estabilizar	-Peso en Kilogramo (kg)	Instrumentos de laboratorio: -Balanza eléctrica. -Tamiz #200.	Nominal
VAR. INDEPENDIENTE	CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ	LLamoga (2017) opina que la ceniza de cáscara de arroz obtenida de la cascarilla de arroz bajo condiciones de combustión controlada puede ser usada como material para obtener sílice de característica amorfa y poder ser utilizada como puzolana. En función de la temperatura a que se	La ceniza de cáscara de arroz será analizada mediante el método cuantitativo: Permite evaluar una muestra mediante una serie de patrones, protocolos, etc. con el fin de obtener resultados numéricos. Primero, se calcinará la cáscara de arroz, luego se determinará las características físicas y químicas de sus cenizas. La adición de la misma al suelo de subrasante en	Características físicas de la ceniza	-Granulometría	-Instrumentos de laboratorio. -Libreta de apuntes. -Formato de procesamiento de datos para el ensayo: Análisis Granulométrico de suelos por tamizado (MTC E 107).	Nominal

VA-RIA-BLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTO	ESCALA DE MEDICION
	produce la quema se puede obtener ceniza con estructura amorfa, con alta actividad puzolánica, o cristalina, que presenta una baja actividad puzolánica al no reaccionar con la cal (pág. 26).	estudio, se hará en proporciones estimado en peso, para ser analizados en conjunto.		-Peso específico	-Instrumentos de laboratorio. -Libreta de apuntes. -Formato de procesamiento de datos para el ensayo: Método de ensayo estándar para la gravedad específica de sólidos de suelo mediante picnómetro de agua (MTC E 113).	Nominal
VARIABLE INDEPENDIENTE CENIZADE CÁSCARA DE ARROZ			Características físicas de la ceniza	-Contenido de Humedad	-Instrumentos de laboratorio. -Libreta de apuntes. -Formato de procesamiento de datos para el ensayo: Determinación del Contenido de Humedad de un suelo (ASTM D 2216).	Nominal
				-pH	-Instrumentos de laboratorio. -Libreta de apuntes. -Formato de procesamiento de datos para el ensayo: pH en los suelos (MTC E 129) NTP 339.176 (2002).	Nominal

VA-RIA-BLES		DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTO	ESCALA DE MEDICION
				Composición química de la ceniza	-Análisis químico (%)	-Formato de procesamiento de datos para el ensayo: Espectroscopia de fluorescencia de rayos X (FRXDE).	Nominal
				Proporción de 5%, 9% y 12% de ceniza de cáscara de arroz del peso total de la muestra a estabilizar	-Peso en Kilogramo (kg)	Instrumentos de laboratorio: -Balanza eléctrica. -Tamiz #200.	Nominal
VARIABLE DEPENDIENTE	PROP. MECÁNICAS Y FÍSICAS	Esquivel y Gamez (2019) definen a las propiedades mecánicas como la capacidad de resistir las cargas de tráfico y medio ambiente, conservando su estabilidad volumétrica, sin deformarse (pág. 82).	Las propiedades mecánicas serán analizadas mediante el método cuantitativo: Permite evaluar una muestra mediante una serie de patrones, protocolos, etc. con el fin de obtener resultados numéricos. Primero, se clasificará el tipo de suelo, y se identificará las propiedades mecánicas y físicas en la subrasante antes de la incorporación de las	Propiedades físicas y Propiedades Mecánicas	-Granulometría	-Instrumentos de laboratorio. -Libreta de apuntes. -Formato de procesamiento de datos para el ensayo: Análisis Granulométrico de suelos por tamizado (MTC E 107).	Nominal
					- Contenido de Humedad	-Instrumentos de laboratorio. -Libreta de apuntes. -Formato de procesamiento de datos para el ensayo: Determinación del Contenido de Humedad de un suelo (MTC E 108).	Nominal

VA-RIA-BLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTO	ESCALA DE MEDICION
VARIABLE DEP. **P**ROP. MEC. Y FÍS.	Esquivel y Gamez (2019) definen a las propiedades mecánicas como la capacidad de resistir las cargas de tráfico y medio ambiente, conservando su estabilidad volumétrica, sin deformarse (pág. 82).	cenizas de *Donax obesulus* y cáscara de arroz para demostrar que son inadecuadas con fines de pavimentación. A continuación, se hará el experimento a través de la incorporación de las cenizas de *Donax Obesulus* y cáscara de arroz en las muestras de suelo según las proporciones indicadas. Luego, se identificará las propiedades mecánicas del suelo después de la incorporación de las cenizas de *Donax Obesulus* y cáscara de arroz para demostrar que el experimento dio resultado.	Propiedades físicas y Propiedades Mecánicas	-Límite Líquido	-Instrumentos de laboratorio. -Libreta de apuntes. -Formato de procesamiento de datos para el ensayo: Determinación del Límite Líquido de los suelos (MTC E 110).	Nominal
				-Limite Plástico	-Instrumentos de laboratorio. -Libreta de apuntes. -Formato de procesamiento de datos para el ensayo: Determinación del Límite Plástico (L.P.) de los suelos e Índice de Plasticidad (I.P.) (MTC E 111).	Nominal
				-Índice de Plasticidad		
				-Clasificación del suelo según AASHTO	-Libreta de apuntes. -Uso de Tabla de la Asociación Americana de Autoridades Estatales de Carreteras y Transportes (Norma ASTM D-3282, método AASHTO M-145).	Nominal

VA-RIA-BLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTO	ESCALA DE MEDICION
				-Clasificación del suelo según SUCS	-Libreta de apuntes. -Uso de Tabla según el Sistema unificado de clasificación de suelos (Norma ASTM D-2487).	Nominal
			Propiedades físicas y Propiedades Mecánicas	-Máxima Densidad Seca (g/cm3) -Óptimo contenido de humedad (%)	-Instrumentos de laboratorio. -Libreta de apuntes. -Formato de procesamiento de datos para el ensayo: Compactación de Suelos en Laboratorio utilizando una energía modificada (Próctor modificado) (MTC E 115).	Nominal
				-Capacidad de Soporte (índice del CBR: California Bearing Ratio)	-Instrumentos de laboratorio. -Libreta de apuntes. -Formato de procesamiento de datos para el ensayo: CBR en laboratorio (MTC E 132).	Nominal

ANEXO 3:

PANEL FOTOGRÁFICO

Figura 1: *Excavación para toma de muestra en Captuy (Calicata C-1).*

Figura 2: *Excavación y toma de muestra en la red vial Captuy (Calicata C-2).*

Figura 3: *Extracción de muestra de suelo en la red vial Captuy (Calicata C-3).*

Figura 4: *Excavación para toma de muestra en Captuy (Calicata C-4).*

Figura 5: *Extracción de muestra de suelo en la red vial Captuy (Calicata C-5).*

Figura 6: *Toma de muestra de suelo en la red vial Captuy (Calicata C-6).*

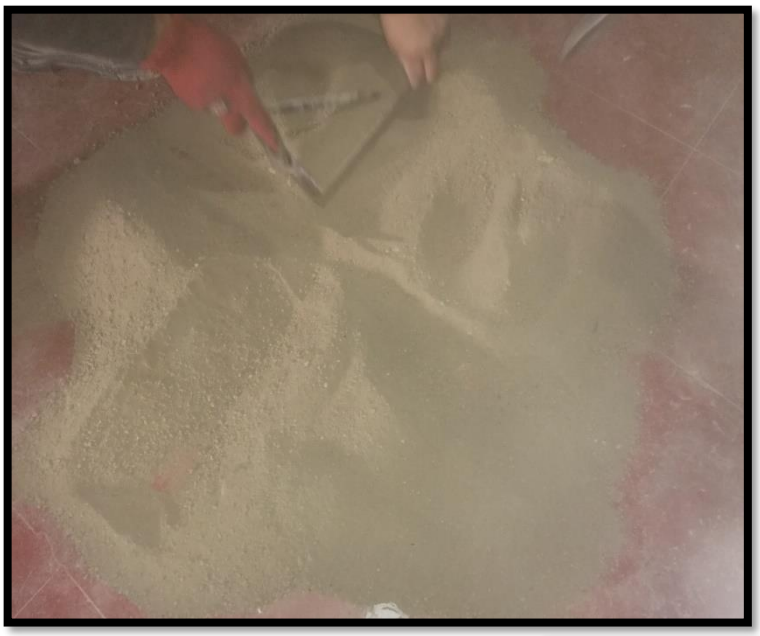


Figura 7: *Cuarteo para toma de muestra representativa de la calicata C-5.*

Figura 8: *Tamizaje de la muestra representativa de la calicata, por la malla N°4, para la obtención del peso de grava de la granulometría. (C-5, M-1).*

Figura 9: *Cribado por la malla N°4, de la muestra representativa del suelo, para la adquisición del peso de grava de la granulometría. (MP + 6% CDO + 5% CCA).*

Figura 10: *Tamizaje de todo el material registrado como peso de grava, de las mallas 2”, 1 ½”, 1”, ¾”, ½”, 3/8” y N° 4. (Muestra patrón + 8% CDO + 12% CCA).*

Figura 11: *Pesaje del material retenido en cada una de las mallas 2”, 1 ½”, 1”, ¾”, ½”, 3/8” y N° 4 y el registro en la libreta de apuntes (C-6, M-1).*

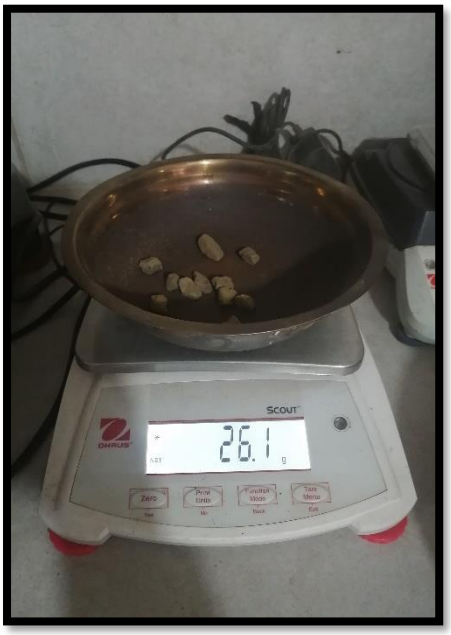


Figura 12: *Lavado meticuloso en una malla especial N° 200, de una fracción del material pasante el tamiz N° 4, que fue pesado y registrado como peso de fracción (g). (MP + 4% CDO + 12% CCA).*

Figura 13: *Tamizaje por las mallas N° 10, N° 20, N° 40, N° 60, N° 140 y N°200, de todo el material registrado como peso de fracción, que previamente fue lavado y secado. (MP + 6% CDO + 5% CCA).*

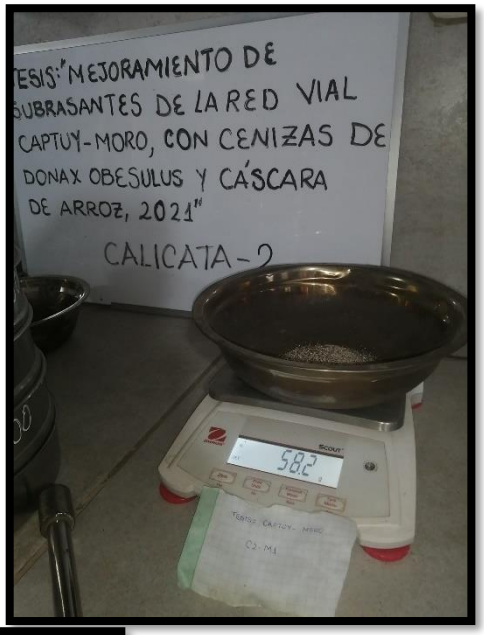


Figura 14: *Registro del peso retenido en cada una de las mallas N° 10, N° 20, N° 40, N° 60, N° 140 y N°200. (C-2, M-1).*

Figura 15: *Pesaje de la tara, pesaje de tara más muestra húmeda y pesaje de tara más muestra seca, datos para la obtención del contenido de humedad. (C-1, M-1).*

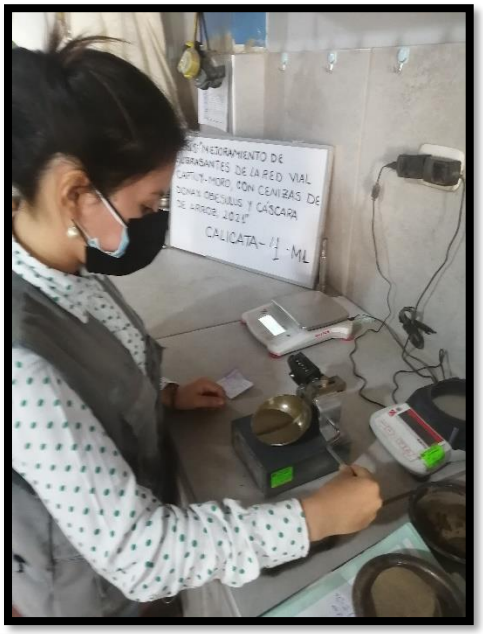
Figura 16: *Tamizaje de la muestra de suelo, por la malla N° 40, para el ensayo de límite líquido. (MP + 8% CDO + 5% CCA).*

Figura 17: *Muestras de suelo tamizadas por la malla N° 40, para el ensayo de límite líquido. (C-1 (M-1), C-2 (M-1), C-3 (M-1), C-4 (M-2), C-5 (M-1), C-6 (M-1)).*

Figura 18: *Adición de agua destilada dentro del recipiente contenido de la muestra de suelo tamizada por la malla N° 40, para su mezclado hasta conseguir una pasta de textura uniforme. (MP + 4% CDO + 5% CCA).*

Figura 19: *Ranurado mediante un acanalador, de la porción del material mezclado y nivelado sobre la copa de Casagrande. (C-4, M-1).*

Figura 20: *Girado del manubrio de la copa de Casagrande para el cierre de 13mm en el fondo de la ranura de la pata de suelo. (C-4, M-1).*



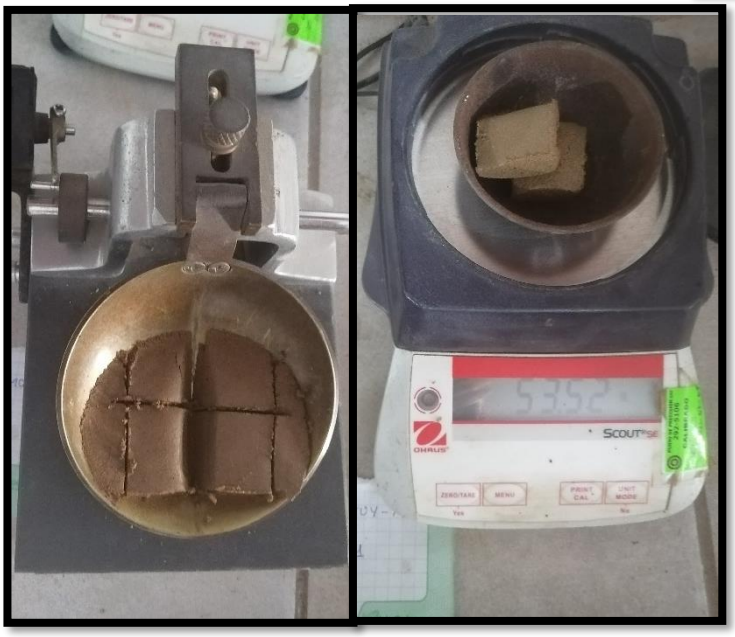


Figura 21: *Demarcación en la pasta de suelo, para el retiro de dos porciones y la obtención de su contenido de humedad. (C-3, M-1).*

Figura 22: *Pesaje de muestra de suelo 6 kg, para la ejecución del ensayo Proctor Modificado del suelo natural como del suelo combinado con CDO y CCA. (MP + 6% CDO + 9% CCA).*

Figura 23: *Muestras de suelo de 6kg para el ensayo de Proctor Modificado. (MP + 8% CDO + 5% CCA).*

Figura 24: *Muestras pesadas de suelo, ceniza de Donax Obesulus y ceniza de cáscara de arroz para el ensayo de Proctor Modificado. (MP + 4%CDO + 9% CCA).*

Figura 25: *Adición de agua a la muestra de suelo o muestra de suelo con cenizas, su correspondiente mezclado y colocación en el molde. (MP + 6% CDO + 12% CCA).*

Figura 26: *Compactación de la muestra en el molde, en 5 capas a 56 golpes utilizándose un pisón para Proctor Modificado. (MP + 4% CDO + 9% CCA).*

Figura 27: *Enrasado del espécimen para Proctor, con el uso de una regla metálica; luego de desmoldarse el collarín de extensión del molde. (MP + 6%CDO + 5% CCA).*

Figura 28: *Pesaje del molde con la muestra de suelo húmeda y compactada, en el ensayo Proctor Modificado. (MP + 4% CDO + 12% CCA).*

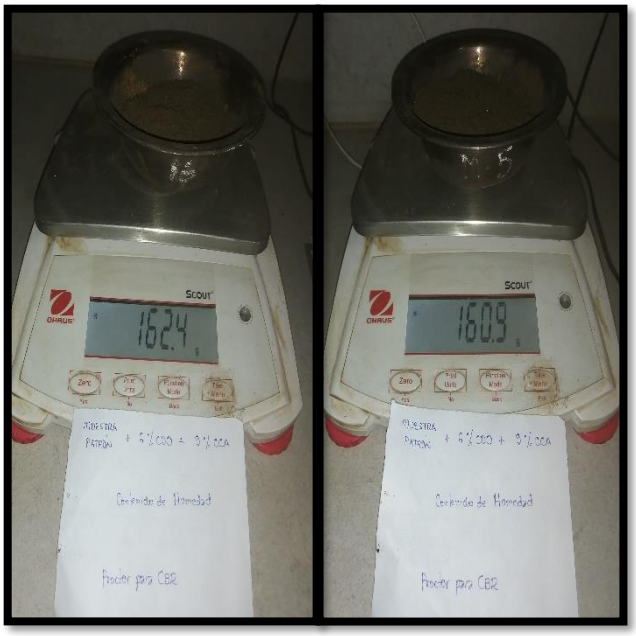


Figura 29: *Toma de muestras de suelo húmeda y compactado, retirado del centro del espécimen de Proctor Modificado para la obtención del contenido de humedad. (MP + 6% CDO + 9% CCA).*

Figura 30: *Medición de diámetro y altura de los 3 moldes para CBR con la regla vernier digital y el pesaje de los mismos.*

Figura 31: *Colocación del disco espaciador sobre el plato base y el empleo del papel filtro. Ensamblaje del molde y el collar de extensión al plato base.*

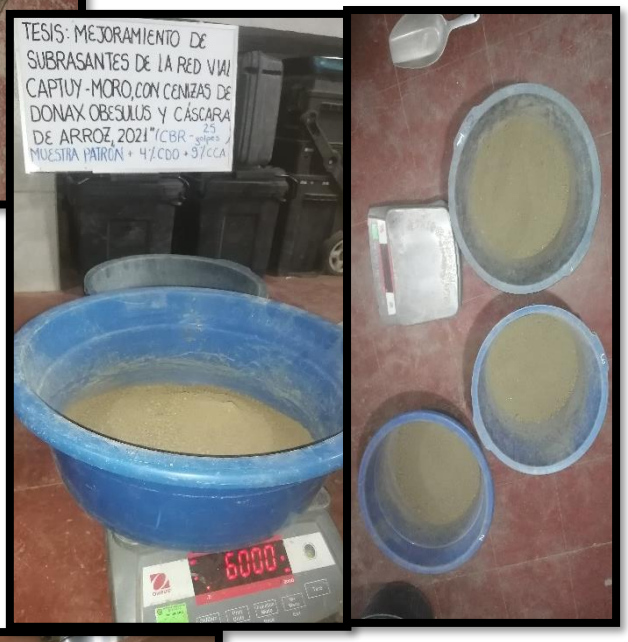


Figura 32: *Pesaje de las 3 muestras de suelo de 6kg para el ensayo de CBR del suelo natural y, el ensayo de CBR de suelo con adición de CDO y CCA.*

Figura 33: *Pesaje de las proporciones de CDO y CCA, de acuerdo a la combinación a efectuar el ensayo de CBR. (MP + 4% CDO + 5% CCA).*

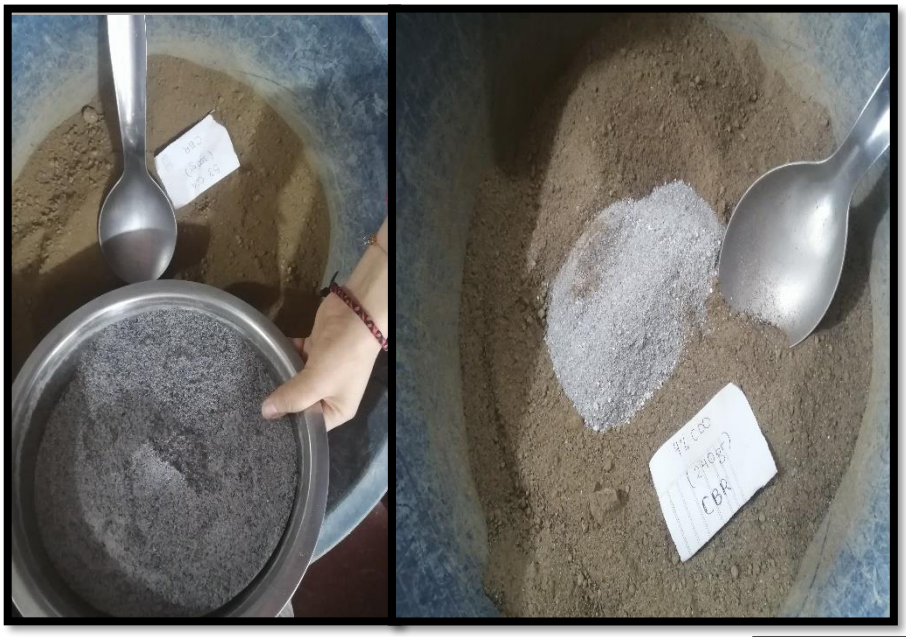


Figura 34: *Añadidura de CCA y CDO en la muestra de suelo de 6 kg para su mezclado. (MP + 4% CDO + 5% CCA).*

Figura 35: *Adición de agua a la muestra de suelo en base al óptimo contenido de humedad determinado en el ensayo de Proctor Modificado. (MP + 4% CDO + 9% CCA).*

Figura 36: *Colocación de la muestra de suelo homogéneamente húmeda dentro del molde. (MP + 8% CDO + 5% CCA).*

Figura 37: *Compactación del espécimen de CBR. La ejecución de 3 muestras, compactadas en 5 capas cada una, la primera muestra a 56 golpes, la segunda a 25 golpes y la tercera a 10 golpes. (MP + 8% CDO + 9% CCA).*

Figura 38: *Enrasado con una regla metálica, del espécimen compactado en 5 capas; luego del retiro del collarín de extensión. (MP + 8% CDO + 5% CCA).*

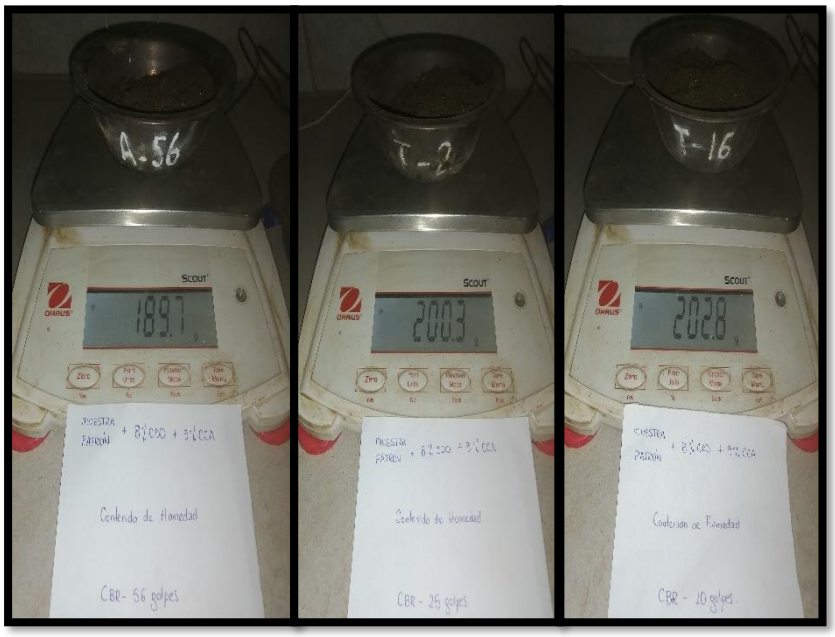


Figura 39: *Pesaje de las muestras de suelo sobrante, luego de la compactación, para la obtención del contenido de humedad. (MP+ 8%CDO+9%CCA).*

Figura 40: *Desmontaje del molde metálico del plato base, retiro del disco espaciador y colocación de un nuevo papel filtro sobre la placa base. (MP + 6% CDO + 5% CCA).*

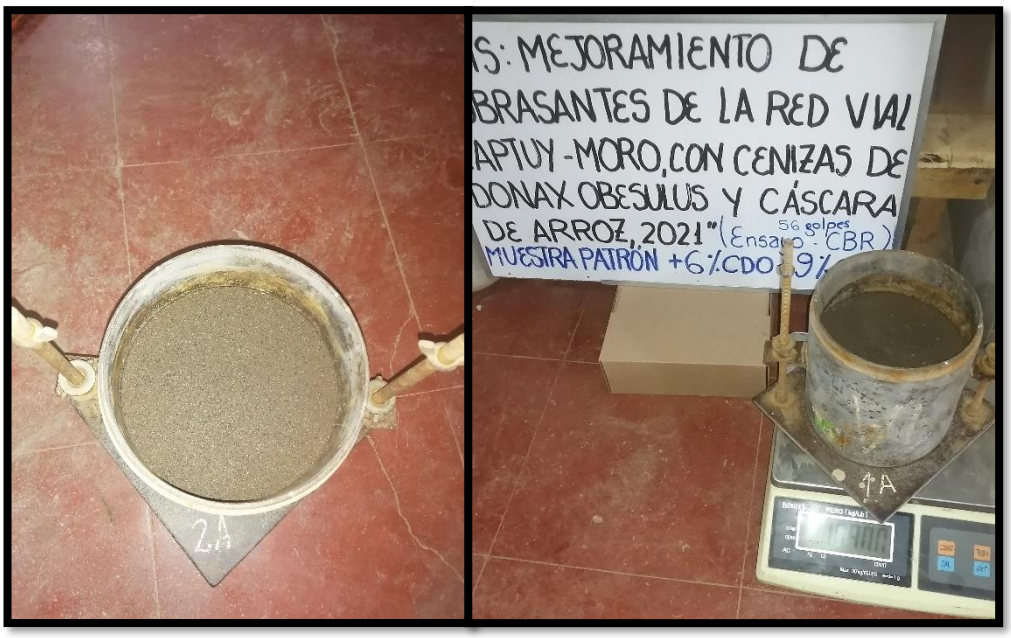


Figura 41: *Montaje del molde metálico invertido en el plato base y, el pesaje del molde con la placa base el espécimen de CBR (56, 25 y 10 golpes). (MP + 6% CDO + 9% CCA).*

Figura 42: *Colocación de la placa de metal perforada con vástago regulable encima de la superficie del espécimen de CBR. Arriba de ella, el posicionamiento de una 01 pesa anular. (C-6).*

Figura 43: *Colocación 01 pesa ranurada sobre la pesa ranurada. (C-6).*

Figura 44: *3 moldes de CBR (56, 25 y 10 golpes) con sus correspondientes placas de metal, pesa anular y pesa ranurada.*

Figura 45: *Montaje del trípode en el molde para CBR, sujeción del vástago del dial al vástago de la placa perforada y, la colocación de las agujas del dial a cero, así como, la marcación de la posición de las patas del trípode en el borde del molde de CBR.*

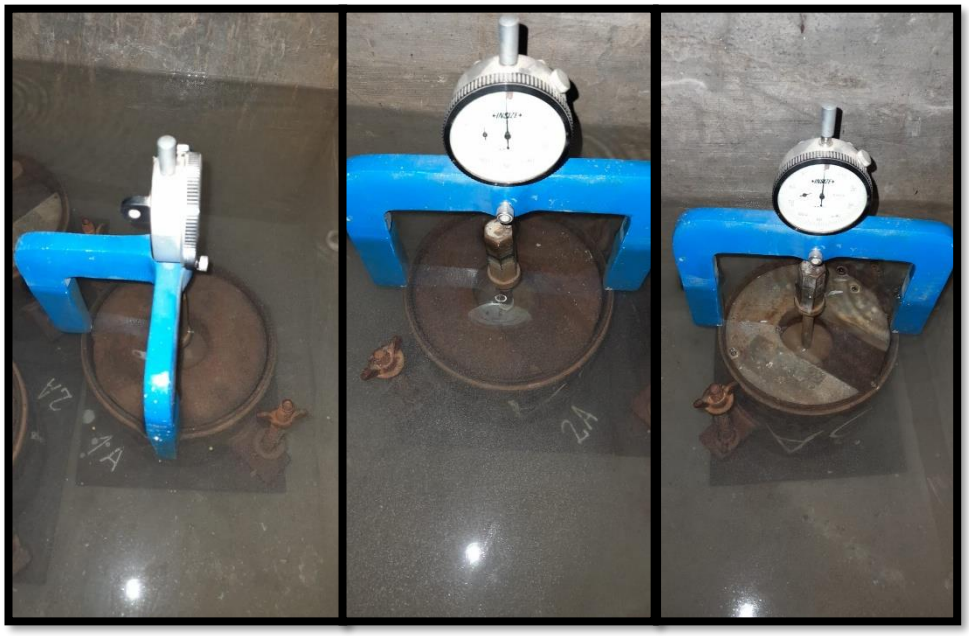


Figura 46: *Sumergimiento de los 03 moldes de CBR en la poza de agua y el ajuste de las agujas del dial a cero.*

Figura 47: *Lectura del dial del molde de CBR (25 golpes) a las 96 horas de sumersión. (MP + 6% CDO + 9% CCA).*

Figura 48: *Retiro de los 03 moldes de CBR de la poza de agua a las 96 horas para su escurrimiento durante 15 minutos. (MP + 6% CDO + 12% CCA).*

Figura 49: *Pesaje de los 03 moldes con el espécimen de CBR y la respectiva placa base.*

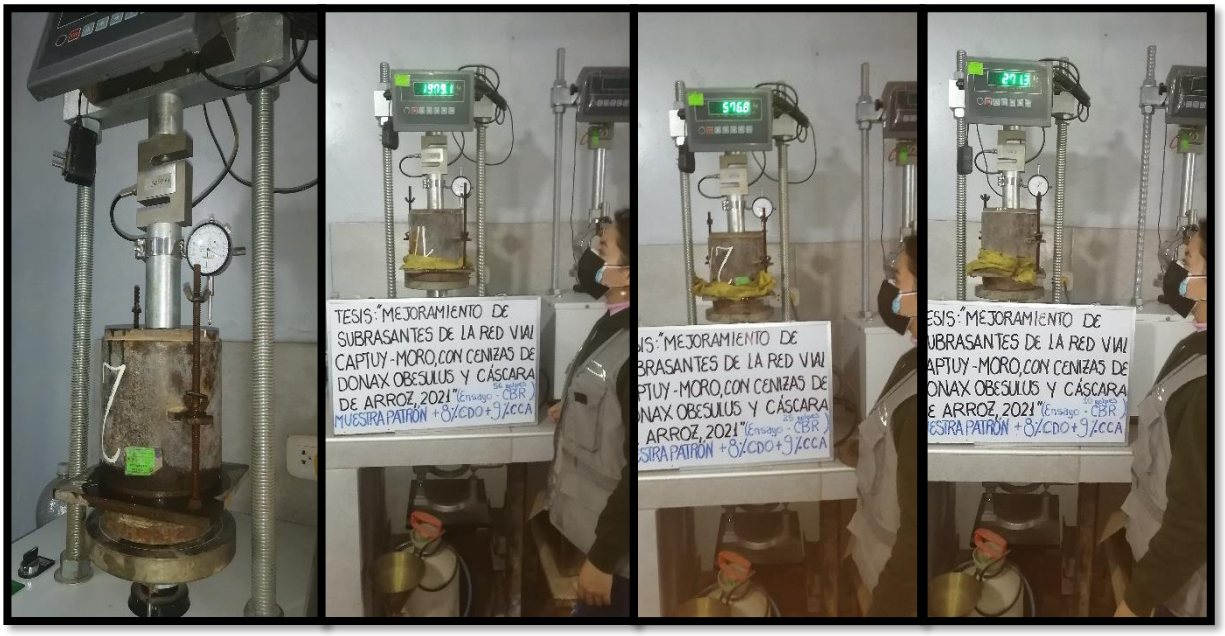


Figura 50: *Ensayo de penetración de los 03 moldes de CBR a una velocidad de 1.27mm/min, luego de ser asentado el pistón de penetración y las sobrecargas de una pesa anular y una pesa ranurada. (MP + 8% CDO + 9% CCA).*

Figura 51: *Pesaje de las muestras de suelo saturado procedentes de cada uno de los moldes de especímenes de CBR, después del ensayo de Penetración, para la obtención del contenido de humedad. (MP + 8% CDO + 12% CCA).*

ANEXO 4:

ENSAYOS DE LABORATORIO DE LA DONAX OBESULUS Y CÁSCARA DE ARROZ

ANEXO 4.1.:

ANÁLISIS SIMULTÁNEO DE DSC – TGA, DE LA DONAX OBESULUS Y LA CÁSCARA DE ARROZ

INFORME DE ENSAYO
IE-250122-03-01

1. DATOS DEL CLIENTE

1.1	Cliente	:	DINA MARGARITA JIMENEZ GONZALES
1.2	RUC	:	46625521
1.3	Tesis	:	MEJORAMIENTO DE SUBRASANTES DE LA RED VIAL CAPTUY - MORO, CON CENIZAS DE DONAX OBESULUS Y CÁSCARA DE ARROZ, 2021

2. FECHAS

2.1	Inicio	:	26 de enero de 2022
2.2	Finalización	:	01 de febrero de 2022
2.3	Emisión de informe	:	04 de febrero de 2022

3. CONDICIONES AMBIENTALES DE ENSAYO

3.1	Temperatura	:	20.2 °C
3.2	Humedad Relativa	:	54 %

4. ENSAYO SOLICITADO Y METODO UTILIZADO

4.1	Ensayo solicitado / Método Utilizado	:	Calorimetría diferencial de barrido (DSC) / ASTM D3418 Termogravimetría (TGA) / ASTM E1131

5. DATOS DE LAS MUESTRAS ANALIZADAS

5.1	Código de Muestra	:	S-3194
5.2	Tipo de Muestra	:	Residuo orgánico - inorgánico
5.3	Descripción	:	RESIDUO DE DONAX OBESULUS
5.4	Lote	:	No aplica
5.5	Fecha de Fabricación	:	No aplica
5.6	Fecha de Fabricación	:	No aplica
5.7	Muestreo	:	Muestreado por el Cliente

- Los Resultados pertenecen a las muestras entregadas al laboratorio
- Queda prohibida la copia parcial de este informe sin el consentimiento por escrito de SISTEMA DE SERVICIOS Y ANÁLISIS QUÍMICOS SAC.

DIEGO ROMANO VERGARAY D'ARRIGO
QUÍMICO
CQP. 1337

Calle 22 Urb. VIPOL NARANJAL MZ E LT 07, SAN MARTÍN DE PORRES LIMA. – Teléfono (51-1) 721 6212 -
www.slabperu.com

6. RESULTADOS

6.1. RESULTADOS OBTENIDOS DE CALORIMETRÍA DIFERENCIAL DE BARRIDO (DSC)

- Método: ASTM D3418 “Método de prueba estándar para temperaturas de transición y entalpías de fusión y cristalización de polímeros por calorimetría diferencial de barrido”.
- Equipo Utilizado: Analizador térmico - Perkin Elmer - STA 6000.
- Rango de Temperatura: 35.00 °C – 600.00 °C. Atmósfera de Nitrógeno.
- Rampa: 35,00 °C a 900,00 °C a 20,00 °C/min
- Peso de prueba: 24.576 mg.

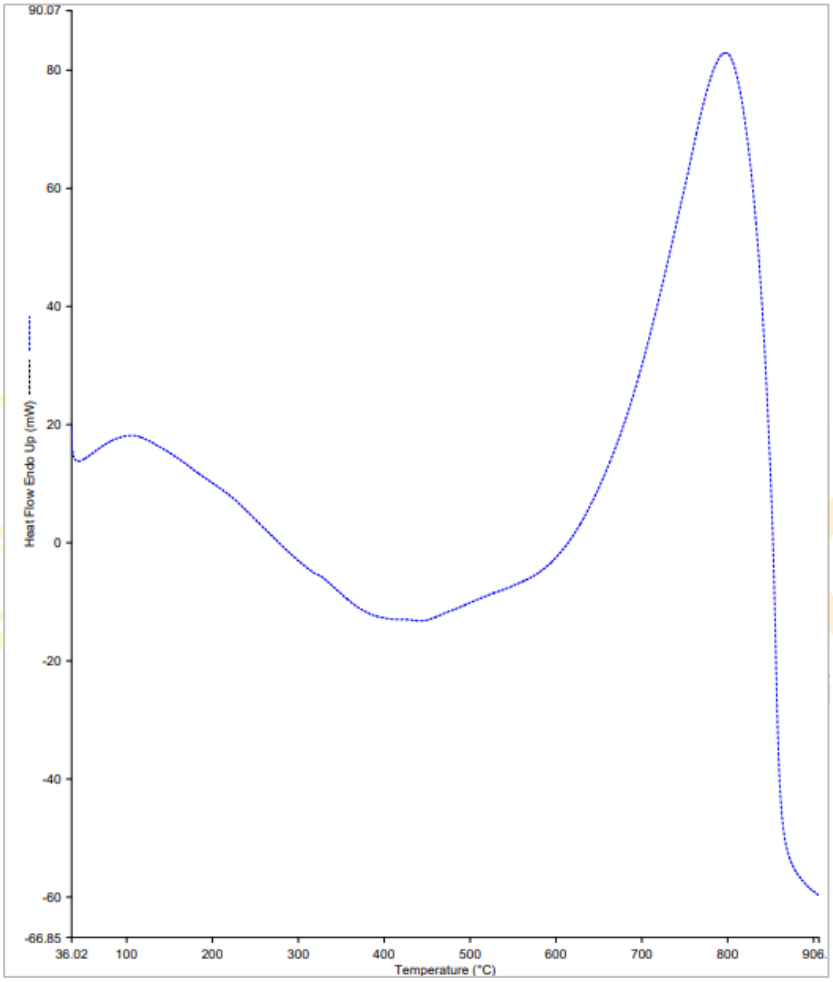


Figura N°1: Termograma de DSC de la muestra

- Los Resultados pertenecen a las muestras entregadas al laboratorio
- Queda prohibida la copia parcial de este informe sin el consentimiento por escrito de SISTEMA DE SERVICIOS Y ANÁLISIS QUÍMICOS SAC.

DIEGO ROMANO VERGARAY D'ARRIGO
QUÍMICO
CQP. 1337

Calle 22 Urb. VIPOL NARANJAL MZ E LT 07, SAN MARTÍN DE PORRES LIMA. – Teléfono (51-1) 721 6212 -
www.slabperu.com

6.2. RESULTADOS OBTENIDOS DE TERMOGRAVIMETRÍA (TGA)

- Método: ASTM E1131 "Método de prueba estándar para análisis composicional por Termogravimetría".
- Equipo Utilizado: Analizador térmico - Perkin Elmer - STA 6000.
- Rango de Temperatura: 35.00 °C – 600.00 °C. Atmósfera de Nitrógeno.
- Rampa: 35,00 °C a 900,00 °C a 20,00 °C/min
- Peso de prueba: 24.576 mg.

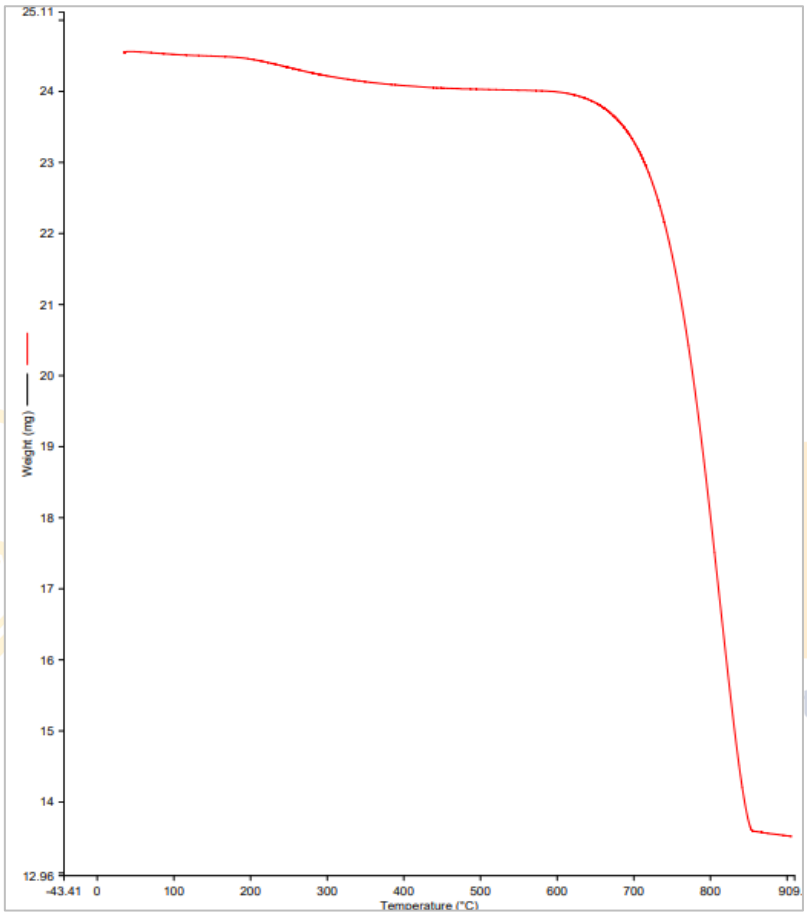


Figura N°2: Diagrama TGA de la muestra

- Los Resultados pertenecen a las muestras entregadas al laboratorio
- Queda prohibida la copia parcial de este informe sin el consentimiento por escrito de SISTEMA DE SERVICIOS Y ANÁLISIS QUÍMICOS SAC.

DIEGO ROMANO VERGARAY D'ARRIGO
QUÍMICO
CQP. 1337

Calle 22 Urb. VIPOL NARANJAL MZ E LT 07, SAN MARTÍN DE PORRES LIMA. – Teléfono (51-1) 721 6212 -
www.slabperu.com

7. COMENTARIOS

7.1. CALORIMETRÍA DIFERENCIAL DE BARRIDO - DSC

La curva DSC muestra una pequeña región endotérmica a aproximadamente a 100 °C. Posteriormente se evidencia un pico grande de absorción térmica alrededor de 800°C mostrando un posible cambio estructural de la muestra.

7.2. ANÁLISIS TERMOGRAVIMÉTRICO - TGA

El análisis Termo gravimétrico de la muestra evidencia una estabilidad hasta los 700 °C, a partir de esta temperatura inicia su descomposición y pérdida constante de masa hasta obtener un remanente de aproximadamente 55 % de su masa inicial al alcanzar la temperatura final de ensayo.

Imagen N°1: EQUIPO DE ANÁLISIS TÉRMICO DSC - TGA

– Los Resultados pertenecen a las muestras entregadas al laboratorio
– Queda prohibida la copia parcial de este informe sin el consentimiento por escrito de SISTEMA DE SERVICIOS Y ANÁLISIS QUÍMICOS SAC.

FIN DE DOCUMENTO

DIEGO ROMANO VERGARAY D'ARRIGO
QUÍMICO
CQP. 1337

Calle 22 Urb. VIPOL NARANJAL MZ E LT 07, SAN MARTÍN DE PORRES LIMA. – Teléfono (51-1) 721 6212 -
www.slabperu.com

INFORME DE ENSAYO
IE-250122-03-02

1. DATOS DEL CLIENTE

1.1	Cliente	:	DINA MARGARITA JIMENEZ GONZALES
1.2	RUC	:	46625521
1.3	Tesis	:	MEJORAMIENTO DE SUBRASANTES DE LA RED VIAL CAPTUY - MORO, CON CENIZAS DE DONAX OBESULUS Y CÁSCARA DE ARROZ, 2021

2. FECHAS

2.1	Inicio	:	26 de enero de 2022
2.2	Finalización	:	01 de febrero de 2022
2.3	Emisión de informe	:	04 de febrero de 2022

3. CONDICIONES AMBIENTALES DE ENSAYO

3.1	Temperatura	:	20.2 °C
3.2	Humedad Relativa	:	54 %

4. ENSAYO SOLICITADO Y METODO UTILIZADO

4.1	Ensayo solicitado / Método Utilizado	:	Calorimetría diferencial de barrido (DSC) / ASTM D3418 Termogravimetría (TGA) / ASTM E1131

5. DATOS DE LAS MUESTRAS ANALIZADAS

5.1	Código de Muestra	:	S-3195
5.2	Tipo de Muestra	:	Residuo orgánico - inorgánico
5.3	Descripción	:	RESIDUO DE CÁSCARA DE ARROZ
5.4	Lote	:	No aplica
5.5	Fecha de Fabricación	:	No aplica
5.6	Fecha de Fabricación	:	No aplica
5.7	Muestreo	:	Muestreado por el Cliente

- Los Resultados pertenecen a las muestras entregadas al laboratorio
- Queda prohibida la copia parcial de este informe sin el consentimiento por escrito de SISTEMA DE SERVICIOS Y ANÁLISIS QUÍMICOS SAC.

DIEGO ROMANO VERGARAY D'ARRIGO
QUÍMICO
CQP. 1337

Calle 22 Urb. VIPOL NARANJAL MZ E LT 07, SAN MARTÍN DE PORRES LIMA. – Teléfono (51-1) 721 6212 -
www.slabperu.com

6. RESULTADOS

6.1. RESULTADOS OBTENIDOS DE CALORIMETRÍA DIFERENCIAL DE BARRIDO (DSC)

- Método: ASTM D3418 “Método de prueba estándar para temperaturas de transición y entalpías de fusión y cristalización de polímeros por calorimetría diferencial de barrido”.
- Equipo Utilizado: Analizador térmico - Perkin Elmer - STA 6000.
- Rango de Temperatura: 35.00 °C – 600.00 °C. Atmósfera de Nitrógeno.
- Rampa: 35,00 °C a 900,00 °C a 20,00 °C/min
- Peso de prueba: 7.710 mg.

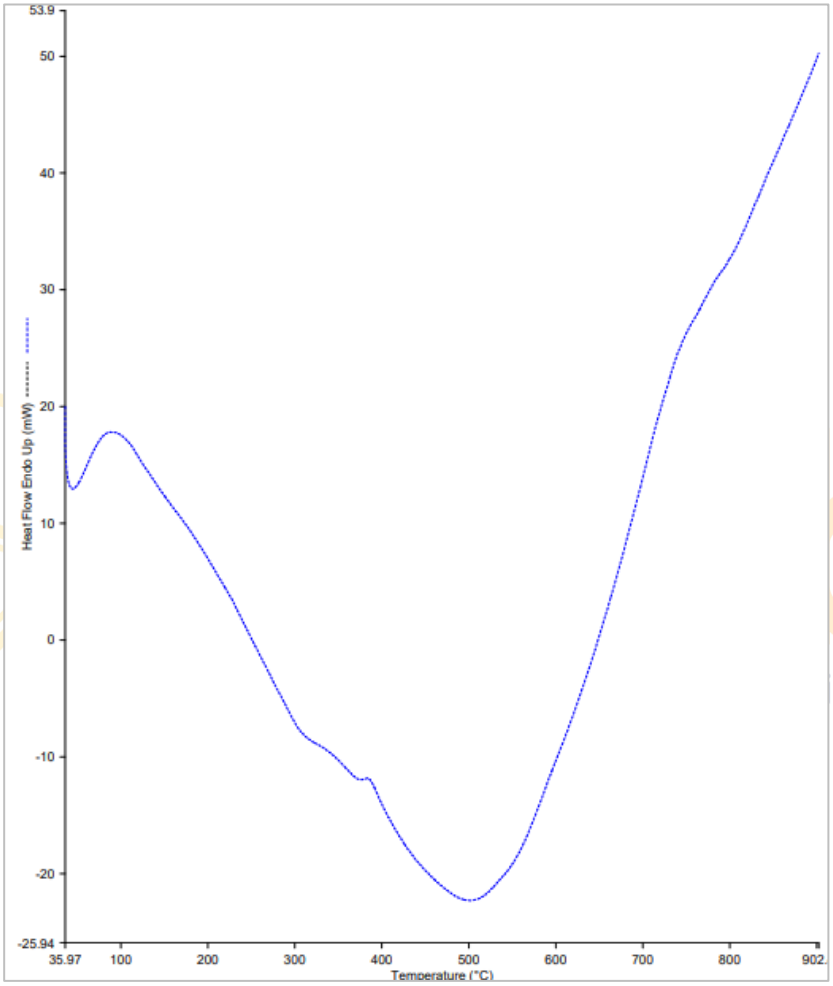


Figura N°1: Termograma de DSC de la muestra

- Los Resultados pertenecen a las muestras entregadas al laboratorio
- Queda prohibida la copia parcial de este informe sin el consentimiento por escrito de SISTEMA DE SERVICIOS Y ANÁLISIS QUÍMICOS SAC.

DIEGO ROMANO VERGARAY D'ARRIGO
QUÍMICO
CQP. 1337

Calle 22 Urb. VIPOL NARANJAL MZ E LT 07, SAN MARTÍN DE PORRES LIMA. – Teléfono (51-1) 721 6212 -
www.slabperu.com

6.2. RESULTADOS OBTENIDOS DE TERMOGRAVIMETRÍA (TGA)

- Método: ASTM E1131 "Método de prueba estándar para análisis composicional por Termogravimetría".
- Equipo Utilizado: Analizador térmico - Perkin Elmer - STA 6000.
- Rango de Temperatura: 35.00 °C – 600.00 °C. Atmósfera de Nitrógeno.
- Rampa: 35,00 °C a 900,00 °C a 20,00 °C/min
- Peso de prueba: 7.710 mg.

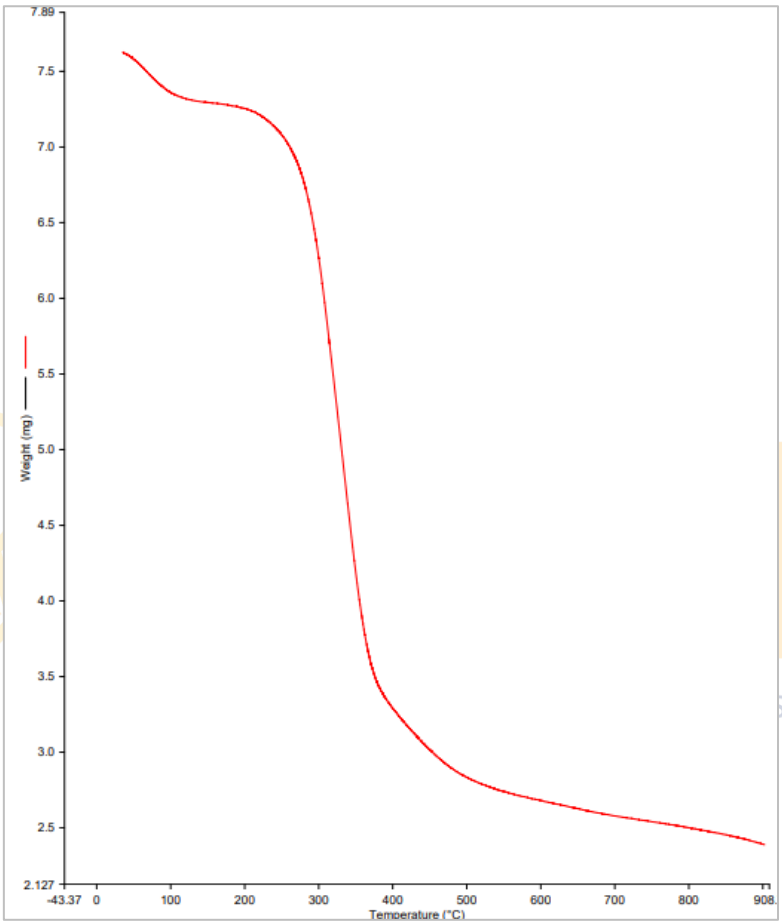


Figura N°2: Diagrama TGA de la muestra

- Los Resultados pertenecen a las muestras entregadas al laboratorio
- Queda prohibida la copia parcial de este informe sin el consentimiento por escrito de SISTEMA DE SERVICIOS Y ANÁLISIS QUÍMICOS SAC.

DIEGO ROMANO VERGARAY D'ARRIGO
QUÍMICO
CQP. 1337

Calle 22 Urb. VIPOL NARANJAL MZ E LT 07, SAN MARTÍN DE PORRES LIMA. – Teléfono (51-1) 721 6212 -
www.slabperu.com

7. COMENTARIOS

7.1. CALORIMETRÍA DIFERENCIAL DE BARRIDO - DSC

La curva DSC muestra una pequeña región endotérmica a aproximadamente a 100 °C. Posteriormente se evidencia un pico grande de absorción térmica alrededor de 760°C mostrando un posible cambio estructural de la muestra.

7.2. ANÁLISIS TERMOGRAVIMÉTRICO - TGA

El análisis Termogravimétrico de la muestra evidencia 02 pérdidas de masa, la primera en el rango de 90°C y 110°C (5% de masa) y el segundo con mayor intensidad en un rango de 255°C y 385°C, posteriormente se muestra una pérdida constante de masa hasta obtener un remanente de aproximadamente 32 % de su masa inicial al alcanzar la temperatura final de ensayo.

Imagen N°1: EQUIPO DE ANÁLISIS TÉRMICO DSC - TGA

Laboratorio de ensayo e investigación

- Los Resultados pertenecen a las muestras entregadas al laboratorio
- Queda prohibida la copia parcial de este informe sin el consentimiento por escrito de SISTEMA DE SERVICIOS Y ANÁLISIS QUÍMICOS SAC.

FIN DE DOCUMENTO

DIEGO ROMANO VERGARAY D'ARRIGO
QUÍMICO
CQP. 1337

Calle 22 Urb. VIPOL NARANJAL MZ E LT 07, SAN MARTÍN DE PORRES LIMA. – Teléfono (51-1) 721 6212 -
www.slabperu.com

ANEXO 4.2.:

ANÁLISIS TÉRMICO SIMULTÁNEO DE ATD – TGA, DE LA DONAX OBESULUS Y LA CÁSCARA DE ARROZ

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

SOLICITANTE	Bach. JIMENEZ GONZÁLES, DINA MARGARITA
TESIS	"MEJORAMIENTO DE SUBRASANTES DE LA RED VIAL CAPTUY – MORO, CON CENIZAS DE DONAX OBESULUS Y CÁSCARA DE ARROZ, 2021"
MUESTRA	CENIZA DE DONAX OBESULUS
FECHA	
INSTITUCION	UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

MUESTRA RECIBIDA EN LABORATORIO

1. **MUESTRA:** CENIZA DE DONAX OBESULUS (10 gr.)

N° DE MUESTRAS	CANTIDAD DE MUESTRA ENSAYADA	PROCEDENCIA
1	500 mg	

2. **ENSAYOS A APLICAR**

- ANALISIS TERMICO DIFERENCIAL ATD
- ANALISIS TERMOGRAVIMETRICO TGA

3. **EQUIPO EMPLEADO Y CONDICIONES**

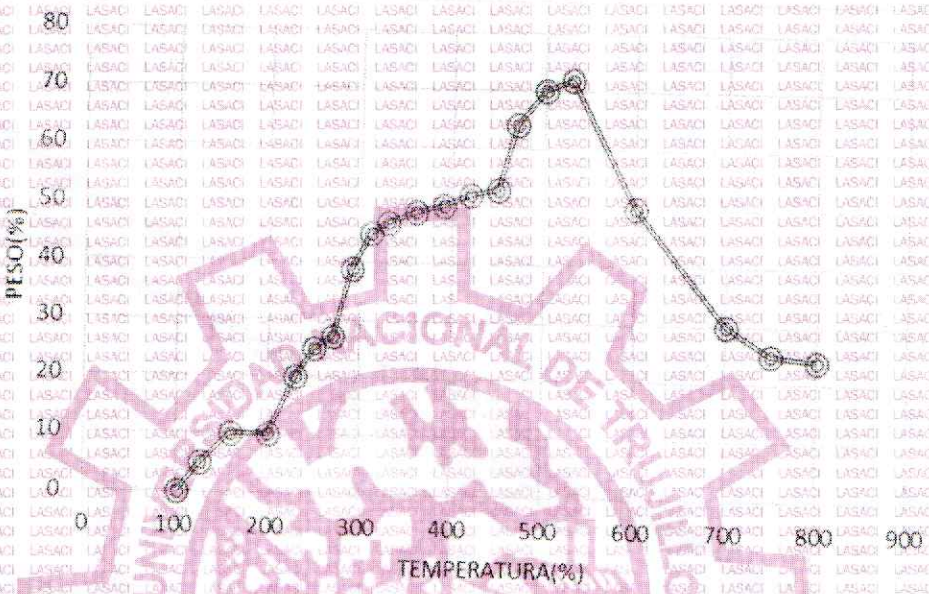
- ANALIZADOR TERMICO SIMULTANEO TG_DTA_DSC CAP. MAX 1600°C SETSYS_EVOLUTION, CUMPLE CON NORMAS ASTM ISO 11357, ASTM E967, ASTM E968, ASTM E793, ASTM D3895, ASTM D3417, ASTM D3418, DIN 51004, DIN 51007, DIN 53765.
- TASA DE CALENTAMIENTO: 20 °C/MIN
- GAS DE TRABAJO – FLUJO: NITROGENO, 10 ML/MIN
- RANGO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

LASACI DIRECCIÓN

JEFE DE LABORATORIO: ING. CARLOS VALQUI MENDOZA
ANALISTA RESPONSABLE: ING. CARLOS VALQUI MENDOZA

4. RESULTADOS

c. CURVA TGA Y ATD



5. CONCLUSION

- Para la presente investigación de la Cenizas de DONAX OBESULUS, El porcentaje de cenizas de acuerdo al análisis de emisión de quemado es de 0.27%.
- El análisis termo gravimétrico de Cenizas de DONAX OBESULUS indica un pico de temperatura máxima de 520.5°C por un periodo de tiempo de 2hr. entre 450 y 600 °C

LASACI DIRECCION
Ing. Carlos A. Vilqui Mendoza
DIRECTOR LASACI

Trujillo, 21 de Diciembre del 2021.

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

SOLICITANTE	Bach. JIMENEZ GONZÁLES, DINA MARGARITA
TESIS	"MEJORAMIENTO DE SUBRASANTES DE LA RED VIAL CAPTUY – MORO, CON CENIZAS DE DONAX OBESULUS Y CÁSCARA DE ARROZ, 2021"
MUESTRA	CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ
FECHA	
INSTITUCION	UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
MUESTRA RECIBIDA EN LABORATORIO	

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

N° DE MUESTRAS	CANTIDAD DE MUESTRA ENSAYADA	PROCEDENCIA
1	500 mg	

2. ENSAYOS A APLICAR

- ANALISIS TERMICO DIFERENCIAL ATD
- ANALISIS TERMOGRAVIMETRICO TGA

3. EQUIPO EMPLEADO Y CONDICIONES

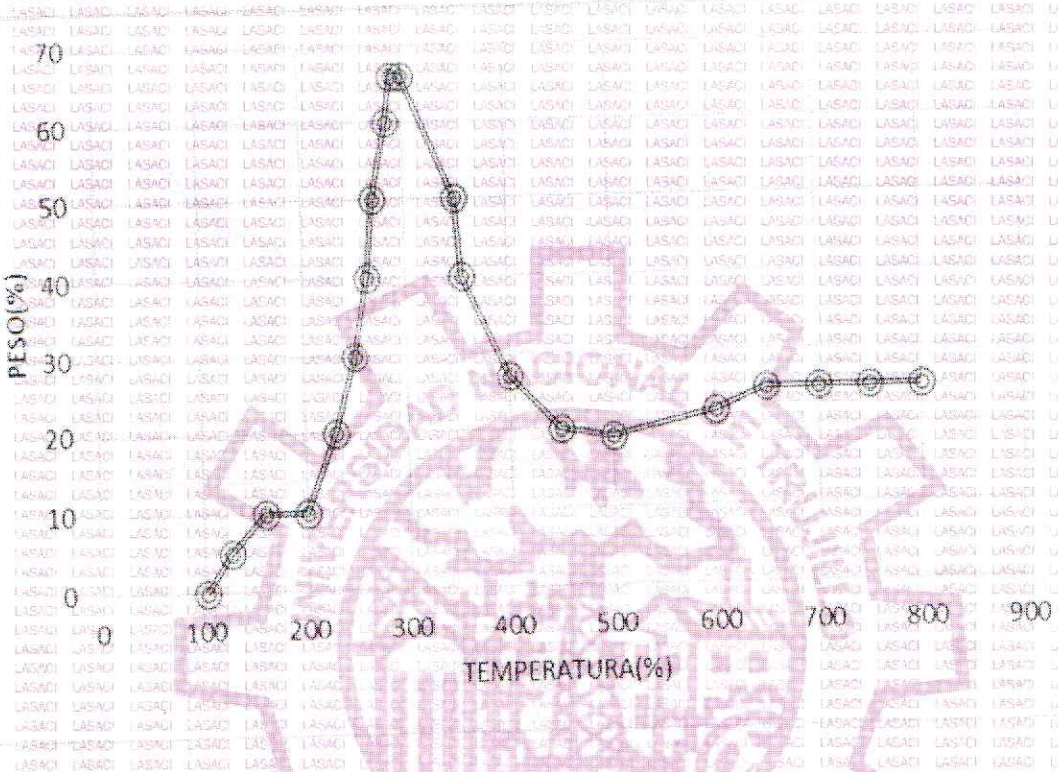
- ANALIZADOR TERMICO SIMULTANEO TG_DTA_DSC CAP. MAX 1600°C SETSYS_EVOLUTION, CUMPLE CON NORMAS ASTM ISO 11357, ASTM E967, ASTM E968, ASTM E793, ASTM D3895, ASTM D3417, ASTM D3418, DIN 51004, DIN 51007, DIN 53765.
- TASA DE CALENTAMIENTO: 20 °C/MIN
- GAS DE TRABAJO – FLUJO: NITROGENO, 10 ML/MIN
- RANGO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

LASACI DIRECCION

JEFE DE LABORATORIO: ING. CARLOS VALQUI MENDOZA
ANALISTA RESPONSABLE: ING. CARLOS VALQUI MENDOZA

4. RESULTADOS

c. CURVA TGA Y ATD



5. CONCLUSION

- Para la presente investigación de la ceniza de cáscara de arroz, El porcentaje de cenizas de acuerdo al análisis de emisión de quemado es de 0.22%.
- El análisis termo gravimétrico de ceniza de cáscara de arroz indica un pico de temperatura máxima de 295.0°C por un periodo de tiempo de 2hr. entre 250 y 380 °C

LASACI
DIRECCION
Ing. Carlos A. Valqui Mendoza
DIRECTOR LASACI

Trujillo, 21 de Diciembre del 2021

ANEXO 4.3.:

COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA CDO Y CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

INFORME DE ENSAYO
IE-250122-03-03

1. DATOS DEL CLIENTE

1.1	Cliente	:	DINA MARGARITA JIMENEZ GONZALES
1.2	RUC	:	46625521
1.3	Tesis	:	MEJORAMIENTO DE SUBRASANTES DE LA RED VIAL CAPTUY - MORO, CON CENIZAS DE DONAX OBESULUS Y CÁSCARA DE ARROZ, 2021

2. FECHAS

2.1	Inicio	:	04 de febrero de 2022
2.2	Finalización	:	10 de febrero de 2022
2.3	Emisión de informe	:	10 de febrero de 2022

3. CONDICIONES AMBIENTALES DE ENSAYO

3.1	Temperatura	:	20.0 °C
3.2	Humedad Relativa	:	54 %

4. ENSAYO SOLICITADO Y METODO UTILIZADO

4.1	Ensayo solicitado / Método Utilizado	:	Determinación de Composición química de la ceniza) / Espectroscopia de fluorescencia de rayos X (FRXDE) Granulometría) / ASTM D-422 Peso específico / ASTM C-128 Contenido de Humedad / ASTM D-2216 pH / NTP 339.176

5. DATOS DE LAS MUESTRAS ANALIZADAS

5.1	Código de Muestra	:	S-3194
5.2	Tipo de Muestra	:	Residuo inorgánico
5.3	Descripción	:	CENIZAS DE DONAX OBESULUS
5.4	Lote	:	No aplica
5.5	Fecha de Fabricación	:	No aplica
5.6	Fecha de Fabricación	:	No aplica
5.7	Muestreo	:	Muestreado por el Cliente

- Los Resultados pertenecen a las muestras entregadas al laboratorio
- Queda prohibida la copia parcial de este informe sin el consentimiento por escrito de SISTEMA DE SERVICIOS Y ANÁLISIS QUÍMICOS SAC.

DIEGO ROMANO VERGARAY D'ARRIGO
QUÍMICO
CQP. 1337

Calle 22 Urb. VIPOL NARANJAL MZ E LT 07, SAN MARTÍN DE PORRES LIMA. – Teléfono (51-1) 721 6212 -
www.slabperu.com

6. RESULTADOS

6.1. RESULTADOS OBTENIDOS DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO A LA CENIZA

- Método: ASTM D-422 Método de prueba estándar para el análisis del tamaño de partículas.
- Peso de muestra de inicio: 100.501 g.

TABLA N°1: ENSAYO GRANULOMÉTRICO

N° de Malla	Abertura, mm	Peso retenido	% Retenido	% Retenido Acumulado	% Pasante Acumulado
20	0.850	11.522	11.46	11.46	88.54
30	0.600	4.149	4.13	15.59	84.41
40	0.425	4.763	4.74	20.33	79.67
50	0.300	8.673	8.63	28.96	71.04
60	0.250	4.853	4.83	33.79	66.21
70	0.212	7.036	7.00	40.79	59.21
80	0.180	2.637	2.62	43.42	56.58
100	0.150	4.435	4.41	47.83	52.17
120	0.125	4.316	4.29	52.12	47.88
140	0.106	7.106	7.07	59.19	40.81
170	0.090	5.253	5.23	64.42	35.58
Base	--	35.758	35.58	100.00	0.00

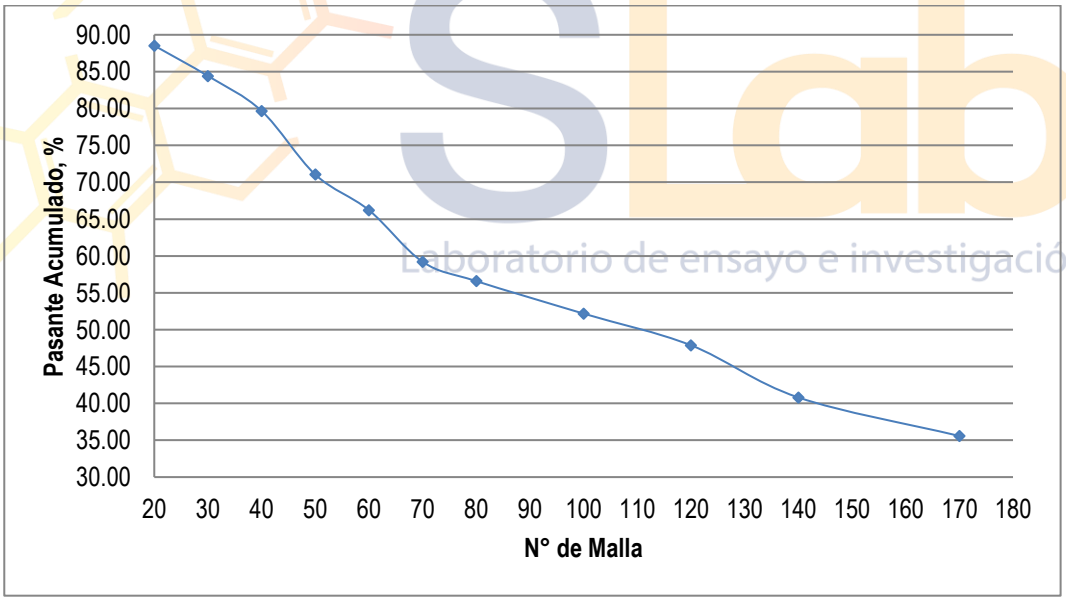


FIGURA N°1: CURVA GRANULOMÉTRICA DE LA CENIZA DE DONAX OBESULUS

- Los Resultados pertenecen a las muestras entregadas al laboratorio
- Queda prohibida la copia parcial de este informe sin el consentimiento por escrito de SISTEMA DE SERVICIOS Y ANÁLISIS QUÍMICOS SAC.

DIEGO ROMANO VERGARAY D'ARRIGO
QUÍMICO
CQP. 1337

Calle 22 Urb. VIPOL NARANJAL MZ E LT 07, SAN MARTÍN DE PORRES LIMA. – Teléfono (51-1) 721 6212 -
www.slabperu.com

6.2. RESULTADOS DE PH, HUMEDAD Y PESO ESPECÍFICO

TABLA N°2: RESULTADOS DE PH, HUMEDAD Y PESO ESPECÍFICO

Parámetro	Método	Unidad	Resultado
pH	ASTM C-128	Unid. pH	12.48
Humedad	ASTM D-221	%	<0.05
Peso especifico	NTP 339.176	g/cc	1.56

FOTO N°1: Muestra Original

FOTO N°2: Muestra pulverizada

FOTO N°3 Ceniza obtenida

- Los Resultados pertenecen a las muestras entregadas al laboratorio
- Queda prohibida la copia parcial de este informe sin el consentimiento por escrito de SISTEMA DE SERVICIOS Y ANÁLISIS QUÍMICOS SAC.

DIEGO ROMANO VERGARAY D'ARRIGO
QUÍMICO
CQP. 1337

Calle 22 Urb. VIPOL NARANJAL MZ E LT 07, SAN MARTÍN DE PORRES LIMA. – Teléfono (51-1) 721 6212 -
www.slabperu.com

6.3. RESULTADOS OBTENIDOS DE ENSAYO DE FLUORESCENCIA DE RAYOS X

- Equipo Utilizado: SHIMADZU EDX-720 espectrómetro de fluorescencia de rayos X
- Barrido elemental del Na a U, expresados en óxidos.
- Muestra pulverizada pasante malla N°100
- Límite de detección del equipo es 0.01%.

TABLA N°3: COMPOSICIÓN QUÍMICA EXPRESADO COMO ÓXIDOS (*)

Oxido	Unidad	Resultado
Óxido de Calcio, CaO	%	96.97
Óxido de Silicio, SiO_2	%	1.75
Óxido de Hierro, Fe_2O_3	%	0.61
Óxido de Estroncio, SrO	%	0.54
Óxido de Cobre, CuO	%	0.09
Óxido de Azufre, SO_3	%	0.05

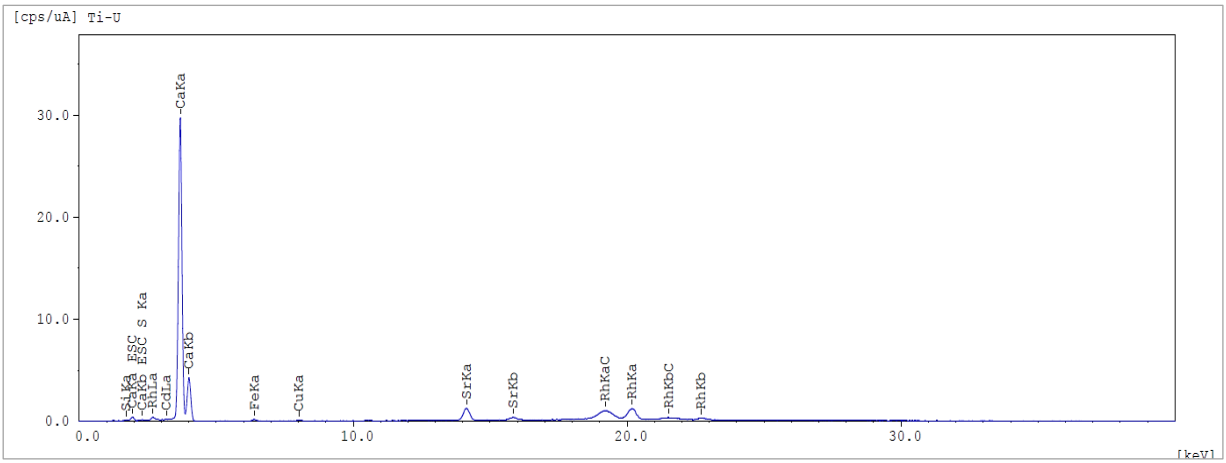
(*) Cenizas obtenidas de una calcinación a 750°C por 4 Horas.

FOTO N°4: EQUIPO DE FLUORESCENCIA DE RAYOS X

- Los Resultados pertenecen a las muestras entregadas al laboratorio
- Queda prohibida la copia parcial de este informe sin el consentimiento por escrito de SISTEMA DE SERVICIOS Y ANÁLISIS QUÍMICOS SAC.

DIEGO ROMANO VERGARAY D'ARRIGO
QUÍMICO
CQP. 1337

Calle 22 Urb. VIPOL NARANJAL MZ E LT 07, SAN MARTÍN DE PORRES LIMA. – Teléfono (51-1) 721 6212 -
www.slabperu.com



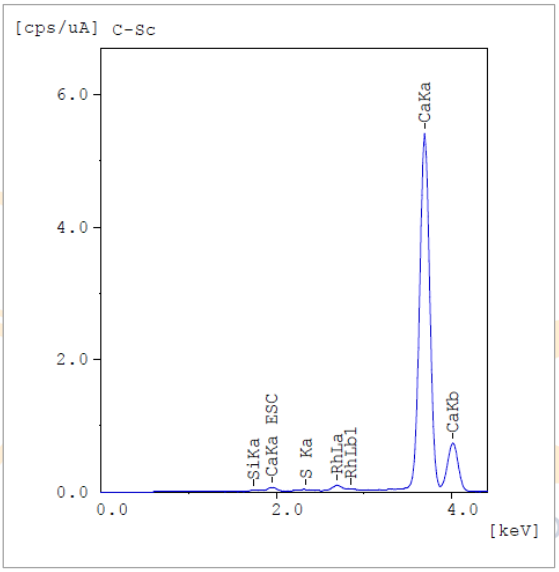


FIGURA N°2: GRÁFICAS DE INTENSIDAD VS ENERGÍA DEL ENSAYO EDX

- Los Resultados pertenecen a las muestras entregadas al laboratorio
- Queda prohibida la copia parcial de este informe sin el consentimiento por escrito de SISTEMA DE SERVICIOS Y ANÁLISIS QUÍMICOS SAC.

FIN DE DOCUMENTO

DIEGO ROMANO VERGARAY D'ARRIGO
QUÍMICO
CQP. 1337

Calle 22 Urb. VIPOL NARANJAL MZ E LT 07, SAN MARTÍN DE PORRES LIMA. – Teléfono (51-1) 721 6212 - www.slabperu.com

TESIS : MEJORAMIENTO DE SUBRASANTES DE LA RED VIAL CAPTUY - MORO, CON CENIZAS DE DONAX OBESULUS Y CÁSCARA DE ARROZ, 2021

REGISTRO N°: MJ-CENIZA-EAG-01

PÁGINA N°: 01 de 01

SOLICITA: JIMENEZ GONZALES, DINA MARGARITA

UBICACIÓN: Distrito: Nuevo Chimbote ; Provincia: Santa ; Departamento: Ancash

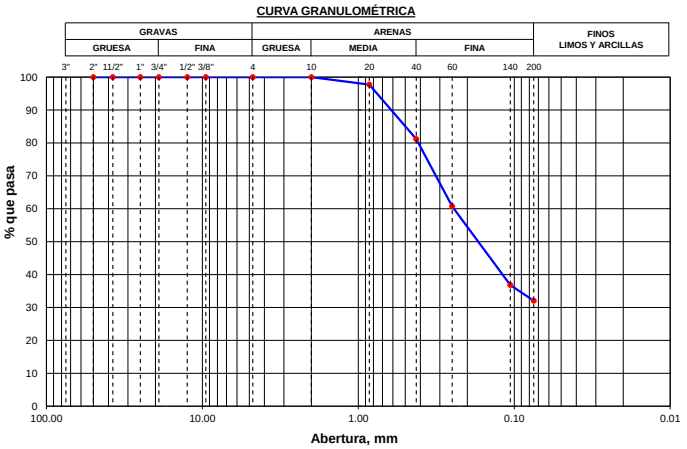
FECHA: 07/01/2022

ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

(ASTM D6913, MTC E107, NTP-339-128)

Datos de Muestra		Peso de Muestra		% Gravas , Arena y Finos		Coef. Uniformidad y Curvatura		Clasificacion SUCS
Calicata :		Peso Inicial Seco (gr) =	**295.0**	Grava (No.4 < Diam < 3") =	**0.00%**	D60 (mm) =	**0.24**	-
Muestra :	**CDO**	Peso Mat. < N°4 (gr) =	**295.0**	Arena (No.200 < Diam < No.4) =	**67.96%**	D30 (mm) =	**--**	**Clasificacion AASHTO**
Estrato :		Peso de Fracción (gr) =	**295.0**	Finos (Diam < No.200) =	**32.04%**	D10 (mm) =	**--**	-

ABERTURA (mm)	TAMIZ	PESO RETENIDO (gr)	RETENIDO PARCIAL%	RETENIDO ACUMULADO %	PASA %
75.000	3"				
50.000	2"	0	0.0	0.0	**100.00**
37.500	1 1/2"	0	0.0	0.0	**100.00**
25.000	1"	0	0.0	0.0	**100.00**
19.000	3/4"	0	0.0	0.0	**100.00**
12.500	1/2"	0	0.0	0.0	**100.00**
9.500	3/8"	0	0.0	0.0	**100.00**
4.750	N° 4	0	0.0	0.0	**100.00**
2.000	N° 10	0.0	0.0	0.0	**100.00**
0.850	N° 20	6.7	2.3	2.3	**97.73**
0.425	N° 40	48.8	16.5	18.8	**81.19**
0.250	N° 60	60.4	20.5	39.3	**60.72**
0.106	N° 140	70.5	23.9	63.2	**36.82**
0.075	N° 200	14.1	4.8	68.0	**32.04**
	FONDO	94.5	32.0	100.0	



REPORTE DE MEDICION Y ANALISIS DE MUESTRA POR FLUORESCENCIA DE RAYOS X

SOLICITANTE	Bach. JIMENEZ GONZÁLES, DINA MARGARITA
TESIS	"MEJORAMIENTO DE SUBRASANTES DE LA RED VIAL CAPTUY – MORO, CON CENIZAS DE DONAX OBESULUS Y CÁSCARA DE ARROZ, 2021"
MUESTRA	CENIZA DE DONAX OBESULUS
FECHA	
INSTITUCION	UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

MUESTRA RECIBIDA EN LABORATORIO

1. CONSIDERACIONES EXPERIMENTALES

CONDICIONES DE LA MEDICION:

El análisis se realizó en un espectrómetro de fluorescencia total de rayos x marca

BRUKER, MODELO **S2-PICOFOX.**

Fuente de rayos x: tubo de Mo.

Tiempo de medida: 2000 segundos.

ESTANDAR INTERNACIONAL PARA

CUANTIFICACION: Elemento: Galio (Ga)

Concentración: lg/l.

2. CARACTERISTICAS DE LA MUESTRA ANALIZADA

Se analizó 25 mg de la muestra de ceniza de DONAX OBESULUS, la cual fue tamizada previamente a malla 200.

3. METODO

- **BASADO EN LA NORMA** : ASTM C25
- **VOLUMETRIA** : USAQ-ME06

LASACI DIRECCION

JEFE DE LABORATORIO: ING. CARLOS VALQUI MENDOZA

ANALISTA RESPONSABLE: ING. CARLOS VALQUI MENDOZA

4. RESULTADOS

COMPOSICION QUIMICA	RESULTADOS (%)	METODO UTILIZADO
DIOXIDO DE SILICIO (Si O2)	35.65	Espectrofotometría de fluorescencia de rayos x
OXIDO DE CALCIO (Ca O)	43.17	
TRIOXIDO DE ALUMINIO (Al2 O3)	9.30	
TRIOXIDO DE HIERRO (Fe2 O3)	2.27	
OXIDO DE POTASIO (K2 O)	1.68	
OXIDO DE MAGNESIO (Mg O)	1.08	
PENTOXIDO DE FOSFORO (P2O5)	0.56	
OXIDO DE COBRE (Cu O)	0.31	
TRIOXIDO DE AZUFRE (SO 3)	0.075	
OXIDO DE ZING (Zn O)	0.034	
OXIDO DE MANGANESO (Mn O)	0.017	
PÉRDIDA POR QUEMADO	5.85	

Método de Ensayo para Sulfatos por digestión – espectrofotómetro
Método de Ensayo por Absorción Atómica de hierro y aluminio

5. CONCLUSION

- Al realizar la comparación del espectro de la muestra analizada con las energías características de los elementos de la tabla periódica a partir del sodio, se encontraron principalmente Calcio (Ca), sílice (Si), y Aluminio (Al) con un alto porcentaje. Y en menores porcentajes se encontró; fósforo (P), hierro (Fe), potasio (K), magnesio (Mg), manganeso (Mn), cobre (Cu), azufre (S) y zinc (Zn).

LASACI DIRECCIÓN
Ing. Carlos A. Valqui Mendoza
DIRECTOR LASACI

Trujillo, 21 de Diciembre del 2021

INFORME DE ANÁLISIS
LASACI / UNT

SOLICITANTE	Bach. JIMENEZ GONZÁLES, DINA MARGARITA
TESIS	"MEJORAMIENTO DE SUBRASANTES DE LA RED VIAL CAPTUY – MORO, CON CENIZAS DE DONAX OBESULUS Y CÁSCARA DE ARROZ, 2021"
MUESTRA	CENIZA DE DONAX OBESULUS
FECHA	
INSTITUCION	UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

DETERMINACIÓN	UNIDADES	RESULTADO
PESO ESPECÍCIFO	g/cm3	2.57
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	0.18
PH	--	13.16

*PESO ESPECÍFICO: método ensayo estándar para la gravedad específica de sólidos de suelo mediante picnómetro de agua (MTC E 113) NTP 339.131)
*HUMEDAD: determinación del contenido de humedad de un suelo (MTC E 108) ASTM D 2216)
*PH: PH en los suelos (MTC E 129) NTP 339.176 (2002))

TRUJILLO, 21 DE DICIEMBRE DEL 2021

LASACI DIRECCIÓN
Carlos A. Alvarado Salqui Mendoza
DIRECTOR

ANEXO 4.4.:

COMPOSICIÓN QUÍMICA DE LA CCA Y CARACTERÍSTICAS FÍSICAS

INFORME DE ENSAYO
IE-250122-03-04

1. DATOS DEL CLIENTE

1.1	Cliente	:	DINA MARGARITA JIMENEZ GONZALES
1.2	RUC	:	46625521
1.3	Tesis	:	MEJORAMIENTO DE SUBRASANTES DE LA RED VIAL CAPTUY - MORO, CON CENIZAS DE DONAX OBESULUS Y CÁSCARA DE ARROZ, 2021

2. FECHAS

2.1	Inicio	:	04 de febrero de 2022
2.2	Finalización	:	10 de febrero de 2022
2.3	Emisión de informe	:	10 de febrero de 2022

3. CONDICIONES AMBIENTALES DE ENSAYO

3.1	Temperatura	:	20.0 °C
3.2	Humedad Relativa	:	54 %

4. ENSAYO SOLICITADO Y METODO UTILIZADO

4.1	Ensayo solicitado / Método Utilizado	:	Determinación de Composición química de la ceniza) / Espectroscopia de fluorescencia de rayos X (FRXDE) Granulometría) / ASTM D-422 Peso específico / ASTM C-128 Contenido de Humedad / ASTM D-2216 pH / NTP 339.176

SLab
Laboratorio de ensayo e investigación

5. DATOS DE LAS MUESTRAS ANALIZADAS

5.1	Código de Muestra	:	S-3195
5.2	Tipo de Muestra	:	Residuo inorgánico
5.3	Descripción	:	CENIZAS DE CÁSCARA DE ARROZ
5.4	Lote	:	No aplica
5.5	Fecha de Fabricación	:	No aplica
5.6	Fecha de Fabricación	:	No aplica
5.7	Muestreo	:	Muestreado por el Cliente

- Los Resultados pertenecen a las muestras entregadas al laboratorio
- Queda prohibida la copia parcial de este informe sin el consentimiento por escrito de SISTEMA DE SERVICIOS Y ANÁLISIS QUÍMICOS SAC.

DIEGO ROMANO VERGARAY D'ARRIGO
QUÍMICO
CQP. 1337

Calle 22 Urb. VIPOL NARANJAL MZ E LT 07, SAN MARTÍN DE PORRES LIMA. – Teléfono (51-1) 721 6212 -
www.slabperu.com

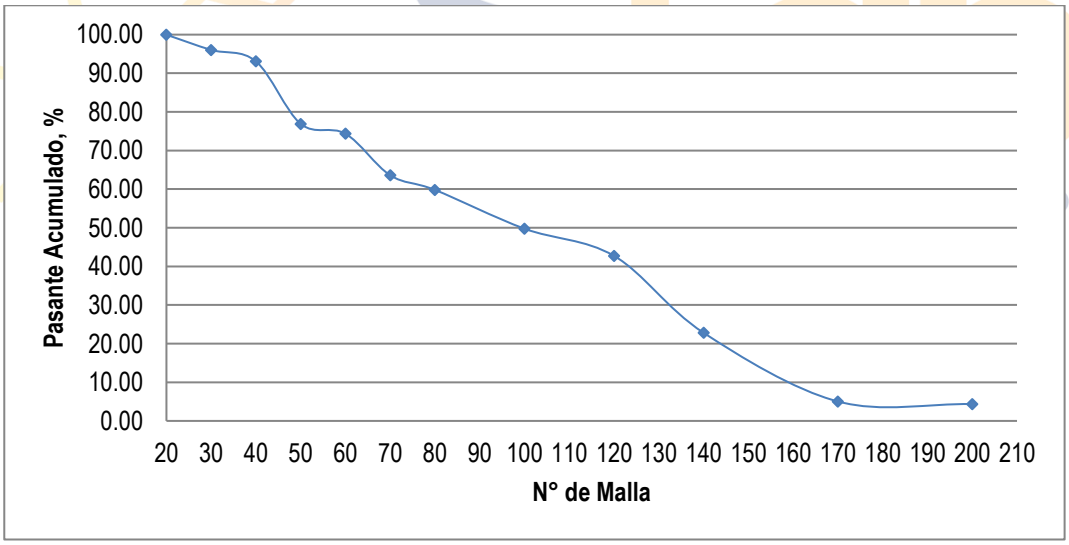
6. RESULTADOS

6.1. RESULTADOS OBTENIDOS DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO A LAS CENIZAS

- Método: ASTM D-422 Método de prueba estándar para el análisis del tamaño de partículas.
- Peso de muestra de inicio: 100.501 g.

TABLA N°1: ENSAYO GRANULOMÉTRICO

N° de Malla	Abertura, mm	Peso retenido	% retenido	% Retenido Acumulado	% Pasante Acumulado
20	0.850	0.028	0.03	0.03	99.97
30	0.600	3.954	3.93	3.96	96.04
40	0.425	2.981	2.97	6.93	93.07
50	0.300	16.262	16.18	23.11	76.89
60	0.250	2.557	2.54	25.65	74.35
70	0.212	10.817	10.76	36.42	63.58
80	0.180	3.810	3.79	40.21	59.79
100	0.150	10.090	10.04	50.25	49.75
120	0.125	7.074	7.04	57.29	42.71
140	0.106	20.007	19.91	77.19	22.81
170	0.090	17.868	17.78	94.97	5.03
200	0.075	0.673	0.67	95.64	4.36
Base	--	4.380	4.36	100.00	0.00



GRÁFICA N°1: CURVA GRANULOMÉTRICA DE CENIZAS DE LA CÁSCARA DE ARROZ

- Los Resultados pertenecen a las muestras entregadas al laboratorio
- Queda prohibida la copia parcial de este informe sin el consentimiento por escrito de SISTEMA DE SERVICIOS Y ANÁLISIS QUÍMICOS SAC.

DIEGO ROMANO VERGARAY D'ARRIGO
QUÍMICO
CQP. 1337

Calle 22 Urb. VIPOL NARANJAL MZ E LT 07, SAN MARTÍN DE PORRES LIMA. – Teléfono (51-1) 721 6212 -
www.slabperu.com

6.2. RESULTADOS OBTENIDOS

TABLA N°2: RESULTADOS DE PH, HUMEDAD Y PESO ESPECÍFICO

Parámetro	Método	Unidad	Resultado
pH	ASTM C-128	Unid. pH	9.00
Humedad	ASTM D-221	%	1.94
Peso especifico	NTP 339.176	g/cc	0.42

FOTO N°1: Muestra Original

FOTO N°2: Muestra pulverizada

FOTO N°3 Ceniza obtenida

- Los Resultados pertenecen a las muestras entregadas al laboratorio
- Queda prohibida la copia parcial de este informe sin el consentimiento por escrito de SISTEMA DE SERVICIOS Y ANÁLISIS QUÍMICOS SAC.

DIEGO ROMANO VERGARAY D'ARRIGO
QUÍMICO
CQP. 1337

Calle 22 Urb. VIPOL NARANJAL MZ E LT 07, SAN MARTÍN DE PORRES LIMA. – Teléfono (51-1) 721 6212 -
www.slabperu.com

6.3. RESULTADOS OBTENIDOS DE ENSAYO DE FLUORESCENCIA DE RAYOS X

- Equipo Utilizado: SHIMADZU EDX-720 espectrómetro de fluorescencia de rayos X
- Barrido elemental del Na a U, expresados en óxidos.
- Muestra pulverizada pasante malla N°100
- Límite de detección del equipo es 0.01%.

TABLA N°3: COMPOSICIÓN QUÍMICA EXPRESADO COMO ÓXIDOS (*)

Oxido	Unidad	Resultado
Óxido de Silicio, SiO_2	%	70.55
Óxido de Potasio, K_2O	%	22.22
Óxido de Aluminio, Al_2O_3	%	4.08
Óxido de Calcio, CaO	%	1.41
Óxido de Fósforo, P_2O_5	%	0.67
Óxido de Manganeso, MnO	%	0.50
Óxido de Hierro, Fe_2O_3	%	0.42
Óxido de Azufre, SO_3	%	0.10
Óxido de Zinc, ZnO	%	0.04
Óxido de Cobre, CuO	%	0.01

(*) Cenizas obtenidas de una calcinación a 400°C por 2 Horas.

FOTO N°4: EQUIPO DE FLUORESCENCIA DE RAYOS X

- Los Resultados pertenecen a las muestras entregadas al laboratorio
- Queda prohibida la copia parcial de este informe sin el consentimiento por escrito de SISTEMA DE SERVICIOS Y ANÁLISIS QUÍMICOS SAC.

DIEGO ROMANO VERGARAY D'ARRIGO
QUÍMICO
CQP. 1337

Calle 22 Urb. VIPOL NARANJAL MZ E LT 07, SAN MARTÍN DE PORRES LIMA. – Teléfono (51-1) 721 6212 -
www.slabperu.com

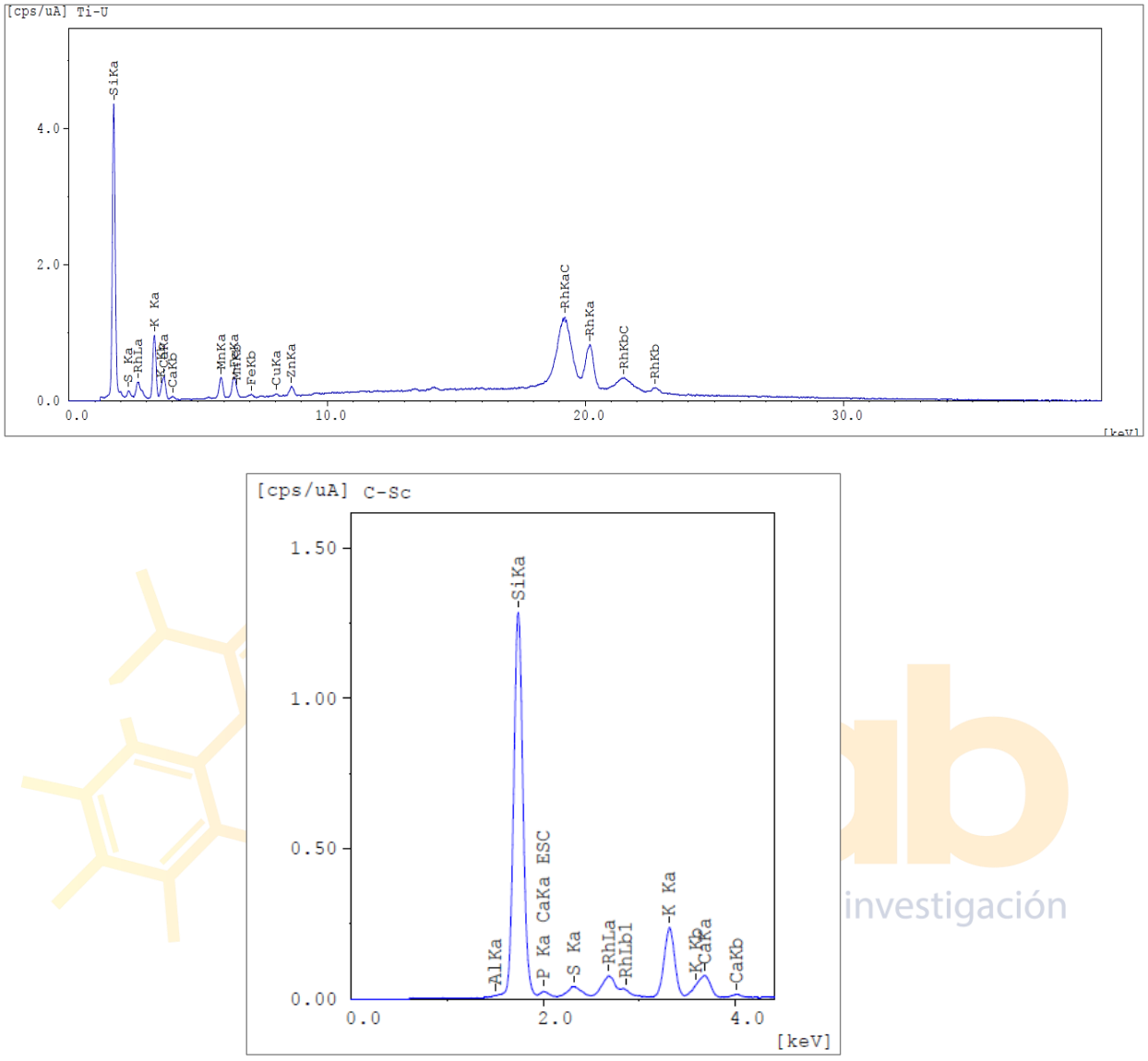


FIGURA N°2. GRÁFICAS DE INTENSIDAD VS ENERGÍA DEL ENSAYO EDX.

- Los Resultados pertenecen a las muestras entregadas al laboratorio
- Queda prohibida la copia parcial de este informe sin el consentimiento por escrito de SISTEMA DE SERVICIOS Y ANÁLISIS QUÍMICOS SAC.

FIN DE DOCUMENTO

DIEGO ROMANO VERGARAY D'ARRIGO
QUÍMICO
CQP. 1337

Calle 22 Urb. VIPOL NARANJAL MZ E LT 07, SAN MARTÍN DE PORRES LIMA. – Teléfono (51-1) 721 6212 - www.slabperu.com

TESIS : MEJORAMIENTO DE SUBRASANTES DE LA RED VIAL CAPTUY - MORO, CON CENIZAS DE DONAX OBESULUS Y CÁSCARA DE ARROZ, 2021

REGISTRO N°: MJ-CENIZA-EAG-02

PÁGINA N°: 01 de 01

SOLICITA: JIMENEZ GONZALES, DINA MARGARITA

UBICACIÓN: Distrito: Nuevo Chimbote ; Provincia: Santa ; Departamento: Ancash

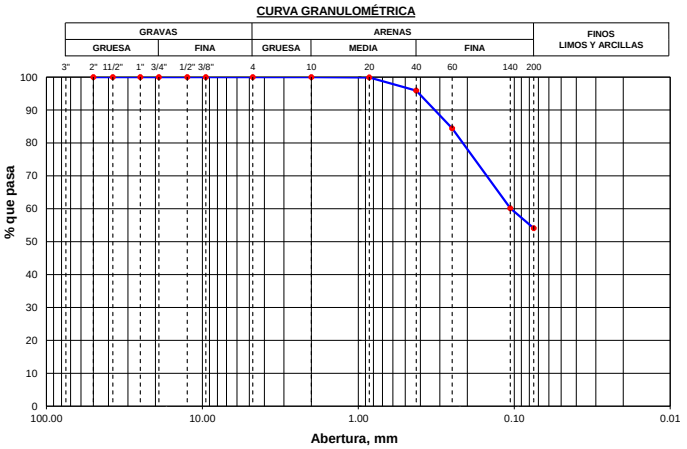
FECHA: 07/01/2022

ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

(ASTM D6913, MTC E107, NTP-339-128)

Datos de Muestra		Peso de Muestra		% Gravas , Arena y Finos		Coef. Uniformidad y Curvatura		Clasificacion SUCS
Calicata :		Peso Inicial Seco (gr) =	**210.0**	Grava (No.4 < Diam < 3") =	**0.00%**	D60 (mm) =	**0.11**	-
Muestra :	**CCA**	Peso Mat. < N°4 (gr) =	**210.0**	Arena (No.200 < Diam < No.4) =	**45.92%**	D30 (mm) =	**--**	**Clasificacion AASHTO**
Estrato :		Peso de Fracción (gr) =	**210.0**	Finos (Diam < No.200) =	**54.08%**	D10 (mm) =	**--**	-

ABERTURA (mm)	TAMIZ	PESO RETENIDO (gr)	RETENIDO PARCIAL%	RETENIDO ACUMULADO %	PASA %
75.000	3"				
50.000	2"	0	0.0	0.0	**100.00**
37.500	1 1/2"	0	0.0	0.0	**100.00**
25.000	1"	0	0.0	0.0	**100.00**
19.000	3/4"	0	0.0	0.0	**100.00**
12.500	1/2"	0	0.0	0.0	**100.00**
9.500	3/8"	0	0.0	0.0	**100.00**
4.750	N° 4	0	0.0	0.0	**100.00**
2.000	N° 10	0.0	0.0	0.0	**100.00**
0.850	N° 20	0.2	0.1	0.1	**99.90**
0.425	N° 40	8.4	4.0	4.1	**95.90**
0.250	N° 60	24.1	11.5	15.6	**84.42**
0.106	N° 140	51.0	24.3	39.9	**60.13**
0.075	N° 200	12.7	6.0	45.9	**54.08**
	FONDO	113.6	54.1	100.0	



REPORTE DE MEDICION Y ANALISIS DE MUESTRA POR FLUORESCENCIA DE RAYOS X

SOLICITANTE	Bach. JIMENEZ GONZÁLES, DINA MARGARITA
TESIS	"MEJORAMIENTO DE SUBRASANTES DE LA RED VIAL CAPTUY – MORO, CON CENIZAS DE DONAX OBESULUS Y CÁSCARA DE ARROZ, 2021"
MUESTRA	CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ
FECHA	
INSTITUCION	UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

MUESTRA RECIBIDA EN LABORATORIO

1. CONSIDERACIONES EXPERIMENTALES

CONDICIONES DE LA MEDICION:

El análisis se realizó en un espectrómetro de fluorescencia total de rayos x marca **BRUKER**, MODELO **S2-PICOFOX.**

Fuente de rayos x: tubo de Mo.

Tiempo de medida: 2000 segundos.

ESTANDAR INTERNACIONAL PARA CUANTIFICACION: Elemento: Galio (Ga)

Concentración: lg/l.

2. CARACTERISTICAS DE LA MUESTRA ANALIZADA

Se analizó 250 mg de la muestra de cenizas de cáscara de arroz, la cual fue tamizada previamente a malla 200.

3. METODO

- **BASADO EN LA NORMA** : ASTM C25
- **VOLUMETRIA** : USAQ-ME06

LASACI DIRECCIÓN

JEFE DE LABORATORIO ING. CARLOS VALQUI MENDOZA

ANALISTA RESPONSABLE ING. CARLOS VALQUI MENDOZA

4. RESULTADOS

COMPOSICIÓN QUÍMICA	UNIDADES	RESULTADO
$Si\ O_2$	%	86.97
$Al_2\ O_3$	%	0.67
$Fe_2\ O_3$	%	0.49
CaO	%	1.43
MgO	%	0.52
NaO	%	0.18
K2O	%	2.07
TiO_2	%	0.016
PERDIDA DE CALCINACIÓN	%	7.61

Método de Ensayo para Sulfatos por digestión – espectrofotómetro
Método de Ensayo por Absorción Atómica de hierro y aluminio

5. CONCLUSION

- Al realizar la comparación del espectro de la muestra analizada con las energías características de los elementos de la tabla periódica a partir del sodio, se encontraron principalmente sílice (Si), Calcio (Ca) y Aluminio (Al) con un alto porcentaje. Y en menores porcentajes se encontró; fósforo (P), hierro (Fe), potasio (K), magnesio (Mg), manganeso (Mn), cobre (Cu), azufre (S) y zinc (Zn).

LASACI DIRECCION
Ing. Carlos E. Valqui Mendoza
DIRECTOR LASACI

Trujillo, 21 de Diciembre del 2021

INFORME DE ANÁLISIS
LASACI / UNT

SOLICITANTE	Bach. JIMENEZ GONZÁLES, DINA MARGARITA
TESIS	"MEJORAMIENTO DE SUBRASANTES DE LA RED VIAL CAPTUY – MORO, CON CENIZAS DE DONAX OBESULUS Y CÁSCARA DE ARROZ, 2021"
MUESTRA	CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ
FECHA	
INSTITUCION	UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

*PESO ESPECÍFICO: método ensayo estándar para la gravedad especifica de sólidos de suelo mediante picnómetro de agua (MTC E 113) NTP 339.131)

DETERMINACIÓN	UNIDADES	RESULTADO
PESO ESPECÍCIFO	g/cm3	2.83
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	0.12
PH	--	10.21

*HUMEDAD: determinación del contenido de humedad de un suelo (MTC E 108) ASTM D 2216)
*PH: PH en los suelos (MTC E 129) NTP 339.176 (2002))

TRUJILLO, 21 DE DICIEMBRE DEL 2021

LASACI DIRECCIÓN

Carlos Valqui Mendoza
DIRECTOR

ANEXO 4.5.:

SECADO Y MOLIENDA DE LA CÁSCARA DE ARROZ

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
VICERRECTORADO DE INVESTIGACION
Instituto de Investigación Tecnológica Agroindustrial

FORMATO N°02 – USO DEL SECADOR DE BANDEJAS

❖ *Para Prácticas de Laboratorio y proyectos de Investigación:*

Fecha: 15/02/22 Curso: —— PTI: ☐ Tesis: ☒

Escuela: Ingeniería Civil Ciclo: Egresado - Bachiller

Docente o Investigador: Dina Margarita Jimenez Gonzales

Título de la Práctica o Proyecto: "Mejoramiento de la Subrasantes de la Red Vial CAPTUY-MORO, Con Cenizas de Donax obesulus y Cáscara de Arroz, 2021

Muestra: Cáscara Arroz Entera: ☒ Partida: ☐ Desgrasada: ☐

N°	PARAMETROS	INICIO	FINAL
1	HORA	9:00 am 15/02	9:00 am 16/02
2	HUMEDAD	7,50%	4,85%
3	PESO	9,555 kg	9,415 kg
4	TEMPERATURA (°C)	60°C	60°C
5	RENDIMIENTO	——	R=98,53%

Muestra: _____ Entera: ☐ Partida: ☐ Desgrasada: ☐

N°	PARAMETROS	INICIO	FINAL
1	HORA		
2	HUMEDAD		
3	PESO		
4	TEMPERATURA (°C)		
5	RENDIMIENTO		

Observaciones:
* Se utilizó papel aluminio.
* I Lote

Responsable área
Ing. William Eduardo López Rodríguez

Docente o Investigador

Director (a) IITA
Dra. Elza Aguirre Vargas

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
VICERRECTORADO DE INVESTIGACION
Instituto de Investigación Tecnológica Agroindustrial

FORMATO N°01 – USO DEL MÓDULO DE MOLIENDA Y TAMIZADO

❖ *Para Prácticas de Laboratorio y proyectos de Investigación:*

Fecha: 16/02/22 Curso: _____ PTI: ☐ Tesis: ☒

Escuela: E.P. Ingeniería Civil Ciclo: Egresado - Bachiller

Docente o Investigador: Dina Margarita Jimenez Gonzales

Título de la Práctica o Proyecto: "Mejoramiento de la Sobrasantes de la Red Vial CAPTUY - MORO, Con Cenizas de Donax obesulus y Cáscara de Arroz, 2021"

Muestra: Cáscara de Arroz Seco

N°	PARAMETROS	INICIO								FINAL
1	HORA	11:30 am								12:30 pm
2	HUMEDAD	4,85%								4,85%
3	PESO	9,415 Kg								9,319 Kg
4	N° DE MALLA	3 mm	X	1 mm		0.8 mm				
5	N° DE TAMIZ (No uso)	1 mm		0.5mm		0.2mm				
6	RENDIMIENTO	R= 98,98%								

Muestra: _____

N°	PARAMETROS	INICIO								FINAL
1	HORA									
2	HUMEDAD									
3	PESO									
4	N° DE MALLA	3 mm		1 mm		0.8 mm				
5	N° DE TAMIZ	1 mm		0.5mm		0.2mm				
6	RENDIMIENTO									

Observaciones: * Se usaron bolsas blancas grandes para recepción de la Harina
* I Lote

Responsable área
Ing. William Eduardo López Rodríguez

Docente o Investigador

Director (a) IITA
Dra. Elza Aguirre Varga

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
VICERRECTORADO DE INVESTIGACION
Instituto de Investigación Tecnológica Agroindustrial

FORMATO N°02 – USO DEL SECADOR DE BANDEJAS

❖ *Para Prácticas de Laboratorio y proyectos de Investigación:*

Fecha: 17/02/22 Curso: ——— PTI: ☐ Tesis: ☒

Escuela: E.P. Ingeniería Civil Ciclo: Egresado

Docente o Investigador: Bach. Dina Margarita Jimenez Gonzales

Título de la Práctica o Proyecto: "Mejoramiento de Sub-rasantes de la Red vial CAPTUY-MORO, con cenizas de Donax Obesulus y Cáscara de arroz, 2021"

Muestra: Cáscara de Arroz Entera: ☒ Partida: ☐ Desgrasada: ☐

N°	PARAMETROS	INICIO	FINAL
1	HORA	9:30 am 17/02	10:00 am 18/02
2	HUMEDAD	7,50%	4,85%
3	PESO	11,925 kg	11,896 kg
4	TEMPERATURA (°C)	60°C	60°C
5	RENDIMIENTO	—	η = 99,76%

Muestra: _____ Entera: ☐ Partida: ☐ Desgrasada: ☐

N°	PARAMETROS	INICIO	FINAL
1	HORA		
2	HUMEDAD		
3	PESO		
4	TEMPERATURA (°C)		
5	RENDIMIENTO		

Observaciones:
* Se Utilizó papel aluminio.
* II Lote

Responsable área
Ing. William Eduardo López Rodríguez

Docente o Investigador

Director (a) IITA
Dra. Elza Aguirre Vargas

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
VICERRECTORADO DE INVESTIGACION
Instituto de Investigación Tecnológica Agroindustrial

FORMATO N°01 – USO DEL MÓDULO DE MOLIENDA Y TAMIZADO

❖ *Para Prácticas de Laboratorio y proyectos de Investigación:*

Fecha: 18/02/22 Curso: ——— PTI: ☐ Tesis: ☒

Escuela: E.P. Ingeniería Civil Ciclo: Egresado - Bach.

Docente o Investigador: Bach. Dina Margarita Jimenez Gonzales

Título de la Práctica o Proyecto: "Mejoramiento de Subrasantes de la Red vial CAPTUY - MORO, con Cenizas de Donax Obesulus, y Cáscara de arroz, 2021"

Muestra: Cáscara de Arroz Seco

N°	PARAMETROS	INICIO						FINAL					
1	HORA	9:30 am						11:00 am					
2	HUMEDAD	4,85 %						4,85 %					
3	PESO	11,896 Kg						11,879 Kg					
4	N° DE MALLA	3 mm	X	1 mm		0.8 mm							
5	N° DE TAMIZ (No usó)	1 mm		0.5mm		0.2mm							
6	RENDIMIENTO	η = 99,86 %											

Muestra: ———

N°	PARAMETROS	INICIO						FINAL					
1	HORA												
2	HUMEDAD												
3	PESO												
4	N° DE MALLA	3 mm		1 mm		0.8 mm							
5	N° DE TAMIZ	1 mm		0.5mm		0.2mm							
6	RENDIMIENTO												

Observaciones:
* Se usó bolsas blancas grandes para recepción de Harina - Grits.
* II Lote

Responsable área
Ing. William Eduardo López Rodríguez

Docente o Investigador

Director (a) IITA
Dra. Elza Aguirre Varga

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
VICERRECTORADO DE INVESTIGACION
Instituto de Investigación Tecnológica Agroindustrial

FORMATO N°02 – USO DEL SECADOR DE BANDEJAS

❖ *Para Prácticas de Laboratorio y proyectos de Investigación:*

Fecha: 18/02/22 Curso: —— PTI: ☐ Tesis: ☒

Escuela: E.P. Ingeniería Civil Ciclo: Egresado

Docente o Investigador: Bach. Dina Margarita Jimenez Gonzales

Título de la Práctica o Proyecto: "Mejoramiento de Sub rasantes de la Red vial CAPTUY-MORO con Cenizas de Donax Obesulos y Cáscara de arroz, 2021"

Muestra: Cáscara de arroz Entera: ☒ Partida: ☐ Desgrasada: ☐

N°	PARAMETROS	INICIO	FINAL
1	HORA	10:00 am 18/02	10:30 am 19/02
2	HUMEDAD	7,50%	4,85%
3	PESO	12,332 kg	12,245 kg
4	TEMPERATURA (°C)	60°C	60°C
5	RENDIMIENTO	——	η = 99,29%

Muestra: _____ Entera: ☐ Partida: ☐ Desgrasada: ☐

N°	PARAMETROS	INICIO	FINAL
1	HORA		
2	HUMEDAD		
3	PESO		
4	TEMPERATURA (°C)		
5	RENDIMIENTO		

Observaciones:
* Se utilizó papel aluminio
* III Lote

Responsable área
Ing. William Eduardo López Rodríguez

Docente o Investigador

Director (a) IITA
Dra. Elza Aguirre Vargas

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
VICERRECTORADO DE INVESTIGACION
Instituto de Investigación Tecnológica Agroindustrial

FORMATO N°01 – USO DEL MÓDULO DE MOLIENDA Y TAMIZADO

❖ *Para Prácticas de Laboratorio y proyectos de Investigación:*

Fecha: 21/02/22 Curso: ——— PTI: ☐ Tesis: ☒

Escuela: E.P. Ingeniería Civil Ciclo: Egresado - Bach.

Docente o Investigador: Bach. Dina Margarita Jimenez Gonzales

Título de la Práctica o Proyecto: "Mejoramiento de Subrasantes de la Red vial CAPTUY MORO, Con Cenizas de Donax Obesolos y Cáscara de arroz, 2021"

Muestra: Cáscara de arroz Seco

N°	PARAMETROS	INICIO						FINAL					
1	HORA	11:30 am						1:00 pm					
2	HUMEDAD	4,85 %						4,85 %					
3	PESO	12,245 Kg						12,228 Kg					
4	N° DE MALLA	3 mm	X	1 mm		0.8 mm							
5	N° DE TAMIZ (NO USO)	1 mm		0.5mm		0.2mm							
6	RENDIMIENTO	η = 99,86 %											

Muestra: ———

N°	PARAMETROS	INICIO						FINAL					
1	HORA												
2	HUMEDAD												
3	PESO												
4	N° DE MALLA	3 mm		1 mm		0.8 mm							
5	N° DE TAMIZ	1 mm		0.5mm		0.2mm							
6	RENDIMIENTO												

Observaciones:
* Se usó bolsas blancas grandes para recepción de los Harinas.
* III Lote

Responsable área
Ing. William Eduardo López Rodríguez

Docente o Investigador

Director (a) IITA
Dra. Elza Aguirre Varga

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
VICERRECTORADO DE INVESTIGACION
Instituto de Investigación Tecnológica Agroindustrial

FORMATO N°02 – USO DEL SECADOR DE BANDEJAS

❖ *Para Prácticas de Laboratorio y proyectos de Investigación:*

Fecha: 21/02/22 Curso: ——— PTI: ☐ Tesis: ☒

Escuela: E.P. Ingeniería Civil Ciclo: Egresado

Docente o Investigador: Bach. Dina Margarita Jimenez Gonzales

Título de la Práctica o Proyecto: "Mejoramiento de Sub-rasantes de la Red vial CAPTUY Moro con cenizas de Donax Obesulos y Cáscara de arroz, 2021

Muestra: Cáscara de Arroz Entera: ☒ Partida: ☐ Desgrasada: ☐

N°	PARAMETROS	INICIO	FINAL
1	HORA	9:00 am 21/02	9:00 am 22/02
2	HUMEDAD	7,50 %	4,85 %
3	PESO	15,433 Kg	14,701 Kg
4	TEMPERATURA (°C)	60 °C	60 °C
5	RENDIMIENTO	———	η = 95,25%

Muestra: _____ Entera: ☐ Partida: ☐ Desgrasada: ☐

N°	PARAMETROS	INICIO	FINAL
1	HORA		
2	HUMEDAD		
3	PESO		
4	TEMPERATURA (°C)		
5	RENDIMIENTO		

Observaciones:
* Se utilizó papel aluminio
* IV lote

Responsable área
Ing. William Eduardo López Rodríguez

Docente o Investigador

Director (a) IITA
Dra. Elza Aguirre Vargas

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
VICERRECTORADO DE INVESTIGACION
Instituto de Investigación Tecnológica Agroindustrial

FORMATO N°01 – USO DEL MÓDULO DE MOLIENDA Y TAMIZADO

❖ *Para Prácticas de Laboratorio y proyectos de Investigación:*

Fecha: 22/02/22 Curso: _____ PTI: ☐ Tesis: ☒

Escuela: E.P. Ingeniería Civil Ciclo: Egresado - Bach.

Docente o Investigador: Bach. Dina Margarita Jimenez Gonzales

Título de la Práctica o Proyecto: "Mejoramiento de Subrasantes de la Red vial CAPTUY-MORO, Con cenizas de Donax Obesulus y Cáscara de arroz, 2021"

Muestra: Cáscara de arroz Seco

N°	PARAMETROS	INICIO						FINAL					
1	HORA	11:00 am						12:30 pm					
2	HUMEDAD	4,85%						4,85 %					
3	PESO	14,701 kg						14,612 kg					
4	N° DE MALLA	3 mm	X	1 mm		0.8 mm							
5	N° DE TAMIZ (NO USO)	1 mm		0.5mm		0.2mm							
6	RENDIMIENTO	R = 99,39 %											

Muestra: _____

N°	PARAMETROS	INICIO						FINAL					
1	HORA												
2	HUMEDAD												
3	PESO												
4	N° DE MALLA	3 mm		1 mm		0.8 mm							
5	N° DE TAMIZ	1 mm		0.5mm		0.2mm							
6	RENDIMIENTO												

Observaciones: * Se utilizó bolsas blancas grandes para recepcion de las Harinas
& IV Lote

Responsable área
Ing. William Eduardo López Rodríguez

Docente o Investigador

Director (a) IITA
Dra. Elza Aguirre Varga

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
VICERRECTORADO DE INVESTIGACION
Instituto de Investigación Tecnológica Agroindustrial

FORMATO N°02 – USO DEL SECADOR DE BANDEJAS

❖ *Para Prácticas de Laboratorio y proyectos de Investigación:*

Fecha: 25/02/22 Curso: ——— PTI: ☐ Tesis: ☒

Escuela: E.P. Ingeniería Civil Ciclo: Egresado

Docente o Investigador: Bach. Dina Margarita Jimenez Gonzales

Título de la Práctica o Proyecto: "Mejoramiento de Subrasantes de la Red vial CAPTUY - MORO Con Cenizas de Donax Obesulus y Cáscara de arroz, 2021"

Muestra: Cáscara de arroz Entera: ☒ Partida: ☐ Desgrasada: ☐

N°	PARAMETROS	INICIO	FINAL
1	HORA	10:00 am	10:00 am 26/02
2	HUMEDAD	7,50%	4,85%
3	PESO	15,515 Kg	15,363 Kg
4	TEMPERATURA (°C)	60 °C	60 °C
5	RENDIMIENTO	———	R=99,02%

Muestra: _____ Entera: ☐ Partida: ☐ Desgrasada: ☐

N°	PARAMETROS	INICIO	FINAL
1	HORA		
2	HUMEDAD		
3	PESO		
4	TEMPERATURA (°C)		
5	RENDIMIENTO		

Observaciones:
* Se Utilizó papel aluminio
* V Lote

Responsable área
Ing. William Eduardo López Rodríguez

Docente o Investigador

Director (a) IITA
Dra. Elza Aguirre Varga

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
VICERRECTORADO DE INVESTIGACION
Instituto de Investigación Tecnológica Agroindustrial

FORMATO N°01 – USO DEL MÓDULO DE MOLIENDA Y TAMIZADO

❖ *Para Prácticas de Laboratorio y proyectos de Investigación:*

Fecha: 26/02/22 Curso: ——— PTI: ☐ Tesis: ☒

Escuela: E.P. Ingeniería Civil Ciclo: Egresado

Docente o Investigador: Bach. Diña Margarita Jimenez Gonzales

Título de la Práctica o Proyecto: "Mejoramiento de Subrasantes de la Red Vial CAPTUY-MOPO, Con cenizas de Donax obesulus y Cáscara de arroz, 2021"

Muestra: Cáscara de arroz

N°	PARAMETROS	INICIO						FINAL					
1	HORA	11:00 am						12:00 pm					
2	HUMEDAD	4,85%						4,85%					
3	PESO	15,363 Kg						15,153 Kg					
4	N° DE MALLA	3 mm	X	1 mm		0.8 mm							
5	N° DE TAMIZ (No usó)	1 mm		0.5mm		0.2mm							
6	RENDIMIENTO	R = 98,63%											

Muestra: ———

N°	PARAMETROS	INICIO						FINAL					
1	HORA												
2	HUMEDAD												
3	PESO												
4	N° DE MALLA	3 mm		1 mm		0.8 mm							
5	N° DE TAMIZ	1 mm		0.5mm		0.2mm							
6	RENDIMIENTO												

Observaciones: Se utilizó bolsas grandes blancas para recepción de Harinas V Lote

Responsable área
Ing. William Eduardo López Rodríguez

Docente o Investigador

Director (a) IITA
Dra. Elza Aguirre Varga

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
VICERRECTORADO DE INVESTIGACION
Instituto de Investigación Tecnológica Agroindustrial

FORMATO N°02 – USO DEL SECADOR DE BANDEJAS

❖ *Para Prácticas de Laboratorio y proyectos de Investigación:*

Fecha: 28/02/22 Curso: ——— PTI: ☐ Tesis: ☒

Escuela: E.P. Ingeniería Civil Ciclo: Egresado

Docente o Investigador: Bach. Dina Margarita Jimenez Gonzales

Título de la Práctica o Proyecto: "Mejoramiento de Subrasantes de la Red vial. CAPTUY-Moro con Cenizas de Borax Obesulus y Cáscara de arroz, 2021"

Muestra: Cáscara de arroz Entera: ☒ Partida: ☐ Desgrasada: ☐

N°	PARAMETROS	INICIO	FINAL
1	HORA	10:30 am	11:00 am 01/03
2	HUMEDAD	7,50%	4,85%
3	PESO	12,777 kg	12,099 kg
4	TEMPERATURA (°C)	60°C	60°C
5	RENDIMIENTO	———	$\eta = 94,69\%$

Muestra: _____ Entera: ☐ Partida: ☐ Desgrasada: ☐

N°	PARAMETROS	INICIO	FINAL
1	HORA		
2	HUMEDAD		
3	PESO		
4	TEMPERATURA (°C)		
5	RENDIMIENTO		

Observaciones: Se utilizó papel aluminio.
VI Lote.

Responsable área
Ing. William Eduardo López Rodríguez

Docente o Investigador

Director (a) IITA
Dra. Elza Aguirre Varga

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
VICERRECTORADO DE INVESTIGACION
Instituto de Investigación Tecnológica Agroindustrial

FORMATO N°01 – USO DEL MÓDULO DE MOLIENDA Y TAMIZADO

❖ *Para Prácticas de Laboratorio y proyectos de Investigación:*

Fecha: 01/03/22 Curso: _____ PTI: ☐ Tesis: ☒

Escuela: E.P. Ingeniería Civil Ciclo: Egresado

Docente o Investigador: Bach. Diña Margarita Jimenez Gonzales

Título de la Práctica o Proyecto: "Mejoramiento de Subrasantes de la Red vial CAPTUY-Moro con cenizas de Donax Obesolus y Cáscara de arroz, 2021"

Muestra: Cáscara de arroz

N°	PARAMETROS	INICIO						FINAL					
1	HORA	12:00 pm						1:30 pm					
2	HUMEDAD	4,85%						4,85%					
3	PESO	12,099 kg						12,003 kg					
4	N° DE MALLA	3 mm	X	1 mm		0.8 mm							
5	N° DE TAMIZ (NO USO)	1 mm		0.5mm		0.2mm							
6	RENDIMIENTO	R = 99,21 %											

Muestra: _____

N°	PARAMETROS	INICIO						FINAL					
1	HORA												
2	HUMEDAD												
3	PESO												
4	N° DE MALLA	3 mm		1 mm		0.8 mm							
5	N° DE TAMIZ	1 mm		0.5mm		0.2mm							
6	RENDIMIENTO												

Observaciones: Se utilizó bolsos grandes blancas para recepcion de Harinas VII Lote

Responsable área
Ing. William Eduardo López Rodríguez

Docente o Investigador

Director (a) IITA
Dra. Elza Aguirre Varga

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
VICERRECTORADO DE INVESTIGACION
Instituto de Investigación Tecnológica Agroindustrial

FORMATO N°02 – USO DEL SECADOR DE BANDEJAS

❖ *Para Prácticas de Laboratorio y proyectos de Investigación:*

Fecha: 01/03/22 Curso: ——— PTI: ☐ Tesis: ☒

Escuela: E.P. Ingeniería Civil Ciclo: Egresado

Docente o Investigador: Bach. Dina Margarita Jimenez Gonzales

Título de la Práctica o Proyecto: "Mejoramiento de Subrasantes de la Red vial CAPTUY - MORO, Con cenizas de Donax Obesulus, y cáscara de arroz, 2021"

Muestra: Cáscara de arroz Entera: ☒ Partida: ☐ Desgrasada: ☐

N°	PARAMETROS	INICIO	FINAL
1	HORA	11:30 am	12:00pm 02/03
2	HUMEDAD	7,50%	4,85%
3	PESO	13,888 Kg	13,791 Kg
4	TEMPERATURA (°C)	60°C	60°C
5	RENDIMIENTO	———	R= 95,89%

Muestra: _____ Entera: ☐ Partida: ☐ Desgrasada: ☐

N°	PARAMETROS	INICIO	FINAL
1	HORA		
2	HUMEDAD		
3	PESO		
4	TEMPERATURA (°C)		
5	RENDIMIENTO		

Observaciones:
* Se utilizó papel aluminio
* VII Lote

Responsable área
Ing. William Eduardo López Rodríguez

Docente o Investigador

Director (a) IITA
Dra. Elza Aguirre Varga

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
VICERRECTORADO DE INVESTIGACION
Instituto de Investigación Tecnológica Agroindustrial

FORMATO N°01 – USO DEL MÓDULO DE MOLIENDA Y TAMIZADO

❖ *Para Prácticas de Laboratorio y proyectos de Investigación:*

Fecha: 02/03/22 Curso: ——— PTI: ☐ Tesis: ☒

Escuela: E.P. Ingeniería Civil Ciclo: Egresado

Docente o Investigador: Bach. Diña Margarita Jimenez Gonzales

Título de la Práctica o Proyecto: "Mejoramiento de Subrasantes de la Red vial CAPTUY-Moro, con cenizas de Donax Obesulos y Cáscara de arroz, 2021"

Muestra: Cáscara de arroz

N°	PARAMETROS	INICIO						FINAL
1	HORA	1:00 pm						2:00 pm
2	HUMEDAD	4,85%						4,85%
3	PESO	13,791 kg						13,273%
4	N° DE MALLA	3 mm	X	1 mm		0.8 mm		
5	N° DE TAMIZ (No uso)	1 mm		0.5mm		0.2mm		
6	RENDIMIENTO	η = 96,24%						

Muestra: _____

N°	PARAMETROS	INICIO						FINAL
1	HORA							
2	HUMEDAD							
3	PESO							
4	N° DE MALLA	3 mm		1 mm		0.8 mm		
5	N° DE TAMIZ	1 mm		0.5mm		0.2mm		
6	RENDIMIENTO							

Observaciones: Se utilizó bolsas grandes blancas para recepcion de Harinas. VIII Lote

Responsable área
Ing. William Eduardo López Rodríguez

Docente o Investigador

Director (a) IITA
Dra. Elza Aguirre Varga

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
VICERRECTORADO DE INVESTIGACION
Instituto de Investigación Tecnológica Agroindustrial

FORMATO N°02 – USO DEL SECADOR DE BANDEJAS

❖ *Para Prácticas de Laboratorio y proyectos de Investigación:*

Fecha: 03/03/22 Curso: ——— PTI: ☐ Tesis: ☒

Escuela: E.P. Ingeniería Civil Ciclo: Egresado

Docente o Investigador: Bach. Diña Margarita Jimenez Gonzales

Título de la Práctica o Proyecto: "Mejoramiento de Subrasantes de la Red vial CAPTUY Moro, con cenizas de Donax Obesulus y cáscara de arroz, 2021"

Muestra: Cáscarde de arroz Entera: ☒ Partida: ☐ Desgrasada: ☐

N°	PARAMETROS	INICIO	FINAL
1	HORA	9:00 am	10:30 am 04/03
2	HUMEDAD	7,50%	4.85%
3	PESO	13,761 Kg	13,263 Kg
4	TEMPERATURA (°C)	60°C	60°C
5	RENDIMIENTO	———	R = 96,38%

Muestra: _____ Entera: ☐ Partida: ☐ Desgrasada: ☐

N°	PARAMETROS	INICIO	FINAL
1	HORA		
2	HUMEDAD		
3	PESO		
4	TEMPERATURA (°C)		
5	RENDIMIENTO		

Observaciones: Se Utilizo papel aluminio
VIII Lote

Responsable área
Ing. William Eduardo López Rodríguez

Docente o Investigador

Director (a) IITA
Dra. Elza Aguirre Varga

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
VICERRECTORADO DE INVESTIGACION
Instituto de Investigación Tecnológica Agroindustrial

FORMATO N°01 – USO DEL MÓDULO DE MOLIENDA Y TAMIZADO

❖ *Para Prácticas de Laboratorio y proyectos de Investigación:*

Fecha: 04/03/22 Curso: ——— PTI: ☐ Tesis: ☒

Escuela: E.P. Ingeniería Civil Ciclo: Egresado

Docente o Investigador: Bach. Dina Margarita Jimenez Gonzales

Título de la Práctica o Proyecto: "Mejoramiento de Sub-rasantes de la Red vial CAPTUY-Moro, Con Cenizas de Donax Obesulos y cáscara de arroz, 2021"

Muestra: Cáscara de arroz

N°	PARAMETROS	INICIO				FINAL	
1	HORA	11:30 am				12:00pm	
2	HUMEDAD	4,85 %				4,85%	
3	PESO	13,263 kg				13,103 kg	
4	N° DE MALLA	3 mm	X	1 mm		0.8 mm	
5	N° DE TAMIZ (NO USO)	1 mm		0.5mm		0.2mm	
6	RENDIMIENTO	η = 98,79%					

Muestra: ———

N°	PARAMETROS	INICIO				FINAL	
1	HORA						
2	HUMEDAD						
3	PESO						
4	N° DE MALLA	3 mm		1 mm		0.8 mm	
5	N° DE TAMIZ	1 mm		0.5mm		0.2mm	
6	RENDIMIENTO						

Observaciones:
* El mismo tesista trajo sus bolsas transparentes
* VIII Lote

Responsable área
Ing. William Eduardo López Rodríguez

Docente o Investigador

Director (a) IITA
Dra. Elza Aguirre Varga

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
VICERRECTORADO DE INVESTIGACION
Instituto de Investigación Tecnológica Agroindustrial

FORMATO N°02 – USO DEL SECADOR DE BANDEJAS

❖ *Para Prácticas de Laboratorio y proyectos de Investigación:*

Fecha: 04/03/22 Curso: ——— PTI: ☐ Tesis: ☒

Escuela: E.P. Ingeniería Civil Ciclo: Egresado

Docente o Investigador: Bach. Dina Margarita Jimenez Gonzales

Título de la Práctica o Proyecto: "Mejoramiento de Subrasantes de la Red Vial CAPTUY - MOKO, Con Cenizas de Donax Obesulos, con cáscara de arroz, 2021"

Muestra: Cáscara de arroz Entera: ☒ Partida: ☐ Desgrasada: ☐

N°	PARAMETROS	INICIO	FINAL
1	HORA	11:30 am	11:00 am 05/03
2	HUMEDAD	7,50%	4,85%
3	PESO	8,675 kg	8,231 kg
4	TEMPERATURA (°C)	60°C	60°C
5	RENDIMIENTO	—	R = 94,88%

Muestra: _____ Entera: ☐ Partida: ☐ Desgrasada: ☐

N°	PARAMETROS	INICIO	FINAL
1	HORA		
2	HUMEDAD		
3	PESO		
4	TEMPERATURA (°C)		
5	RENDIMIENTO		

Observaciones:
* Se utilizó papel aluminio
* IX Lote

Responsable área
Ing. William Eduardo López Rodríguez

Docente o Investigador

Director (a) IITA
Dra. Elza Aguirre Varga

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
VICERRECTORADO DE INVESTIGACION
Instituto de Investigación Tecnológica Agroindustrial

FORMATO N°01 – USO DEL MÓDULO DE MOLIENDA Y TAMIZADO

❖ *Para Prácticas de Laboratorio y proyectos de Investigación:*

Fecha: 07/03/22 Curso: _____ PTI: ☐ Tesis: ☒

Escuela: E.P. Ingeniería Civil Ciclo: Egresado

Docente o Investigador: Bach. Dina Margarita Jimenez Gonzales

Título de la Práctica o Proyecto: "Mejoramiento de Subrasantes de la Red Vial CAPTUY-MORO, Con cenizas de Donax Obesulos, y Cáscara de arroz, 2021"

Muestra: Cáscara de arroz

N°	PARAMETROS	INICIO						FINAL					
1	HORA	12:00 pm						1:00 pm					
2	HUMEDAD	4,85%						4,85%					
3	PESO	8,231 Kg						8,223%					
4	N° DE MALLA	3 mm	X	1 mm		0.8 mm							
5	N° DE TAMIZ (No usó)	1 mm		0.5mm		0.2mm							
6	RENDIMIENTO	η = 99,09%											

Muestra: _____

N°	PARAMETROS	INICIO						FINAL					
1	HORA												
2	HUMEDAD												
3	PESO												
4	N° DE MALLA	3 mm		1 mm		0.8 mm							
5	N° DE TAMIZ	1 mm		0.5mm		0.2mm							
6	RENDIMIENTO												

Observaciones:
- El mismo tesista trajo sus propias bolsas.
- IX Lote

Responsable área
Ing. William Eduardo López Rodríguez

Docente o Investigador

Director (a) IITA
Dra. Elza Aguirre Varga

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
VICERRECTORADO DE INVESTIGACION
Instituto de Investigación Tecnológica Agroindustrial

FORMATO N°02 – USO DEL SECADOR DE BANDEJAS

❖ *Para Prácticas de Laboratorio y proyectos de Investigación:*

Fecha: 07/03/22 Curso: ——— PTI: ☐ Tesis: ☒

Escuela: E.P. Ingeniería Civil Ciclo: Egresado

Docente o Investigador: Bach. Dina Margarita Jimenez Gonzales

Título de la Práctica o Proyecto: "Mejoramiento de Subrasantes de la Red vial CAPTUY-MORO con cenizas de Donax obesulos y Cáscara de arroz, 2021"

Muestra: Cáscara de arroz Entera: ☒ Partida: ☐ Desgrasada: ☐

N°	PARAMETROS	INICIO	FINAL
1	HORA	10:00 am	10:30 am 08/03
2	HUMEDAD	7,50%	4,85 %
3	PESO	14,551 Kg	13,872 Kg
4	TEMPERATURA (°C)	60°C	60°C
5	RENDIMIENTO	———	$\eta = 95,26\%$

Muestra: _____ Entera: ☐ Partida: ☐ Desgrasada: ☐

N°	PARAMETROS	INICIO	FINAL
1	HORA		
2	HUMEDAD		
3	PESO		
4	TEMPERATURA (°C)		
5	RENDIMIENTO		

Observaciones:
* Se utilizó papel aluminio
* X Lote

Responsable área
Ing. William Eduardo López Rodríguez

Docente o Investigador

Director (a) IITA
Dra. Elza Aguirre Varga

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
VICERRECTORADO DE INVESTIGACION
Instituto de Investigación Tecnológica Agroindustrial

FORMATO N°01 – USO DEL MÓDULO DE MOLIENDA Y TAMIZADO

❖ *Para Prácticas de Laboratorio y proyectos de Investigación:*

Fecha: 08/03/22 Curso: ——— PTI: ☐ Tesis: ☒

Escuela: E.P. Ingeniería Civil Ciclo: Egresado

Docente o Investigador: Bach. Dina Margarita Jiménez Gonzales

Título de la Práctica o Proyecto: "Mejoramiento de Subrasantes de la Red vial CAPTUY MORO, con cenizas de Donax Obesulus y Cáscara de arroz, 2021"

Muestra: Cáscara de arroz

N°	PARAMETROS	INICIO				FINAL	
1	HORA	11:15 am				12:15 pm	
2	HUMEDAD	4,85%				4,85%	
3	PESO	13,872 kg				13,813 %	
4	N° DE MALLA	3 mm	X	1 mm		0.8 mm	
5	N° DE TAMIZ (NO USO)	1 mm		0.5mm		0.2mm	
6	RENDIMIENTO	η = 99,57%					

Muestra: _____

N°	PARAMETROS	INICIO				FINAL	
1	HORA						
2	HUMEDAD						
3	PESO						
4	N° DE MALLA	3 mm		1 mm		0.8 mm	
5	N° DE TAMIZ	1 mm		0.5mm		0.2mm	
6	RENDIMIENTO						

Observaciones:
* El mismo tesista trajo sus propias bolsas.
* X Lote

Responsable área
Ing. William Eduardo López Rodríguez

Docente o Investigador

Director (a) IITA
Dra. Elza Aguirre Varga

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
VICERRECTORADO DE INVESTIGACION
Instituto de Investigación Tecnológica Agroindustrial

FORMATO N°02 – USO DEL SECADOR DE BANDEJAS

❖ *Para Prácticas de Laboratorio y proyectos de Investigación:*

Fecha: 08/03/22 Curso: _____ PTI: ☐ Tesis: ☒

Escuela: E.P. Ingeniería Civil Ciclo: Egresado

Docente o Investigador: Bach. Dina Margarita Jimenez Gonzales

Título de la Práctica o Proyecto: "Mejoramiento de Subrasantes de la Red vial CAPTUY-Moro, con cenizas de Donax obesulum y Cáscara de arroz, 2021"

Muestra: Cáscara de arroz Entera: ☒ Partida: ☐ Desgrasada: ☐

N°	PARAMETROS	INICIO	FINAL
1	HORA	9:45 am	10:00 am 09/03
2	HUMEDAD	7,50%	4,85%
3	PESO	15,756 Kg	15,150 kg
4	TEMPERATURA (°C)	60°C	60°C
5	RENDIMIENTO	____	η = 96,15%

Muestra: _____ Entera: ☐ Partida: ☐ Desgrasada: ☐

N°	PARAMETROS	INICIO	FINAL
1	HORA		
2	HUMEDAD		
3	PESO		
4	TEMPERATURA (°C)		
5	RENDIMIENTO		

Observaciones:
* se utilizó papel aluminio
* XI Lote

Responsable área
Ing. William Eduardo López Rodríguez

Docente o Investigador

Director (a) IITA
Dra. Elza Aguirre Varga

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
VICERRECTORADO DE INVESTIGACION
Instituto de Investigación Tecnológica Agroindustrial

FORMATO N°01 – USO DEL MÓDULO DE MOLIENDA Y TAMIZADO

❖ *Para Prácticas de Laboratorio y proyectos de Investigación:*

Fecha: 09/03/22 Curso: _____ PTI: ☐ Tesis: ☒

Escuela: E.P. Ingeniería Civil Ciclo: Egresado

Docente o Investigador: Bach. Dina Margarita Jimenez Gonzales

Título de la Práctica o Proyecto: "Mejoramiento de sub-rasantes de la Red Vial CAPTUY - HORO, Con cenizas de Donax Obesulos y Cáscara de arroz, 2021"

Muestra: Cáscara de arroz

N°	PARAMETROS	INICIO				FINAL	
1	HORA	12:00 pm				1:00 pm	
2	HUMEDAD	4,85%				4,85%	
3	PESO	15,150 kg				14,983%	
4	N° DE MALLA	3 mm	X	1 mm		0.8 mm	
5	N° DE TAMIZ (NO USO)	1 mm		0.5mm		0.2mm	
6	RENDIMIENTO	R = 98,30%					

Muestra: _____

N°	PARAMETROS	INICIO				FINAL	
1	HORA						
2	HUMEDAD						
3	PESO						
4	N° DE MALLA	3 mm		1 mm		0.8 mm	
5	N° DE TAMIZ	1 mm		0.5mm		0.2mm	
6	RENDIMIENTO						

Observaciones:
* El tesista trajo sus propios bolsas
* XI Lote

Responsable área
Ing. William Eduardo López Rodríguez

Docente o Investigador

Director (a) IITA
Dra. Elza Aguirre Varga

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
VICERRECTORADO DE INVESTIGACION
Instituto de Investigación Tecnológica Agroindustrial

FORMATO N°02 – USO DEL SECADOR DE BANDEJAS

❖ *Para Prácticas de Laboratorio y proyectos de Investigación:*

Fecha: 09/03/22 Curso: ——— PTI: ☐ Tesis: ☒

Escuela: E.P. Ingeniería Civil Ciclo: Egresado

Docente o Investigador: Bach. Dina Margarita Jimenez Gonzales

Título de la Práctica o Proyecto: "Mejoramiento de Subrasantes de la Red vial CAPTUY-Moro, Con cenizas de Donax Obesulus y Cáscara de arroz, 2021"

Muestra: Cáscara de arroz Entera: ☒ Partida: ☐ Desgrasada: ☐

N°	PARAMETROS	INICIO	FINAL
1	HORA	10:00 am	10:00am 10/03
2	HUMEDAD	7,50 %	4,85 %
3	PESO	17,229 Kg	16,174 Kg
4	TEMPERATURA (°C)	60°C	60°C
5	RENDIMIENTO	—	η = 93,88%

Muestra: _____ Entera: ☐ Partida: ☐ Desgrasada: ☐

N°	PARAMETROS	INICIO	FINAL
1	HORA		
2	HUMEDAD		
3	PESO		
4	TEMPERATURA (°C)		
5	RENDIMIENTO		

Observaciones:
- Se utilizó papel aluminio
- XII Lote

Responsable área
Ing. William Eduardo López Rodríguez

Docente o Investigador

Director (a) IITA
Dra. Elza Aguirre Varga

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
VICERRECTORADO DE INVESTIGACION
Instituto de Investigación Tecnológica Agroindustrial

FORMATO N°01 – USO DEL MÓDULO DE MOLIENDA Y TAMIZADO

❖ *Para Prácticas de Laboratorio y proyectos de Investigación:*

Fecha: 10/03/22 Curso: ——— PTI: ☐ Tesis: X

Escuela: EP. Ingeniería Civil Ciclo: Egresado

Docente o Investigador: Bach. Dina Margarita Jimenez Gonzales

Título de la Práctica o Proyecto: "Mejoramiento de Subrasantes de la Red Vial CAPTUY HORO, Con Cenizas de Donax Obesulos y Cáscara de arroz, 2021"

Muestra: Cáscara de arroz

N°	PARAMETROS	INICIO						FINAL					
1	HORA	12:30 pm						1:30 pm					
2	HUMEDAD	4,85%						4,85%					
3	PESO	16,174 Kg						16,057 kg					
4	N° DE MALLA	3 mm	X	1 mm		0.8 mm							
5	N° DE TAMIZ (No uso)	1 mm		0.5mm		0.2mm							
6	RENDIMIENTO	R = 99,28%											

Muestra: ———

N°	PARAMETROS	INICIO						FINAL					
1	HORA												
2	HUMEDAD												
3	PESO												
4	N° DE MALLA	3 mm		1 mm		0.8 mm							
5	N° DE TAMIZ	1 mm		0.5mm		0.2mm							
6	RENDIMIENTO												

Observaciones:
* El mismo tesista trajo sus propios bolsos.
* XII Lote

Responsable área
Ing. William Eduardo López Rodríguez

Docente o Investigador

Director (a) IITA
Dra. Elza Aguirre Varga

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
VICERRECTORADO DE INVESTIGACION
Instituto de Investigación Tecnológica Agroindustrial

FORMATO N°02 – USO DEL SECADOR DE BANDEJAS

❖ *Para Prácticas de Laboratorio y proyectos de Investigación:*

Fecha: 10/03/22 Curso: ——— PTI: ☐ Tesis: ☒

Escuela: E.P. Ingeniería Civil Ciclo: Egresado

Docente o Investigador: Bach. Diña Margarita Jimenez Gonzales

Título de la Práctica o Proyecto: "Mejoramiento de Sub-rasantes de la Red vial CAPTUY-Moro, Con Donax obesulus y Cáscara de arroz, 2021"

Muestra: Cáscara de arroz Entera: ☒ Partida: ☐ Desgrasada: ☐

N°	PARAMETROS	INICIO	FINAL
1	HORA	11:00 am	11:00am
2	HUMEDAD	7,50%	4,85%
3	PESO	12,317 Kg	11,949 Kg
4	TEMPERATURA (°C)	60°C	60°C
5	RENDIMIENTO	—	η = 97,01%

11/03

Muestra: _____ Entera: ☐ Partida: ☐ Desgrasada: ☐

N°	PARAMETROS	INICIO	FINAL
1	HORA		
2	HUMEDAD		
3	PESO		
4	TEMPERATURA (°C)		
5	RENDIMIENTO		

Observaciones:
*Se Utilizó papel aluminio
*XIII Lote

Responsable área
Ing. William Eduardo López Rodríguez

Docente o Investigador

Director (a) IITA
Dra. Elza Aguirre Varga

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
VICERRECTORADO DE INVESTIGACION
Instituto de Investigación Tecnológica Agroindustrial

FORMATO N°01 – USO DEL MÓDULO DE MOLIENDA Y TAMIZADO

❖ *Para Prácticas de Laboratorio y proyectos de Investigación:*

Fecha: 11/03/22 Curso: ——— PTI: ☐ Tesis: ☒

Escuela: E.P. Ingeniería Civil Ciclo: Egresado

Docente o Investigador: Bach. Dina Margarita Jimenez Gonzales

Título de la Práctica o Proyecto: "Mejoramiento de Sub rasantes de la Red Vial CAPTUY - MORO, Con Cenizas de Donax Obesulos y Cáscara de arroz, 2021"

Muestra: Cáscara de arroz

N°	PARAMETROS	INICIO						FINAL					
1	HORA	11:30 am						12:45 pm					
2	HUMEDAD	4,85%						4,85%					
3	PESO	11,949 kg						11,703 kg					
4	N° DE MALLA	3 mm	X	1 mm		0.8 mm							
5	N° DE TAMIZ (NO LISO)	1 mm		0.5mm		0.2mm							
6	RENDIMIENTO	R= 97,94%											

Muestra: ———

N°	PARAMETROS	INICIO						FINAL					
1	HORA												
2	HUMEDAD												
3	PESO												
4	N° DE MALLA	3 mm		1 mm		0.8 mm							
5	N° DE TAMIZ	1 mm		0.5mm		0.2mm							
6	RENDIMIENTO												

Observaciones:
* El mismo tesista trajo sus bolsas.
* XIII Lote

Responsable área
Ing. William Eduardo López Rodríguez

Docente o Investigador

Director (a) IITA
Dra. Elza Aguirre Varga

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
VICERRECTORADO DE INVESTIGACION
Instituto de Investigación Tecnológica Agroindustrial

FORMATO N°02 – USO DEL SECADOR DE BANDEJAS

❖ *Para Prácticas de Laboratorio y proyectos de Investigación:*

Fecha: 19/04 - 29/04 Curso: _____ PTI: ☐ Tesis: ☒

Escuela: E.P. Ingeniería Civil Ciclo: Egresado - Bachiller

Docente o Investigador: Bach. Dina Margarita Jimenez Gonzales

Título de la Práctica o Proyecto: "Mejoramiento de Subrasantes de la Red Vial CAPTHY - MORO, Con Cenizas de Donax Obesulus y Cáscara de arroz, 2021"

Muestra: Cáscara de arroz Entera: ☒ Partida: ☐ Desgrasada: ☐

N°	PARAMETROS	INICIO	FINAL
1	HORA	9:00 am →	9:00 am (1 día)
2	HUMEDAD	7,50%	4,85%
3	PESO	107,014 Kg	105,347 Kg
4	TEMPERATURA (°C)	60°C	60°C
5	RENDIMIENTO	———	R = 98,442%

Muestra: _____ Entera: ☐ Partida: ☐ Desgrasada: ☐

N°	PARAMETROS	INICIO	FINAL
1	HORA		
2	HUMEDAD		
3	PESO		
4	TEMPERATURA (°C)		
5	RENDIMIENTO		

Observaciones:
- Lote XIV - XX
- Se utilizó papel aluminio.

Responsable área
Ing. William Eduardo López Rodríguez

Docente o Investigador

Director (a) IITA
Dra. Elza Aguirre Varga

INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN TECNOLÓGICA AGROINDUSTRIAL

ANEXO – RESUMEN FORMATO N°02

Título del trabajo de investigación:

<< Mejoramiento de subrasantes de la Red vial Captuy - Moro, con cenizas de Donax obesulus y cáscara de arroz, 2021 >>

	SECADOR DE BANDEJAS		
Parámetro	Inicio	Final	Nro. Lote
Peso	12, 828 kg 19/04/22	12, 683 kg 20/04/22	XIV
Rendimiento	η = 98, 870 %		
Peso	13, 570 kg 20/04/22	13, 345 kg 21/04/22	XV
Rendimiento	η = 98, 342 %		
Peso	16, 376 kg 21/04/22	16, 074 kg 22/04/22	XVI
Rendimiento	η = 98, 156 %		
Peso	16, 579 kg 25/04/22	16, 317 kg 26/04/22	XVII
Rendimiento	η = 98, 420 %		
Peso	15,810 kg 26/04/22	15, 541 kg 27/04/22	XVIII
Rendimiento	η = 98, 299 %		
Peso	16, 005 kg 27/04/22	15, 922 kg 28/04/22	XIX
Rendimiento	η = 99, 481 %		
Peso	15, 846 kg 28/04/22	15, 465 kg 29/04/22	XX
Rendimiento	η = 97, 596 %		

Responsable área

Ing. William Eduardo López Rodríguez

Docente o investigador

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
VICERRECTORADO DE INVESTIGACION
Instituto de Investigación Tecnológica Agroindustrial

FORMATO N°01 – USO DEL MÓDULO DE MOLIENDA Y TAMIZADO

❖ *Para Prácticas de Laboratorio y proyectos de Investigación:*

Fecha: 20/04 - 29/04 Curso: —— PTI: ☐ Tesis: ☒

Escuela: E.P. Ingeniería Civil Ciclo: Egresado - Bachiller

Docente o Investigador: Bach. Dina Margarita Jimenez Gonzales

Título de la Práctica o Proyecto: "Mejoramiento de Sub-rasantes de la Red Vial CAPTUY- MORO, Con cenizas de Donax obesulus y Cáscara de arroz, 2021"

Muestra: Cáscara de arroz

N°	PARAMETROS	INICIO	FINAL
1	HORA	11:00 pm	12:00 pm
2	HUMEDAD	4,85%	4,85%
3	PESO	105,347 kg	103,321 kg
4	N° DE MALLA	3 mm ☒ 1 mm ☐ 0.8 mm ☐	
5	N° DE TAMIZ (NO USÓ)	1 mm ☐ 0.5mm ☐ 0.2mm ☐	
6	RENDIMIENTO	R = 98,077%	

Muestra: _____

N°	PARAMETROS	INICIO	FINAL
1	HORA		
2	HUMEDAD		
3	PESO		
4	N° DE MALLA	3 mm ☐ 1 mm ☐ 0.8 mm ☐	
5	N° DE TAMIZ	1 mm ☐ 0.5mm ☐ 0.2mm ☐	
6	RENDIMIENTO		

Observaciones: Lotes del XIV – XX
Se usó bolsas Transparentes para la recepción

Responsable área
Ing. William Eduardo López Rodríguez

Docente o Investigador

Director (a) IITA
Dra. Elza Aguirre Varga

INSTITUTO DE INVESTIGACIÓN TECNOLÓGICA AGROINDUSTRIAL

ANEXO – RESUMEN FORMATO N°01

Título del trabajo de investigación:

« Mejoramiento de subrasantes de la Red vial Captuy- Moro, con cenizas de Donax obesulus y cáscara de arroz, 2021 ».

	MÓDULO DE MOLIENTA Y TAMIZADO		
Parámetro	Inicio	Final	Nro. Lote
Peso	12,683 kg 20/04/22	12,443 kg 20/04/22	XIV
Rendimiento	η = 98,108 %.		
Peso	13,345 kg 21/04/22	13,283 kg 21/04/22	XV
Rendimiento	η = 99,535 %.		
Peso	16,074 kg 22/04/22	15,703 kg 22/04/22	XVI
Rendimiento	η = 97,692 %.		
Peso	16,317 kg 26/04/22	15,973 kg 26/04/22	XVII
Rendimiento	η = 97,892 %.		
Peso	15,541 kg 27/04/22	15,243 kg 27/04/22	XVIII
Rendimiento	η = 98,082 %		
Peso	15,922 kg 28/04/22	15,583 kg 28/04/22	XIX
Rendimiento	η = 97,873 %.		
Peso	15,465 kg 29/04/22	15,093 kg 29/04/22	XX
Rendimiento	η = 97,595 %.		

Responsable área

Ing. William Eduardo López Rodríguez

Docente o investigador

ANEXO 4.6.:

MOLIENDA DE LA DONAX OBESULUS

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
VICERRECTORADO DE INVESTIGACION
Instituto de Investigación Tecnológica Agroindustrial

FORMATO N°01 – USO DEL MÓDULO DE MOLIENDA Y TAMIZADO

❖ *Para Prácticas de Laboratorio y proyectos de Investigación:*

Fecha: 16/03/22 Curso: —— PTI: ☐ Tesis: ☒

Escuela: E. P. Ingeniería Civil Ciclo: Egresado - Bachiller

Docente o Investigador: Dina Margarita Jimenez Gonzales.

Título de la Práctica o Proyecto: "Mejoramiento de subrasantes de la Red Vial Captuy - Moro, con cenizas de Donax obesulus y cáscara de Arroz, 2021"

Muestra: Marucha

N°	PARAMETROS	INICIO						FINAL					
1	HORA	12:00 pm						1:00 pm					
2	HUMEDAD	4,85 %.						4,85%					
3	PESO	17, 100 Kg						16, 874 Kg					
4	N° DE MALLA	3 mm	X	1 mm		0.8 mm							
5	N° DE TAMIZ (NO USO)	1 mm		0.5mm		0.2mm							
6	RENDIMIENTO	η = 98,68 %											

Muestra: _____

N°	PARAMETROS	INICIO						FINAL					
1	HORA												
2	HUMEDAD												
3	PESO												
4	N° DE MALLA	3 mm		1 mm		0.8 mm							
5	N° DE TAMIZ	1 mm		0.5mm		0.2mm							
6	RENDIMIENTO												

Observaciones: Lote I

Responsable área
Ing. William Eduardo López Rodríguez

margarita Jimenez
Docente o Investigador

Director (a) IITA
Dra. Elza Aguirre Varga

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
VICERRECTORADO DE INVESTIGACION
Instituto de Investigación Tecnológica Agroindustrial

FORMATO N°01 – USO DEL MÓDULO DE MOLIENDA Y TAMIZADO

❖ *Para Prácticas de Laboratorio y proyectos de Investigación:*

Fecha: 22/03/22 Curso: —— PTI: ☐ Tesis: ☒

Escuela: E. P. Ingeniería Civil Ciclo: Egresado - Bachiller

Docente o Investigador: Dina Margarita Jimenez Gonzales.

Título de la Práctica o Proyecto: "Mejoramiento de subrasantes de la Red vial Captuy - Moro, con cenizas de Donax obesulus y cáscara de arroz, 2021"

Muestra: Marucha

N°	PARAMETROS	INICIO						FINAL					
1	HORA	12:30 pm						1:30 pm					
2	HUMEDAD	4,85%						4,85%					
3	PESO	17,200 Kg						16,933 Kg					
4	N° DE MALLA	3 mm		x	1 mm		0.8 mm						
5	N° DE TAMIZ (No usó)	1 mm			0.5mm		0.2mm						
6	RENDIMIENTO	R = 98,45%											

Muestra: _____

N°	PARAMETROS	INICIO						FINAL					
1	HORA												
2	HUMEDAD												
3	PESO												
4	N° DE MALLA	3 mm			1 mm		0.8 mm						
5	N° DE TAMIZ	1 mm			0.5mm		0.2mm						
6	RENDIMIENTO												

Observaciones: Lote II

Responsable área
Ing. William Eduardo López Rodríguez

Docente o Investigador

Director (a) IITA
Dra. Elza Aguirre Varga

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
VICERRECTORADO DE INVESTIGACION
Instituto de Investigación Tecnológica Agroindustrial

FORMATO N°01 – USO DEL MÓDULO DE MOLIENDA Y TAMIZADO

❖ *Para Prácticas de Laboratorio y proyectos de Investigación:*

Fecha: 05/05/22 Curso: _____ PTI: ☐ Tesis: ☒

Escuela: E.P. Ingeniería Civil Ciclo: Egresado - Bachiller

Docente o Investigador: Bach. Diña Margarita Jimenez Gonzales

Título de la Práctica o Proyecto: "Mejoramiento de Subrasantes de la Red vial CAPTUY - MORO, Con Cenizas de Donax Obesulus y Cáscara de arroz, 2021"

Muestra: Maruchа

N°	PARAMETROS	INICIO						FINAL					
1	HORA	11:30 pm						12:30 pm					
2	HUMEDAD	—						—					
3	PESO	10,723 Kg						10,513 Kg					
4	N° DE MALLA	3 mm	X	1 mm		0.8 mm							
5	N° DE TAMIZ (NO USÓ)	1 mm		0.5mm		0.2mm							
6	RENDIMIENTO	R = 98,02%											

Muestra: _____

N°	PARAMETROS	INICIO						FINAL					
1	HORA												
2	HUMEDAD												
3	PESO												
4	N° DE MALLA	3 mm		1 mm		0.8 mm							
5	N° DE TAMIZ	1 mm		0.5mm		0.2mm							
6	RENDIMIENTO												

Observaciones: Lote III

Responsable área
Ing. William Eduardo López Rodríguez

Docente o Investigador

Director (a) IITA
Dra. Elza Aguirre Varga

ANEXO 4.7.:

REPORTE DE LA INCINERACIÓN DE LA DONAX OBESULUS Y CÁSCARA DE ARROZ

REPORTE DE SERVICIO
RS-015-22

1. DATOS DEL CLIENTE

1.1	Cliente	:	DINA MARGARITA JIMENEZ GONZALES
1.2	RUC/DNI	:	46625521
1.3	Proyecto	:	MEJORAMIENTO DE SUBRASANTES DE LA RED VIAL CAPTUY – MORO, CON CENIZAS DE DONAX OBESULUS Y CÁSCARA DE ARROZ, 2021

2. FECHAS

2.1	Inicio	:	21 de marzo del 2022
2.2	Fin	:	23 de marzo del 2022
2.3	Emisión de informe	:	12 de abril del 2022

3. CONDICIONES DE CALCINACIÓN

3.1	Temperatura	:	775.0 °C ± 1.0°C
3.2	Tiempo	:	4 horas

4. DATOS DE LA MUESTRA RECALCINADA Y CENIZA ENTREGADA

4.1	Código de Muestra	:	S-3506
4.2	Descripción	:	RESIDUO DE DONAX
4.3	Estado	:	Sólido / Pulverizado

Tabla N°1: Obtención de Ceniza (1° semana)

Código de Laboratorio	Muestra Inicial (Kg)	Muestra Final (Kg)	Cantidad de Ceniza (Kg)	% de Ceniza
S-3506	3.127	1.876	1.876	60.00

Imagen N°1: Mufla usada en la Calcinación controlada

- Los Resultados pertenecen a las muestras entregadas al laboratorio
- Queda prohibida la copia parcial de este informe sin el consentimiento por escrito de SISTEMA DE SERVICIOS Y ANÁLISIS QUÍMICOS SAC.

FIN DE DOCUMENTO

DIEGO ROMANO VERGARAY D'ARRIGO
QUÍMICO
CQP. 1337

Calle 22 Urb. VIPOL NARANJAL MZ E LT 07, SAN MARTÍN DE PORRES LIMA. – Teléfono 721 6212 – Cel: 949494763
www.slabperu.com – contacto@slabperu.com

REPORTE DE SERVICIO
RS-016-22

1. DATOS DEL CLIENTE

1.1	Cliente	:	DINA MARGARITA JIMENEZ GONZALES
1.2	RUC/DNI	:	46625521
1.3	Proyecto	:	MEJORAMIENTO DE SUBRASANTES DE LA RED VIAL CAPTUY – MORO, CON CENIZAS DE DONAX OBESULUS Y CÁSCARA DE ARROZ, 2021

2. FECHAS

2.1	Inicio	:	24 de marzo del 2022
2.2	Fin	:	28 de marzo del 2022
2.3	Emisión de informe	:	12 de abril del 2022

3. CONDICIONES DE CALCINACIÓN

3.1	Temperatura	:	475.0 °C ± 1.0°C
3.2	Tiempo	:	2 horas

4. DATOS DE LA MUESTRA RECALCINADA Y CENIZA ENTREGADA

4.1	Código de Muestra	:	S-3507
4.2	Descripción	:	CÁSCARA DE ARROZ
4.3	Estado	:	Sólido / Pulverizado

Tabla N°1: Obtención de Ceniza (1° semana)

Código de Laboratorio	Muestra Inicial (Kg)	Muestra Final (Kg)	Cantidad de Ceniza (Kg)	% Ceniza
S-3507	14.070	2.345	2.345	16.67

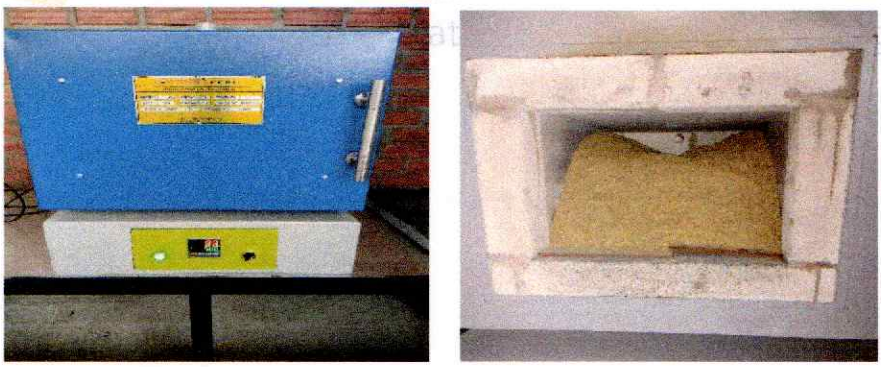


Imagen N°1: Mufla usada en la Calcinación controlada

- Los Resultados pertenecen a las muestras entregadas al laboratorio
- Queda prohibida la copia parcial de este informe sin el consentimiento por escrito de SISTEMA DE SERVICIOS Y ANÁLISIS QUÍMICOS SAC.

FIN DE DOCUMENTO

DIEGO ROMANO VERGARAY D'ARRIGO
QUÍMICO
CQP. 1337

Calle 22 Urb. VIPOL NARANJAL MZ E LT 07, SAN MARTÍN DE PORRES LIMA. – Teléfono 721 6212 – Cel: 949494763
www.slabperu.com – contacto@slabperu.com

REPORTE DE SERVICIO
RS-015-22

1. DATOS DEL CLIENTE

1.1	Cliente	:	DINA MARGARITA JIMENEZ GONZALES
1.2	RUC/DNI	:	46625521
1.3	Proyecto	:	MEJORAMIENTO DE SUBRASANTES DE LA RED VIAL CAPTUY – MORO, CON CENIZAS DE DONAX OBESULUS Y CÁSCARA DE ARROZ, 2021

2. FECHAS

2.1	Inicio	:	29 de marzo del 2022
2.2	Fin	:	31 de marzo del 2022
2.3	Emisión de informe	:	12 de abril del 2022

3. CONDICIONES DE CALCINACIÓN

3.1	Temperatura	:	775.0 °C ± 1.0°C
3.2	Tiempo	:	4 horas

4. DATOS DE LA MUESTRA RECALCINADA Y CENIZA ENTREGADA

4.1	Código de Muestra	:	S-3506
4.2	Descripción	:	RESIDUO DE DONAX
4.3	Estado	:	Sólido / Pulverizado

Tabla N°1: Obtención de Ceniza (2° semana)

Código de Laboratorio	Muestra Inicial (Kg)	Muestra Final (Kg)	Cantidad de Ceniza (Kg)	% de Ceniza
S-3506	3.075	1.876	1.876	61.00

Imagen N°1: Mufla usada en la Calcinación controlada

- Los Resultados pertenecen a las muestras entregadas al laboratorio
- Queda prohibida la copia parcial de este informe sin el consentimiento por escrito de SISTEMA DE SERVICIOS Y ANÁLISIS QUÍMICOS SAC.

FIN DE DOCUMENTO

DIEGO ROMANO VERGARAY D'ARRIGO
QUÍMICO
CQP. 1337

Calle 22 Urb. VIPOL NARANJAL MZ E LT 07, SAN MARTÍN DE PORRES LIMA. – Teléfono 721 6212 – Cel: 949494763
www.slabperu.com – contacto@slabperu.com

REPORTE DE SERVICIO
RS-016-22

1. DATOS DEL CLIENTE

1.1	Cliente	:	DINA MARGARITA JIMENEZ GONZALES
1.2	RUC/DNI	:	46625521
1.3	Proyecto	:	MEJORAMIENTO DE SUBRASANTES DE LA RED VIAL CAPTUY – MORO, CON CENIZAS DE DONAX OBESULUS Y CÁSCARA DE ARROZ, 2021

2. FECHAS

2.1	Inicio	:	1 de abril del 2022
2.2	Fin	:	8 de abril del 2022
2.3	Emisión de informe	:	12 de abril del 2022

3. CONDICIONES DE CALCINACIÓN

3.1	Temperatura	:	475.0 °C ± 1.0°C
3.2	Tiempo	:	2 horas

4. DATOS DE LA MUESTRA RECALCINADA Y CENIZA ENTREGADA

4.1	Código de Muestra	:	S-3507
4.2	Descripción	:	CÁSCARA DE ARROZ
4.3	Estado	:	Sólido / Pulverizado

Tabla N°1: Obtención de Ceniza (2° semana)

Código de Laboratorio	Muestra Inicial (Kg)	Muestra Final (Kg)	Cantidad de Ceniza (Kg)	% de Ceniza
S-3507	26.463	4.221	4.221	15.95

Imagen N°1: Mufla usada en la Calcinación controlada

- Los Resultados pertenecen a las muestras entregadas al laboratorio
- Queda prohibida la copia parcial de este informe sin el consentimiento por escrito de SISTEMA DE SERVICIOS Y ANÁLISIS QUÍMICOS SAC.

FIN DE DOCUMENTO

DIEGO ROMANO VERGARAY D'ARRIGO
QUÍMICO
CQP. 1337

Calle 22 Urb. VIPOL NARANJAL MZ E LT 07, SAN MARTÍN DE PORRES LIMA. – Teléfono 721 6212 – Cel: 949494763
www.slabperu.com – contacto@slabperu.com

REPORTE DE SERVICIO
RS-015-22

1. DATOS DEL CLIENTE

1.1	Cliente	:	DINA MARGARITA JIMENEZ GONZALES
1.2	RUC/DNI	:	46625521
1.3	Proyecto	:	MEJORAMIENTO DE SUBRASANTES DE LA RED VIAL CAPTUY – MORO, CON CENIZAS DE DONAX OBESULUS Y CÁSCARA DE ARROZ, 2021

2. FECHAS

2.1	Inicio	:	05 de abril del 2022
2.2	Fin	:	08 de abril del 2022
2.3	Emisión de informe	:	30 de abril del 2022

3. CONDICIONES DE CALCINACIÓN

3.1	Temperatura	:	775.0 °C ± 1.0°C
3.2	Tiempo	:	4 horas

4. DATOS DE LA MUESTRA RECALCINADA Y CENIZA ENTREGADA

4.1	Código de Muestra	:	S-3506
4.2	Descripción	:	RESIDUO DE DONAX
4.3	Estado	:	Sólido / Pulverizado

Tabla N°1: Obtención de Ceniza (3° semana)

Código de Laboratorio	Muestra Inicial (Kg)	Muestra Final (Kg)	Cantidad de Ceniza (Kg)	% de Ceniza
S-3506	2.958	1.876	1.876	63.41

Imagen N°1: Mufla usada en la Calcinación controlada

- Los Resultados pertenecen a las muestras entregadas al laboratorio
- Queda prohibida la copia parcial de este informe sin el consentimiento por escrito de SISTEMA DE SERVICIOS Y ANÁLISIS QUÍMICOS SAC.

FIN DE DOCUMENTO

DIEGO ROMANO VERGARAY D'ARRIGO
QUÍMICO
CQP. 1337

Calle 22 Urb. VIPOL NARANJAL MZ E LT 07, SAN MARTÍN DE PORRES LIMA. – Teléfono 721 6212 – Cel: 949494763
www.slabperu.com – contacto@slabperu.com

REPORTE DE SERVICIO
RS-016-22

1. DATOS DEL CLIENTE

1.1	Cliente	:	DINA MARGARITA JIMENEZ GONZALES
1.2	RUC/DNI	:	46625521
1.3	Proyecto	:	MEJORAMIENTO DE SUBRASANTES DE LA RED VIAL CAPTUY – MORO, CON CENIZAS DE DONAX OBESULUS Y CÁSCARA DE ARROZ, 2021

2. FECHAS

2.1	Inicio	:	01 de abril del 2022
2.2	Fin	:	08 de abril del 2022
2.3	Emisión de informe	:	30 de abril del 2022

3. CONDICIONES DE CALCINACIÓN

3.1	Temperatura	:	475.0 °C ± 1.0°C
3.2	Tiempo	:	2 horas

4. DATOS DE LA MUESTRA RECALCINADA Y CENIZA ENTREGADA

4.1	Código de Muestra	:	S-3507
4.2	Descripción	:	CÁSCARA DE ARROZ
4.3	Estado	:	Sólido / Pulverizado

Tabla N°1: Obtención de Ceniza (3° semana)

Código de Laboratorio	Muestra Inicial (Kg)	Muestra Final (Kg)	Cantidad de Ceniza (Kg)	% Ceniza
S-3507	32.950	5.628	5.628	17.08

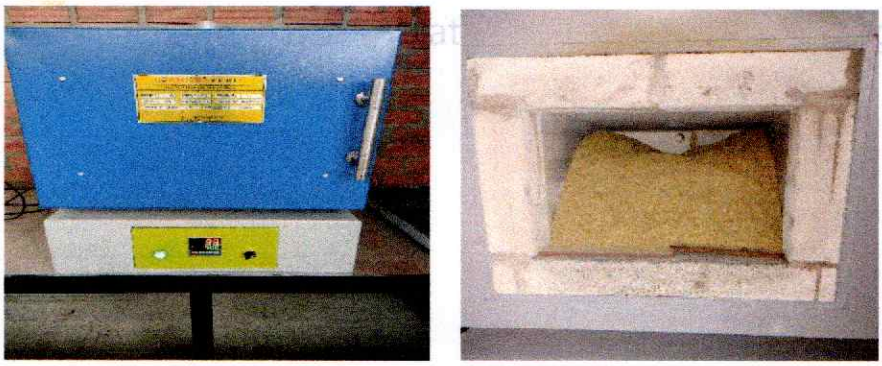


Imagen N°1: Mufla usada en la Calcinación controlada

- Los Resultados pertenecen a las muestras entregadas al laboratorio
- Queda prohibida la copia parcial de este informe sin el consentimiento por escrito de SISTEMA DE SERVICIOS Y ANÁLISIS QUÍMICOS SAC.

FIN DE DOCUMENTO

DIEGO ROMANO VERGARAY D'ARRIGO
QUÍMICO
CQP. 1337

Calle 22 Urb. VIPOL NARANJAL MZ E LT 07, SAN MARTÍN DE PORRES LIMA. – Teléfono 721 6212 – Cel: 949494763
www.slabperu.com – contacto@slabperu.com

REPORTE DE SERVICIO
RS-015-22

1. DATOS DEL CLIENTE

1.1	Cliente	:	DINA MARGARITA JIMENEZ GONZALES
1.2	RUC/DNI	:	46625521
1.3	Proyecto	:	MEJORAMIENTO DE SUBRASANTES DE LA RED VIAL CAPTUY – MORO, CON CENIZAS DE DONAX OBESULUS Y CÁSCARA DE ARROZ, 2021

2. FECHAS

2.1	Inicio	:	21 de abril del 2022
2.2	Fin	:	26 de abril del 2022
2.3	Emisión de informe	:	30 de abril del 2022

3. CONDICIONES DE CALCINACIÓN

3.1	Temperatura	:	775.0 °C ± 1.0°C
3.2	Tiempo	:	4 horas

4. DATOS DE LA MUESTRA RECALCINADA Y CENIZA ENTREGADA

4.1	Código de Muestra	:	S-3506
4.2	Descripción	:	RESIDUO DE DONAX
4.3	Estado	:	Sólido / Pulverizado

Tabla N°1: Obtención de Ceniza (4° semana)

Código de Laboratorio	Muestra Inicial (Kg)	Muestra Final (Kg)	Cantidad de Ceniza (Kg)	% de Ceniza
S-3506	4.260	2.814	2.814	66.05

Imagen N°1: Mufla usada en la Calcinación controlada

- Los Resultados pertenecen a las muestras entregadas al laboratorio
- Queda prohibida la copia parcial de este informe sin el consentimiento por escrito de SISTEMA DE SERVICIOS Y ANÁLISIS QUÍMICOS SAC.

FIN DE DOCUMENTO

DIEGO ROMANO VERGARAY D'ARRIGO
QUÍMICO
CQP. 1337

Calle 22 Urb. VIPOL NARANJAL MZ E LT 07, SAN MARTÍN DE PORRES LIMA. – Teléfono 721 6212 – Cel: 949494763
www.slabperu.com – contacto@slabperu.com

REPORTE DE SERVICIO
RS-016-22

1. DATOS DEL CLIENTE

1.1	Cliente	:	DINA MARGARITA JIMENEZ GONZALES
1.2	RUC/DNI	:	46625521
1.3	Proyecto	:	MEJORAMIENTO DE SUBRASANTES DE LA RED VIAL CAPTUY – MORO, CON CENIZAS DE DONAX OBESULUS Y CÁSCARA DE ARROZ, 2021

2. FECHAS

2.1	Inicio	:	15 de abril del 2022
2.2	Fin	:	22 de abril del 2022
2.3	Emisión de informe	:	30 de abril del 2022

3. CONDICIONES DE CALCINACIÓN

3.1	Temperatura	:	475.0 °C ± 1.0°C
3.2	Tiempo	:	2 horas

4. DATOS DE LA MUESTRA RECALCINADA Y CENIZA ENTREGADA

4.1	Código de Muestra	:	S-3507
4.2	Descripción	:	CÁSCARA DE ARROZ
4.3	Estado	:	Sólido / Pulverizado

Tabla N°1: Obtención de Ceniza (4° semana)

Código de Laboratorio	Muestra Inicial (Kg)	Muestra Final (Kg)	Cantidad de Ceniza (Kg)	% de Ceniza
S-3507	14.203	2.345	2.345	16.51

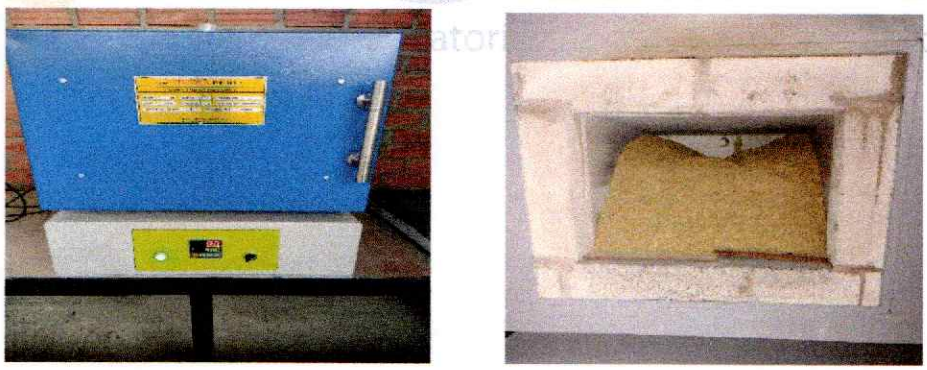


Imagen N°1: Mufla usada en la Calcinación controlada

- Los Resultados pertenecen a las muestras entregadas al laboratorio
- Queda prohibida la copia parcial de este informe sin el consentimiento por escrito de SISTEMA DE SERVICIOS Y ANÁLISIS QUÍMICOS SAC.

FIN DE DOCUMENTO

DIEGO ROMANO VERGARAY D'ARRIGO
QUÍMICO
CQP. 1337

Calle 22 Urb. VIPOL NARANJAL MZ E LT 07, SAN MARTÍN DE PORRES LIMA. – Teléfono 721 6212 – Cel: 949494763
www.slabperu.com – contacto@slabperu.com

REPORTE DE SERVICIO
RS-015-22

1. DATOS DEL CLIENTE

1.1	Cliente	:	DINA MARGARITA JIMENEZ GONZALES
1.2	RUC/DNI	:	46625521
1.3	Proyecto	:	MEJORAMIENTO DE SUBRASANTES DE LA RED VIAL CAPTUY – MORO, CON CENIZAS DE DONAX OBESULUS Y CÁSCARA DE ARROZ, 2021

2. FECHAS

2.1	Inicio	:	27 de abril del 2022
2.2	Fin	:	02 de mayo del 2022
2.3	Emisión de informe	:	21 de mayo del 2022

3. CONDICIONES DE CALCINACIÓN

3.1	Temperatura	:	775.0 °C ± 1.0°C
3.2	Tiempo	:	4 horas

4. DATOS DE LA MUESTRA RECALCINADA Y CENIZA ENTREGADA

4.1	Código de Muestra	:	S-3506
4.2	Descripción	:	RESIDUO DE DONAX
4.3	Estado	:	Sólido / Pulverizado

Tabla N°1: Obtención de Ceniza (5° semana)

Código de Laboratorio	Muestra Inicial (Kg)	Muestra Final (Kg)	Cantidad de Ceniza (Kg)	% de Ceniza
S-3506	5.171	2.814	2.814	54.42

Imagen N°1: Mufla usada en la Calcinación controlada

- Los Resultados pertenecen a las muestras entregadas al laboratorio
- Queda prohibida la copia parcial de este informe sin el consentimiento por escrito de SISTEMA DE SERVICIOS Y ANÁLISIS QUÍMICOS SAC.

FIN DE DOCUMENTO

DIEGO ROMANO VERGARAY D'ARRIGO
QUÍMICO
CQP. 1337

Calle 22 Urb. VIPOL NARANJAL MZ E LT 07, SAN MARTÍN DE PORRES LIMA. – Teléfono 721 6212 – Cel: 949494763
www.slabperu.com – contacto@slabperu.com

REPORTE DE SERVICIO
RS-016-22

1. DATOS DEL CLIENTE

1.1	Cliente	:	DINA MARGARITA JIMENEZ GONZALES
1.2	RUC/DNI	:	46625521
1.3	Proyecto	:	MEJORAMIENTO DE SUBRASANTES DE LA RED VIAL CAPTUY – MORO, CON CENIZAS DE DONAX OBESULUS Y CÁSCARA DE ARROZ, 2021

2. FECHAS

2.1	Inicio	:	23 de abril del 2022
2.2	Fin	:	26 de abril del 2022
2.3	Emisión de informe	:	21 de mayo del 2022

3. CONDICIONES DE CALCINACIÓN

3.1	Temperatura	:	475.0 °C ± 1.0°C
3.2	Tiempo	:	2 horas

4. DATOS DE LA MUESTRA RECALCINADA Y CENIZA ENTREGADA

4.1	Código de Muestra	:	S-3507
4.2	Descripción	:	CÁSCARA DE ARROZ
4.3	Estado	:	Sólido / Pulverizado

Tabla N°1: Obtención de Ceniza (5° semana)

Código de Laboratorio	Muestra Inicial (Kg)	Muestra Final (Kg)	Cantidad de Ceniza (Kg)	% de Ceniza
S-3507	23.743	4.221	4.221	17.78

Imagen N°1: Mufla usada en la Calcinación controlada

- Los Resultados pertenecen a las muestras entregadas al laboratorio
- Queda prohibida la copia parcial de este informe sin el consentimiento por escrito de SISTEMA DE SERVICIOS Y ANÁLISIS QUÍMICOS SAC.

FIN DE DOCUMENTO

DIEGO ROMAÑO VERGARAY D'ARRIGO
QUÍMICO
CQP. 1337

Calle 22 Urb. VIPOL NARANJAL MZ E LT 07, SAN MARTÍN DE PORRES LIMA. – Teléfono 721 6212 – Cel: 949494763
www.slabperu.com – contacto@slabperu.com

REPORTE DE SERVICIO
RS-015-22

1. DATOS DEL CLIENTE

1.1	Cliente	:	DINA MARGARITA JIMENEZ GONZALES
1.2	RUC/DNI	:	46625521
1.3	Proyecto	:	MEJORAMIENTO DE SUBRASANTES DE LA RED VIAL CAPTUY – MORO, CON CENIZAS DE DONAX OBESULUS Y CÁSCARA DE ARROZ, 2021

2. FECHAS

2.1	Inicio	:	05 de mayo del 2022
2.2	Fin	:	09 de mayo del 2022
2.3	Emisión de informe	:	21 de mayo del 2022

3. CONDICIONES DE CALCINACIÓN

3.1	Temperatura	:	775.0 °C ± 1.0°C
3.2	Tiempo	:	4 horas

4. DATOS DE LA MUESTRA RECALCINADA Y CENIZA ENTREGADA

4.1	Código de Muestra	:	S-3506
4.2	Descripción	:	RESIDUO DE DONAX
4.3	Estado	:	Sólido / Pulverizado

Tabla N°1: Obtención de Ceniza (6° semana)

Código de Laboratorio	Muestra Inicial (Kg)	Muestra Final (Kg)	Cantidad de Ceniza (Kg)	% de Ceniza
S-3506	4.973	2.814	2.814	56.59

Imagen N°1: Mufla usada en la Calcinación controlada

- Los Resultados pertenecen a las muestras entregadas al laboratorio
- Queda prohibida la copia parcial de este informe sin el consentimiento por escrito de SISTEMA DE SERVICIOS Y ANÁLISIS QUÍMICOS SAC.

FIN DE DOCUMENTO

DIEGO ROMANO VERGARAY D'ARRIGO
QUÍMICO
CQP. 1337

Calle 22 Urb. VIPOL NARANJAL MZ E LT 07, SAN MARTÍN DE PORRES LIMA. – Teléfono 721 6212 – Cel: 949494763
www.slabperu.com – contacto@slabperu.com

REPORTE DE SERVICIO
RS-016-22

1. DATOS DEL CLIENTE

1.1	Cliente	:	DINA MARGARITA JIMENEZ GONZALES
1.2	RUC/DNI	:	46625521
1.3	Proyecto	:	MEJORAMIENTO DE SUBRASANTES DE LA RED VIAL CAPTUY – MORO, CON CENIZAS DE DONAX OBESULUS Y CÁSCARA DE ARROZ, 2021

2. FECHAS

2.1	Inicio	:	02 de mayo del 2022
2.2	Fin	:	05 de mayo del 2022
2.3	Emisión de informe	:	21 de mayo del 2022

3. CONDICIONES DE CALCINACIÓN

3.1	Temperatura	:	475.0 °C ± 1.0°C
3.2	Tiempo	:	2 horas

4. DATOS DE LA MUESTRA RECALCINADA Y CENIZA ENTREGADA

4.1	Código de Muestra	:	S-3507
4.2	Descripción	:	CÁSCARA DE ARROZ
4.3	Estado	:	Sólido / Pulverizado

Tabla N°1: Obtención de Ceniza (6° semana)

Código de Laboratorio	Muestra Inicial (Kg)	Muestra Final (Kg)	Cantidad de Ceniza (Kg)	% de Ceniza
S-3507	31.986	5.628	5.628	17.59

Imagen N°1: Mufla usada en la Calcinación controlada

- Los Resultados pertenecen a las muestras entregadas al laboratorio
- Queda prohibida la copia parcial de este informe sin el consentimiento por escrito de SISTEMA DE SERVICIOS Y ANÁLISIS QUÍMICOS SAC.

FIN DE DOCUMENTO

DIEGO ROMANO VERGARAY D'ARRIGO
QUÍMICO
CQP. 1337

Calle 22 Urb. VIPOL NARANJAL MZ E LT 07, SAN MARTÍN DE PORRES LIMA. – Teléfono 721 6212 – Cel: 949494763
www.slabperu.com – contacto@slabperu.com

REPORTE DE SERVICIO
RS-015-22

1. DATOS DEL CLIENTE

1.1	Cliente	:	DINA MARGARITA JIMENEZ GONZALES
1.2	RUC/DNI	:	46625521
1.3	Proyecto	:	MEJORAMIENTO DE SUBRASANTES DE LA RED VIAL CAPTUY – MORO, CON CENIZAS DE DONAX OBESULUS Y CÁSCARA DE ARROZ, 2021

2. FECHAS

2.1	Inicio	:	16 de mayo del 2022
2.2	Fin	:	19 de mayo del 2022
2.3	Emisión de informe	:	21 de mayo del 2022

3. CONDICIONES DE CALCINACIÓN

3.1	Temperatura	:	775.0 °C ± 1.0°C
3.2	Tiempo	:	4 horas

4. DATOS DE LA MUESTRA RECALCINADA Y CENIZA ENTREGADA

4.1	Código de Muestra	:	S-3506
4.2	Descripción	:	RESIDUO DE DONAX
4.3	Estado	:	Sólido / Pulverizado

Tabla N°1: Obtención de Ceniza (7° semana)

Código de Laboratorio	Muestra Inicial (Kg)	Muestra Final (Kg)	Cantidad de Ceniza (Kg)	% de Ceniza
S-3506	6.315	3.752	3.752	59.41

Imagen N°1: Mufla usada en la Calcinación controlada

- Los Resultados pertenecen a las muestras entregadas al laboratorio
- Queda prohibida la copia parcial de este informe sin el consentimiento por escrito de SISTEMA DE SERVICIOS Y ANÁLISIS QUÍMICOS SAC.

FIN DE DOCUMENTO

DIEGO ROMANO VERGARAY D'ARRIGO
QUÍMICO
CQP. 1337

Calle 22 Urb. VIPOL NARANJAL MZ E LT 07, SAN MARTÍN DE PORRES LIMA. – Teléfono 721 6212 – Cel: 949494763
www.slabperu.com – contacto@slabperu.com

REPORTE DE SERVICIO
RS-016-22

1. DATOS DEL CLIENTE

1.1	Cliente	:	DINA MARGARITA JIMENEZ GONZALES
1.2	RUC/DNI	:	46625521
1.3	Proyecto	:	MEJORAMIENTO DE SUBRASANTES DE LA RED VIAL CAPTUY – MORO, CON CENIZAS DE DONAX OBESULUS Y CÁSCARA DE ARROZ, 2021

2. FECHAS

2.1	Inicio	:	10 de mayo del 2022
2.2	Fin	:	14 de mayo del 2022
2.3	Emisión de informe	:	21 de mayo del 2022

3. CONDICIONES DE CALCINACIÓN

3.1	Temperatura	:	475.0 °C ± 1.0°C
3.2	Tiempo	:	2 horas

4. DATOS DE LA MUESTRA RECALCINADA Y CENIZA ENTREGADA

4.1	Código de Muestra	:	S-3507
4.2	Descripción	:	CÁSCARA DE ARROZ
4.3	Estado	:	Sólido / Pulverizado

Tabla N°1: Obtención de Ceniza (7° semana)

Código de Laboratorio	Muestra Inicial (Kg)	Muestra Final (Kg)	Cantidad de Ceniza (Kg)	% de Ceniza
S-3507	15.261	2.345	2.345	15.37

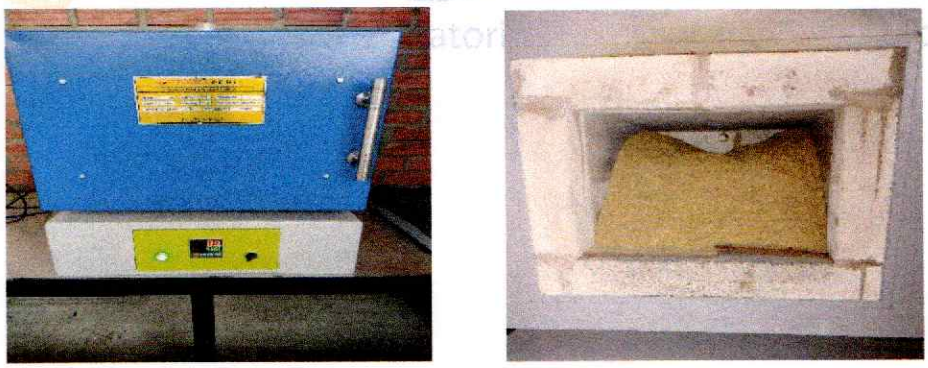


Imagen N°1: Mufla usada en la Calcinación controlada

- Los Resultados pertenecen a las muestras entregadas al laboratorio
- Queda prohibida la copia parcial de este informe sin el consentimiento por escrito de SISTEMA DE SERVICIOS Y ANÁLISIS QUÍMICOS SAC.

FIN DE DOCUMENTO

DIEGO ROMANO VERGARAY
QUÍMICO
CQP. 1337

Calle 22 Urb. VIPOL NARANJAL MZ E LT 07, SAN MARTÍN DE PORRES LIMA. – Teléfono 721 6212 – Cel: 949494763
www.slabperu.com – contacto@slabperu.com

REPORTE DE SERVICIO
RS-015-22

1. DATOS DEL CLIENTE

1.1	Cliente	:	DINA MARGARITA JIMENEZ GONZALES
1.2	RUC/DNI	:	46625521
1.3	Proyecto	:	MEJORAMIENTO DE SUBRASANTES DE LA RED VIAL CAPTUY – MORO, CON CENIZAS DE DONAX OBESULUS Y CÁSCARA DE ARROZ, 2021

2. FECHAS

2.1	Inicio	:	01 de junio del 2022
2.2	Fin	:	04 de junio del 2022
2.3	Emisión de informe	:	16 de junio del 2022

3. CONDICIONES DE CALCINACIÓN

3.1	Temperatura	:	775.0 °C ± 1.0°C
3.2	Tiempo	:	4 horas

4. DATOS DE LA MUESTRA RECALCINADA Y CENIZA ENTREGADA

4.1	Código de Muestra	:	S-3506
4.2	Descripción	:	RESIDUO DE DONAX
4.3	Estado	:	Sólido / Pulverizado

Tabla N°1: Obtención de Ceniza (8° semana)

Código de Laboratorio	Muestra Inicial (Kg)	Muestra Final (Kg)	Cantidad de Ceniza (Kg)	% de Ceniza
S-3506	6.690	3.752	3.752	56.080

Imagen N°1: Mufla usada en la Calcinación controlada

- Los Resultados pertenecen a las muestras entregadas al laboratorio
- Queda prohibida la copia parcial de este informe sin el consentimiento por escrito de SISTEMA DE SERVICIOS Y ANÁLISIS QUÍMICOS SAC.

FIN DE DOCUMENTO

DIEGO ROMANO VERGARAY D'ARRIGO
QUÍMICO
CQP. 1337

Calle 22 Urb. VIPOL NARANJAL MZ E LT 07, SAN MARTÍN DE PORRES LIMA. – Teléfono 721 6212 – Cel: 949494763
www.slabperu.com – contacto@slabperu.com

REPORTE DE SERVICIO
RS-016-22

1. DATOS DEL CLIENTE

1.1	Cliente	:	DINA MARGARITA JIMENEZ GONZALES
1.2	RUC/DNI	:	46625521
1.3	Proyecto	:	MEJORAMIENTO DE SUBRASANTES DE LA RED VIAL CAPTUY – MORO, CON CENIZAS DE DONAX OBESULUS Y CÁSCARA DE ARROZ, 2021

2. FECHAS

2.1	Inicio	:	06 de junio del 2022
2.2	Fin	:	14 de junio del 2022
2.3	Emisión de informe	:	16 de junio del 2022

3. CONDICIONES DE CALCINACIÓN

3.1	Temperatura	:	475.0 °C ± 1.0°C
3.2	Tiempo	:	2 horas

4. DATOS DE LA MUESTRA RECALCINADA Y CENIZA ENTREGADA

4.1	Código de Muestra	:	S-3507
4.2	Descripción	:	CÁSCARA DE ARROZ
4.3	Estado	:	Sólido / Pulverizado

Tabla N°1: Obtención de Ceniza (8° semana)

Código de Laboratorio	Muestra Inicial (Kg)	Muestra Final (Kg)	Cantidad de Ceniza (Kg)	% de Ceniza
S-3507	28.272	4.221	4.221	14.930

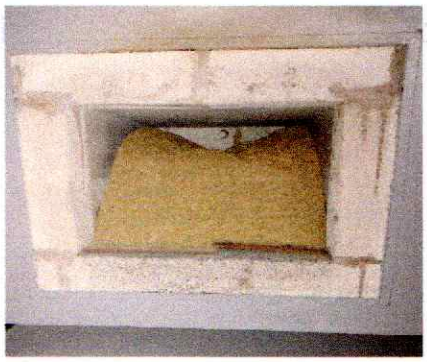


Imagen N°1: Mufla usada en la Calcinación controlada

- Los Resultados pertenecen a las muestras entregadas al laboratorio
- Queda prohibida la copia parcial de este informe sin el consentimiento por escrito de SISTEMA DE SERVICIOS Y ANÁLISIS QUÍMICOS SAC.

FIN DE DOCUMENTO

DIEGO ROMANO VERGARAY D'ARRIGO
QUÍMICO
CQP. 1337

Calle 22 Urb. VIPOL NARANJAL MZ E LT 07, SAN MARTÍN DE PORRES LIMA. – Teléfono 721 6212 – Cel: 949494763
www.slabperu.com – contacto@slabperu.com

REPORTE DE SERVICIO
RS-015-22

1. DATOS DEL CLIENTE

1.1	Cliente	:	DINA MARGARITA JIMENEZ GONZALES
1.2	RUC/DNI	:	46625521
1.3	Proyecto	:	MEJORAMIENTO DE SUBRASANTES DE LA RED VIAL CAPTUY – MORO, CON CENIZAS DE DONAX OBESULUS Y CÁSCARA DE ARROZ, 2021

2. FECHAS

2.1	Inicio	:	17 de junio del 2022
2.2	Fin	:	21 de junio del 2022
2.3	Emisión de informe	:	24 de junio del 2022

3. CONDICIONES DE CALCINACIÓN

3.1	Temperatura	:	775.0 °C ± 1.0°C
3.2	Tiempo	:	4 horas

4. DATOS DE LA MUESTRA RECALCINADA Y CENIZA ENTREGADA

4.1	Código de Muestra	:	S-3506
4.2	Descripción	:	RESIDUO DE DONAX
4.3	Estado	:	Sólido / Pulverizado

Tabla N°1: Obtención de Ceniza (9° semana)

Código de Laboratorio	Muestra Inicial (Kg)	Muestra Final (Kg)	Cantidad de Ceniza (Kg)	% de Ceniza
S-3506	6.564	3.752	3.752	57.160

Imagen N°1: Mufla usada en la Calcinación controlada

- Los Resultados pertenecen a las muestras entregadas al laboratorio
- Queda prohibida la copia parcial de este informe sin el consentimiento por escrito de SISTEMA DE SERVICIOS Y ANÁLISIS QUÍMICOS SAC.

FIN DE DOCUMENTO

DIEGO ROMANO VERGARAY D'ARRIGO
QUÍMICO
CQP. 1337

Calle 22 Urb. VIPOL NARANJAL MZ E LT 07, SAN MARTÍN DE PORRES LIMA. – Teléfono 721 6212 – Cel: 949494763
www.slabperu.com – contacto@slabperu.com

REPORTE DE SERVICIO
RS-016-22

1. DATOS DEL CLIENTE

1.1	Cliente	:	DINA MARGARITA JIMENEZ GONZALES
1.2	RUC/DNI	:	46625521
1.3	Proyecto	:	MEJORAMIENTO DE SUBRASANTES DE LA RED VIAL CAPTUY – MORO, CON CENIZAS DE DONAX OBESULUS Y CÁSCARA DE ARROZ, 2021

2. FECHAS

2.1	Inicio	:	15 de junio del 2022
2.2	Fin	:	23 de junio del 2022
2.3	Emisión de informe	:	24 de junio del 2022

3. CONDICIONES DE CALCINACIÓN

3.1	Temperatura	:	475.0 °C ± 1.0°C
3.2	Tiempo	:	2 horas

4. DATOS DE LA MUESTRA RECALCINADA Y CENIZA ENTREGADA

4.1	Código de Muestra	:	S-3507
4.2	Descripción	:	CÁSCARA DE ARROZ
4.3	Estado	:	Sólido / Pulverizado

Tabla N°1: Obtención de Ceniza (9° semana)

Código de Laboratorio	Muestra Inicial (Kg)	Muestra Final (Kg)	Cantidad de Ceniza (Kg)	% de Ceniza
S-3507	37.452	5.628	5.628	15.027

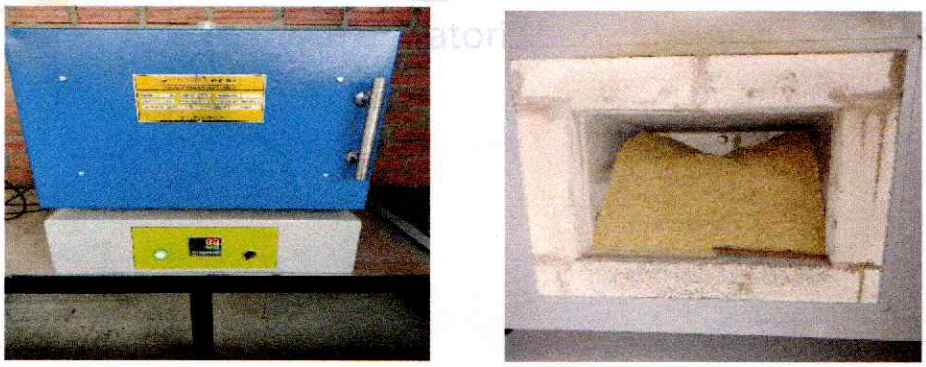


Imagen N°1: Mufla usada en la Calcinación controlada

- Los Resultados pertenecen a las muestras entregadas al laboratorio
- Queda prohibida la copia parcial de este informe sin el consentimiento por escrito de SISTEMA DE SERVICIOS Y ANÁLISIS QUÍMICOS SAC.

FIN DE DOCUMENTO

DIEGO ROMANO VERGARAY D'ARRIGO
QUÍMICO
CQP. 1337

Calle 22 Urb. VIPOL NARANJAL MZ E LT 07, SAN MARTÍN DE PORRES LIMA. – Teléfono 721 6212 – Cel: 949494763
www.slabperu.com – contacto@slabperu.com

ANEXO 5:

ENSAYOS REALIZADOS AL SUELO NATURAL

ANEXO 5.1.:

PERFIL ESTRATIGRÁFICO DE LAS CALICATAS

TESIS:	Mejoramiento de subrasantes de la red vial Captuy - Moro, con cenizas de Donax Obesulus y cáscara de arroz, 2021	**REGISTRO N° :**	MJ-SUELO-PE-01
		PÁGINA N° :	01 de 01
ELABORADO:	JIMENEZ GONZALES, DINA MARGARITA		
UBICACIÓN	Distrito: Nuevo Chimbote; Provincia: Santa; Departamento: Ancash	**PROF. ALCANZADA (m) :**	1.50
FECHA	07/01/2022	**NIVEL FREÁTICO (m) :**	-

PERFIL ESTRATIGRÁFICO

NTP 339.150

C - 01

PROFUNDIDAD	METROS	TIPO DE EXCAVACIÓN	MUESTRAS OBTENIDAS	HUMEDAD NATURAL (%)	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL	CLASIFICACIÓN (SUCS)
0.00			M-0	-		**Material de relleno:** Tipo afirmado con fino poco plástico **Condición in situ :** Compacidad densa, seco y color beige claro.	-
0.45		C A L I C A T A					
			M-1	1.13		**Arena Limosa con grava (SM):** 37.69% de gravas finas, subangulosas 48.10% de arena gruesa a fina y 14.21% de finos no plásticos. **Condición in situ :** Compacidad semi denso, ligeramente húmeda y color beige oscuro.	**SM**
1.50							

TESIS:	Mejoramiento de subrasantes de la red vial Captuy - Moro, con cenizas de Donax Obesulus y cáscara de arroz, 2021	**REGISTRO N° :**	MJ-SUELO-PE-02
		PÁGINA N° :	01 de 01
ELABORADO:	JIMENEZ GONZALES, DINA MARGARITA		
UBICACIÓN	Distrito: Nuevo Chimbote; Provincia: Santa; Departamento: Ancash	**PROF. ALCANZADA (m) :**	1.50
FECHA	10/01/2022	**NIVEL FREÁTICO (m) :**	-

PERFIL ESTRATIGRÁFICO

NTP 339.150

C - 02

PROFUNDIDAD	METROS	TIPO DE EXCAVACIÓN	MUESTRAS OBTENIDAS	HUMEDAD NATURAL (%)	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL	CLASIFICACIÓN (SUCS)
0.00			M-0	-		**Material de relleno:** Tipo afirmado. **Condición in situ :** Compacidad densa, seco y color beige claro.	-
0.45		C A L I C A T A					
			M-1	1.52		**Arena Limosa con grava (SM):** 16.78% de gravas finas, subangulosas 68.54% de arena gruesa a fina y 14.68% de finos no plásticos. **Condición in situ :** Compacidad semi denso, ligeramente húmeda y color beige oscuro.	**SM**
1.50							

TESIS:	Mejoramiento de subrasantes de la red vial Captuy - Moro, con cenizas de Donax Obesulus y cáscara de arroz, 2021	**REGISTRO N° :**	MJ-SUELO-PE-03
		PÁGINA N° :	01 de 01
ELABORADO:	JIMENEZ GONZALES, DINA MARGARITA		
UBICACIÓN	Distrito: Nuevo Chimbote; Provincia: Santa; Departamento: Ancash	**PROF. ALCANZADA (m) :**	1.50
FECHA	11/01/2022	**NIVEL FREÁTICO (m) :**	-

PERFIL ESTRATIGRÁFICO

NTP 339.150

C - 03

PROFUNDIDAD	METROS	TIPO DE EXCAVACIÓN	MUESTRAS OBTENIDAS	HUMEDAD NATURAL (%)	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL	CLASIFICACIÓN (SUCS)
0.00			M-0	-		**Material de relleno:** Tipo afirmado con fino no plástico. **Condición in situ :** Compacidad densa, seco y color beige claro.	-
0.45		C A L I C A T A					
			M-1	1.08		**Arena Limosa con grava (SM):** 25.65% de gravas finas, subangulosas 58.14% de arena gruesa a fina y 16.21% de finos no plásticos. **Condición in situ :** Compacidad densa, ligeramente húmeda y color beige claro.	**SM**
0.80							
			M-2	3.52		**Arena Limosa con grava (SM):** 42.10% de gravas finas, subangulosas 45.10% de arena gruesa a fina y 12.80% de finos no plásticos. **Condición in situ :** Compacidad semi denso, semi húmeda y color beige oscuro.	**SM**
1.50							

TESIS:	Mejoramiento de subrasantes de la red vial Captuy - Moro, con cenizas de Donax Obesulus y cáscara de arroz, 2021	**REGISTRO N° :**	MJ-SUELO-PE-04
		PÁGINA N° :	01 de 01
ELABORADO:	JIMENEZ GONZALES, DINA MARGARITA		
UBICACIÓN	Distrito: Nuevo Chimbote; Provincia: Santa; Departamento: Ancash	**PROF. ALCANZADA (m) :**	1.50
FECHA	12/01/2022	**NIVEL FREÁTICO (m) :**	-

PERFIL ESTRATIGRÁFICO

NTP 339.150

C - 04

PROFUNDIDAD	METROS	TIPO DE EXCAVACIÓN	MUESTRAS OBTENIDAS	HUMEDAD NATURAL (%)	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL	CLASIFICACIÓN (SUCS)
0.00			M-1	1.31		**Arena Limosa con grava (SM):** 29.63% de gravas finas, subangulosas 53.62% de arena gruesa a fina y 16.75% de finos no plásticos. **Condición in situ :** Compacidad densa, ligeramente húmeda y color beige claro.	**SM**
0.35							
		C A L I C A T A	M-2	3.28		**Arena Limosa con grava (SM):** 35.06% de gravas finas, subangulosas 43.26% de arena gruesa a fina y 21.68% de finos no plásticos. **Condición in situ :** Compacidad semi densa a densa, semi húmeda y color beige oscuro.	**SM**
1.50							

TESIS:	Mejoramiento de subrasantes de la red vial Captuy - Moro, con cenizas de Donax Obesulus y cáscara de arroz, 2021	**REGISTRO N° :**	MJ-SUELO-PE-05
		PÁGINA N° :	01 de 01
ELABORADO:	JIMENEZ GONZALES, DINA MARGARITA		
UBICACIÓN	Distrito: Nuevo Chimbote; Provincia: Santa; Departamento: Ancash	**PROF. ALCANZADA (m) :**	1.50
FECHA	10/01/2022	**NIVEL FREÁTICO (m) :**	-

PERFIL ESTRATIGRÁFICO

NTP 339.150

C - 05

PROFUNDIDAD	METROS	TIPO DE EXCAVACIÓN	MUESTRAS OBTENIDAS	HUMEDAD NATURAL (%)	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL	CLASIFICACIÓN (SUCS)
0.00			M-0	-		**Material de relleno:** Tipo afirmado más raíces. **Condición in situ :** Compacidad densa, seco y color beige claro.	-
0.40							
		C A L I C A T A	M-1	4.38		**Arena Limosa (SM):** 2.77% de gravas finas, subangulosas 50.91% de arena gruesa a fina y 46.32% de finos no plásticos. **Condición in situ :** Compacidad semi denso, semi húmeda y color beige oscuro.	**SM**
1.50							

TESIS:	Mejoramiento de subrasantes de la red vial Captuy - Moro, con cenizas de Donax Obesulus y cáscara de arroz, 2021	**REGISTRO N° :**	MJ-SUELO-PE-06
		PÁGINA N° :	01 de 01
ELABORADO:	JIMENEZ GONZALES, DINA MARGARITA		
UBICACIÓN	Distrito: Nuevo Chimbote; Provincia: Santa; Departamento: Ancash	**PROF. ALCANZADA (m) :**	1.50
FECHA	06/01/2022	**NIVEL FREÁTICO (m) :**	-

PERFIL ESTRATIGRÁFICO

NTP 339.150

C - 06

PROFUNDIDAD	METROS	TIPO DE EXCAVACIÓN	MUESTRAS OBTENIDAS	HUMEDAD NATURAL (%)	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL	CLASIFICACIÓN (SUCS)
0.00		C A L I C A	M-0	-		**Material de relleno:** Tipo afirmado más raíces. **Condición in situ :** Compacidad densa, seco y color beige claro.	-
0.80							
		C A T A	M-1	3.57		**Arena Limosa con grava (SM):** 15.26% de gravas finas, subangulosas 41.49% de arena gruesa a fina y 43.25% de finos no plásticos. **Condición in situ :** Compacidad semi denso, semi húmeda y color beige oscuro.	**SM**
1.50							

ANEXO 5.2.:

ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO DE LAS CALICATAS, CONTENIDO DE HUMEDAD Y LÍMITES DE ATTERBERG

TESIS : MEJORAMIENTO DE SUBRASANTES DE LA RED VIAL CAPTUY - MORO, CON CENIZAS DE DONAX OBESULUS Y CÁSCARA DE ARROZ, 2021

REGISTRO N°: CC-MSR-GRA-01

PÁGINA N°: 01 de 01

SOLICITA: JIMENEZ GONZALES, DINA MARGARITA

UBICACIÓN: Distrito: Nuevo Chimbote ; Provincia: Santa ; Departamento: Ancash

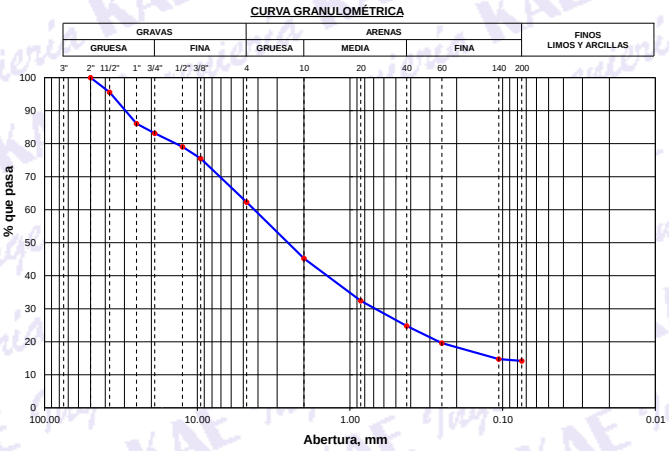
FECHA: 7/01/2022

ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

(ASTM D6913, MTC E107, NTP-339-128)

Datos de Muestra		Peso de Muestra		% Gravas , Arena y Finos		Coef. Uniformidad y Curvatura		Clasificacion SUCS
Calicata :	C-01	Peso Inicial Seco (gr) =	5890.0	Grava (No.4 < Diam < 3") =	37.69%	D60 (mm) =	4.23	SM (Arena Limosa con Grava)
Muestra :	M-1	Peso Mat. < N°4 (gr) =	3670.1	Arena (No.200 < Diam < No.4) =	48.10%	D30 (mm) =	0.68	Clasificacion AASHTO
Estrato :	0.45 a 1.50	Peso de Fracción (gr) =	455.3	Finos (Diam < No.200) =	14.21%	D10 (mm) =	--	A-1-a (0)

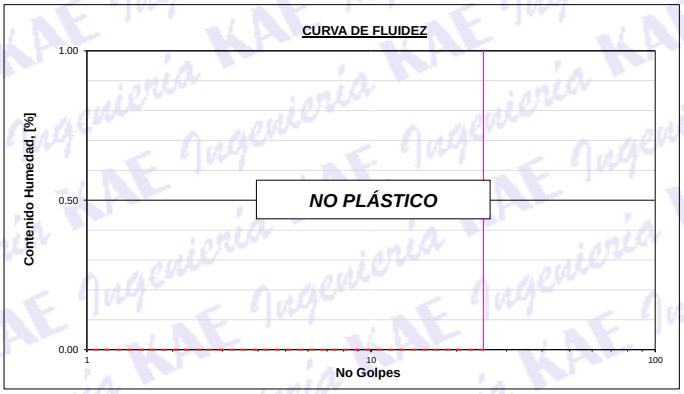
ABERTURA (mm)	TAMIZ	PESO RETENIDO (gr)	RETENIDO PARCIAL%	RETENIDO ACUMULADO %	PASA %
75.000	3"				
50.000	2"	0	0.0	0.0	**100.00**
37.500	1 1/2"	260	4.4	4.4	**95.58**
25.000	1"	559	9.5	13.9	**86.09**
19.000	3/4"	172	2.9	16.8	**83.17**
12.500	1/2"	244	4.1	21.0	**79.04**
9.500	3/8"	208	3.5	24.5	**75.51**
4.750	N° 4	777	13.2	37.7	**62.31**
2.000	N° 10	124.6	17.1	54.7	**45.26**
0.850	N° 20	93.6	12.8	67.6	**32.45**
0.425	N° 40	55.9	7.7	75.2	**24.80**
0.250	N° 60	37.9	5.2	80.4	**19.61**
0.106	N° 140	35.3	4.8	85.2	**14.78**
0.075	N° 200	4.2	0.6	85.8	**14.21**
	FONDO	103.8	14.2	100.0	



ENSAYO LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO

(ASTM D4318, NTP-339-129, MTC E110, MTC E111)

LÍMITE LÍQUIDO				
Nº Tarro				
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.			
Peso Tarro + Suelo Seco	gr.			
Peso De Agua	gr.			
Peso Del Tarro	gr.	***NO PRESENTA***		
Peso Del Suelo Seco	gr.			
Contenido De Humedad	%			
Numero De Golpes	N°			
LÍMITE PLÁSTICO				
Nº Tarro				
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.			
Peso Tarro + Suelo Seco	gr.			
Peso De Agua	gr.	***NO PLÁSTICO***		
Peso Del Tarro	gr.			
Peso Del Suelo Seco	gr.			
Contenido De Humedad	%			



Limite Líquido	**N.P.**
Límite Plástico	**N.P.**
Indice Plasticidad	**N.P.**

CONTENIDO DE HUMEDAD DE MUESTRA INTEGRAL

(ASTM - D2216)

Procedimiento - Metodo "A"		Tara N°	
		T - 03	T - 14
Peso Tara	gr.	88.40	74.50
Peso Tara + Suelo Húmedo	gr.	343.30	465.50
Peso Tara + Suelo Seco	gr.	340.40	461.20
Peso Agua	gr.	2.90	4.30
Peso Suelo Seco	gr.	252.00	386.70
Contenido de Humedad	%	**1.15**	**1.11**
Contenido de Humedad Promedio	%	**1.13**	

Víctor Alfonso Herrera Lázaro
INGENIERO CIVIL
REG. CIP N° 216087

KAE INGENIERIA V°B° GERENCIA

TESIS : MEJORAMIENTO DE SUBRASANTES DE LA RED VIAL CAPTUY - MORO, CON CENIZAS DE DONAX OBESULUS Y CÁSCARA DE ARROZ, 2021

REGISTRO N°: CC-MSR-GRA-02

PÁGINA N°: 01 de 01

SOLICITA: JIMENEZ GONZALES, DINA MARGARITA

UBICACIÓN: Distrito: Nuevo Chimbote ; Provincia: Santa ; Departamento: Ancash

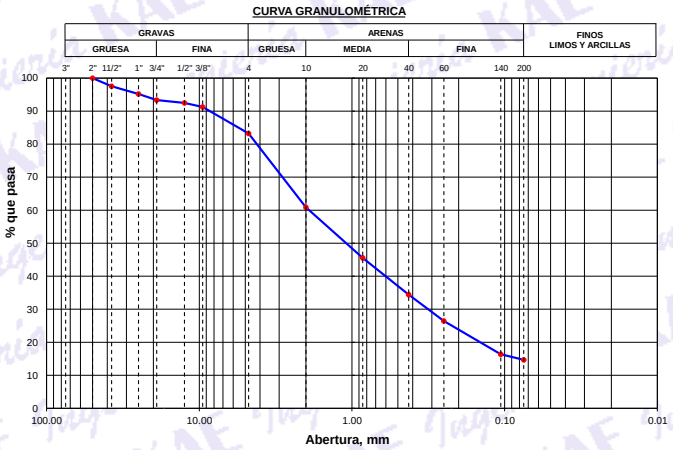
FECHA: 10/01/2022

ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

(ASTM D6913, MTC E107, NTP-339-128)

Datos de Muestra		Peso de Muestra		% Gravas , Arena y Finos		Coef. Uniformidad y Curvatura		Clasificacion SUCS
Calicata :	C-02	Peso Inicial Seco (gr) =	5570.0	Grava (No.4 < Diam < 3") =	16.78%	D60 (mm) =	1.91	SM (Arena Limosa con Grava)
Muestra :	M-1	Peso Mat. < N°4 (gr) =	4635.4	Arena (No.200 < Diam < No.4) =	68.54%	D30 (mm) =	0.32	Clasificacion AASHTO
Estrato :	0.45 a 1.50	Peso de Fracción (gr) =	434.9	Finos (Diam < No.200) =	14.68%	D10 (mm) =	--	A-1-b (0)

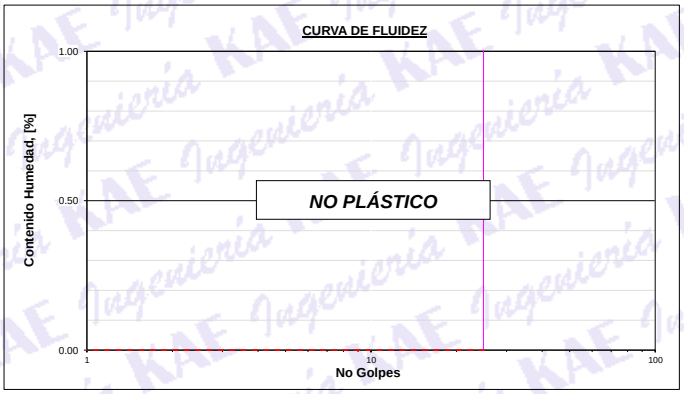
ABERTURA (mm)	TAMIZ	PESO RETENIDO (gr)	RETENIDO PARCIAL%	RETENIDO ACUMULADO %	PASA %
75.000	3"				
50.000	2"	0	0.0	0.0	**100.00**
37.500	1 1/2"	137	2.5	2.5	**97.55**
25.000	1"	132	2.4	4.8	**95.19**
19.000	3/4"	103	1.8	6.7	**93.35**
12.500	1/2"	50	0.9	7.5	**92.46**
9.500	3/8"	67	1.2	8.8	**91.25**
4.750	N° 4	447	8.0	16.8	**83.22**
2.000	N° 10	116.8	22.4	39.1	**60.87**
0.850	N° 20	80.0	15.3	54.4	**45.56**
0.425	N° 40	58.2	11.1	65.6	**34.42**
0.250	N° 60	41.7	8.0	73.6	**26.44**
0.106	N° 140	52.7	10.1	83.6	**16.36**
0.075	N° 200	8.8	1.7	85.3	**14.68**
	FONDO	76.7	14.7	100.0	



ENSAYO LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO

(ASTM D4318, NTP-339-129, MTC E110, MTC E111)

LÍMITE LÍQUIDO				
Nº Tarro				
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.			
Peso Tarro + Suelo Seco	gr.			
Peso De Agua	gr.			
Peso Del Tarro	gr.	***NO PRESENTA***		
Peso Del Suelo Seco	gr.			
Contenido De Humedad	%			
Numero De Golpes	N°			
LÍMITE PLÁSTICO				
Nº Tarro				
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.			
Peso Tarro + Suelo Seco	gr.			
Peso De Agua	gr.	***NO PLÁSTICO***		
Peso Del Tarro	gr.			
Peso Del Suelo Seco	gr.			
Contenido De Humedad	%			



Limite Líquido	**N.P.**
Límite Plástico	**N.P.**
Indice Plasticidad	**N.P.**

CONTENIDO DE HUMEDAD DE MUESTRA INTEGRAL

(ASTM - D2216)

Procedimiento - Metodo "A"		Tara N°	
		T - 05	T - 14
Peso Tara	gr.	132.50	85.60
Peso Tara + Suelo Húmedo	gr.	379.00	496.50
Peso Tara + Suelo Seco	gr.	375.40	490.20
Peso Agua	gr.	3.60	6.30
Peso Suelo Seco	gr.	242.90	404.60
Contenido de Humedad	%	**1.48**	**1.56**
Contenido de Humedad Promedio	%	**1.52**	

KAE Ingeniería
Víctor Alfonso Herrera Lázaro
INGENIERO CIVIL
REG. CIP N° 216087

KAE INGENIERIA V°B° GERENCIA

TESIS : MEJORAMIENTO DE SUBRASANTES DE LA RED VIAL CAPTUY - MORO, CON CENIZAS DE DONAX OBESULUS Y CÁSCARA DE ARROZ, 2021

REGISTRO N°: CC-MSR-GRA-03

PÁGINA N°: 01 de 02

SOLICITA: JIMENEZ GONZALES, DINA MARGARITA

UBICACIÓN: Distrito: Nuevo Chimbote ; Provincia: Santa ; Departamento: Ancash

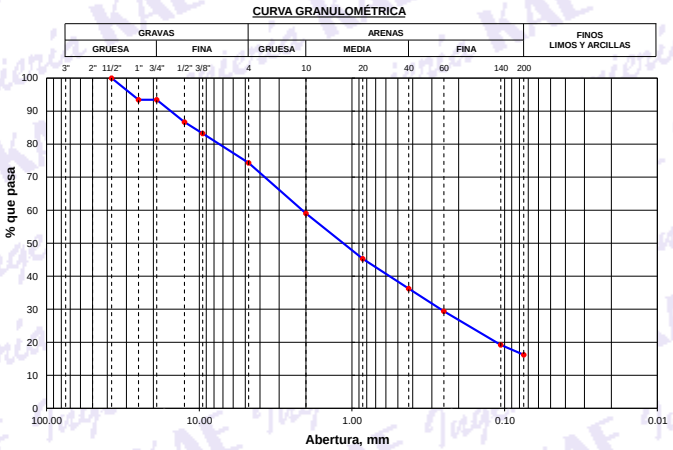
FECHA: 11/01/2022

ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

(ASTM D6913, MTC E107, NTP-339-128)

Datos de Muestra		Peso de Muestra		% Gravas , Arena y Finos		Coef. Uniformidad y Curvatura		Clasificacion SUCS
Calicata :	C-03	Peso Inicial Seco (gr) =	1580.8	Grava (No.4 < Diam < 3") =	25.65%	D60 (mm) =	2.11	SM (Arena Limosa con Grava)
Muestra :	M-1	Peso Mat. < N°4 (gr) =	1175.3	Arena (No.200 < Diam < No.4) =	58.14%	D30 (mm) =	0.26	Clasificacion AASHTO
Estrato :	0.45 a 0.80	Peso de Fracción (gr) =	519.2	Finos (Diam < No.200) =	16.21%	D10 (mm) =	--	A-1-b (0)

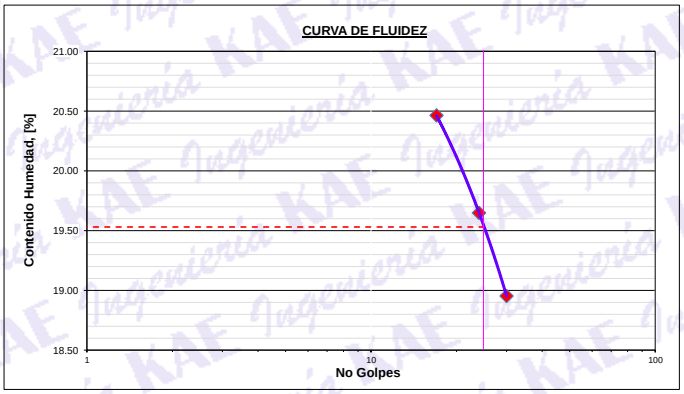
ABERTURA (mm)	TAMIZ	PESO RETENIDO (gr)	RETENIDO PARCIAL%	RETENIDO ACUMULADO %	PASA %
75.000	3"				
50.000	2"				
37.500	1 1/2"	0	0.0	0.0	**100.00**
25.000	1"	103	6.5	6.5	**93.46**
19.000	3/4"	0	0.0	6.5	**93.46**
12.500	1/2"	107	6.8	13.3	**86.70**
9.500	3/8"	55	3.5	16.8	**83.24**
4.750	N° 4	141	8.9	25.7	**74.35**
2.000	N° 10	107.0	15.3	41.0	**59.03**
0.850	N° 20	96.0	13.7	54.7	**45.28**
0.425	N° 40	63.0	9.0	63.7	**36.26**
0.250	N° 60	48.0	6.9	70.6	**29.39**
0.106	N° 140	71.0	10.2	80.8	**19.22**
0.075	N° 200	21.0	3.0	83.8	**16.21**
	FONDO	113.2	16.2	100.0	



ENSAYO LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO

(ASTM D4318, NTP-339-129, MTC E110, MTC E111)

LÍMITE LÍQUIDO				
Nº Tarro		T - 16	T - 20	T - 09
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.	53.52	49.86	54.69
Peso Tarro + Suelo Seco	gr.	47.60	44.52	49.19
Peso De Agua	gr.	5.92	5.34	5.50
Peso Del Tarro	gr.	18.67	17.36	20.17
Peso Del Suelo Seco	gr.	28.93	27.16	29.02
Contenido De Humedad	%	20.46	19.65	18.95
Numero De Golpes	N°	17	24	30
LÍMITE PLÁSTICO				
Nº Tarro				
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.			
Peso Tarro + Suelo Seco	gr.			
Peso De Agua	gr.		***NO PLÁSTICO***	
Peso Del Tarro	gr.			
Peso Del Suelo Seco	gr.			
Contenido De Humedad	%			



Limite Líquido	**19.53%**
Límite Plástico	**N.P.**
Indice Plasticidad	**N.P.**

CONTENIDO DE HUMEDAD DE MUESTRA INTEGRAL

(ASTM - D2216)

Procedimiento - Metodo "A"		Tara N°	
		T - 04	T - 16
Peso Tara	gr.	114.20	104.30
Peso Tara + Suelo Húmedo	gr.	754.80	653.20
Peso Tara + Suelo Seco	gr.	748.20	647.10
Peso Agua	gr.	6.60	6.10
Peso Suelo Seco	gr.	634.00	542.80
Contenido de Humedad	%	**1.04**	**1.12**
Contenido de Humedad Promedio	%	**1.08**	

KAE Ingeniería
Víctor Alfonso Herrera Lázaro
INGENIERO CIVIL
REG. CIP N° 215087

KAE INGENIERIA V°B° GERENCIA

TESIS : MEJORAMIENTO DE SUBRASANTES DE LA RED VIAL CAPTUY - MORO, CON CENIZAS DE DONAX OBESULUS Y CÁSCARA DE ARROZ, 2021

REGISTRO N°: CC-MSR-GRA-03

PÁGINA N°: 02 de 02

SOLICITA: JIMENEZ GONZALES, DINA MARGARITA

UBICACIÓN: Distrito: Nuevo Chimbote ; Provincia: Santa ; Departamento: Ancash

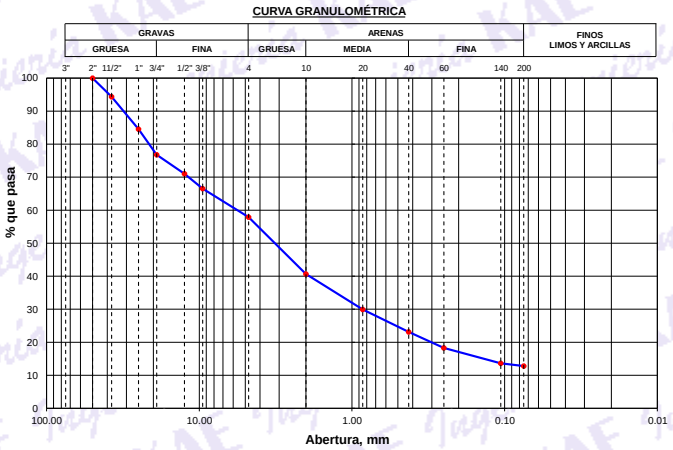
FECHA: 11/01/2022

ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

(ASTM D6913, MTC E107, NTP-339-128)

Datos de Muestra		Peso de Muestra		% Gravas , Arena y Finos		Coef. Uniformidad y Curvatura		Clasificacion SUCS
Calicata :	C-03	Peso Inicial Seco (gr) =	5070.0	Grava (No.4 < Diam < 3") =	42.10%	D60 (mm) =	5.62	SM (Arena Limosa con Grava)
Muestra :	M-2	Peso Mat. < N°4 (gr) =	2935.5	Arena (No.200 < Diam < No.4) =	45.10%	D30 (mm) =	0.85	Clasificacion AASHTO
Estrato :	0.80 a 1.50	Peso de Fracción (gr) =	458.7	Finos (Diam < No.200) =	12.80%	D10 (mm) =	--	A-1-a (0)

ABERTURA (mm)	TAMIZ	PESO RETENIDO (gr)	RETENIDO PARCIAL%	RETENIDO ACUMULADO %	PASA %
75.000	3"				
50.000	2"	0	0.0	0.0	**100.00**
37.500	1 1/2"	285	5.6	5.6	**94.37**
25.000	1"	499	9.8	15.5	**84.53**
19.000	3/4"	393	7.8	23.2	**76.77**
12.500	1/2"	291	5.7	29.0	**71.03**
9.500	3/8"	229	4.5	33.5	**66.52**
4.750	N° 4	437	8.6	42.1	**57.90**
2.000	N° 10	136.4	17.2	59.3	**40.68**
0.850	N° 20	85.1	10.7	70.1	**29.94**
0.425	N° 40	53.9	6.8	76.9	**23.14**
0.250	N° 60	38.4	4.8	81.7	**18.29**
0.106	N° 140	37.1	4.7	86.4	**13.61**
0.075	N° 200	6.4	0.8	87.2	**12.80**
	FONDO	101.4	12.8	100.0	

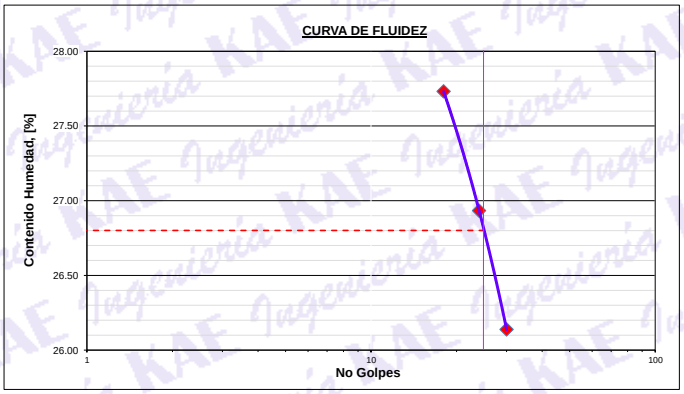


ENSAYO LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO

(ASTM D4318, NTP-339-129, MTC E110, MTC E111)

LÍMITE LÍQUIDO				
Nº Tarro		T - 09	T - 12	T - 36
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.	68.96	55.32	49.58
Peso Tarro + Suelo Seco	gr.	58.25	47.59	43.24
Peso De Agua	gr.	10.71	7.73	6.35
Peso Del Tarro	gr.	19.63	18.89	18.96
Peso Del Suelo Seco	gr.	38.62	28.70	24.28
Contenido De Humedad	%	27.73	26.93	26.14
Numero De Golpes	N°	18	24	30
LÍMITE PLÁSTICO				
Nº Tarro				
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.			
Peso Tarro + Suelo Seco	gr.			
Peso De Agua	gr.			
Peso Del Tarro	gr.			
Peso Del Suelo Seco	gr.			
Contenido De Humedad	%			

NO PLÁSTICO



Limite Líquido	**26.80%**
Límite Plástico	**N.P.**
Indice Plasticidad	**N.P.**

CONTENIDO DE HUMEDAD DE MUESTRA INTEGRAL

(ASTM - D2216)

Procedimiento - Metodo "A"		Tara N°	
		T - 03	T - 19
Peso Tara	gr.	142.20	97.40
Peso Tara + Suelo Húmedo	gr.	382.90	496.50
Peso Tara + Suelo Seco	gr.	374.80	482.80
Peso Agua	gr.	8.10	13.70
Peso Suelo Seco	gr.	232.60	385.40
Contenido de Humedad	%	**3.48**	**3.55**
Contenido de Humedad Promedio	%	**3.52**	

KAE Ingeniería
Víctor Alfonso Herrera Lázaro
INGENIERO CIVIL
REG. CIP N° 215087

KAE INGENIERIA V°B° GERENCIA

TESIS : MEJORAMIENTO DE SUBRASANTES DE LA RED VIAL CAPTUY - MORO, CON CENIZAS DE DONAX OBESULUS Y CÁSCARA DE ARROZ, 2021

REGISTRO N°: CC-MSR-GRA-04

PÁGINA N°: 01 de 02

SOLICITA: JIMENEZ GONZALES, DINA MARGARITA

UBICACIÓN: Distrito: Nuevo Chimbote ; Provincia: Santa ; Departamento: Ancash

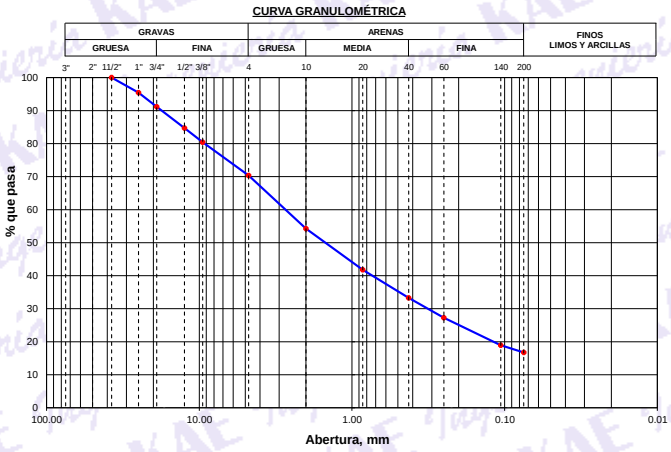
FECHA: 12/01/2022

ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

(ASTM D6913, MTC E107, NTP-339-128)

Datos de Muestra		Peso de Muestra		% Gravas , Arena y Finos		Coef. Uniformidad y Curvatura		Clasificacion SUCS
Calicata :	C-04	Peso Inicial Seco (gr) =	4505.0	Grava (No.4 < Diam < 3") =	29.63%	D60 (mm) =	2.72	SM (Arena Limosa con Grava)
Muestra :	M-1	Peso Mat. < N°4 (gr) =	3170.2	Arena (No.200 < Diam < No.4) =	53.62%	D30 (mm) =	0.32	Clasificacion AASHTO
Estrato :	0.00 a 0.35	Peso de Fracción (gr) =	561.5	Finos (Diam < No.200) =	16.75%	D10 (mm) =	--	A-1-b (0)

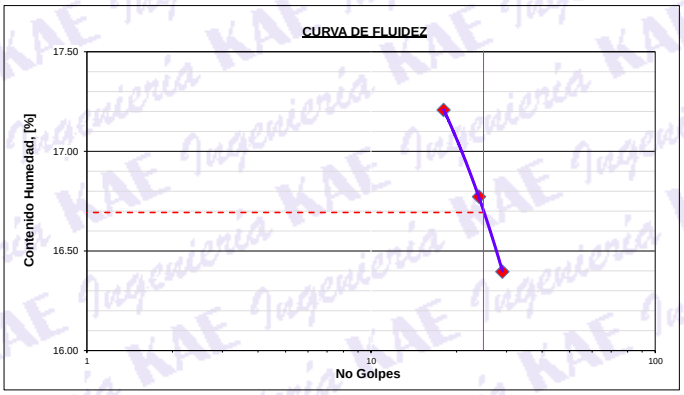
ABERTURA (mm)	TAMIZ	PESO RETENIDO (gr)	RETENIDO PARCIAL%	RETENIDO ACUMULADO %	PASA %
75.000	3"				
50.000	2"				
37.500	1 1/2"	0	0.0	0.0	**100.00**
25.000	1"	205	4.5	4.5	**95.46**
19.000	3/4"	193	4.3	8.8	**91.18**
12.500	1/2"	292	6.5	15.3	**84.70**
9.500	3/8"	193	4.3	19.6	**80.42**
4.750	N° 4	453	10.1	29.6	**70.37**
2.000	N° 10	128.4	16.1	45.7	**54.28**
0.850	N° 20	99.7	12.5	58.2	**41.79**
0.425	N° 40	67.9	8.5	66.7	**33.28**
0.250	N° 60	47.9	6.0	72.7	**27.28**
0.106	N° 140	66.6	8.3	81.1	**18.93**
0.075	N° 200	17.4	2.2	83.3	**16.75**
	FONDO	133.6	16.7	100.0	



ENSAYO LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO

(ASTM D4318, NTP-339-129, MTC E110, MTC E111)

LÍMITE LÍQUIDO				
Nº Tarro		T - 11	T - 04	T - 06
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.	49.24	52.50	48.65
Peso Tarro + Suelo Seco	gr.	44.54	47.32	44.61
Peso De Agua	gr.	4.70	5.18	4.04
Peso Del Tarro	gr.	17.24	16.45	19.97
Peso Del Suelo Seco	gr.	27.30	30.87	24.64
Contenido De Humedad	%	17.21	16.77	16.40
Numero De Golpes	N°	18	24	29
LÍMITE PLÁSTICO				
Nº Tarro				
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.			
Peso Tarro + Suelo Seco	gr.			
Peso De Agua	gr.		***NO PLÁSTICO***	
Peso Del Tarro	gr.			
Peso Del Suelo Seco	gr.			
Contenido De Humedad	%			



Limite Líquido	**16.69%**
Límite Plástico	**N.P.**
Indice Plasticidad	**N.P.**

CONTENIDO DE HUMEDAD DE MUESTRA INTEGRAL

(ASTM - D2216)

Procedimiento - Metodo "A"		Tara N°	
		T - 08	T - 03
Peso Tara	gr.	94.50	74.50
Peso Tara + Suelo Húmedo	gr.	693.50	563.90
Peso Tara + Suelo Seco	gr.	684.80	558.40
Peso Agua	gr.	8.70	5.50
Peso Suelo Seco	gr.	590.30	483.90
Contenido de Humedad	%	**1.47**	**1.14**
Contenido de Humedad Promedio	%	**1.31**	

Víctor Alfonso Herrera Lázaro
INGENIERO CIVIL
REG. CIP N° 216087

KAE INGENIERIA V°B° GERENCIA

TESIS : MEJORAMIENTO DE SUBRASANTES DE LA RED VIAL CAPTUY - MORO, CON CENIZAS DE DONAX OBESULUS Y CÁSCARA DE ARROZ, 2021

REGISTRO N°: CC-MSR-GRA-04

PÁGINA N°: 02 de 02

SOLICITA: JIMENEZ GONZALES, DINA MARGARITA

UBICACIÓN: Distrito: Nuevo Chimbote ; Provincia: Santa ; Departamento: Ancash

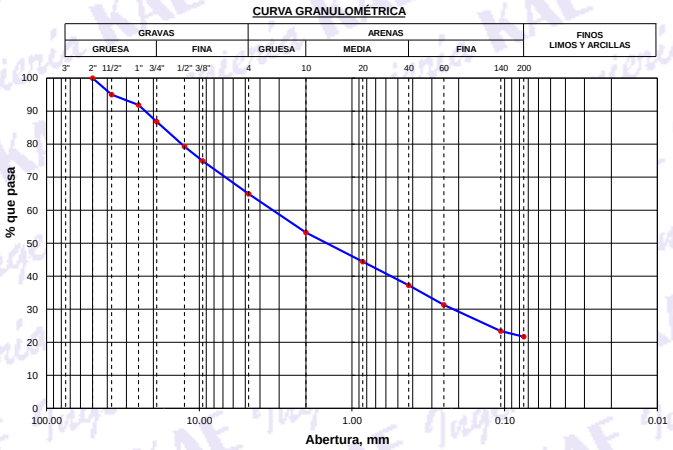
FECHA: 12/01/2022

ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

(ASTM D6913, MTC E107, NTP-339-128)

Datos de Muestra		Peso de Muestra		% Gravas , Arena y Finos		Coef. Uniformidad y Curvatura		Clasificacion SUCS
Calicata :	C-04	Peso Inicial Seco (gr) =	4670.0	Grava (No.4 < Diam < 3") =	35.06%	D60 (mm) =	3.30	SM (Arena Limosa con Grava)
Muestra :	M-2	Peso Mat. < N°4 (gr) =	3032.7	Arena (No.200 < Diam < No.4) =	43.26%	D30 (mm) =	0.22	Clasificacion AASHTO
Estrato :	0.35 a 1.50	Peso de Fracción (gr) =	495.1	Finos (Diam < No.200) =	21.68%	D10 (mm) =	--	A-1-b (0)

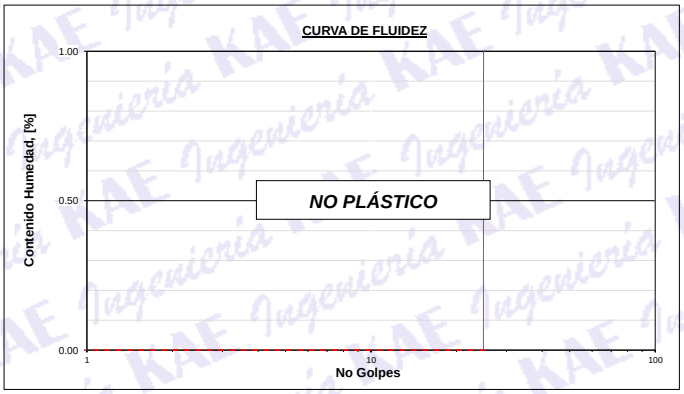
ABERTURA (mm)	TAMIZ	PESO RETENIDO (gr)	RETENIDO PARCIAL%	RETENIDO ACUMULADO %	PASA %
75.000	3"				
50.000	2"	0	0.0	0.0	**100.00**
37.500	1 1/2"	232	5.0	5.0	**95.03**
25.000	1"	147	3.1	8.1	**91.89**
19.000	3/4"	237	5.1	13.2	**86.82**
12.500	1/2"	352	7.6	20.7	**79.27**
9.500	3/8"	204	4.4	25.1	**74.90**
4.750	N° 4	465	10.0	35.1	**64.94**
2.000	N° 10	89.3	11.7	46.8	**53.23**
0.850	N° 20	67.2	8.8	55.6	**44.42**
0.425	N° 40	54.6	7.2	62.7	**37.26**
0.250	N° 60	45.2	5.9	68.7	**31.33**
0.106	N° 140	60.4	7.9	76.6	**23.41**
0.075	N° 200	13.2	1.7	78.3	**21.68**
	FONDO	165.2	21.7	100.0	



ENSAYO LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO

(ASTM D4318, NTP-339-129, MTC E110, MTC E111)

LÍMITE LÍQUIDO				
Nº Tarro				
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.			
Peso Tarro + Suelo Seco	gr.			
Peso De Agua	gr.			
Peso Del Tarro	gr.	***NO PRESENTA***		
Peso Del Suelo Seco	gr.			
Contenido De Humedad	%			
Numero De Golpes	N°			
LÍMITE PLÁSTICO				
Nº Tarro				
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.			
Peso Tarro + Suelo Seco	gr.			
Peso De Agua	gr.	***NO PLÁSTICO***		
Peso Del Tarro	gr.			
Peso Del Suelo Seco	gr.			
Contenido De Humedad	%			



Limite Líquido	**N.P.**
Límite Plástico	**N.P.**
Indice Plasticidad	**N.P.**

CONTENIDO DE HUMEDAD DE MUESTRA INTEGRAL

(ASTM - D2216)

Procedimiento - Metodo "A"		Tara N°	
		T - 29	T - 05
Peso Tara	gr.	74.80	69.40
Peso Tara + Suelo Húmedo	gr.	465.30	514.70
Peso Tara + Suelo Seco	gr.	452.10	501.50
Peso Agua	gr.	13.20	13.20
Peso Suelo Seco	gr.	377.30	432.10
Contenido de Humedad	%	**3.50**	**3.05**
Contenido de Humedad Promedio	%	**3.28**	

KAE Ingeniería
Víctor Alfonso Herrera Lázaro
INGENIERO CIVIL
REG. CIP N° 215087

KAE INGENIERIA V°B° GERENCIA

Registro Indecopi N° 028979-2021/DSD

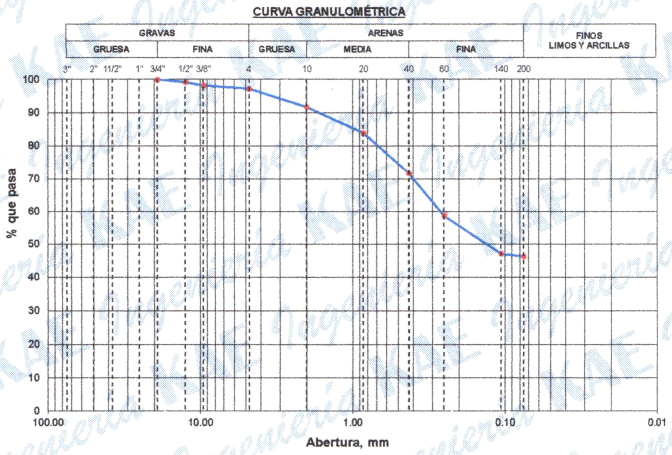
TESIS :	MEJORAMIENTO DE SUBRASANTES DE LA RED VIAL CAPTUY - MORO, CON CENIZAS DE DONAX OBESULUS Y CÁSCARA DE ARROZ, 2021	REGISTRO N°:	CC-MSR-GRA-05
		PÁGINA N°:	01 de 01
SOLICITA:	JIMENEZ GONZALES, DINA MARGARITA		
UBICACIÓN:	Distrito: Nuevo Chimbote ; Provincia: Santa ; Departamento: Ancash	FECHA:	10/01/2022

ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

(ASTM D6913, MTC E107, NTP-339-128)

Datos de Muestra		Peso de Muestra		% Gravas , Arena y Finos		Coef. Uniformidad y Curvatura		Clasificacion SUCS
Calicata :	C-05	Peso Inicial Seco (gr) =	1129.1	Grava (No.4 < Diam < 3") =	2.77%	D60 (mm) =	0.26	SM (Arena Limosa)
Muestra :	M-1	Peso Mat. < N°4 (gr) =	1097.8	Arena (No.200 < Diam < No.4) =	50.91%	D30 (mm) =	–	Clasificacion AASHTO
Estrato :	0.40 a 1.50	Peso de Fracción (gr) =	393.8	Finos (Diam < No.200) =	46.32%	D10 (mm) =	–	A-4 (2)

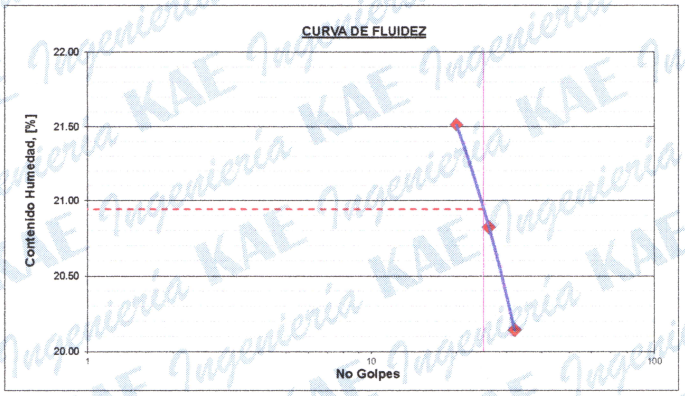
ABERTURA (mm)	TAMIZ	PESO RETENIDO (gr)	RETENIDO PARCIAL%	RETENIDO ACUMULADO %	PASA %
75.000	3"				
50.000	2"				
37.500	1 1/2"				
25.000	1"				
19.000	3/4"	0	0.0	0.0	**100.00**
12.500	1/2"	8	0.7	0.7	**99.29**
9.500	3/8"	12	1.1	1.8	**98.23**
4.750	N° 4	11	1.0	2.8	**97.23**
2.000	N° 10	22.0	5.4	8.2	**91.80**
0.850	N° 20	31.5	7.8	16.0	**84.02**
0.425	N° 40	49.4	12.2	28.2	**71.82**
0.250	N° 60	52.9	13.1	41.2	**58.76**
0.106	N° 140	47.1	11.6	52.9	**47.13**
0.075	N° 200	3.3	0.8	53.7	**46.32**
	FONDO	187.60	46.3	100.0	



ENSAYO LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO

(ASTM D4318, NTP-339-129, MTC E110, MTC E111)

LÍMITE LÍQUIDO				
Nº Tarro		T - 06	T - 24	T - 10
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.	52.94	50.63	46.85
Peso Tarro + Suelo Seco	gr.	47.86	45.72	42.12
Peso De Agua	gr.	5.08	4.91	4.73
Peso Del Tarro	gr.	24.25	22.14	18.64
Peso Del Suelo Seco	gr.	23.61	23.58	23.48
Contenido De Humedad	%	21.52	20.82	20.14
Numero De Golpes	N°	20	26	32
LÍMITE PLÁSTICO				
Nº Tarro				
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.			
Peso Tarro + Suelo Seco	gr.			
Peso De Agua	gr.		***NO PLÁSTICO***	
Peso Del Tarro	gr.			
Peso Del Suelo Seco	gr.			
Contenido De Humedad	%			



Limite Líquido	**20.94%**
Límite Plástico	**N.P.**
Indice Plasticidad	**N.P.**

CONTENIDO DE HUMEDAD DE MUESTRA INTEGRAL

(ASTM - D2216)

Procedimiento - Metodo "A"		Tara N°	
		T - 06	T - 69
Peso Tara	gr.	110.20	84.60
Peso Tara + Suelo Húmedo	gr.	385.10	458.20
Peso Tara + Suelo Seco	gr.	373.20	443.00
Peso Agua	gr.	11.90	15.20
Peso Suelo Seco	gr.	263.00	358.40
Contenido de Humedad	%	**4.52**	**4.24**
Contenido de Humedad Promedio	%	**4.38**	

KAE Ingeniería
Victor Alfredo Herrera Lázaro
INGENIERO CIVIL
REG. CIP N° 216347

KAE INGENIERIA V°B° GERENCIA

TESIS : MEJORAMIENTO DE SUBRASANTES DE LA RED VIAL CAPTUY - MORO, CON CENIZAS DE DONAX OBESULUS Y CÁSCARA DE ARROZ, 2021

REGISTRO N°: CC-MSR-GRA-06

PÁGINA N°: 01 de 01

SOLICITA: JIMENEZ GONZALES, DINA MARGARITA

UBICACIÓN: Distrito: Nuevo Chimbote ; Provincia: Santa ; Departamento: Ancash

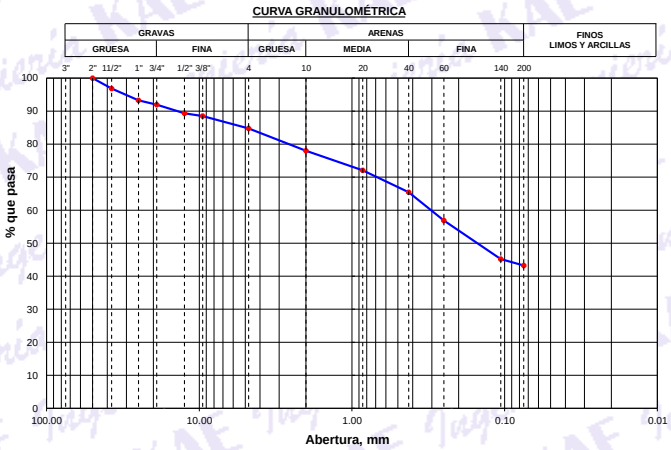
FECHA: 6/01/2022

ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

(ASTM D6913, MTC E107, NTP-339-128)

Datos de Muestra		Peso de Muestra		% Gravas , Arena y Finos		Coef. Uniformidad y Curvatura		Clasificacion SUCS
Calicata :	C-06	Peso Inicial Seco (gr) =	3150.0	Grava (No.4 < Diam < 3") =	15.26%	D60 (mm) =	0.30	SM (Arena Limosa con Grava)
Muestra :	M-1	Peso Mat. < N°4 (gr) =	2669.3	Arena (No.200 < Diam < No.4) =	41.49%	D30 (mm) =	--	Clasificacion AASHTO
Estrato :	0.80 a 1.50	Peso de Fracción (gr) =	517.5	Finos (Diam < No.200) =	43.25%	D10 (mm) =	--	A-4 (2)

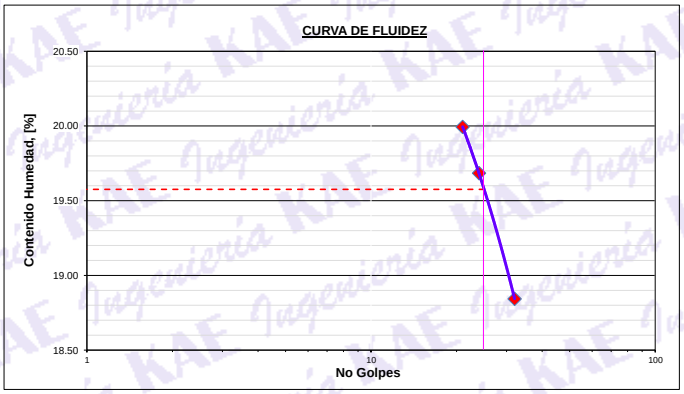
ABERTURA (mm)	TAMIZ	PESO RETENIDO (gr)	RETENIDO PARCIAL%	RETENIDO ACUMULADO %	PASA %
75.000	3"				
50.000	2"	0	0.0	0.0	**100.00**
37.500	1 1/2"	100	3.2	3.2	**96.83**
25.000	1"	113	3.6	6.7	**93.26**
19.000	3/4"	41	1.3	8.1	**91.95**
12.500	1/2"	83	2.6	10.7	**89.32**
9.500	3/8"	26	0.8	11.5	**88.49**
4.750	N° 4	118	3.8	15.3	**84.74**
2.000	N° 10	41.1	6.7	22.0	**78.01**
0.850	N° 20	36.2	5.9	27.9	**72.08**
0.425	N° 40	40.7	6.7	34.6	**65.42**
0.250	N° 60	52.2	8.5	43.1	**56.87**
0.106	N° 140	71.4	11.7	54.8	**45.18**
0.075	N° 200	11.8	1.9	56.8	**43.25**
	FONDO	264.1	43.2	100.0	



ENSAYO LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO

(ASTM D4318, NTP-339-129, MTC E110, MTC E111)

LÍMITE LÍQUIDO				
Nº Tarro		T - 26	T - 06	T - 17
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.	60.06	67.17	68.06
Peso Tarro + Suelo Seco	gr.	54.10	59.42	60.29
Peso De Agua	gr.	5.96	7.75	7.77
Peso Del Tarro	gr.	24.29	20.06	19.06
Peso Del Suelo Seco	gr.	29.81	39.36	41.23
Contenido De Humedad	%	19.99	19.68	18.84
Numero De Golpes	N°	21	24	32
LÍMITE PLÁSTICO				
Nº Tarro				
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.			
Peso Tarro + Suelo Seco	gr.			
Peso De Agua	gr.		***NO PLÁSTICO***	
Peso Del Tarro	gr.			
Peso Del Suelo Seco	gr.			
Contenido De Humedad	%			



Limite Líquido	**19.58%**
Límite Plástico	**N.P.**
Indice Plasticidad	**N.P.**

CONTENIDO DE HUMEDAD DE MUESTRA INTEGRAL

(ASTM - D2216)

Procedimiento - Metodo "A"		Tara N°	
		T - 35	T - 05
Peso Tara	gr.	161.10	98.40
Peso Tara + Suelo Húmedo	gr.	465.80	685.50
Peso Tara + Suelo Seco	gr.	455.80	664.30
Peso Agua	gr.	10.00	21.20
Peso Suelo Seco	gr.	294.70	565.90
Contenido de Humedad	%	**3.39**	**3.75**
Contenido de Humedad Promedio	%	**3.57**	

KAE Ingeniería
Víctor Alfonso Herrera Lázaro
INGENIERO CIVIL
REG. CIP. N° 216087

KAE INGENIERIA V°B° GERENCIA

ANEXO 5.3.:

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO Y CBR EN LABORATORIO DE LAS MUESTRAS DE SUELO DE LAS CALICATAS

TESIS :	MEJORAMIENTO DE SUBRASANTES DE LA RED VIAL CAPTUY - MORO, CON CENIZAS DE DONAX OBESULUS Y CÁSCARA DE ARROZ, 2021	**REGISTRO N°:**	CC-MSR-CBR-01
		PAGINA N°:	01 de 03
SOLICITA :	JIMENEZ GONZALES, DINA MARGARITA		
UBICACIÓN :	Distrito: Chimbote ; Provincia: Santa ; Departamento: Ancash	**FECHA:**	15/01/2022

ENSAYO DE COMPACTACIÓN - PROCTOR MODIFICADO PARA CBR

ASTM D1557 / ASTM D1883

Datos de la Muestra

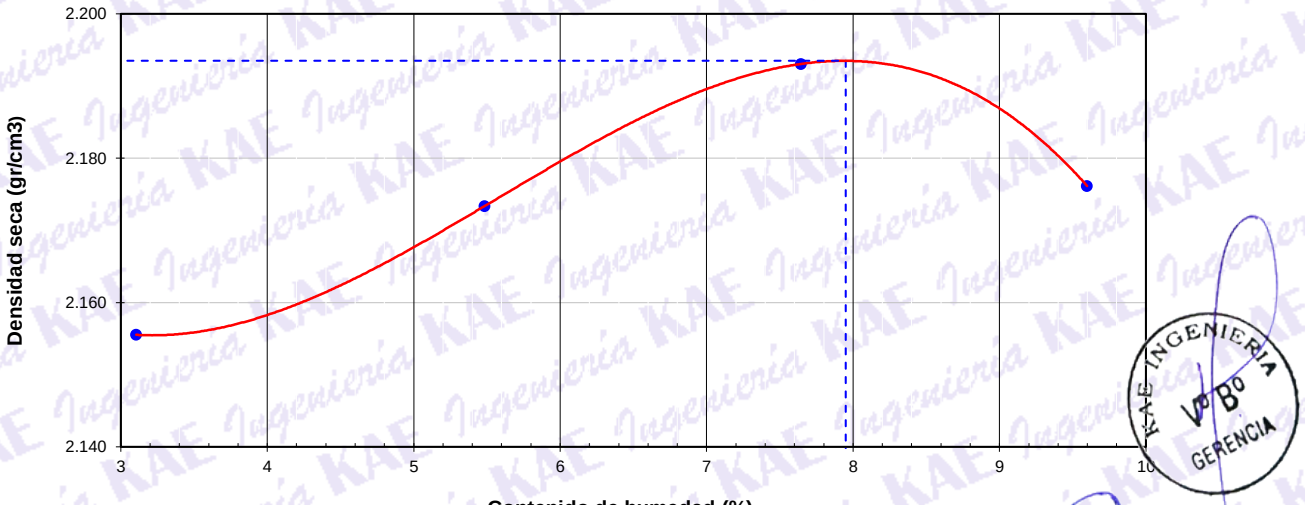
Calicata : C-01 — **Clasificación (SUCS) :** SM

Muestra : M-01 (0.45 a 1.50) m. — **Clasificación (AASHTO) :** A-1-a (0)

Peso suelo + molde	gr	7786.00	7930.00	8070.00	8120.00	
Peso molde	gr	3220.00	3220.00	3220.00	3220.00	
Peso suelo húmedo compactado	gr	4566.00	4710.00	4850.00	4900.00	
Volumen del molde	cm^3	2054.49	2054.49	2054.49	2054.49	
Peso volumétrico húmedo	gr/cm^3	2.22	2.29	2.36	2.39	
Recipiente Nº		40	26	11	9	
Peso del suelo húmedo+tara	gr	249.50	384.50	415.20	512.20	
Peso del suelo seco + tara	gr	244.10	367.90	389.90	471.10	
Tara	gr	70.20	65.20	58.90	42.90	
Peso de agua	gr	5.40	16.60	25.30	41.10	
Peso del suelo seco	gr	173.90	302.70	331.00	428.20	
Contenido de agua	%	3.11	5.48	7.64	9.60	
Peso volumétrico seco	gr/cm^3	2.156	2.173	2.193	2.176	

Densidad máxima (gr/cm^3)	**2.194**
Humedad óptima (%)	**7.95**

RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD



OBSERVACIONES:

- La muestra fue tomada en presencia del solicitante.

KAE Ingeniería
Víctor Alfonso Herrera Lázaro
INGENIERO CIVIL
REG. CIP N° 216087

KAE INGENIERIA V°B° GERENCIA

TESIS :	MEJORAMIENTO DE SUBRASANTES DE LA RED VIAL CAPTUY - MORO,	**REGISTRO N°:**	CC-MSR-CBR-01
	CON CENIZAS DE DONAX OBESULUS Y CÁSCARA DE ARROZ, 2021	**PAGINA N°:**	02 de 03
SOLICITA :	JIMENEZ GONZALES, DINA MARGARITA		
UBICACIÓN :	Distrito: Chimbote ; Provincia: Santa ; Departamento: Ancash	**FECHA:**	15/01/2022

ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA
ASTM D1883

Datos de la Muestra

Calicata : C-01 **Clasificación (SUCS) :** SM

Muestra : M-01 (0.45 a 1.50) m. **Clasificación (AASHTO) :** A-1-a (0)

CALCULO DE LA RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)

Molde Nº	1		2		3	
Número de capas	5		5		5	
Número de golpes	56		25		10	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso suelo + molde (gr.)	13,505	13,525	13,000	13,080	12,880	13,000
Peso molde (gr.)	8,480	8,480	8,100	8,100	8,180	8,180
Peso suelo compactado (gr.)	5,025	5,045	4,900	4,980	4,700	4,820
Volumen del molde (cm^3)	2,123	2,123	2,128	2,128	2,151	2,151
Densidad húmeda ($gr./cm^3$)	2.367	2.377	2.303	2.341	2.185	2.241
Densidad Seca ($gr./cm^3$)	2.194	2.194	2.133	2.133	2.025	2.025

CONTENIDO DE HUMEDAD

Peso de tara (gr.)	56.50	0.00	63.90	0.00	49.70	0.00
Tara + suelo húmedo (gr.)	429.60	5045.00	394.10	4980.00	465.80	4820.00
Tara + suelo seco (gr.)	402.20	4655.97	369.80	4539.40	435.20	4354.36
Peso de agua (gr.)	27.40	389.03	24.30	440.60	30.60	465.64
Peso de suelo seco (gr.)	345.70	4655.97	305.90	4539.40	385.50	4354.36
Humedad (%)	7.93	8.36	7.94	9.71	7.94	10.69

EXPANSIÓN

Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión	
		Hr	0.01"	mm	%		mm	%		mm	%
15/01/2022	14:00	0	0.000	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00
16/01/2022	14:00	24	0.002	0.05	0.04	0.003	0.08	0.06	0.005	0.13	0.10
17/01/2022	14:00	48	0.003	0.08	0.06	0.005	0.13	0.10	0.009	0.23	0.18
18/01/2022	14:00	72	0.004	0.10	0.08	0.007	0.18	0.14	0.011	0.28	0.22
19/01/2022	14:00	96	0.005	0.13	0.10	0.009	0.23	0.18	0.013	0.33	0.26

PENETRACIÓN

Penetración	Carga Standard	Molde N° 1				Molde N° 2				Molde N° 3			
		Carga		Corrección		Carga		Corrección		Carga		Corrección	
(pulg.)	(Lb/pulg2)	lb	lb/pulg^2	lb/pulg^2	CBR %	lb	lb/pulg^2	lb/pulg^2	CBR %	lb	lb/pulg^2	lb/pulg^2	CBR %
0.025		242	79.2			144	47.2			94	30.9		
0.050		848	277.2			667	218.2			331	108.2		
0.075		1444	472.4			1252	409.6			637	208.5		
0.100	1000	2104	688.1	830.0	**83.0**	1855	606.7	650.0	**65.0**	867	283.7	300.0	**30.0**
0.150		3498	1144.3			2958	967.5			1199	392.0		
0.200	1500	4789	1566.3	1620.0	**108.0**	3812	1246.9	1270.0	**84.7**	1547	506.1	500.0	**33.3**
0.300		6253	2045.2			4949	1618.7			1734	567.2		
0.400		7995	2615.1			6396	2092.1			2241	733.1		
0.500		9378	3067.4			7946	2598.8			2764	904.1		

OBSERVACIONES:

- La muestra fue tomada en presencia del solicitante.

Víctor Alfonso Herrera Lázaro
INGENIERO CIVIL
REG. CIP N° 216087

KAE INGENIERIA V°B° GERENCIA

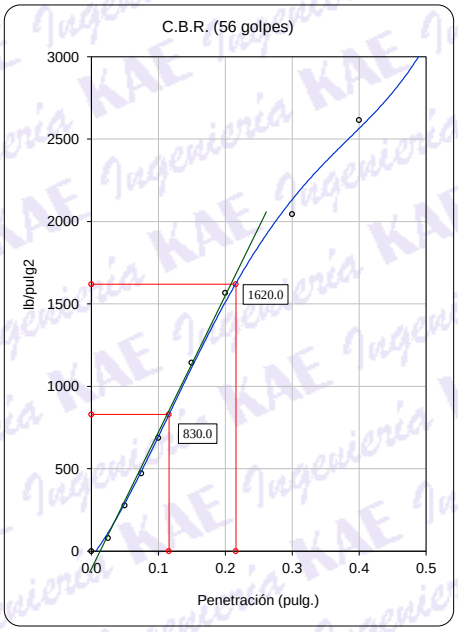
TESIS :	MEJORAMIENTO DE SUBRASANTES DE LA RED VIAL CAPTUY - MORO,	**REGISTRO N°:**	CC-MSR-CBR-01
	CON CENIZAS DE DONAX OBESULUS Y CÁSCARA DE ARROZ, 2021	**PAGINA N°:**	03 de 03
SOLICITA :	JIMENEZ GONZALES, DINA MARGARITA		
UBICACIÓN :	Distrito: Chimbote ; Provincia: Santa ; Departamento: Ancash	**FECHA:**	15/01/2022

ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA
ASTM D1883

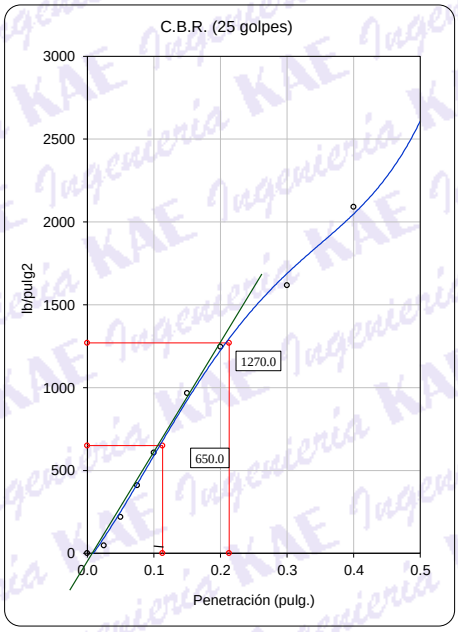
Datos de la Muestra

Calicata : C-01 **Clasificación (SUCS) :** SM **Máxima Densidad Seca :** 2.194 gr./cm^3

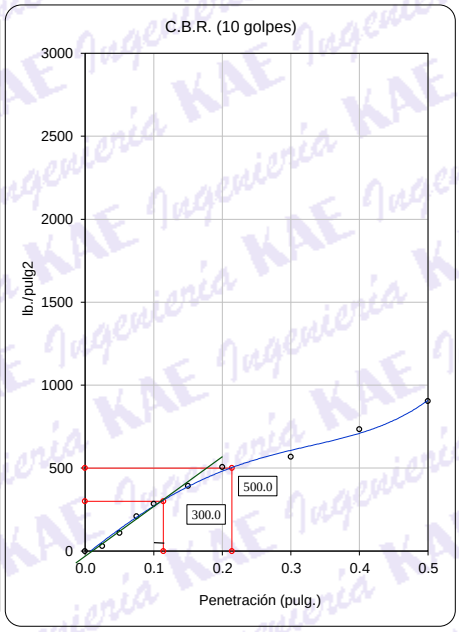
Muestra : M-01 (0.45 a 1.50) m. **Clasificación (AASHTO) :** A-1-a (0) **Máxima Densidad Seca al 95% :** 2.084 gr./cm^3



C.B.R. (0.1") 56 GOLPES : 83.0%

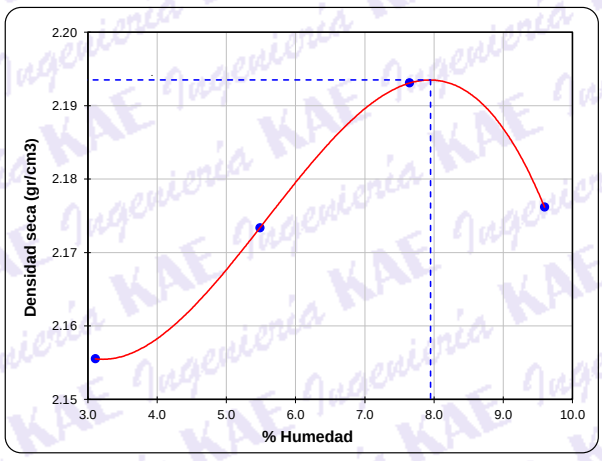


C.B.R. (0.1") 25 GOLPES : 65.0%

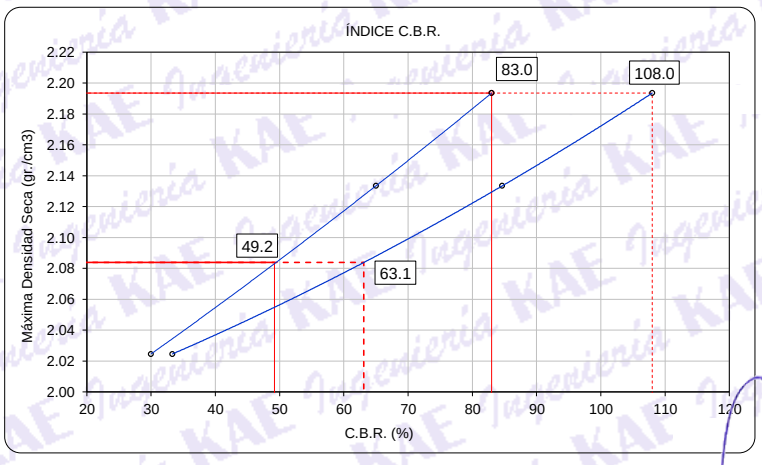


C.B.R. (0.1") 12 GOLPES : 30.0%

CURVA DE COMPACTACIÓN - ASTM D1557



CURVA CBR Vs DENSIDAD SECA



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1": 83.0%
C.B.R. (95% M.D.S.) 0.1": 49.2%

C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2": 108.0%
C.B.R. (95% M.D.S.) 0.2": 63.1%

OBSERVACIONES:
- La muestra fue tomada por el personal tecnico de laboratorio en obra.

KAE Ingeniería
Víctor Alfonso Herrera Lázaro
INGENIERO CIVIL
REG. CIP. N° 215047

KAE INGENIERIA V°B° GERENCIA

TESIS :	MEJORAMIENTO DE SUBRASANTES DE LA RED VIAL CAPTUY - MORO, CON CENIZAS DE DONAX OBESULUS Y CÁSCARA DE ARROZ, 2021	**REGISTRO N°:**	CC-MSR-CBR-02
		PAGINA N°:	01 de 03
SOLICITA :	JIMENEZ GONZALES, DINA MARGARITA		
UBICACIÓN :	Distrito: Chimbote ; Provincia: Santa ; Departamento: Ancash	**FECHA:**	21/01/2022

ENSAYO DE COMPACTACIÓN - PROCTOR MODIFICADO PARA CBR

ASTM D1557 / ASTM D1883

Datos de la Muestra

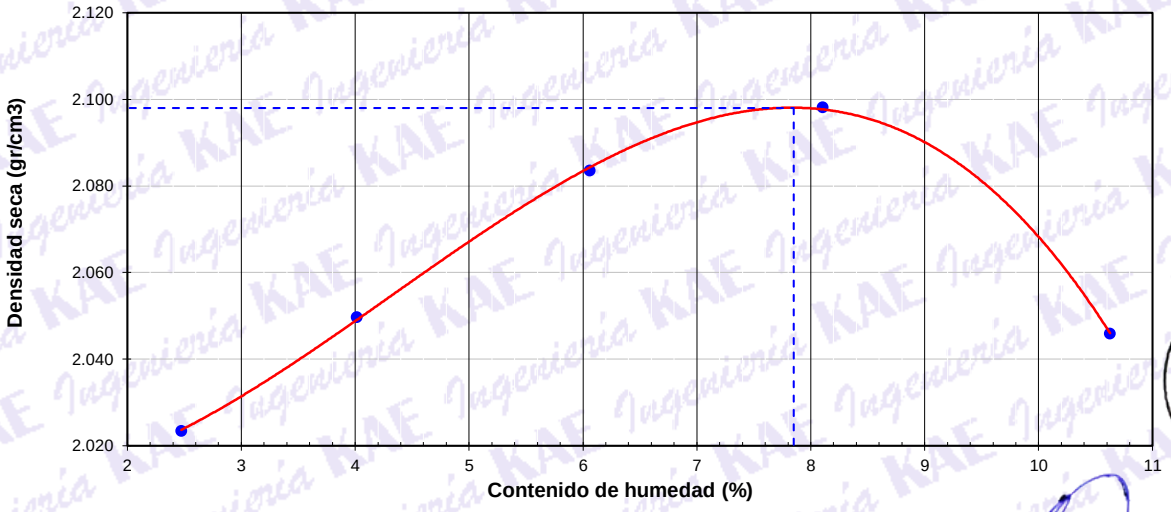
Calicata : C-02 — **Clasificación (SUCS) :** SM

Muestra : M-01 (0.45 a 1.50) m. — **Clasificación (AASHTO) :** A-1-b (0)

Peso suelo + molde	gr	7480.00	7600.00	7760.00	7880.00	7870.00
Peso molde	gr	3220.00	3220.00	3220.00	3220.00	3220.00
Peso suelo húmedo compactado	gr	4260.00	4380.00	4540.00	4660.00	4650.00
Volumen del molde	cm^3	2054.49	2054.49	2054.49	2054.49	2054.49
Peso volumétrico húmedo	gr/cm^3	2.07	2.13	2.21	2.27	2.26
Recipiente Nº		13	6	22	14	26
Peso del suelo húmedo+tara	gr	306.60	370.80	463.10	421.70	356.50
Peso del suelo seco + tara	gr	303.10	360.80	444.10	401.50	332.80
Tara	gr	161.60	111.60	130.60	152.30	109.80
Peso de agua	gr	3.50	10.00	19.00	20.20	23.70
Peso del suelo seco	gr	141.50	249.20	313.50	249.20	223.00
Contenido de agua	%	2.47	4.01	6.06	8.11	10.63
Peso volumétrico seco	gr/cm^3	2.023	2.050	2.084	2.098	2.046

Densidad máxima (gr/cm^3)	**2.098**
Humedad óptima (%)	**7.85**

RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD



OBSERVACIONES:

- La muestra fue tomada en presencia del solicitante.

KAE INGENIERIA V°B° GERENCIA

KAE Ingeniería
Víctor Alfonso Herrera Lázaro
INGENIERO CIVIL
REG. CIP N° 216087

TESIS :	MEJORAMIENTO DE SUBRASANTES DE LA RED VIAL CAPTUY - MORO,	**REGISTRO N°:**	CC-MSR-CBR-02
	CON CENIZAS DE DONAX OBESULUS Y CÁSCARA DE ARROZ, 2021	**PAGINA N°:**	02 de 03
SOLICITA :	JIMENEZ GONZALES, DINA MARGARITA		
UBICACIÓN :	Distrito: Chimbote ; Provincia: Santa ; Departamento: Ancash	**FECHA:**	21/01/2022

ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA
ASTM D1883

Datos de la Muestra

Calicata : C-02 **Clasificación (SUCS) :** SM

Muestra : M-01 (0.45 a 1.50) m. **Clasificación (AASHTO) :** A-1-b (0)

CALCULO DE LA RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)

Molde Nº	1		2		3	
Número de capas	5		5		5	
Número de golpes	56		25		10	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso suelo + molde (gr.)	13,280	13,293	12,540	12,653	12,400	12,581
Peso molde (gr.)	8,480	8,480	8,100	8,100	8,180	8,180
Peso suelo compactado (gr.)	4,800	4,813	4,440	4,553	4,220	4,401
Volumen del molde (cm^3)	2,123	2,123	2,128	2,128	2,151	2,151
Densidad húmeda ($gr./cm^3$)	2.261	2.267	2.087	2.140	1.962	2.046
Densidad Seca ($gr./cm^3$)	2.097	2.097	1.934	1.934	1.820	1.820

CONTENIDO DE HUMEDAD

Peso de tara (gr.)	52.50	0.00	49.60	0.00	51.40	0.00
Tara + suelo húmedo (gr.)	396.50	4813.00	485.50	4553.00	396.90	4401.00
Tara + suelo seco (gr.)	371.50	4451.16	453.70	4116.09	371.80	3913.42
Peso de agua (gr.)	25.00	361.84	31.80	436.91	25.10	487.58
Peso de suelo seco (gr.)	319.00	4451.16	404.10	4116.09	320.40	3913.42
Humedad (%)	7.84	8.13	7.87	10.61	7.83	12.46

EXPANSIÓN

Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión	
		Hr	0.01"	mm	%		mm	%		mm	%
21/01/2022	14:00	0	0.000	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00
22/01/2022	14:00	24	0.001	0.03	0.02	0.002	0.05	0.04	0.005	0.13	0.10
23/01/2022	14:00	48	0.002	0.05	0.04	0.005	0.13	0.10	0.008	0.20	0.16
24/01/2022	14:00	72	0.004	0.10	0.08	0.009	0.23	0.18	0.012	0.30	0.24
25/01/2022	14:00	96	0.005	0.13	0.10	0.012	0.30	0.24	0.019	0.48	0.38

PENETRACIÓN

Penetración	Carga Standard	Molde N° 1				Molde N° 2				Molde N° 3			
		Carga		Corrección		Carga		Corrección		Carga		Corrección	
(pulg.)	(Lb/pulg2)	lb	$lb/pulg^2$	$lb/pulg^2$	CBR %	lb	$lb/pulg^2$	$lb/pulg^2$	CBR %	lb	$lb/pulg^2$	$lb/pulg^2$	CBR %
0.025		231	75.6			206	67.5			79	25.7		
0.050		594	194.4			504	165.0			224	73.2		
0.075		1179	385.7			840	274.7			346	113.0		
0.100	1000	1750	572.3	600.0	**60.0**	1161	379.9	400.0	**40.0**	451	147.5	145.0	**14.5**
0.150		2720	889.6			1898	620.7			641	209.5		
0.200	1500	3683	1204.8	1240.0	**82.7**	2445	799.6	830.0	**55.3**	811	265.1	265.0	**17.7**
0.300		5397	1765.4			3329	1089.0			1144	374.2		
0.400		6915	2261.9			3925	1283.7			1478	483.4		
0.500		8345	2729.4			5102	1668.8			1804	589.9		

OBSERVACIONES:

- La muestra fue tomada en presencia del solicitante.

KAE Ingeniería
Víctor Alfonso Herrera Lázaro
INGENIERO CIVIL
REG. CIP N° 216087

KAE INGENIERIA V°B° GERENCIA

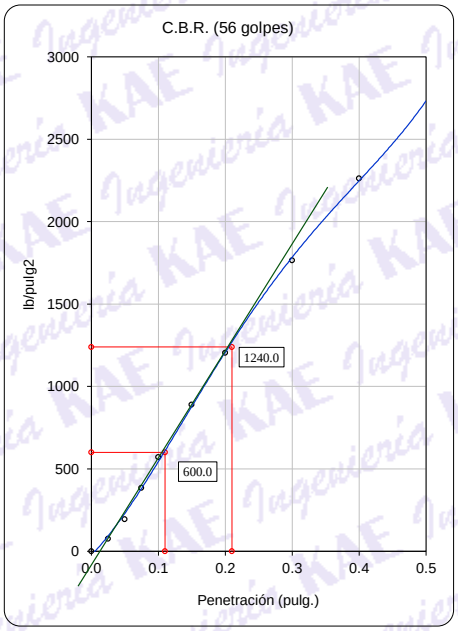
TESIS :	MEJORAMIENTO DE SUBRASANTES DE LA RED VIAL CAPTUY - MORO,	**REGISTRO N°:**	CC-MSR-CBR-02
	CON CENIZAS DE DONAX OBESULUS Y CÁSCARA DE ARROZ, 2021	**PAGINA N°:**	03 de 03
SOLICITA :	JIMENEZ GONZALES, DINA MARGARITA		
UBICACIÓN :	Distrito: Chimbote ; Provincia: Santa ; Departamento: Ancash	**FECHA:**	21/01/2022

ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA
ASTM D1883

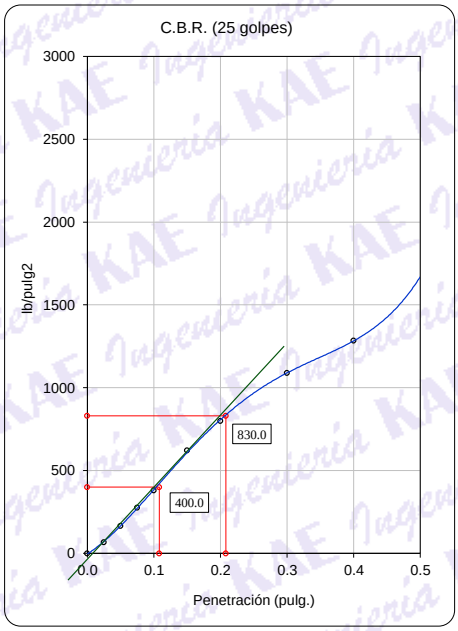
Datos de la Muestra

Calicata : C-02 **Clasificación (SUCS) :** SM **Máxima Densidad Seca :** 2.098 gr./cm^3

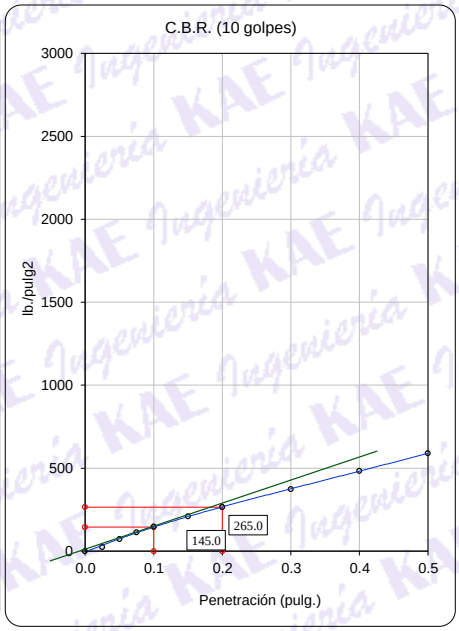
Muestra : M-01 (0.45 a 1.50) m. **Clasificación (AASHTO) :** A-1-b (0) **Máxima Densidad Seca al 95% :** 1.993 gr./cm^3



C.B.R. (0.1") 56 GOLPES : 60.0%

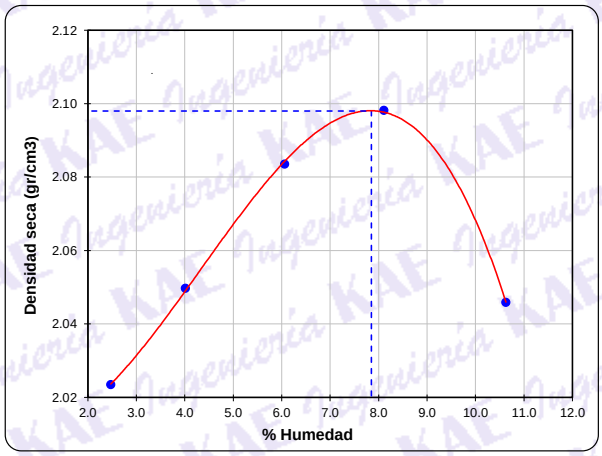


C.B.R. (0.1") 25 GOLPES : 40.0%

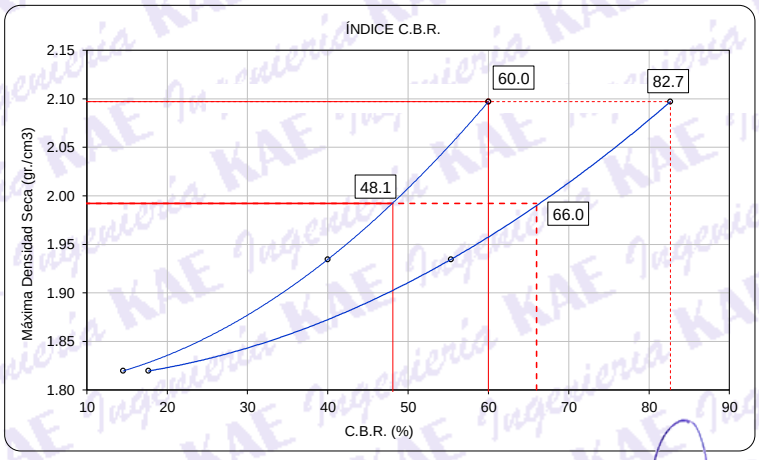


C.B.R. (0.1") 12 GOLPES : 14.5%

CURVA DE COMPACTACIÓN - ASTM D1557



CURVA CBR Vs DENSIDAD SECA



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1": 60.0%
C.B.R. (95% M.D.S.) 0.1": 48.1%

C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2": 82.7%
C.B.R. (95% M.D.S.) 0.2": 66.0%

OBSERVACIONES:

- La muestra fue tomada por el personal tecnico de labboratorio en obra.

KAE Ingeniería
Victor Alfonso Herrera Lázaro
INGENIERO CIVIL
REG. CIP N° 216087

KAE INGENIERIA V°B° GERENCIA

TESIS :	MEJORAMIENTO DE SUBRASANTES DE LA RED VIAL CAPTUY - MORO, CON CENIZAS DE DONAX OBESULUS Y CÁSCARA DE ARROZ, 2021	**REGISTRO N°:**	CC-MSR-CBR-03
		PAGINA N°:	01 de 03
SOLICITA :	JIMENEZ GONZALES, DINA MARGARITA		
UBICACIÓN :	Distrito: Chimbote ; Provincia: Santa ; Departamento: Ancash	**FECHA:**	27/01/2022

ENSAYO DE COMPACTACIÓN - PROCTOR MODIFICADO PARA CBR

ASTM D1557 / ASTM D1883

Datos de la Muestra

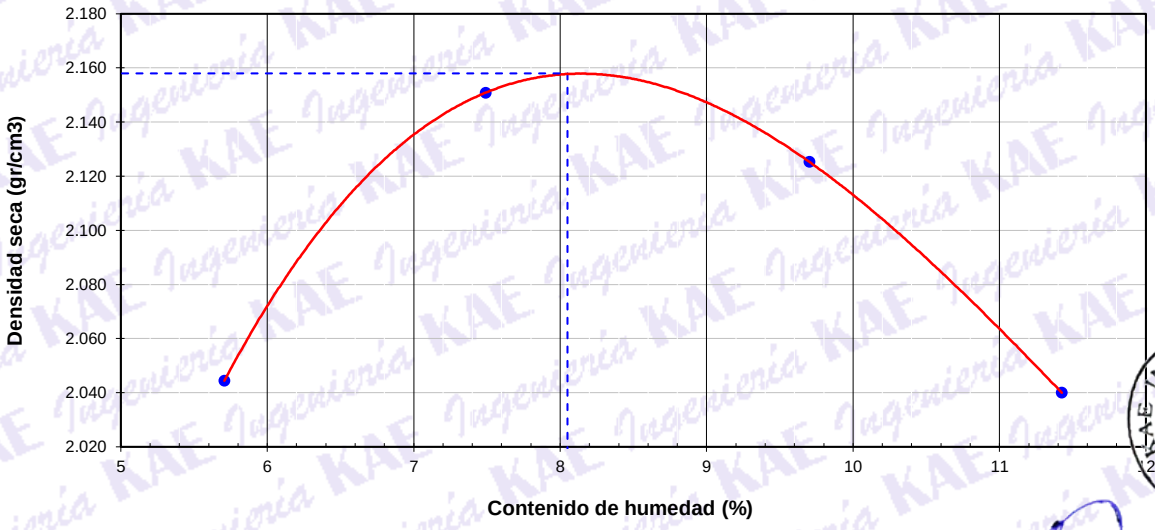
Calicata : C-03 — **Clasificación (SUCS) :** SM

Muestra : M-02 (0.80 a 1.50)m. — **Clasificación (AASHTO) :** A-1-a (0)

Peso suelo + molde	gr	7660.00	7970.00	8010.00	7890.00	
Peso molde	gr	3220.00	3220.00	3220.00	3220.00	
Peso suelo húmedo compactado	gr	4440.00	4750.00	4790.00	4670.00	
Volumen del molde	cm^3	2054.49	2054.49	2054.49	2054.49	
Peso volumétrico húmedo	gr/cm^3	2.16	2.31	2.33	2.27	
Recipiente Nº		7	35	13	64	
Peso del suelo húmedo+tara	gr	554.20	535.50	422.70	294.90	
Peso del suelo seco + tara	gr	530.10	509.40	399.60	273.10	
Tara	gr	107.80	161.00	161.50	82.30	
Peso de agua	gr	24.10	26.10	23.10	21.80	
Peso del suelo seco	gr	422.30	348.40	238.10	190.80	
Contenido de agua	%	5.71	7.49	9.70	11.43	
Peso volumétrico seco	gr/cm^3	2.044	2.151	2.125	2.040	

Densidad máxima (gr/cm^3)	**2.158**
Humedad óptima (%)	**8.05**

RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD



OBSERVACIONES:

- La muestra fue tomada en presencia del solicitante.

KAE Ingeniería
Víctor Alfonso Herrera Lázaro
INGENIERO CIVIL
REG. CIP N° 216087

KAE INGENIERIA V°B° GERENCIA

TESIS :	MEJORAMIENTO DE SUBRASANTES DE LA RED VIAL CAPTUY - MORO,	**REGISTRO N°:**	CC-MSR-CBR-03
	CON CENIZAS DE DONAX OBESULUS Y CÁSCARA DE ARROZ, 2021	**PAGINA N°:**	02 de 03
SOLICITA :	JIMENEZ GONZALES, DINA MARGARITA		
UBICACIÓN :	Distrito: Chimbote ; Provincia: Santa ; Departamento: Ancash	**FECHA:**	27/01/2022

ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA
ASTM D1883

Datos de la Muestra

Calicata : C-03 **Clasificación (SUCS) :** SM

Muestra : M-02 (0.80 a 1.50)m. **Clasificación (AASHTO) :** A-1-a (0)

CALCULO DE LA RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)

Molde Nº	1		2		3	
Número de capas	5		5		5	
Número de golpes	56		25		10	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso suelo + molde (gr.)	11,762	11,820	12,100	12,203	11,843	11,990
Peso molde (gr.)	6,790	6,790	7,520	7,520	7,580	7,580
Peso suelo compactado (gr.)	4,972	5,030	4,580	4,683	4,263	4,410
Volumen del molde (cm^3)	2,131	2,131	2,135	2,135	2,111	2,111
Densidad húmeda ($gr./cm^3$)	2.333	2.360	2.145	2.194	2.019	2.089
Densidad Seca ($gr./cm^3$)	2.159	2.159	1.986	1.986	1.869	1.869

CONTENIDO DE HUMEDAD

Peso de tara (gr.)	48.50	0.00	50.30	0.00	48.20	0.00
Tara + suelo húmedo (gr.)	512.40	5030.00	496.30	4683.00	421.20	4410.00
Tara + suelo seco (gr.)	477.80	4601.16	463.10	4239.07	393.40	3945.28
Peso de agua (gr.)	34.60	428.84	33.20	443.93	27.80	464.72
Peso de suelo seco (gr.)	429.30	4601.16	412.80	4239.07	345.20	3945.28
Humedad (%)	8.06	9.32	8.04	10.47	8.05	11.78

EXPANSIÓN

Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión	
		Hr	0.01"	mm	%		mm	%		mm	%
27/01/2022	14:00	0	0.000	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00
28/01/2022	14:00	24	0.003	0.08	0.06	0.004	0.10	0.08	0.006	0.15	0.12
29/01/2022	14:00	48	0.006	0.15	0.12	0.009	0.23	0.18	0.011	0.28	0.22
30/01/2022	14:00	72	0.011	0.28	0.22	0.013	0.33	0.26	0.015	0.38	0.30
31/01/2022	14:00	96	0.013	0.33	0.26	0.015	0.38	0.30	0.018	0.46	0.36

PENETRACIÓN

Penetración	Carga Standard	Molde N° 1				Molde N° 2				Molde N° 3			
		Carga		Corrección		Carga		Corrección		Carga		Corrección	
(pulg.)	(Lb/pulg2)	lb	lb/pulg^2	lb/pulg^2	CBR %	lb	lb/pulg^2	lb/pulg^2	CBR %	lb	lb/pulg^2	lb/pulg^2	CBR %
0.025		171	55.8			89	29.2			61	19.9		
0.050		626	204.7			367	120.1			210	68.7		
0.075		1174	384.1			655	214.3			406	132.6		
0.100	1000	1687	551.6	750.0	**75.0**	942	308.1	350.0	**35.0**	578	189.1	180.0	**18.0**
0.150		3007	983.6			1470	480.9			794	259.6		
0.200	1500	4291	1403.5	1570.0	**104.7**	1873	612.7	650.0	**43.3**	950	310.8	310.0	**20.7**
0.300		6234	2039.2			2647	865.7			1177	385.1		
0.400		7647	2501.2			3493	1142.3			1381	451.6		
0.500		8876	2903.1			4048	1323.9			1587	519.0		

OBSERVACIONES:

- La muestra fue tomada en presencia del solicitante.

KAE Ingeniería
Víctor Alfonso Herrera Lázaro
INGENIERO CIVIL
REG. CIP N° 216087

KAE INGENIERIA V° B° GERENCIA

TESIS :	MEJORAMIENTO DE SUBRASANTES DE LA RED VIAL CAPTUY - MORO,	**REGISTRO N°:**	CC-MSR-CBR-03
	CON CENIZAS DE DONAX OBESULUS Y CÁSCARA DE ARROZ, 2021	**PAGINA N°:**	03 de 03
SOLICITA :	JIMENEZ GONZALES, DINA MARGARITA		
UBICACIÓN :	Distrito: Chimbote ; Provincia: Santa ; Departamento: Ancash	**FECHA:**	27/01/2022

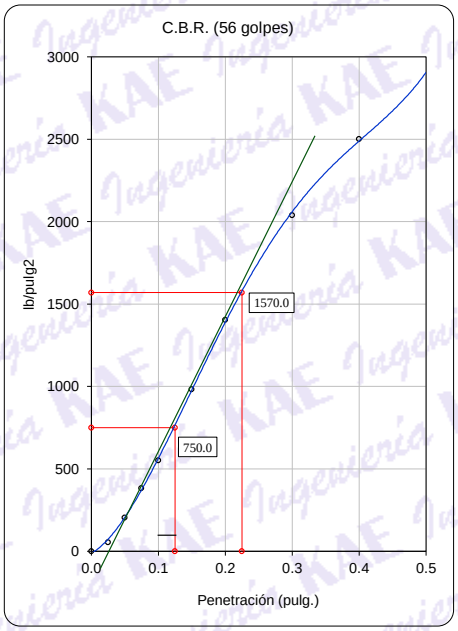
ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA

ASTM D1883

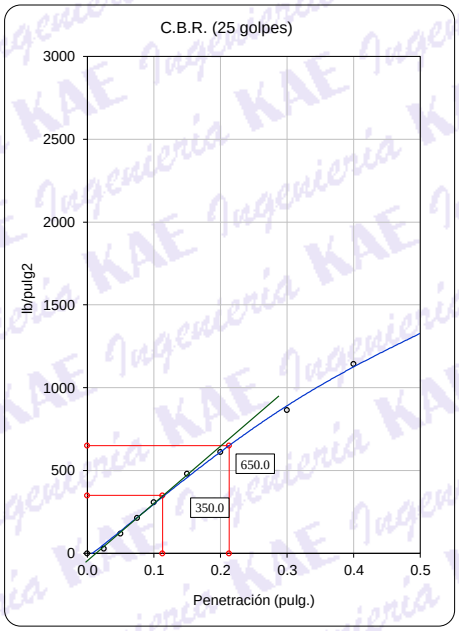
Datos de la Muestra

Calicata : C-03 **Clasificación (SUCS) :** SM **Máxima Densidad Seca :** 2.158 gr./cm^3

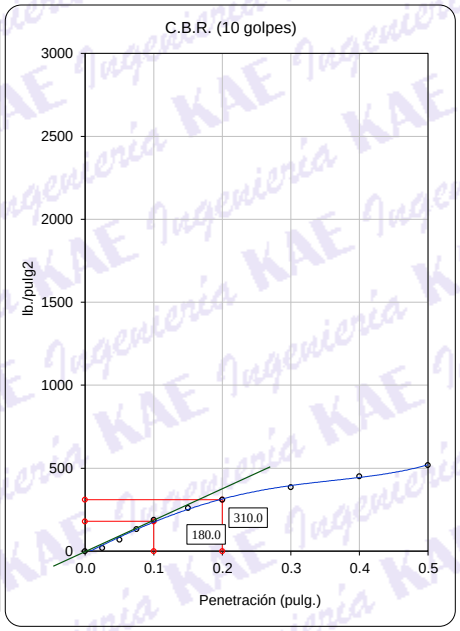
Muestra : M-02 (0.80 a 1.50)m. **Clasificación (AASHTO) :** A-1-a (0) **Máxima Densidad Seca al 95% :** 2.050 gr./cm^3



C.B.R. (0.1") 56 GOLPES : 75.0%

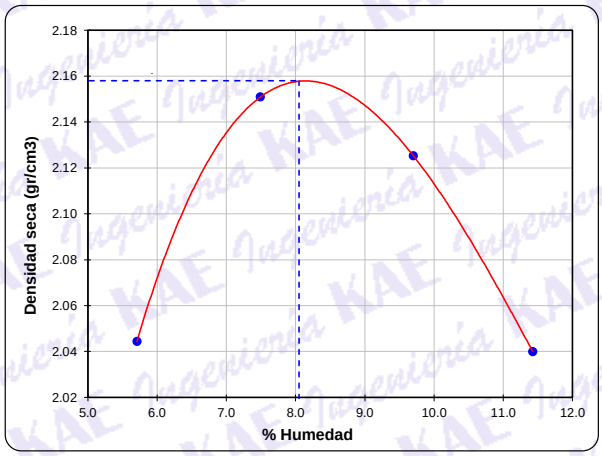


C.B.R. (0.1") 25 GOLPES : 35.0%

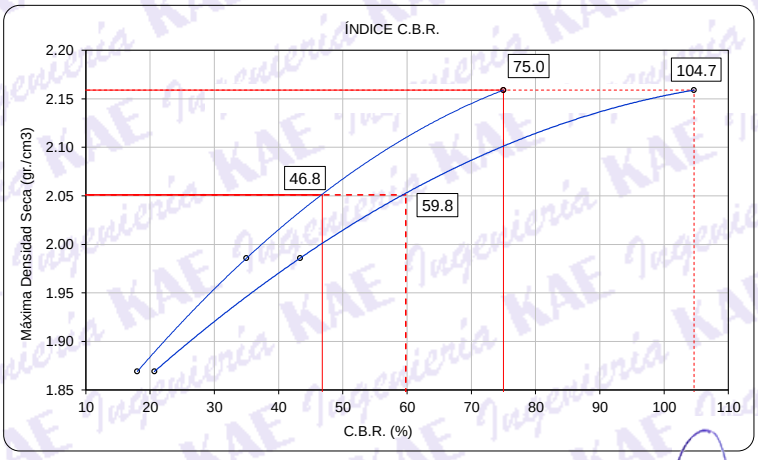


C.B.R. (0.1") 12 GOLPES : 18.0%

CURVA DE COMPACTACIÓN - ASTM D1557



CURVA CBR Vs DENSIDAD SECA



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1": 75.0%
C.B.R. (95% M.D.S.) 0.1": 46.8%

C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2": 104.7%
C.B.R. (95% M.D.S.) 0.2": 59.8%

OBSERVACIONES:

- La muestra fue tomada por el personal tecnico de labboratorio en obra.

KAE Ingeniería
Victor Alfonso Herrera Lázaro
INGENIERO CIVIL
REG. CIP N° 216087

KAE INGENIERIA V° B° GERENCIA

TESIS :	MEJORAMIENTO DE SUBRASANTES DE LA RED VIAL CAPTUY - MORO, CON CENIZAS DE DONAX OBESULUS Y CÁSCARA DE ARROZ, 2021	**REGISTRO N°:**	CC-MSR-CBR-04
		PAGINA N°:	01 de 03
SOLICITA :	JIMENEZ GONZALES, DINA MARGARITA		
UBICACIÓN :	Distrito: Chimbote ; Provincia: Santa ; Departamento: Ancash	**FECHA:**	29/01/2022

ENSAYO DE COMPACTACIÓN - PROCTOR MODIFICADO PARA CBR

ASTM D1557 / ASTM D1883

Datos de la Muestra

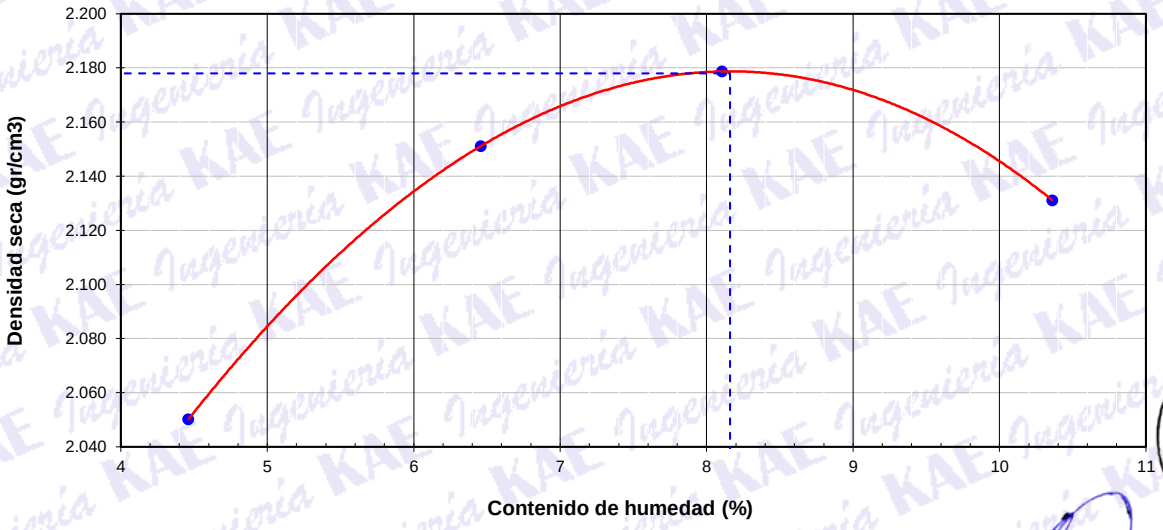
Cantera : C-04 — **Clasificación (SUCS) :** SM

Muestra : M-02 (0.35 a 1.50)m. — **Clasificación (AASHTO) :** A-1-b (0)

Peso suelo + molde	gr	7620.00	7925.00	8059.00	8052.00	
Peso molde	gr	3220.00	3220.00	3220.00	3220.00	
Peso suelo húmedo compactado	gr	4400.00	4705.00	4839.00	4832.00	
Volumen del molde	cm^3	2054.49	2054.49	2054.49	2054.49	
Peso volumétrico húmedo	gr/cm^3	2.14	2.29	2.36	2.35	
Recipiente Nº		3	4	35	7	
Peso del suelo húmedo+tara	gr	371.30	288.60	533.30	401.30	
Peso del suelo seco + tara	gr	359.20	275.10	505.40	372.60	
Tara	gr	88.00	66.10	161.20	95.60	
Peso de agua	gr	12.10	13.50	27.90	28.70	
Peso del suelo seco	gr	271.20	209.00	344.20	277.00	
Contenido de agua	%	4.46	6.46	8.11	10.36	
Peso volumétrico seco	gr/cm^3	2.050	2.151	2.179	2.131	

Densidad máxima (gr/cm^3)	**2.178**
Humedad óptima (%)	**8.16**

RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD



OBSERVACIONES:

- La muestra fue tomada en presencia del solicitante.

KAE INGENIERIA V°B° GERENCIA

KAE Ingeniería
Víctor Alfonso Herrera Lázaro
INGENIERO CIVIL
REG. CIP N° 216087

TESIS :	MEJORAMIENTO DE SUBRASANTES DE LA RED VIAL CAPTUY - MORO,	**REGISTRO N°:**	CC-MSR-CBR-04
	CON CENIZAS DE DONAX OBESULUS Y CÁSCARA DE ARROZ, 2021	**PAGINA N°:**	02 de 03
SOLICITA :	JIMENEZ GONZALES, DINA MARGARITA		
UBICACIÓN :	Distrito: Chimbote ; Provincia: Santa ; Departamento: Ancash	**FECHA:**	29/01/2022

ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA
ASTM D1883

Datos de la Muestra

Cantera : C-04 **Clasificación (SUCS) :** SM

Muestra : M-02 (0.35 a 1.50)m. **Clasificación (AASHTO) :** A-1-b (0)

CALCULO DE LA RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)

Molde Nº	1		2		3	
Número de capas	5		5		5	
Número de golpes	56		25		10	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso suelo + molde (gr.)	13,478	13,535	12,907	13,060	12,452	12,650
Peso molde (gr.)	8,480	8,480	8,100	8,100	8,180	8,180
Peso suelo compactado (gr.)	4,998	5,055	4,807	4,960	4,272	4,470
Volumen del molde (cm^3)	2,123	2,123	2,128	2,128	2,151	2,151
Densidad húmeda ($gr./cm^3$)	2.355	2.382	2.259	2.331	1.986	2.078
Densidad Seca ($gr./cm^3$)	2.177	2.177	2.089	2.089	1.836	1.836

CONTENIDO DE HUMEDAD

Peso de tara (gr.)	46.50	0.00	50.50	0.00	47.80	0.00
Tara + suelo húmedo (gr.)	428.70	5055.00	501.70	4960.00	398.50	4470.00
Tara + suelo seco (gr.)	399.90	4621.38	467.70	4444.77	372.00	3949.19
Peso de agua (gr.)	28.80	433.62	34.00	515.23	26.50	520.81
Peso de suelo seco (gr.)	353.40	4621.38	417.20	4444.77	324.20	3949.19
Humedad (%)	8.15	9.38	8.15	11.59	8.17	13.19

EXPANSIÓN

Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión	
		Hr	0.01"	mm	%		mm	%		mm	%
29/01/2022	14:00	0	0.000	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00
30/01/2022	14:00	24	0.002	0.05	0.04	0.003	0.08	0.06	0.005	0.13	0.10
31/01/2022	14:00	48	0.005	0.13	0.10	0.006	0.15	0.12	0.007	0.18	0.14
1/02/2022	14:00	72	0.007	0.18	0.14	0.008	0.20	0.16	0.010	0.25	0.20
2/02/2022	14:00	96	0.008	0.20	0.16	0.010	0.25	0.20	0.012	0.30	0.24

PENETRACIÓN

Penetración	Carga Standard	Molde N° 1				Molde N° 2				Molde N° 3			
		Carga		Corrección		Carga		Corrección		Carga		Corrección	
(pulg.)	(Lb/pulg2)	lb	$lb/pulg^2$	$lb/pulg^2$	CBR %	lb	$lb/pulg^2$	$lb/pulg^2$	CBR %	lb	$lb/pulg^2$	$lb/pulg^2$	CBR %
0.025		363	118.6			251	81.9			94	30.7		
0.050		1195	390.7			783	256.0			228	74.6		
0.075		1812	592.7			1214	397.0			307	100.3		
0.100	1000	2396	783.7	760.0	**76.0**	1541	504.0	490.0	**49.0**	368	120.5	120.0	**12.0**
0.150		3313	1083.6			2019	660.3			519	169.8		
0.200	1500	4012	1312.3	1320.0	**88.0**	2442	798.8	800.0	**53.3**	694	227.0	220.0	**14.7**
0.300		4971	1626.0			3085	1009.1			901	294.6		
0.400		5633	1842.5			3616	1182.6			1043	341.1		
0.500		6311	2064.3			4027	1317.1			1281	418.8		

OBSERVACIONES:

- La muestra fue tomada en presencia del solicitante.

KAE Ingeniería
Víctor Alfonso Herrera Lázaro
INGENIERO CIVIL
REG. CIP N° 216087

KAE INGENIERIA V°B° GERENCIA

TESIS :	MEJORAMIENTO DE SUBRASANTES DE LA RED VIAL CAPTUY - MORO,	**REGISTRO N°:**	CC-MSR-CBR-04
	CON CENIZAS DE DONAX OBESULUS Y CÁSCARA DE ARROZ, 2021	**PAGINA N°:**	03 de 03
SOLICITA :	JIMENEZ GONZALES, DINA MARGARITA		
UBICACIÓN :	Distrito: Chimbote ; Provincia: Santa ; Departamento: Ancash	**FECHA:**	29/01/2022

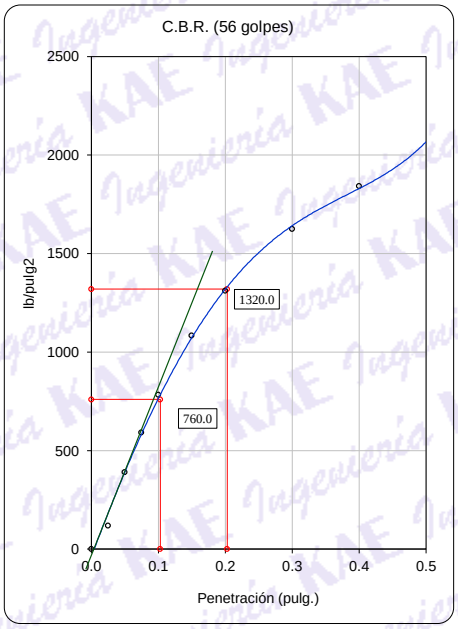
ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA

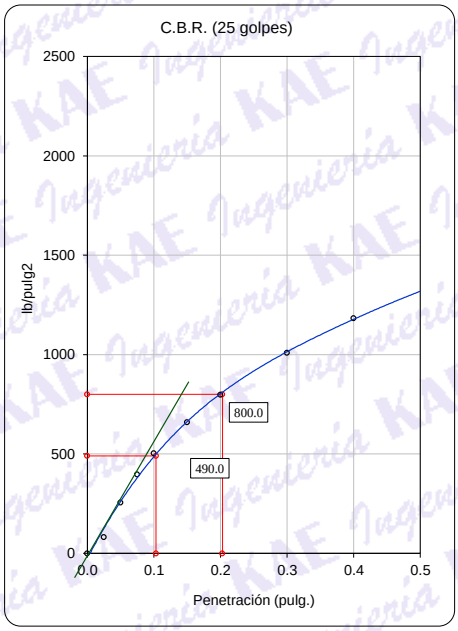
ASTM D1883

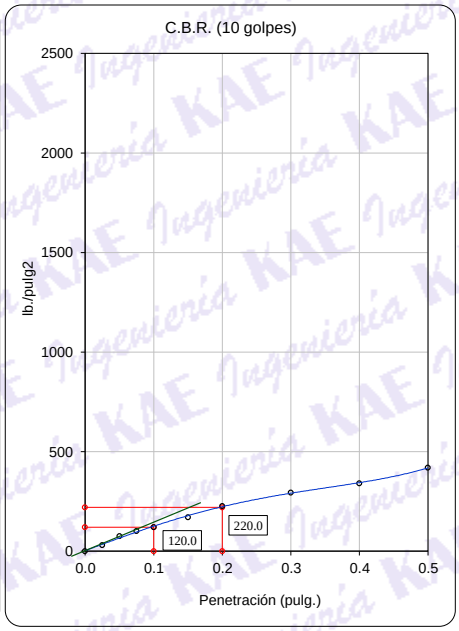
Datos de la Muestra

Cantera : C-04 **Clasificación (SUCS) :** SM **Máxima Densidad Seca :** 2.178 gr./cm^3

Muestra : M-02 (0.35 a 1.50)m. **Clasificación (AASHTO) :** A-1-b (0) **Máxima Densidad Seca al 95% :** 2.069 gr./cm^3





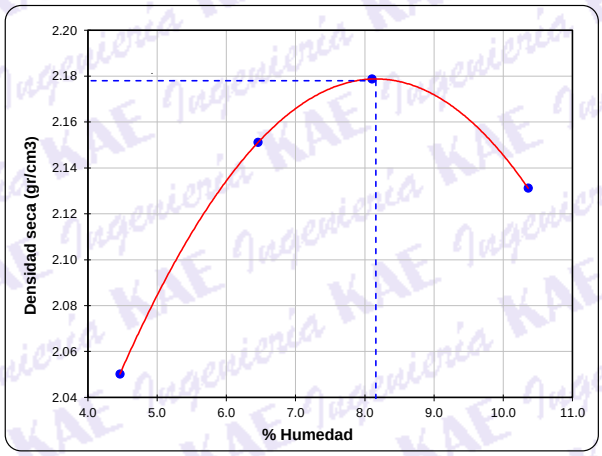


C.B.R. (0.1") 56 GOLPES : 76.0%

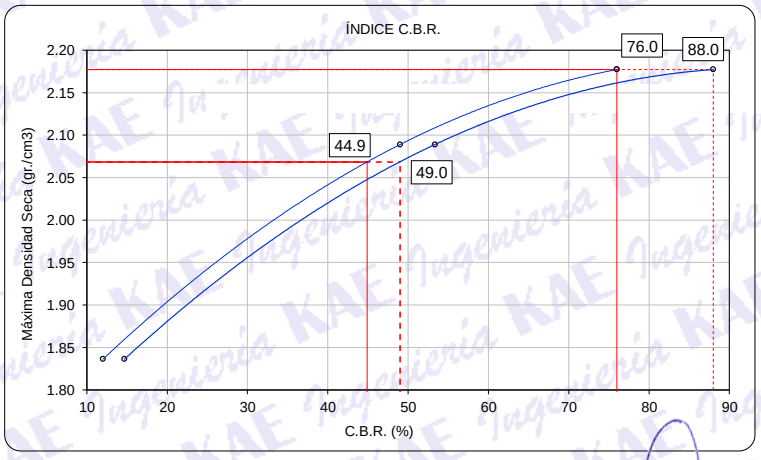
C.B.R. (0.1") 25 GOLPES : 49.0%

C.B.R. (0.1") 12 GOLPES : 12.0%

CURVA DE COMPACTACIÓN - ASTM D1557



CURVA CBR Vs DENSIDAD SECA



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1": 76.0%

C.B.R. (95% M.D.S.) 0.1": 44.9%

C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2": 88.0%

C.B.R. (95% M.D.S.) 0.2": 49.0%

OBSERVACIONES:

- La muestra fue tomada por el personal tecnico de labboratorio en obra.

KAE Ingeniería
Victor Alfonso Herrera Lázaro
INGENIERO CIVIL
REG. CIP N° 216087

KAE INGENIERIA V°B° GERENCIA

TESIS :	MEJORAMIENTO DE SUBRASANTES DE LA RED VIAL CAPTUY - MORO, CON CENIZAS DE DONAX OBESULUS Y CÁSCARA DE ARROZ, 2021	**REGISTRO N°:**	CC-MSR-CBR-05
		PAGINA N°:	01 de 03
SOLICITA :	JIMENEZ GONZALES, DINA MARGARITA		
UBICACIÓN :	Distrito: Chimbote ; Provincia: Santa ; Departamento: Ancash	**FECHA:**	25/01/2022

ENSAYO DE COMPACTACIÓN - PROCTOR MODIFICADO PARA CBR

ASTM D1557 / ASTM D1883

Datos de la Muestra

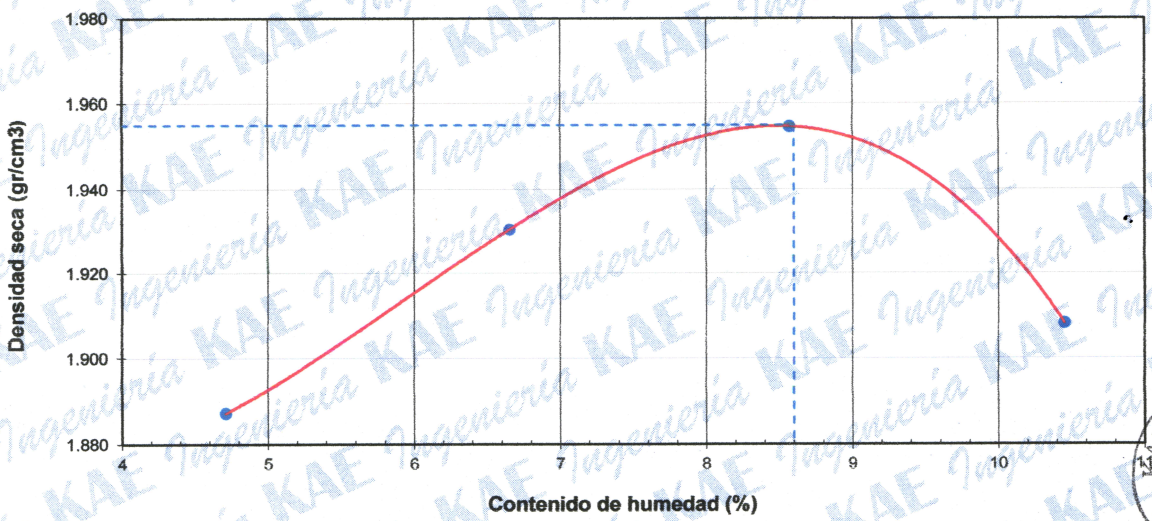
Calicata : C-05 — **Clasificación (SUCS) :** SM

Muestra : M-01 (0.40 a 1.50) m. — **Clasificación (AASHTO) :** A-4 (2)

Peso suelo + molde	gr	7280.00	7450.00	7580.00	7550.00	
Peso molde	gr	3220.00	3220.00	3220.00	3220.00	
Peso suelo húmedo compactado	gr	4060.00	4230.00	4360.00	4330.00	
Volumen del molde	cm^3	2054.49	2054.49	2054.49	2054.49	
Peso volumétrico húmedo	gr/cm^3	1.98	2.06	2.12	2.11	
Recipiente N°		6	16	13	35	
Peso del suelo húmedo+tara	gr	443.80	330.80	451.60	438.50	
Peso del suelo seco + tara	gr	428.80	315.30	428.70	411.60	
Tara	gr	110.30	82.30	161.50	154.20	
Peso de agua	gr	15.00	15.50	22.90	26.90	
Peso del suelo seco	gr	318.50	233.00	267.20	257.40	
Contenido de agua	%	4.71	6.65	8.57	10.45	
Peso volumétrico seco	gr/cm^3	1.887	1.930	1.955	1.908	

Densidad máxima (gr/cm^3)	**1.955**
Humedad óptima (%)	**8.60**

RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD



OBSERVACIONES:

- La muestra fue tomada en presencia del solicitante.

KAE Ingeniería
Víctor Alfonso Herrera Lázaro
INGENIERO CIVIL
REG. CIP N° 216087

GERENCIA

TESIS :	MEJORAMIENTO DE SUBRASANTES DE LA RED VIAL CAPTUY - MORO, CON CENIZAS DE DONAX OBESULUS Y CÁSCARA DE ARROZ, 2021	**REGISTRO N°:**	CC-MSR-CBR-05
		PAGINA N°:	02 de 03
SOLICITA :	JIMENEZ GONZALES, DINA MARGARITA		
UBICACIÓN :	Distrito: Chimbote ; Provincia: Santa ; Departamento: Ancash	**FECHA:**	25/01/2022

ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA
ASTM D1883

Datos de la Muestra

: =+F[-3]C+F[-1]C

Calicata : C-05 **Clasificación (SUCS) :** SM

Muestra : M-01 (0.40 a 1.50) m. **Clasificación (AASHTO) :** A-4 (2)

CALCULO DE LA RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)

Molde N°	1		2		3	
Número de capas	5		5		5	
Número de golpes	56		25		10	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso suelo + molde (gr.)	11,320	11,390	11,780	11,899	11,540	11,690
Peso molde (gr.)	6,790	6,790	7,520	7,520	7,580	7,580
Peso suelo compactado (gr.)	4,530	4,600	4,260	4,379	3,960	4,110
Volumen del molde (cm^3)	2,131	2,131	2,135	2,135	2,111	2,111
Densidad húmeda ($gr./cm^3$)	2.126	2.158	1.996	2.051	1.876	1.947
Densidad Seca ($gr./cm^3$)	1.957	1.957	1.837	1.837	1.727	1.727

CONTENIDO DE HUMEDAD

Peso de tara (gr.)	52.20	0.00	45.30	0.00	50.90	0.00
Tara + suelo húmedo (gr.)	563.50	4600.00	438.70	4379.00	498.00	4110.00
Tara + suelo seco (gr.)	523.00	4171.18	407.50	3922.15	462.50	3645.57
Peso de agua (gr.)	40.50	428.82	31.20	456.85	35.50	464.43
Peso de suelo seco (gr.)	470.80	4171.18	362.20	3922.15	411.60	3645.57
Humedad (%)	8.60	10.28	8.61	11.65	8.62	12.74

EXPANSIÓN

Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión	
		Hr	0.01"	mm	%		mm	%		mm	%
25/01/2022	14:00	0	0.000	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00
26/01/2022	14:00	24	0.005	0.13	0.10	0.009	0.23	0.18	0.013	0.33	0.26
27/01/2022	14:00	48	0.011	0.28	0.22	0.016	0.41	0.32	0.019	0.48	0.38
28/01/2022	14:00	72	0.015	0.38	0.30	0.020	0.51	0.40	0.024	0.61	0.48
29/01/2022	14:00	96	0.018	0.46	0.36	0.025	0.64	0.50	0.028	0.71	0.56

PENETRACIÓN

Penetración	Carga Standard	Molde N° 1				Molde N° 2				Molde N° 3			
		Carga		Corrección		Carga		Corrección		Carga		Corrección	
(pulg.)	(Lb/pulg2)	lb	lb/pulg^2	lb/pulg^2	CBR %	lb	lb/pulg^2	lb/pulg^2	CBR %	lb	lb/pulg^2	lb/pulg^2	CBR %
0.025		243	79.6			133	43.6			27	8.7		
0.050		576	188.2			254	83.1			67	22.0		
0.075		1027	335.9			427	139.6			121	39.6		
0.100	1000	1413	462.1	440.0	**44.0**	570	186.6	200.0	**20.0**	155	50.8	50.0	**5.0**
0.150		2034	665.2			858	280.5			247	80.9		
0.200	1500	2739	895.8	880.0	**58.7**	1187	388.2	400.0	**26.7**	301	98.4	98.0	**6.5**
0.300		3527	1153.6			1591	520.4			385	126.0		
0.400		4123	1348.6			1852	605.7			461	150.9		
0.500		4618	1510.3			2152	703.9			531	173.6		

OBSERVACIONES:

- La muestra fue tomada en presencia del solicitante.

KAE Ingeniería
Víctor Alfonso Herrera Lázaro
INGENIERO CIVIL
REG. CIP N° 216087

KAE INGENIERIA
VISTO
CONFORMIDAD

TESIS :	MEJORAMIENTO DE SUBRASANTES DE LA RED VIAL CAPTUY - MORO, CON CENIZAS DE DONAX OBESULUS Y CÁSCARA DE ARROZ, 2021	REGISTRO N°:	CC-MSR-CBR-05
		PAGINA N°:	03 de 03
SOLICITA :	JIMENEZ GONZALES, DINA MARGARITA		
UBICACIÓN :	Distrito: Chimbote ; Provincia: Santa ; Departamento: Ancash	FECHA:	25/01/2022

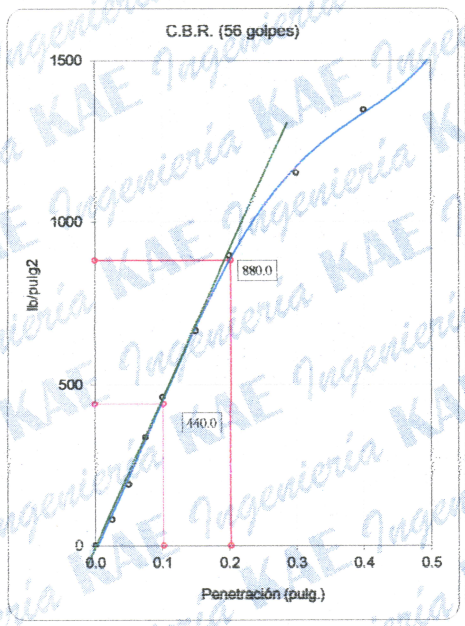
ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA
ASTM D1883

Datos de la Muestra

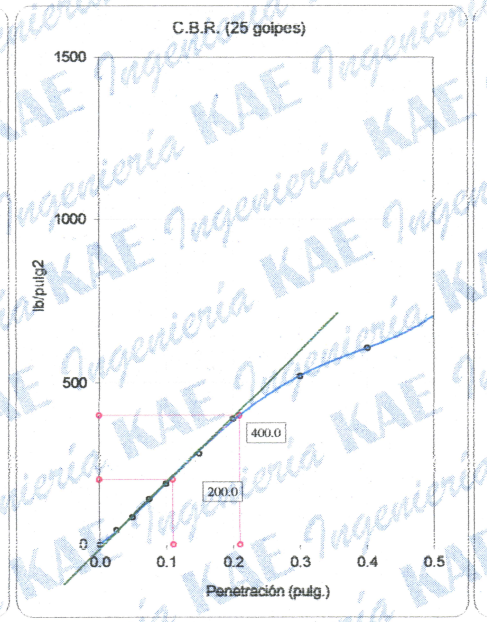
: =+F[-3]C+F[-1]C

Calicata : C-05 **Clasificación (SUCS) :** SM **Máxima Densidad Seca :** 1.955 gr./cm³

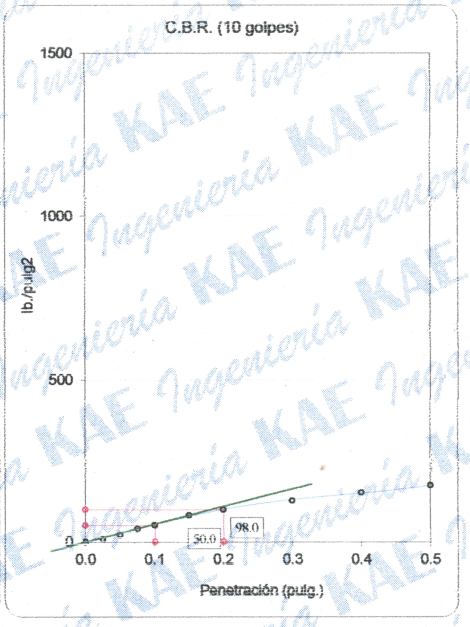
Muestra : M-01 (0.40 a 1.50) m. **Clasificación (AASHTO) :** A-4 (2) **Máxima Densidad Seca al 95% :** 1.857 gr./cm³



C.B.R. (0.1") 56 GOLPES : 44.0%

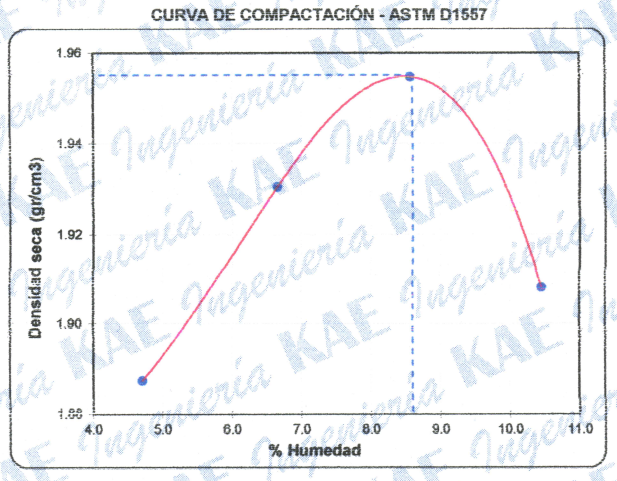


C.B.R. (0.1") 25 GOLPES : 20.0%

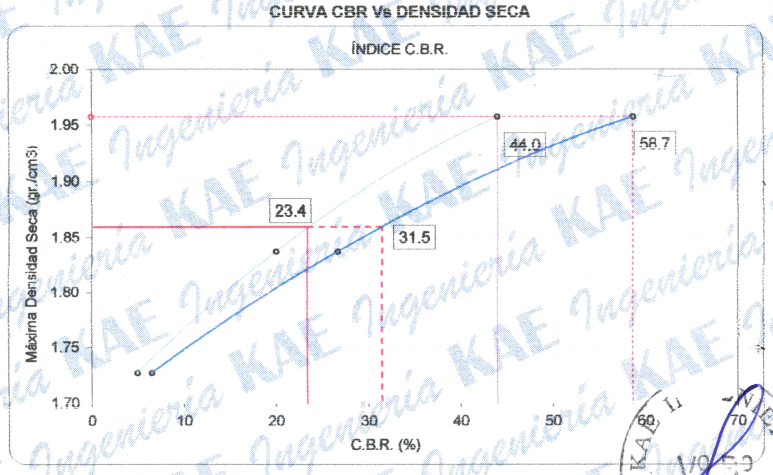


C.B.R. (0.1") 12 GOLPES : 5.0%

CURVA DE COMPACTACIÓN - ASTM D1557



CURVA CBR Vs DENSIDAD SECA



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1": 44.0%
C.B.R. (95% M.D.S.) 0.1": 23.4%

C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2": 58.7%
C.B.R. (95% M.D.S.) 0.2": 31.5%

OBSERVACIONES:
- La muestra fue tomada por el personal tecnico de labboratorio en obra.

KAE Ingeniería
Víctor Alfonso Herrera Lázaro
INGENIERO CIVIL
REG. CIP N° 216087

TESIS :	MEJORAMIENTO DE SUBRASANTES DE LA RED VIAL CAPTUY - MORO, CON CENIZAS DE DONAX OBESULUS Y CÁSCARA DE ARROZ, 2021	**REGISTRO N°:**	CC-MSR-CBR-06
		PAGINA N°:	01 de 03
SOLICITA :	JIMENEZ GONZALES, DINA MARGARITA		
UBICACIÓN :	Distrito: Chimbote ; Provincia: Santa ; Departamento: Ancash	**FECHA:**	14/01/2022

ENSAYO DE COMPACTACIÓN - PROCTOR MODIFICADO PARA CBR

ASTM D1557 / ASTM D1883

Datos de la Muestra

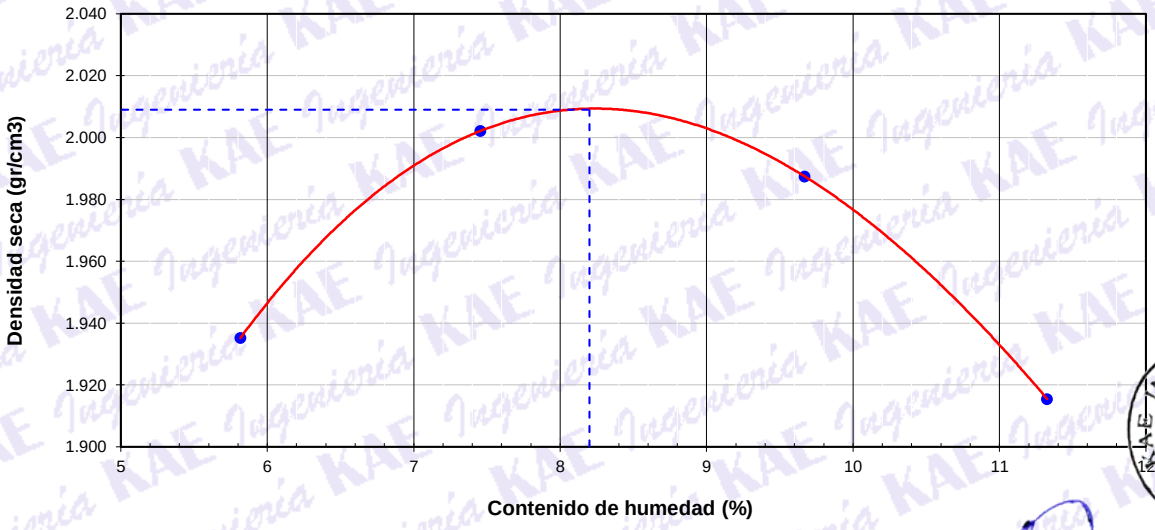
Cantera : C-06 — **Clasificación (SUCS) :** SM

Muestra : M-01 (0.80 a a1.50)m. — **Clasificación (AASHTO) :** A-4 (2)

Peso suelo + molde	gr	7427.00	7640.00	7698.00	7601.00	
Peso molde	gr	3220.00	3220.00	3220.00	3220.00	
Peso suelo húmedo compactado	gr	4207.00	4420.00	4478.00	4381.00	
Volumen del molde	cm^3	2054.49	2054.49	2054.49	2054.49	
Peso volumétrico húmedo	gr/cm^3	2.05	2.15	2.18	2.13	
Recipiente Nº		2	64	5	2	
Peso del suelo húmedo+tara	gr	312.60	308.30	278.80	352.20	
Peso del suelo seco + tara	gr	300.20	292.60	265.90	326.40	
Tara	gr	87.00	82.00	132.50	98.60	
Peso de agua	gr	12.40	15.70	12.90	25.80	
Peso del suelo seco	gr	213.20	210.60	133.40	227.80	
Contenido de agua	%	5.82	7.45	9.67	11.33	
Peso volumétrico seco	gr/cm^3	1.935	2.002	1.987	1.915	

Densidad máxima (gr/cm^3)	**2.009**
Humedad óptima (%)	**8.20**

RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD



OBSERVACIONES:

- La muestra fue tomada en presencia del solicitante.

KAE Ingeniería
Víctor Alfonso Herrera Lázaro
INGENIERO CIVIL
REG. CIP N° 216067

KAE INGENIERIA V°B° GERENCIA

TESIS :	MEJORAMIENTO DE SUBRASANTES DE LA RED VIAL CAPTUY - MORO,	**REGISTRO N°:**	CC-MSR-CBR-06
	CON CENIZAS DE DONAX OBESULUS Y CÁSCARA DE ARROZ, 2021	**PAGINA N°:**	02 de 03
SOLICITA :	JIMENEZ GONZALES, DINA MARGARITA		
UBICACIÓN :	Distrito: Chimbote ; Provincia: Santa ; Departamento: Ancash	**FECHA:**	14/01/2022

ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA

ASTM D1883

Datos de la Muestra

Cantera : C-06 **Clasificación (SUCS) :** SM

Muestra : M-01 (0.80 a a1.50)m. **Clasificación (AASHTO) :** A-4 (2)

CALCULO DE LA RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)

Molde N°	1		2		3	
Número de capas	5		5		5	
Número de golpes	56		25		10	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso suelo + molde (gr.)	11,420	11,490	11,910	12,030	11,600	11,770
Peso molde (gr.)	6,790	6,790	7,520	7,520	7,580	7,580
Peso suelo compactado (gr.)	4,630	4,700	4,390	4,510	4,020	4,190
Volumen del molde (cm^3)	2,131	2,131	2,135	2,135	2,111	2,111
Densidad húmeda ($gr./cm^3$)	2.172	2.205	2.056	2.113	1.904	1.985
Densidad Seca ($gr./cm^3$)	2.007	2.007	1.900	1.900	1.760	1.760

CONTENIDO DE HUMEDAD

Peso de tara (gr.)	52.80	0.00	43.20	0.00	52.50	0.00
Tara + suelo húmedo (gr.)	502.90	4700.00	484.90	4510.00	502.20	4190.00
Tara + suelo seco (gr.)	468.70	4278.20	451.40	4057.05	468.10	3715.17
Peso de agua (gr.)	34.20	421.80	33.50	452.95	34.10	474.83
Peso de suelo seco (gr.)	415.90	4278.20	408.20	4057.05	415.60	3715.17
Humedad (%)	8.22	9.86	8.21	11.16	8.21	12.78

EXPANSIÓN

Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión	
		Hr	0.01"	mm	%		mm	%		mm	%
14/01/2022	14:00	0	0.000	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00
15/01/2022	14:00	24	0.016	0.41	0.32	0.020	0.51	0.40	0.022	0.56	0.44
16/01/2022	14:00	48	0.018	0.46	0.36	0.023	0.58	0.46	0.024	0.61	0.48
17/01/2022	14:00	72	0.018	0.46	0.36	0.024	0.61	0.48	0.025	0.64	0.50
18/01/2022	14:00	96	0.019	0.47	0.37	0.024	0.61	0.48	0.026	0.66	0.52

PENETRACIÓN

Penetración	Carga Standard	Molde N° 1				Molde N° 2				Molde N° 3			
		Carga		Corrección		Carga		Corrección		Carga		Corrección	
(pulg.)	(Lb/pulg2)	lb	lb/pulg^2	lb/pulg^2	CBR %	lb	lb/pulg^2	lb/pulg^2	CBR %	lb	lb/pulg^2	lb/pulg^2	CBR %
0.025		86	28.2			57	18.6			31	10.2		
0.050		213	69.7			163	53.4			68	22.4		
0.075		324	106.1			380	124.3			143	46.8		
0.100	1000	602	197.0	400.0	**40.0**	677	221.3	280.0	**28.0**	241	78.9	70.0	**7.0**
0.150		1252	409.4			1200	392.4			341	111.4		
0.200	1500	2006	656.2	860.0	**57.3**	1687	551.6	590.0	**39.3**	396	129.5	135.0	**9.0**
0.300		3287	1075.1			2246	734.6			475	155.4		
0.400		4412	1443.1			2639	863.0			548	179.4		
0.500		5274	1725.1			2937	960.7			611	199.7		

OBSERVACIONES:

- La muestra fue tomada en presencia del solicitante.

KAE Ingeniería
Víctor Alfonso Herrera Lázaro
INGENIERO CIVIL
REG. CIP N° 216087

KAE INGENIERIA V°B° GERENCIA

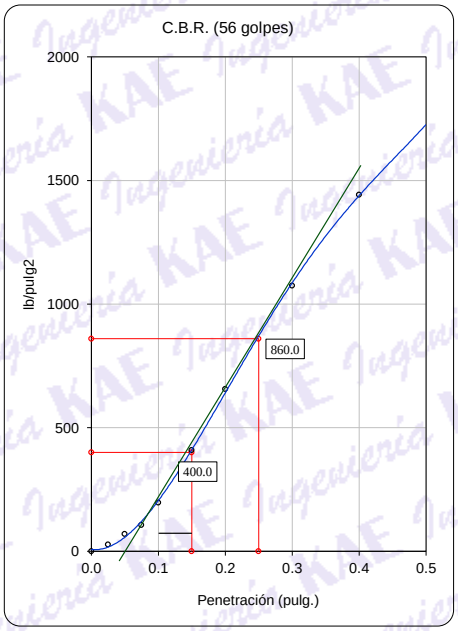
TESIS :	MEJORAMIENTO DE SUBRASANTES DE LA RED VIAL CAPTUY - MORO,	**REGISTRO N°:**	CC-MSR-CBR-06
	CON CENIZAS DE DONAX OBESULUS Y CÁSCARA DE ARROZ, 2021	**PAGINA N°:**	03 de 03
SOLICITA :	JIMENEZ GONZALES, DINA MARGARITA		
UBICACIÓN :	Distrito: Chimbote ; Provincia: Santa ; Departamento: Ancash	**FECHA:**	14/01/2022

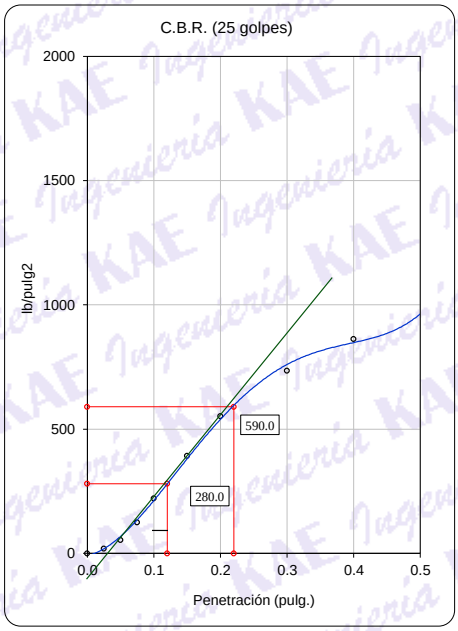
ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA
ASTM D1883

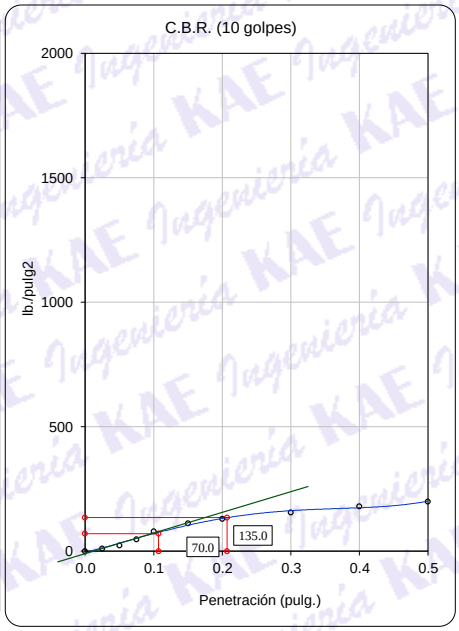
Datos de la Muestra

Cantera : C-06 **Clasificación (SUCS) :** SM **Máxima Densidad Seca :** 2.009 gr./cm^3

Muestra : M-01 (0.80 a a1.50)m. **Clasificación (AASHTO) :** A-4 (2) **Máxima Densidad Seca al 95% :** 1.909 gr./cm^3





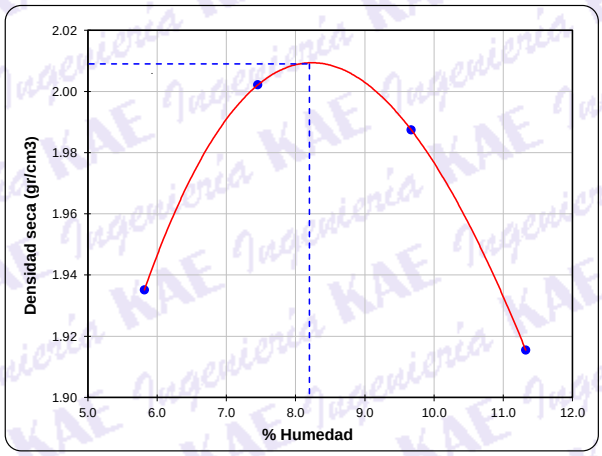


C.B.R. (0.1") 56 GOLPES : 40.0%

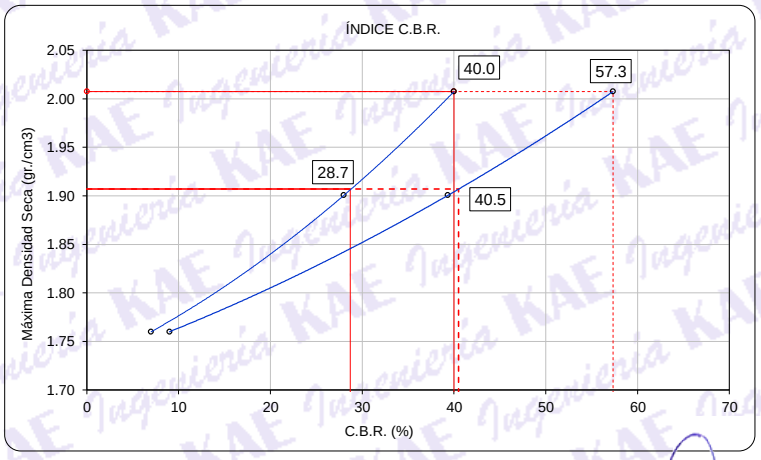
C.B.R. (0.1") 25 GOLPES : 28.0%

C.B.R. (0.1") 12 GOLPES : 7.0%

CURVA DE COMPACTACIÓN - ASTM D1557



CURVA CBR Vs DENSIDAD SECA



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1": 40.0%

C.B.R. (95% M.D.S.) 0.1": 28.7%

C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2": 57.3%

C.B.R. (95% M.D.S.) 0.2": 40.5%

OBSERVACIONES:

- La muestra fue tomada por el personal tecnico de labboratorio en obra.

KAE Ingeniería
Víctor Alfonso Herrera Lázaro
INGENIERO CIVIL
REG. CIP N° 216087

KAE INGENIERIA V°B° GERENCIA

ANEXO 5.4.:

ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO DE LOS SUELOS COMBINADOS CON CDO Y CCA, Y LÍMITES DE ATTERBERG

TESIS : MEJORAMIENTO DE SUBRASANTES DE LA RED VIAL CAPTUY - MORO, CON CENIZAS DE DONAX OBESULUS Y CÁSCARA DE ARROZ, 2021

REGISTRO N°: CC-MSR-GRA-COMB01

PÁGINA N°: 01 de 01

SOLICITA: JIMENEZ GONZALES, DINA MARGARITA

UBICACIÓN: Distrito: Nuevo Chimbote ; Provincia: Santa ; Departamento: Ancash

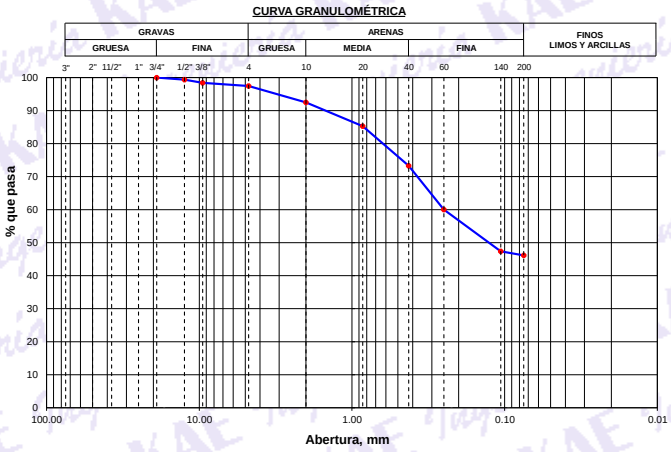
FECHA: 20/04/2022

ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

(ASTM D6913, MTC E107, NTP-339-128)

Datos de Muestra	Peso de Muestra	% Gravas , Arena y Finos	Coef. Uniformidad y Curvatura	Clasificacion SUCS
Muestra : MP + 4% CDO + 5% CCA	Peso Inicial Seco (gr) = 1090.0 Peso Mat. < N°4 (gr) = 1062.4 Peso de Fracción (gr) = 400.9	Grava (No.4 < Diam < 3") = 2.53% Arena (No.200 < Diam < No.4) = 51.32% Finos (Diam < No.200) = 46.15%	D60 (mm) = 0.25 D30 (mm) = -- D10 (mm) = --	- Clasificacion AASHTO -

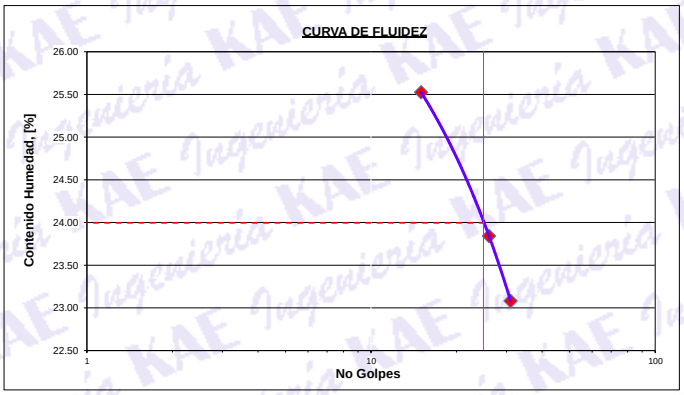
ABERTURA (mm)	TAMIZ	PESO RETENIDO (gr)	RETENIDO PARCIAL%	RETENIDO ACUMULADO %	PASA %
75.000	3"				
50.000	2"				
37.500	1 1/2"				
25.000	1"				
19.000	3/4"	0	0.0	0.0	**100.00**
12.500	1/2"	6.8	0.6	0.6	**99.38**
9.500	3/8"	10.5	1.0	1.6	**98.42**
4.750	N° 4	10.4	1.0	2.5	**97.47**
2.000	N° 10	20.5	5.0	7.5	**92.49**
0.850	N° 20	29.7	7.2	14.7	**85.27**
0.425	N° 40	49.2	12.0	26.7	**73.31**
0.250	N° 60	54.6	13.3	40.0	**60.04**
0.106	N° 140	52.1	12.7	52.6	**47.37**
0.075	N° 200	5.0	1.2	53.9	**46.15**
	FONDO	189.80	46.1	100.0	



ENSAYO LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO

(ASTM D4318, NTP-339-129, MTC E110, MTC E111)

LÍMITE LÍQUIDO				
Nº Tarro		T - 173	T - 63	T - 2A
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.	89.43	88.84	89.39
Peso Tarro + Suelo Seco	gr.	84.94	84.46	85.44
Peso De Agua	gr.	4.49	4.38	3.96
Peso Del Tarro	gr.	67.35	66.10	68.30
Peso Del Suelo Seco	gr.	17.59	18.36	17.14
Contenido De Humedad	%	25.53	23.84	23.08
Numero De Golpes	N°	15	26	31
LÍMITE PLÁSTICO				
Nº Tarro				
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.			
Peso Tarro + Suelo Seco	gr.			
Peso De Agua	gr.		***NO PLÁSTICO***	
Peso Del Tarro	gr.			
Peso Del Suelo Seco	gr.			
Contenido De Humedad	%			



Limite Líquido	**24.00%**
Límite Plástico	**N.P.**
Indice Plasticidad	**N.P.**

CONTENIDO DE HUMEDAD DE MUESTRA INTEGRAL

(ASTM - D2216)

Procedimiento - Metodo "A"		Tara N°	
		-	-
Peso Tara	gr.	-	-
Peso Tara + Suelo Húmedo	gr.	-	-
Peso Tara + Suelo Seco	gr.	-	-
Peso Agua	gr.	-	-
Peso Suelo Seco	gr.	-	-
Contenido de Humedad	%	-	-
Contenido de Humedad Promedio	%	-	

Víctor Alfonso Herrera Lázaro
INGENIERO CIVIL
REG. CIP N° 216087

KAE INGENIERIA
V°B°
GERENCIA

TESIS : MEJORAMIENTO DE SUBRASANTES DE LA RED VIAL CAPTUY - MORO, CON CENIZAS DE DONAX OBESULUS Y CÁSCARA DE ARROZ, 2021

REGISTRO N°: CC-MSR-GRA-COMB02

PÁGINA N°: 01 de 01

SOLICITA: JIMENEZ GONZALES, DINA MARGARITA

UBICACIÓN: Distrito: Nuevo Chimbote ; Provincia: Santa ; Departamento: Ancash

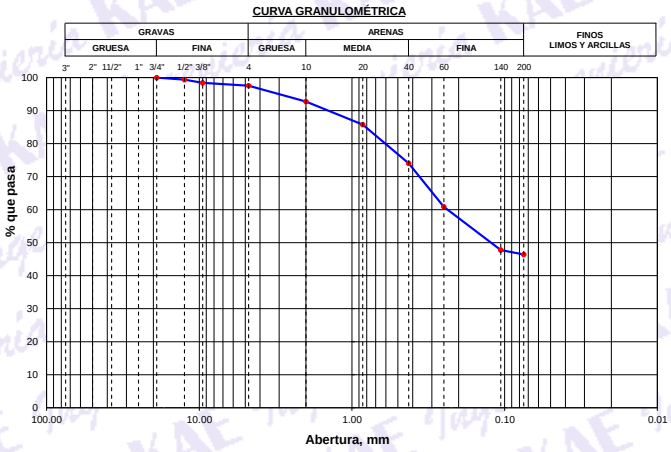
FECHA: 2/05/2022

ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

(ASTM D6913, MTC E107, NTP-339-128)

Datos de Muestra	Peso de Muestra	% Gravas , Arena y Finos	Coef. Uniformidad y Curvatura	Clasificacion SUCS
Muestra : MP + 4% CDO + 9% CCA	Peso Inicial Seco (gr) = 1130.0 Peso Mat. < N°4 (gr) = 1102.3 Peso de Fracción (gr) = 401.1	Grava (No.4 < Diam < 3") = 2.45% Arena (No.200 < Diam < No.4) = 51.13% Finos (Diam < No.200) = 46.42%	D60 (mm) = 0.24 D30 (mm) = -- D10 (mm) = --	- Clasificacion AASHTO -

ABERTURA (mm)	TAMIZ	PESO RETENIDO (gr)	RETENIDO PARCIAL%	RETENIDO ACUMULADO %	PASA %
75.000	3"				
50.000	2"				
37.500	1 1/2"				
25.000	1"				
19.000	3/4"	0	0.0	0.0	**100.00**
12.500	1/2"	7.1	0.6	0.6	**99.37**
9.500	3/8"	10.6	0.9	1.6	**98.43**
4.750	N° 4	10.0	0.9	2.5	**97.55**
2.000	N° 10	19.8	4.8	7.3	**92.73**
0.850	N° 20	28.7	7.0	14.3	**85.75**
0.425	N° 40	48.1	11.7	26.0	**74.05**
0.250	N° 60	54.3	13.2	39.2	**60.84**
0.106	N° 140	53.7	13.1	52.2	**47.78**
0.075	N° 200	5.6	1.4	53.6	**46.42**
	FONDO	190.90	46.4	100.0	



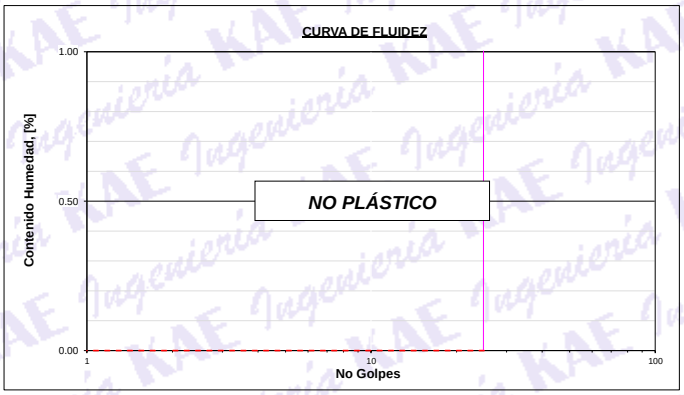
ENSAYO LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO

(ASTM D4318, NTP-339-129, MTC E110, MTC E111)

LÍMITE LÍQUIDO					
Nº Tarro					
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.				
Peso Tarro + Suelo Seco	gr.				
Peso De Agua	gr.				
Peso Del Tarro	gr.				
Peso Del Suelo Seco	gr.				
Contenido De Humedad	%				
Numero De Golpes	N°				
LÍMITE PLÁSTICO					
Nº Tarro					
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.				
Peso Tarro + Suelo Seco	gr.				
Peso De Agua	gr.				
Peso Del Tarro	gr.				
Peso Del Suelo Seco	gr.				
Contenido De Humedad	%				

NO PRESENTA

NO PLÁSTICO



Limite Líquido	**N.P.**
Límite Plástico	**N.P.**
Indice Plasticidad	**N.P.**

CONTENIDO DE HUMEDAD DE MUESTRA INTEGRAL

(ASTM - D2216)

Procedimiento - Metodo "A"		Tara N°	
		-	-
Peso Tara	gr.	-	-
Peso Tara + Suelo Húmedo	gr.	-	-
Peso Tara + Suelo Seco	gr.	-	-
Peso Agua	gr.	-	-
Peso Suelo Seco	gr.	-	-
Contenido de Humedad	%	-	-
Contenido de Humedad Promedio	%	-	

KAE Ingeniería
Víctor Alfonso Herrera Lázaro
INGENIERO CIVIL
REG. CIP N° 216087

KAE INGENIERIA
V° B°
GERENCIA

TESIS : MEJORAMIENTO DE SUBRASANTES DE LA RED VIAL CAPTUY - MORO, CON CENIZAS DE DONAX OBESULUS Y CÁSCARA DE ARROZ, 2021

REGISTRO N°: CC-MSR-GRA-COMB03

PÁGINA N°: 01 de 01

SOLICITA: JIMENEZ GONZALES, DINA MARGARITA

UBICACIÓN: Distrito: Nuevo Chimbote ; Provincia: Santa ; Departamento: Ancash

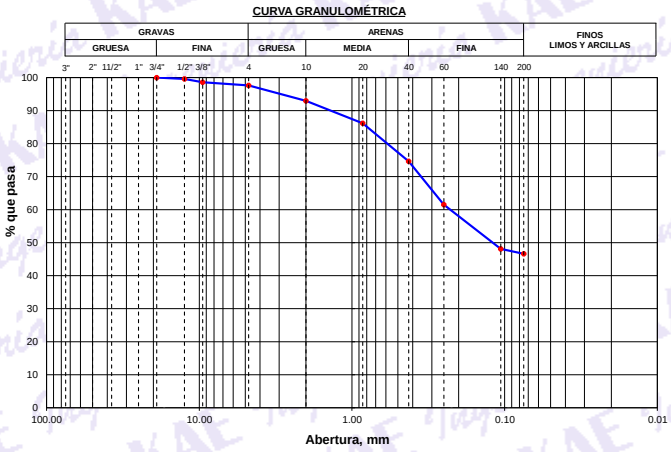
FECHA: 13/05/2022

ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

(ASTM D6913, MTC E107, NTP-339-128)

Datos de Muestra	Peso de Muestra	% Gravas , Arena y Finos	Coef. Uniformidad y Curvatura	Clasificacion SUCS
Muestra : MP + 4% CDO + 12% CCA	Peso Inicial Seco (gr) = 1160.0 Peso Mat. < N°4 (gr) = 1132.3 Peso de Fracción (gr) = 400.9	Grava (No.4 < Diam < 3") = 2.39% Arena (No.200 < Diam < No.4) = 50.98% Finos (Diam < No.200) = 46.63%	D60 (mm) = 0.23 D30 (mm) = -- D10 (mm) = --	- Clasificacion AASHTO -

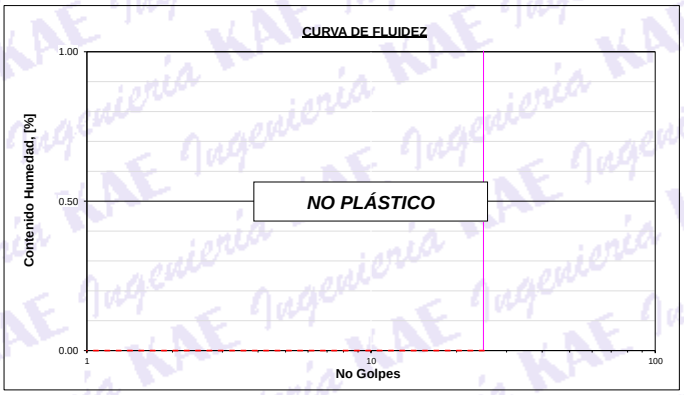
ABERTURA (mm)	TAMIZ	PESO RETENIDO (gr)	RETENIDO PARCIAL%	RETENIDO ACUMULADO %	PASA %
75.000	3"				
50.000	2"				
37.500	1 1/2"				
25.000	1"				
19.000	3/4"	0	0.0	0.0	**100.00**
12.500	1/2"	4.6	0.4	0.4	**99.60**
9.500	3/8"	11.8	1.0	1.4	**98.58**
4.750	N° 4	11.3	1.0	2.4	**97.61**
2.000	N° 10	19.2	4.7	7.1	**92.94**
0.850	N° 20	27.9	6.8	13.9	**86.15**
0.425	N° 40	47.2	11.5	25.3	**74.66**
0.250	N° 60	54.0	13.1	38.5	**61.51**
0.106	N° 140	54.9	13.4	51.9	**48.14**
0.075	N° 200	6.2	1.5	53.4	**46.63**
	FONDO	191.50	46.6	100.0	



ENSAYO LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO

(ASTM D4318, NTP-339-129, MTC E110, MTC E111)

LÍMITE LÍQUIDO					
Nº Tarro					
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.				
Peso Tarro + Suelo Seco	gr.				
Peso De Agua	gr.				
Peso Del Tarro	gr.		***NO PRESENTA***		
Peso Del Suelo Seco	gr.				
Contenido De Humedad	%				
Numero De Golpes	N°				
LÍMITE PLÁSTICO					
Nº Tarro					
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.				
Peso Tarro + Suelo Seco	gr.				
Peso De Agua	gr.		***NO PLÁSTICO***		
Peso Del Tarro	gr.				
Peso Del Suelo Seco	gr.				
Contenido De Humedad	%				



Limite Líquido	**N.P.**
Límite Plástico	**N.P.**
Indice Plasticidad	**N.P.**

CONTENIDO DE HUMEDAD DE MUESTRA INTEGRAL

(ASTM - D2216)

Procedimiento - Metodo "A"		Tara N°	
		-	-
Peso Tara	gr.	-	-
Peso Tara + Suelo Húmedo	gr.	-	-
Peso Tara + Suelo Seco	gr.	-	-
Peso Agua	gr.	-	-
Peso Suelo Seco	gr.	-	-
Contenido de Humedad	%	-	-
Contenido de Humedad Promedio	%	-	

KAE Ingeniería
Víctor Alfonso Herrera Lázaro
INGENIERO CIVIL
REG. CIP N° 216087

KAE INGENIERIA V°B° GERENCIA

TESIS : MEJORAMIENTO DE SUBRASANTES DE LA RED VIAL CAPTUY - MORO, CON CENIZAS DE DONAX OBESULUS Y CÁSCARA DE ARROZ, 2021

REGISTRO N°: CC-MSR-GRA-COMB04

PÁGINA N°: 01 de 01

SOLICITA: JIMENEZ GONZALES, DINA MARGARITA

UBICACIÓN: Distrito: Nuevo Chimbote ; Provincia: Santa ; Departamento: Ancash

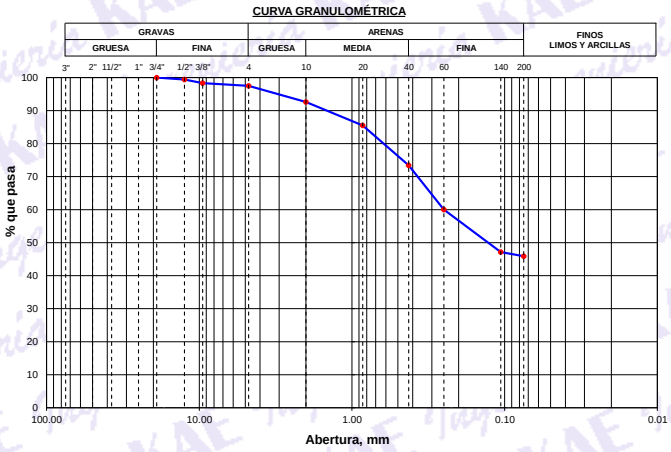
FECHA: 19/05/2022

ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

(ASTM D6913, MTC E107, NTP-339-128)

Datos de Muestra	Peso de Muestra	% Gravas , Arena y Finos	Coef. Uniformidad y Curvatura	Clasificacion SUCS
Muestra : MP + 6% CDO + 5% CCA	Peso Inicial Seco (gr) = 1110.0 Peso Mat. < N°4 (gr) = 1082.3 Peso de Fracción (gr) = 401.4	Grava (No.4 < Diam < 3") = 2.50% Arena (No.200 < Diam < No.4) = 51.60% Finos (Diam < No.200) = 45.90%	D60 (mm) = 0.25 D30 (mm) = -- D10 (mm) = --	- **Clasificacion AASHTO** -

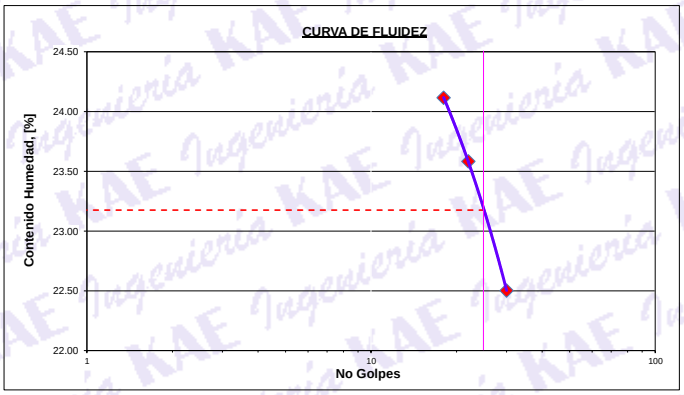
ABERTURA (mm)	TAMIZ	PESO RETENIDO (gr)	RETENIDO PARCIAL%	RETENIDO ACUMULADO %	PASA %
75.000	3"				
50.000	2"				
37.500	1 1/2"				
25.000	1"				
19.000	3/4"	0	0.0	0.0	**100.00**
12.500	1/2"	6.3	0.6	0.6	**99.43**
9.500	3/8"	12.1	1.1	1.7	**98.34**
4.750	N° 4	9.3	0.8	2.5	**97.50**
2.000	N° 10	20.1	4.9	7.4	**92.62**
0.850	N° 20	29.4	7.1	14.5	**85.48**
0.425	N° 40	49.7	12.1	26.6	**73.41**
0.250	N° 60	55.1	13.4	40.0	**60.03**
0.106	N° 140	53.0	12.9	52.8	**47.16**
0.075	N° 200	5.2	1.3	54.1	**45.90**
	FONDO	188.90	45.9	100.0	



ENSAYO LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO

(ASTM D4318, NTP-339-129, MTC E110, MTC E111)

LÍMITE LÍQUIDO				
Nº Tarro		T - 63	T - 173	2A
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.	86.79	84.25	87.36
Peso Tarro + Suelo Seco	gr.	82.77	81.03	83.86
Peso De Agua	gr.	4.02	3.22	3.50
Peso Del Tarro	gr.	66.10	67.35	68.30
Peso Del Suelo Seco	gr.	16.67	13.68	15.56
Contenido De Humedad	%	24.12	23.58	22.50
Numero De Golpes	N°	18	22	30
LÍMITE PLÁSTICO				
Nº Tarro				
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.			
Peso Tarro + Suelo Seco	gr.			
Peso De Agua	gr.		***NO PLÁSTICO***	
Peso Del Tarro	gr.			
Peso Del Suelo Seco	gr.			
Contenido De Humedad	%			



Limite Líquido	**23.18%**
Límite Plástico	**N.P.**
Indice Plasticidad	**N.P.**

CONTENIDO DE HUMEDAD DE MUESTRA INTEGRAL

(ASTM - D2216)

Procedimiento - Metodo "A"		Tara N°	
		-	-
Peso Tara	gr.	-	-
Peso Tara + Suelo Húmedo	gr.	-	-
Peso Tara + Suelo Seco	gr.	-	-
Peso Agua	gr.	-	-
Peso Suelo Seco	gr.	-	-
Contenido de Humedad	%	-	-
Contenido de Humedad Promedio	%	-	

KAE Ingeniería
Víctor Alfonso Herrera Lázaro
INGENIERO CIVIL
REG. CIP N° 216087

KAE INGENIERIA
V° B°
GERENCIA

TESIS : MEJORAMIENTO DE SUBRASANTES DE LA RED VIAL CAPTUY - MORO, CON CENIZAS DE DONAX OBESULUS Y CÁSCARA DE ARROZ, 2021

REGISTRO N°: CC-MSR-GRA-COMB05

PÁGINA N°: 01 de 01

SOLICITA: JIMENEZ GONZALES, DINA MARGARITA

UBICACIÓN: Distrito: Nuevo Chimbote ; Provincia: Santa ; Departamento: Ancash

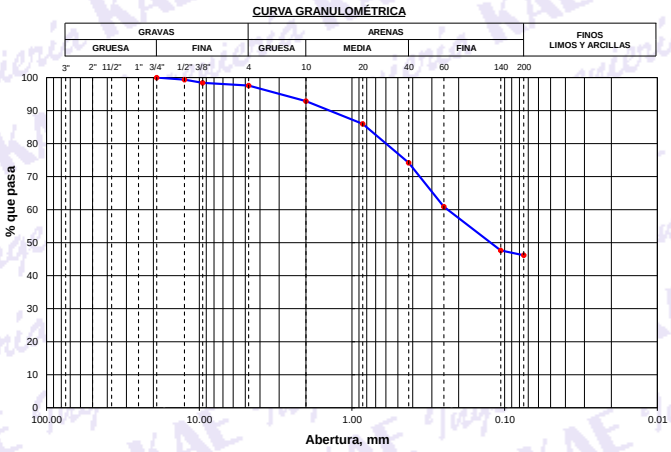
FECHA: 24/05/2022

ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

(ASTM D6913, MTC E107, NTP-339-128)

Datos de Muestra	Peso de Muestra	% Gravas , Arena y Finos	Coef. Uniformidad y Curvatura	Clasificacion SUCS
Muestra : MP + 6% CDO + 9% CCA	Peso Inicial Seco (gr) = 1150.0 Peso Mat. < N°4 (gr) = 1122.3 Peso de Fracción (gr) = 400.4	Grava (No.4 < Diam < 3") = 2.41% Arena (No.200 < Diam < No.4) = 51.40% Finos (Diam < No.200) = 46.19%	D60 (mm) = 0.24 D30 (mm) = -- D10 (mm) = --	- Clasificacion AASHTO -

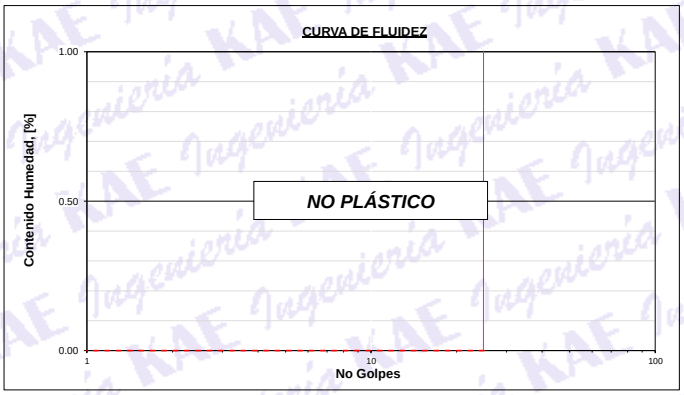
ABERTURA (mm)	TAMIZ	PESO RETENIDO (gr)	RETENIDO PARCIAL%	RETENIDO ACUMULADO %	PASA %
75.000	3"				
50.000	2"				
37.500	1 1/2"				
25.000	1"				
19.000	3/4"	0	0.0	0.0	**100.00**
12.500	1/2"	7.2	0.6	0.6	**99.37**
9.500	3/8"	11.3	1.0	1.6	**98.39**
4.750	N° 4	9.2	0.8	2.4	**97.59**
2.000	N° 10	19.4	4.7	7.1	**92.86**
0.850	N° 20	28.2	6.9	14.0	**85.99**
0.425	N° 40	48.3	11.8	25.8	**74.22**
0.250	N° 60	54.7	13.3	39.1	**60.89**
0.106	N° 140	54.4	13.3	52.4	**47.63**
0.075	N° 200	5.9	1.4	53.8	**46.19**
	FONDO	189.50	46.2	100.0	



ENSAYO LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO

(ASTM D4318, NTP-339-129, MTC E110, MTC E111)

LÍMITE LÍQUIDO					
Nº Tarro					
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.				
Peso Tarro + Suelo Seco	gr.				
Peso De Agua	gr.				
Peso Del Tarro	gr.		***NO PRESENTA***		
Peso Del Suelo Seco	gr.				
Contenido De Humedad	%				
Numero De Golpes	N°				
LÍMITE PLÁSTICO					
Nº Tarro					
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.				
Peso Tarro + Suelo Seco	gr.				
Peso De Agua	gr.		***NO PLÁSTICO***		
Peso Del Tarro	gr.				
Peso Del Suelo Seco	gr.				
Contenido De Humedad	%				



Limite Líquido	**N.P.**
Límite Plástico	**N.P.**
Indice Plasticidad	**N.P.**

CONTENIDO DE HUMEDAD DE MUESTRA INTEGRAL

(ASTM - D2216)

Procedimiento - Metodo "A"		Tara N°	
		-	-
Peso Tara	gr.	-	-
Peso Tara + Suelo Húmedo	gr.	-	-
Peso Tara + Suelo Seco	gr.	-	-
Peso Agua	gr.	-	-
Peso Suelo Seco	gr.	-	-
Contenido de Humedad	%	-	-
Contenido de Humedad Promedio	%	-	

KAE Ingeniería
Víctor Alfonso Herrera Lázaro
INGENIERO CIVIL
REG. CIP N° 216087

KAE INGENIERIA V°B° GERENCIA

TESIS : MEJORAMIENTO DE SUBRASANTES DE LA RED VIAL CAPTUY - MORO, CON CENIZAS DE DONAX OBESULUS Y CÁSCARA DE ARROZ, 2021

REGISTRO N°: CC-MSR-GRA-COMB06

PÁGINA N°: 01 de 01

SOLICITA: JIMENEZ GONZALES, DINA MARGARITA

UBICACIÓN: Distrito: Nuevo Chimbote ; Provincia: Santa ; Departamento: Ancash

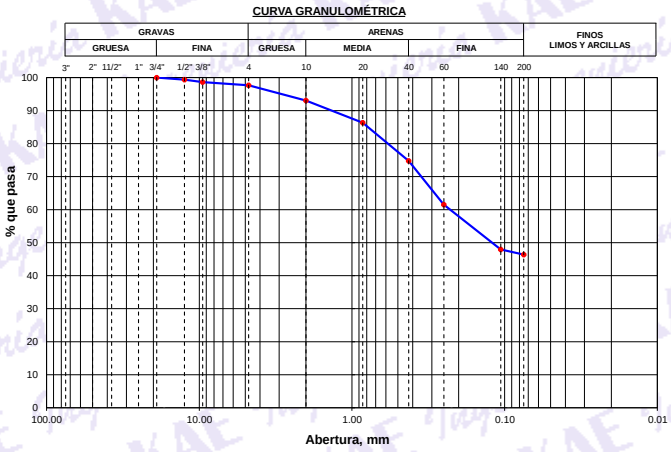
FECHA: 29/05/2022

ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

(ASTM D6913, MTC E107, NTP-339-128)

Datos de Muestra	Peso de Muestra	% Gravas , Arena y Finos	Coef. Uniformidad y Curvatura	Clasificacion SUCS
Muestra : MP + 6% CDO + 12% CCA	Peso Inicial Seco (gr) = 1180.0 Peso Mat. < N°4 (gr) = 1152.3 Peso de Fracción (gr) = 401.6	Grava (No.4 < Diam < 3") = 2.35% Arena (No.200 < Diam < No.4) = 51.26% Finos (Diam < No.200) = 46.39%	D60 (mm) = 0.23 D30 (mm) = -- D10 (mm) = --	- Clasificacion AASHTO -

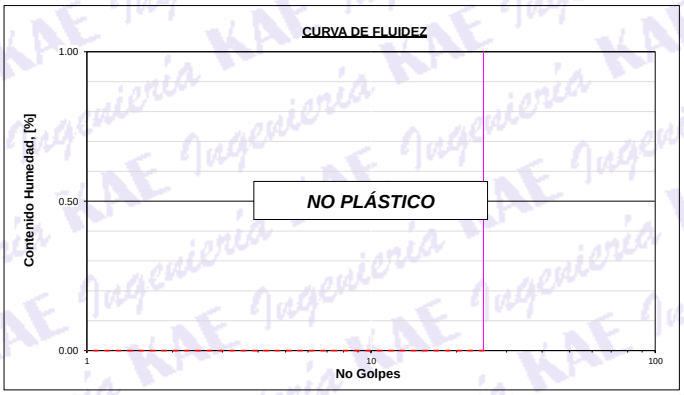
ABERTURA (mm)	TAMIZ	PESO RETENIDO (gr)	RETENIDO PARCIAL%	RETENIDO ACUMULADO %	PASA %
75.000	3"				
50.000	2"				
37.500	1 1/2"				
25.000	1"				
19.000	3/4"	0	0.0	0.0	**100.00**
12.500	1/2"	7.3	0.6	0.6	**99.38**
9.500	3/8"	8.7	0.7	1.4	**98.64**
4.750	N° 4	11.7	1.0	2.4	**97.65**
2.000	N° 10	18.9	4.6	7.0	**93.05**
0.850	N° 20	27.6	6.7	13.7	**86.34**
0.425	N° 40	47.6	11.6	25.2	**74.77**
0.250	N° 60	54.6	13.3	38.5	**61.49**
0.106	N° 140	55.7	13.5	52.1	**47.95**
0.075	N° 200	6.4	1.6	53.6	**46.39**
	FONDO	190.80	46.4	100.0	



ENSAYO LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO

(ASTM D4318, NTP-339-129, MTC E110, MTC E111)

LÍMITE LÍQUIDO					
Nº Tarro					
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.				
Peso Tarro + Suelo Seco	gr.				
Peso De Agua	gr.				
Peso Del Tarro	gr.		***NO PRESENTA***		
Peso Del Suelo Seco	gr.				
Contenido De Humedad	%				
Numero De Golpes	N°				
LÍMITE PLÁSTICO					
Nº Tarro					
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.				
Peso Tarro + Suelo Seco	gr.				
Peso De Agua	gr.		***NO PLÁSTICO***		
Peso Del Tarro	gr.				
Peso Del Suelo Seco	gr.				
Contenido De Humedad	%				



Limite Líquido	**N.P.**
Límite Plástico	**N.P.**
Indice Plasticidad	**N.P.**

CONTENIDO DE HUMEDAD DE MUESTRA INTEGRAL

(ASTM - D2216)

Procedimiento - Metodo "A"		Tara N°	
		-	-
Peso Tara	gr.	-	-
Peso Tara + Suelo Húmedo	gr.	-	-
Peso Tara + Suelo Seco	gr.	-	-
Peso Agua	gr.	-	-
Peso Suelo Seco	gr.	-	-
Contenido de Humedad	%	-	-
Contenido de Humedad Promedio	%	-	

KAE Ingeniería
Víctor Alfonso Herrera Lázaro
INGENIERO CIVIL
REG. CIP N° 216087

KAE INGENIERIA V°B° GERENCIA

TESIS : MEJORAMIENTO DE SUBRASANTES DE LA RED VIAL CAPTUY - MORO, CON CENIZAS DE DONAX OBESULUS Y CÁSCARA DE ARROZ, 2021

REGISTRO N°: CC-MSR-GRA-COMB07

PÁGINA N°: 01 de 01

SOLICITA: JIMENEZ GONZALES, DINA MARGARITA

UBICACIÓN: Distrito: Nuevo Chimbote ; Provincia: Santa ; Departamento: Ancash

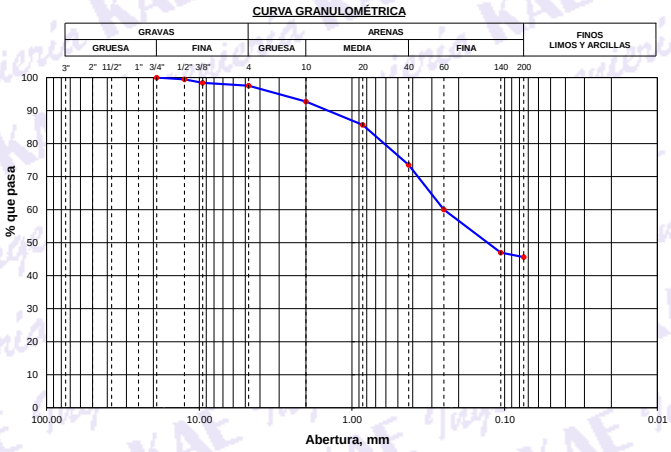
FECHA: 8/06/2022

ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

(ASTM D6913, MTC E107, NTP-339-128)

Datos de Muestra	Peso de Muestra	% Gravas , Arena y Finos	Coef. Uniformidad y Curvatura	Clasificacion SUCS
Muestra : MP + 8% CDO + 5% CCA	Peso Inicial Seco (gr) = 1130.0 Peso Mat. < N°4 (gr) = 1102.2 Peso de Fracción (gr) = 401.6	Grava (No.4 < Diam < 3") = 2.46% Arena (No.200 < Diam < No.4) = 51.91% Finos (Diam < No.200) = 45.63%	D60 (mm) = 0.25 D30 (mm) = -- D10 (mm) = --	- Clasificacion AASHTO -

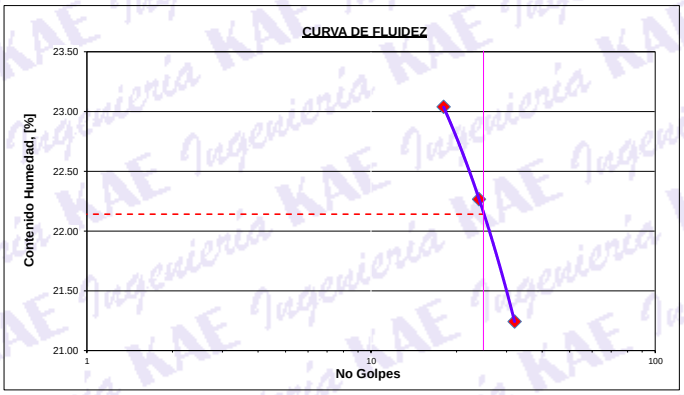
ABERTURA (mm)	TAMIZ	PESO RETENIDO (gr)	RETENIDO PARCIAL%	RETENIDO ACUMULADO %	PASA %
75.000	3"				
50.000	2"				
37.500	1 1/2"				
25.000	1"				
19.000	3/4"	0	0.0	0.0	**100.00**
12.500	1/2"	6.2	0.6	0.6	**99.45**
9.500	3/8"	11.7	1.0	1.6	**98.41**
4.750	N° 4	9.8	0.9	2.5	**97.54**
2.000	N° 10	19.8	4.8	7.3	**92.73**
0.850	N° 20	29.1	7.1	14.3	**85.66**
0.425	N° 40	49.9	12.1	26.5	**73.54**
0.250	N° 60	55.6	13.5	40.0	**60.04**
0.106	N° 140	53.8	13.1	53.0	**46.97**
0.075	N° 200	5.5	1.3	54.4	**45.63**
	FONDO	187.90	45.6	100.0	



ENSAYO LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO

(ASTM D4318, NTP-339-129, MTC E110, MTC E111)

LÍMITE LÍQUIDO				
Nº Tarro		T - 01	T - 7	T - 06
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.	55.54	55.24	54.33
Peso Tarro + Suelo Seco	gr.	50.40	49.57	48.10
Peso De Agua	gr.	5.14	5.67	6.23
Peso Del Tarro	gr.	28.09	24.10	18.79
Peso Del Suelo Seco	gr.	22.31	25.47	29.31
Contenido De Humedad	%	23.04	22.27	21.24
Numero De Golpes	N°	18	24	32
LÍMITE PLÁSTICO				
Nº Tarro				
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.			
Peso Tarro + Suelo Seco	gr.			
Peso De Agua	gr.		***NO PLÁSTICO***	
Peso Del Tarro	gr.			
Peso Del Suelo Seco	gr.			
Contenido De Humedad	%			



Limite Líquido	**22.14%**
Límite Plástico	**N.P.**
Indice Plasticidad	**N.P.**

CONTENIDO DE HUMEDAD DE MUESTRA INTEGRAL

(ASTM - D2216)

Procedimiento - Metodo "A"		Tara N°	
		-	-
Peso Tara	gr.	-	-
Peso Tara + Suelo Húmedo	gr.	-	-
Peso Tara + Suelo Seco	gr.	-	-
Peso Agua	gr.	-	-
Peso Suelo Seco	gr.	-	-
Contenido de Humedad	%	-	-
Contenido de Humedad Promedio	%	-	

KAE Ingeniería
Víctor Alfonso Herrera Lázaro
INGENIERO CIVIL
REG. CIP N° 216087

KAE INGENIERIA V°B° GERENCIA

TESIS : MEJORAMIENTO DE SUBRASANTES DE LA RED VIAL CAPTUY - MORO, CON CENIZAS DE DONAX OBESULUS Y CÁSCARA DE ARROZ, 2021

REGISTRO N°: CC-MSR-GRA-COMB08

PÁGINA N°: 01 de 01

SOLICITA: JIMENEZ GONZALES, DINA MARGARITA

UBICACIÓN: Distrito: Nuevo Chimbote ; Provincia: Santa ; Departamento: Ancash

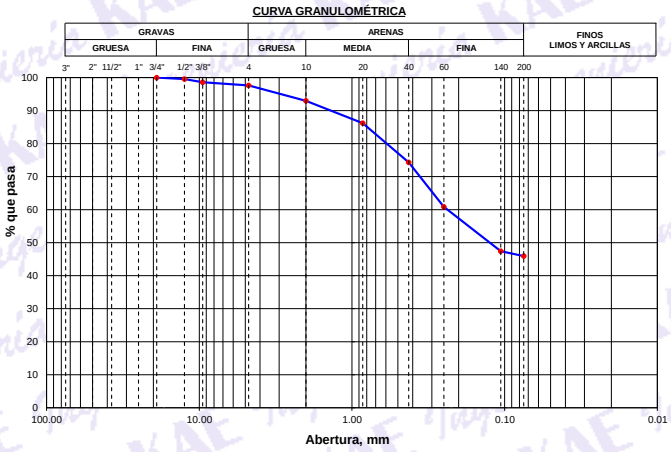
FECHA: 21/06/2022

ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

(ASTM D6913, MTC E107, NTP-339-128)

Datos de Muestra	Peso de Muestra	% Gravas , Arena y Finos	Coef. Uniformidad y Curvatura	Clasificacion SUCS
Muestra : MP + 8% CDO + 9% CCA	Peso Inicial Seco (gr) = 1170.0 Peso Mat. < N°4 (gr) = 1142.3 Peso de Fracción (gr) = 400.8	Grava (No.4 < Diam < 3") = 2.37% Arena (No.200 < Diam < No.4) = 51.70% Finos (Diam < No.200) = 45.93%	D60 (mm) = 0.24 D30 (mm) = -- D10 (mm) = --	- Clasificacion AASHTO -

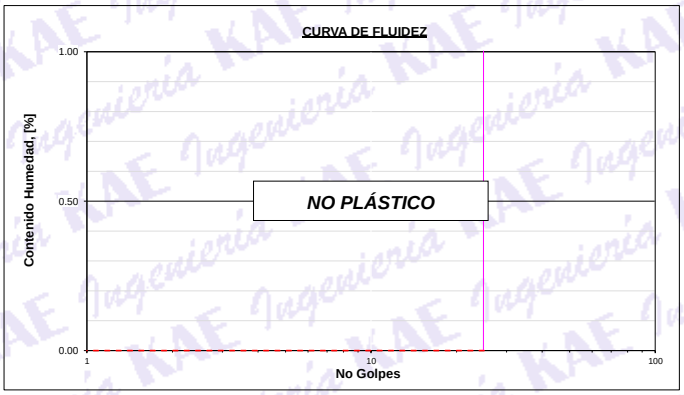
ABERTURA (mm)	TAMIZ	PESO RETENIDO (gr)	RETENIDO PARCIAL%	RETENIDO ACUMULADO %	PASA %
75.000	3"				
50.000	2"				
37.500	1 1/2"				
25.000	1"				
19.000	3/4"	0	0.0	0.0	100.00
12.500	1/2"	5.1	0.4	0.4	99.56
9.500	3/8"	11.5	1.0	1.4	98.58
4.750	N° 4	11.1	1.0	2.4	97.63
2.000	N° 10	19.1	4.7	7.0	92.98
0.850	N° 20	27.9	6.8	13.8	86.18
0.425	N° 40	48.7	11.9	25.7	74.32
0.250	N° 60	55.2	13.4	39.1	60.87
0.106	N° 140	55.2	13.4	52.6	47.42
0.075	N° 200	6.1	1.5	54.1	45.93
	FONDO	188.60	45.9	100.0	



ENSAYO LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO

(ASTM D4318, NTP-339-129, MTC E110, MTC E111)

LÍMITE LÍQUIDO					
Nº Tarro					
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.				
Peso Tarro + Suelo Seco	gr.				
Peso De Agua	gr.				
Peso Del Tarro	gr.	NO PRESENTA			
Peso Del Suelo Seco	gr.				
Contenido De Humedad	%				
Numero De Golpes	N°				
LÍMITE PLÁSTICO					
Nº Tarro					
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.				
Peso Tarro + Suelo Seco	gr.				
Peso De Agua	gr.	NO PLÁSTICO			
Peso Del Tarro	gr.				
Peso Del Suelo Seco	gr.				
Contenido De Humedad	%				



Limite Líquido	N.P.
Límite Plástico	N.P.
Indice Plasticidad	N.P.

CONTENIDO DE HUMEDAD DE MUESTRA INTEGRAL

(ASTM - D2216)

Procedimiento - Metodo "A"		Tara N°	
		-	-
Peso Tara	gr.	-	-
Peso Tara + Suelo Húmedo	gr.	-	-
Peso Tara + Suelo Seco	gr.	-	-
Peso Agua	gr.	-	-
Peso Suelo Seco	gr.	-	-
Contenido de Humedad	%	-	-
Contenido de Humedad Promedio	%	-	

KAE Ingeniería
Víctor Alfonso Herrera Lázaro
INGENIERO CIVIL
REG. CIP N° 216087

KAE INGENIERIA V°B° GERENCIA

TESIS : MEJORAMIENTO DE SUBRASANTES DE LA RED VIAL CAPTUY - MORO, CON CENIZAS DE DONAX OBESULUS Y CÁSCARA DE ARROZ, 2021

REGISTRO N°: CC-MSR-GRA-COMB09

PÁGINA N°: 01 de 01

SOLICITA: JIMENEZ GONZALES, DINA MARGARITA

UBICACIÓN: Distrito: Nuevo Chimbote ; Provincia: Santa ; Departamento: Ancash

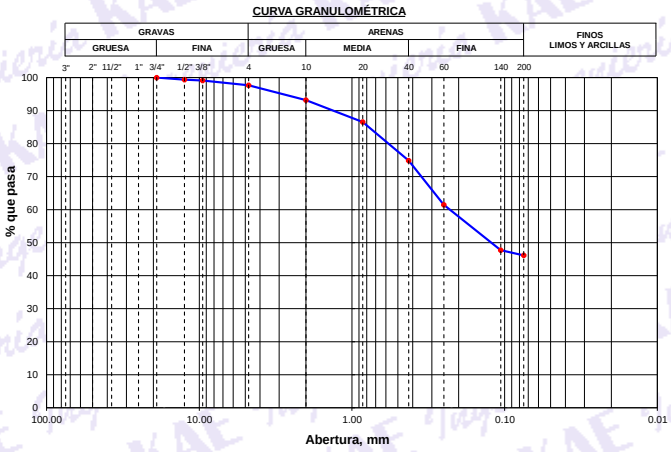
FECHA: 27/06/2022

ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

(ASTM D6913, MTC E107, NTP-339-128)

Datos de Muestra	Peso de Muestra	% Gravas , Arena y Finos	Coef. Uniformidad y Curvatura	Clasificacion SUCS
Muestra : MP + 8% CDO + 12% CCA	Peso Inicial Seco (gr) = 1200.0 Peso Mat. < N°4 (gr) = 1172.3 Peso de Fracción (gr) = 401.8	Grava (No.4 < Diam < 3") = 2.31% Arena (No.200 < Diam < No.4) = 51.54% Finos (Diam < No.200) = 46.15%	D60 (mm) = 0.23 D30 (mm) = -- D10 (mm) = --	- Clasificacion AASHTO -

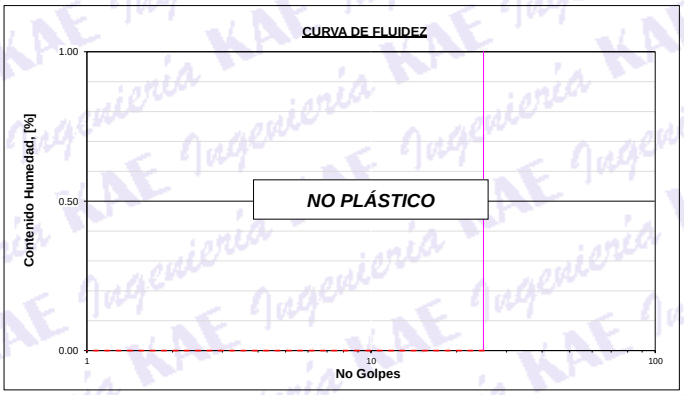
ABERTURA (mm)	TAMIZ	PESO RETENIDO (gr)	RETENIDO PARCIAL%	RETENIDO ACUMULADO %	PASA %
75.000	3"				
50.000	2"				
37.500	1 1/2"				
25.000	1"				
19.000	3/4"	0	0.0	0.0	100.00
12.500	1/2"	7.4	0.6	0.6	99.38
9.500	3/8"	3.5	0.3	0.9	99.09
4.750	N° 4	16.8	1.4	2.3	97.69
2.000	N° 10	18.6	4.5	6.8	93.17
0.850	N° 20	27.3	6.6	13.5	86.53
0.425	N° 40	48.0	11.7	25.1	74.86
0.250	N° 60	55.1	13.4	38.5	61.46
0.106	N° 140	56.4	13.7	52.3	47.75
0.075	N° 200	6.6	1.6	53.9	46.15
	FONDO	189.80	46.1	100.0	



ENSAYO LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO

(ASTM D4318, NTP-339-129, MTC E110, MTC E111)

LÍMITE LÍQUIDO					
Nº Tarro					
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.				
Peso Tarro + Suelo Seco	gr.				
Peso De Agua	gr.				
Peso Del Tarro	gr.	NO PRESENTA			
Peso Del Suelo Seco	gr.				
Contenido De Humedad	%				
Numero De Golpes	N°				
LÍMITE PLÁSTICO					
Nº Tarro					
Peso de Tarro + Suelo Humedo	gr.				
Peso Tarro + Suelo Seco	gr.				
Peso De Agua	gr.	NO PLÁSTICO			
Peso Del Tarro	gr.				
Peso Del Suelo Seco	gr.				
Contenido De Humedad	%				



Limite Líquido	N.P.
Límite Plástico	N.P.
Indice Plasticidad	N.P.

CONTENIDO DE HUMEDAD DE MUESTRA INTEGRAL

(ASTM - D2216)

Procedimiento - Metodo "A"		Tara N°	
		-	-
Peso Tara	gr.	-	-
Peso Tara + Suelo Húmedo	gr.	-	-
Peso Tara + Suelo Seco	gr.	-	-
Peso Agua	gr.	-	-
Peso Suelo Seco	gr.	-	-
Contenido de Humedad	%	-	-
Contenido de Humedad Promedio	%	-	

KAE Ingeniería
Víctor Alfonso Herrera Lázaro
INGENIERO CIVIL
REG. CIP N° 216087

KAE INGENIERIA V° B° GERENCIA

ANEXO 5.5.:

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO Y CBR EN LABORATORIO DE LOS SUELOS COMBINADOS CON CDO Y CCA

TESIS :	MEJORAMIENTO DE SUBRASANTES DE LA RED VIAL CAPTUY - MORO, CON CENIZAS DE DONAX OBESULUS Y CÁSCARA DE ARROZ, 2021	**REGISTRO N°:**	CC-MSR-CBR-COMB01
		PAGINA N°:	01 de 03
SOLICITA :	JIMENEZ GONZALES, DINA MARGARITA		
UBICACIÓN :	Distrito: Chimbote ; Provincia: Santa ; Departamento: Ancash	**FECHA:**	22/04/2022

ENSAYO DE COMPACTACIÓN - PROCTOR MODIFICADO PARA CBR

ASTM D1557 / ASTM D1883

Datos de la Muestra

Calicata : -

Clasificación (SUCS) : -

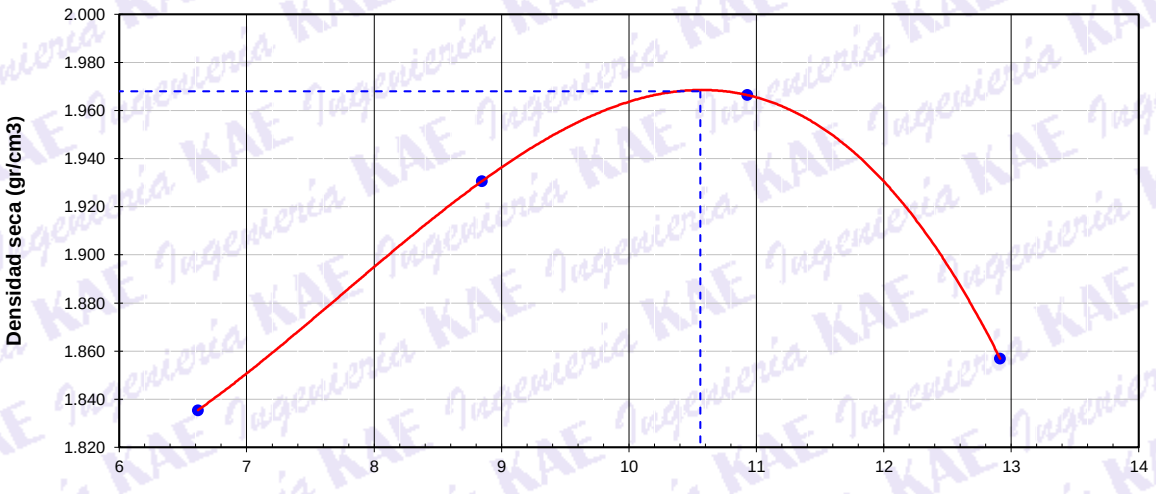
Muestra : MP + 4% CDO + 5% CCA

Clasificación (AASHTO) : -

Peso suelo + molde	gr	7271.00	7578.00	7748.00	7568.00	
Peso molde	gr	3112.10	3112.10	3112.10	3112.10	
Peso suelo húmedo compactado	gr	4158.90	4465.90	4635.90	4455.90	
Volumen del molde	cm^3	2125.24	2125.24	2125.24	2125.24	
Peso volumétrico húmedo	gr/cm^3	1.96	2.10	2.18	2.10	
Recipiente Nº		5	4	3	2	
Peso del suelo húmedo+tara	gr	322.40	330.60	268.20	281.50	
Peso del suelo seco + tara	gr	307.10	309.00	250.10	259.60	
Tara	gr	75.90	64.80	84.50	90.00	
Peso de agua	gr	15.30	21.60	18.10	21.90	
Peso del suelo seco	gr	231.20	244.20	165.60	169.60	
Contenido de agua	%	6.62	8.85	10.93	12.91	
Peso volumétrico seco	gr/cm^3	1.835	1.931	1.966	1.857	

Densidad máxima (gr/cm^3)	**1.968**
Humedad óptima (%)	**10.56**

RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD



OBSERVACIONES:

- La muestra fue tomada en presencia del solicitante.

KAE Ingeniería
Víctor Alfonso Herrera Lázaro
INGENIERO CIVIL
REG. CIP N° 216087

KAE INGENIERIA V°B° GERENCIA

TESIS :	MEJORAMIENTO DE SUBRASANTES DE LA RED VIAL CAPTUY - MORO, CON CENIZAS DE DONAX OBESULUS Y CÁSCARA DE ARROZ, 2021	**REGISTRO N°:**	CC-MSR-CBR-COMB01
		PAGINA N°:	02 de 03
SOLICITA :	JIMENEZ GONZALES, DINA MARGARITA		
UBICACIÓN :	Distrito: Chimbote ; Provincia: Santa ; Departamento: Ancash	**FECHA:**	22/04/2022

ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA
ASTM D1883

Datos de la Muestra

Calicata : - **Clasificación (SUCS) :** -

Muestra : MP + 4% CDO + 5% CCA **Clasificación (AASHTO) :** -

CALCULO DE LA RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)

Molde Nº	1		2		3	
Número de capas	5		5		5	
Número de golpes	56		25		10	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso suelo + molde (gr.)	11,428	11,564	11,882	12,124	11,659	11,941
Peso molde (gr.)	6,790	6,790	7,520	7,520	7,580	7,580
Peso suelo compactado (gr.)	4,638	4,774	4,362	4,604	4,079	4,361
Volumen del molde (cm^3)	2,131	2,131	2,135	2,135	2,111	2,111
Densidad húmeda ($gr./cm^3$)	2.176	2.240	2.043	2.157	1.932	2.066
Densidad Seca ($gr./cm^3$)	1.968	1.968	1.848	1.848	1.748	1.748

CONTENIDO DE HUMEDAD

Peso de tara (gr.)	68.40	0.00	66.90	0.00	68.80	0.00
Tara + suelo húmedo (gr.)	152.70	4774.00	182.00	4604.00	151.30	4361.00
Tara + suelo seco (gr.)	144.65	4195.11	170.99	3944.75	143.41	3688.90
Peso de agua (gr.)	8.05	578.89	11.01	659.25	7.89	672.10
Peso de suelo seco (gr.)	76.25	4195.11	104.09	3944.75	74.61	3688.90
Humedad (%)	10.56	13.80	10.58	16.71	10.57	18.22

EXPANSIÓN

Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión	
		Hr	0.01"	mm	%		mm	%		mm	%
22/04/2022	16:15	0	0.000	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00
23/04/2022	16:15	24	0.010	0.25	0.20	0.020	0.51	0.40	0.024	0.61	0.48
24/04/2022	16:15	48	0.011	0.28	0.22	0.021	0.52	0.41	0.024	0.62	0.49
25/04/2022	16:15	72	0.013	0.33	0.26	0.022	0.55	0.43	0.025	0.63	0.50
26/04/2022	16:15	96	0.014	0.36	0.28	0.022	0.56	0.44	0.025	0.64	0.50

PENETRACIÓN

Penetración	Carga Standard	Molde N° 1				Molde N° 2				Molde N° 3			
		Carga		Corrección		Carga		Corrección		Carga		Corrección	
(pulg.)	(Lb/pulg2)	lb	lb/pulg^2	lb/pulg^2	CBR %	lb	lb/pulg^2	lb/pulg^2	CBR %	lb	lb/pulg^2	lb/pulg^2	CBR %
0.025		180	58.9			108	35.4			64	20.8		
0.050		798	261.1			493	161.3			200	65.5		
0.075		1484	485.5			766	250.7			296	96.9		
0.100	1000	1978	647.1	645.0	**64.5**	1009	329.9	355.0	**35.5**	370	120.9	125.0	**12.5**
0.150		2645	865.1			1455	476.0			524	171.3		
0.200	1500	3112	1018.0	1050.0	**70.0**	1748	571.7	565.0	**37.7**	655	214.3	205.0	**13.7**
0.300		3879	1268.9			2012	657.9			771	252.3		
0.400		4551	1488.7			2225	727.8			873	285.6		
0.500		5191	1698.0			2417	790.5			967	316.2		

OBSERVACIONES:

- La muestra fue tomada en presencia del solicitante.

KAE Ingeniería
Víctor Alfonso Herrera Lázaro
INGENIERO CIVIL
REG. CIP N° 216087

KAE INGENIERIA V°B° GERENCIA

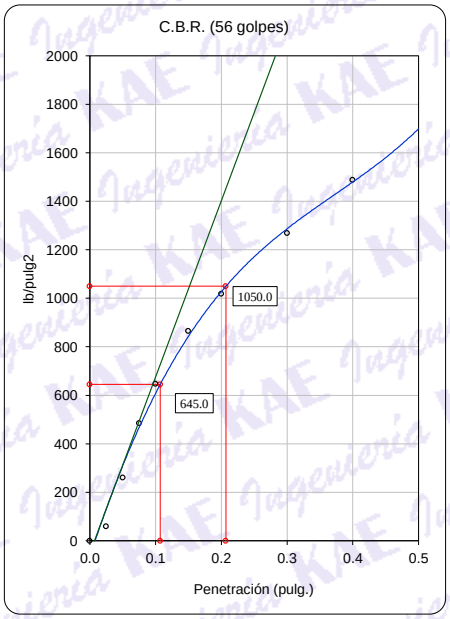
TESIS :	MEJORAMIENTO DE SUBRASANTES DE LA RED VIAL CAPTUY - MORO, CON CENIZAS	**REGISTRO N°:**	CC-MSR-CBR-COMB01
	DE DONAX OBESULUS Y CÁSCARA DE ARROZ, 2021	**PAGINA N°:**	03 de 03
SOLICITA :	JIMENEZ GONZALES, DINA MARGARITA		
UBICACIÓN :	Distrito: Chimbote ; Provincia: Santa ; Departamento: Ancash	**FECHA:**	22/04/2022

ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA
ASTM D1883

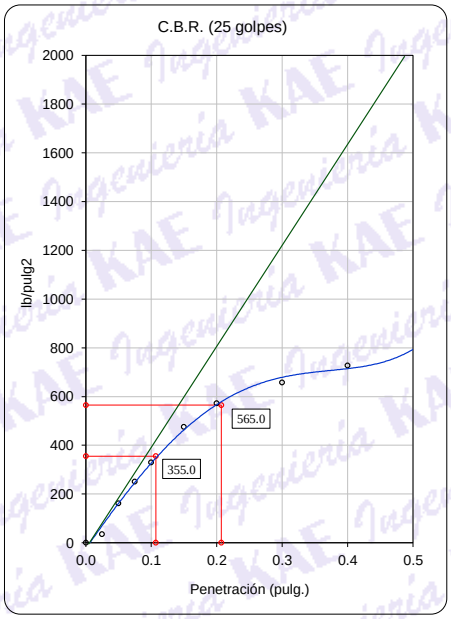
Datos de la Muestra

Calicata : - **Clasificación (SUCS) :** - **Máxima Densidad Seca :** 1.968 gr./cm^3

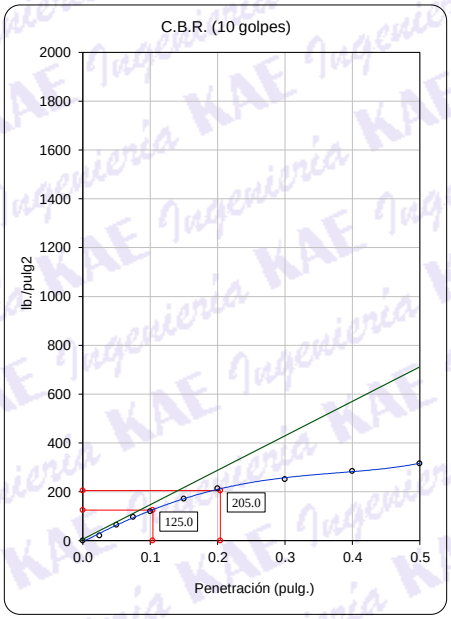
Muestra : MP + 4% CDO + 5% CCA **Clasificación (AASHTO) :** - **Máxima Densidad Seca al 95% :** 1.870 gr./cm^3



C.B.R. (0.1") 56 GOLPES : 64.5%

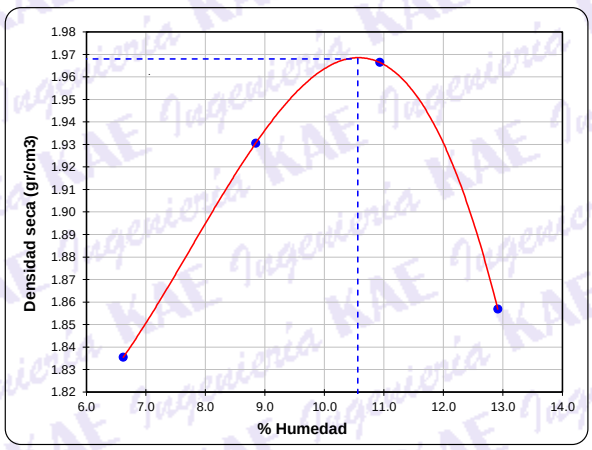


C.B.R. (0.1") 25 GOLPES : 35.5%

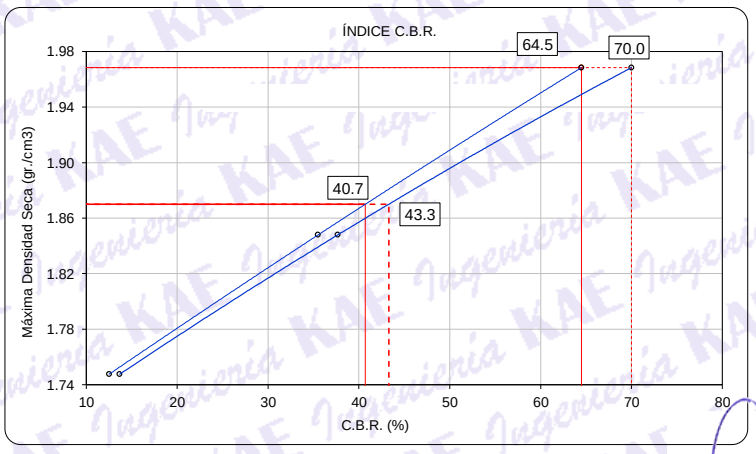


C.B.R. (0.1") 12 GOLPES : 12.5%

CURVA DE COMPACTACIÓN - ASTM D1557



CURVA CBR Vs DENSIDAD SECA



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1": 64.5%
C.B.R. (95% M.D.S.) 0.1": 40.7%

C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2": 70.0%
C.B.R. (95% M.D.S.) 0.2": 43.3%

OBSERVACIONES:
- La muestra fue tomada por el personal tecnico de laboratorio en obra.

KAE Ingeniería
Víctor Alfonso Herrera Lázaro
INGENIERO CIVIL
REG. CIP N° 216087

KAE INGENIERIA V°B° GERENCIA

TESIS :	MEJORAMIENTO DE SUBRASANTES DE LA RED VIAL CAPTUY - MORO, CON CENIZAS DE DONAX OBESULUS Y CÁSCARA DE ARROZ, 2021	**REGISTRO N°:**	CC-MSR-CBR-COMB02
		PAGINA N°:	01 de 03
SOLICITA :	JIMENEZ GONZALES, DINA MARGARITA		
UBICACIÓN :	Distrito: Chimbote ; Provincia: Santa ; Departamento: Ancash	**FECHA:**	3/05/2022

ENSAYO DE COMPACTACIÓN - PROCTOR MODIFICADO PARA CBR

ASTM D1557 / ASTM D1883

Datos de la Muestra

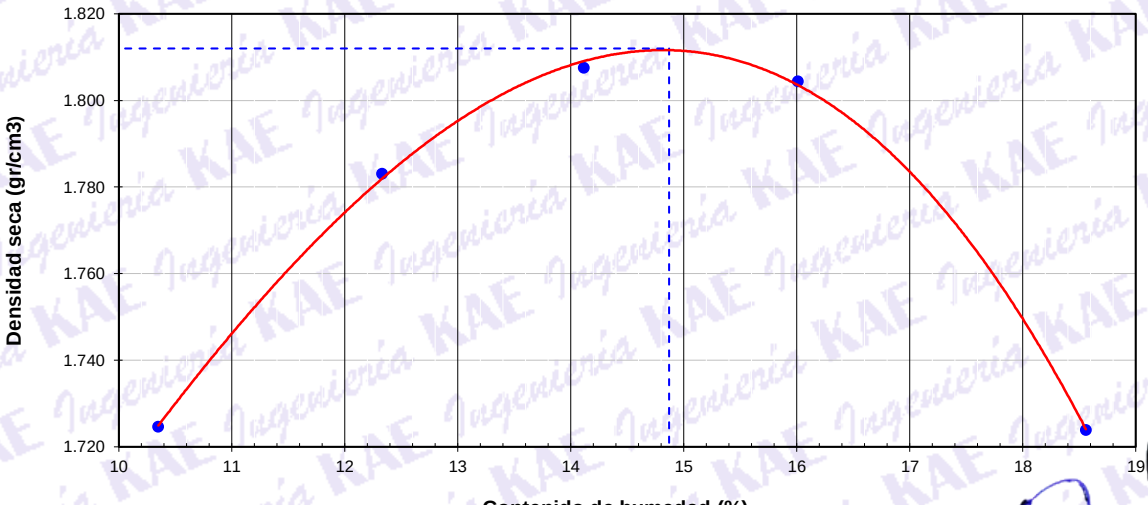
Calicata : - **Clasificación (SUCS) :** -

Muestra : MP + 4% CDO + 9% CCA **Clasificación (AASHTO) :** -

Peso suelo + molde	gr	7258.00	7470.00	7597.00	7662.00	7557.00
Peso molde	gr	3214.30	3214.30	3214.30	3214.30	3214.30
Peso suelo húmedo compactado	gr	4043.70	4255.70	4382.70	4447.70	4342.70
Volumen del molde	cm^3	2124.75	2124.75	2124.75	2124.75	2124.75
Peso volumétrico húmedo	gr/cm^3	1.90	2.00	2.06	2.09	2.04
Recipiente Nº		15	2	16	2'	5
Peso del suelo húmedo+tara	gr	161.70	188.61	145.10	168.80	172.20
Peso del suelo seco + tara	gr	152.80	175.40	135.70	154.93	155.20
Tara	gr	66.80	68.28	69.10	68.30	63.60
Peso de agua	gr	8.90	13.21	9.40	13.87	17.00
Peso del suelo seco	gr	86.00	107.12	66.60	86.63	91.60
Contenido de agua	%	10.35	12.33	14.11	16.01	18.56
Peso volumétrico seco	gr/cm^3	1.725	1.783	1.808	1.804	1.724

Densidad máxima (gr/cm^3)	**1.812**
Humedad óptima (%)	**14.87**

RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD



OBSERVACIONES:

- La muestra fue tomada en presencia del solicitante.

KAE Ingeniería
Víctor Alfonso Herrera Lázaro
INGENIERO CIVIL
REG. CIP N° 216087

KAE INGENIERIA V°B° GERENCIA

TESIS : MEJORAMIENTO DE SUBRASANTES DE LA RED VIAL CAPTUY - MORO, CON CENIZAS DE DONAX OBESULUS Y CÁSCARA DE ARROZ, 2021
REGISTRO N°: CC-MSR-CBR-COMB02
PAGINA N°: 02 de 03
SOLICITA : JIMENEZ GONZALES, DINA MARGARITA
UBICACIÓN : Distrito: Chimbote ; Provincia: Santa ; Departamento: Ancash
FECHA: 3/05/2022

ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA
ASTM D1883

Datos de la Muestra

Calicata : -
Clasificación (SUCS) : -
Muestra : MP + 4% CDO + 9% CCA
Clasificación (AASHTO) : -

CALCULO DE LA RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)

Molde Nº	1		2		3	
Número de capas	5		5		5	
Número de golpes	56		25		10	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso suelo + molde (gr.)	12,899	13,026	12,236	12,459	12,088	12,351
Peso molde (gr.)	8,480	8,480	8,100	8,100	8,180	8,180
Peso suelo compactado (gr.)	4,419	4,546	4,136	4,359	3,908	4,171
Volumen del molde (cm^3)	2,123	2,123	2,128	2,128	2,151	2,151
Densidad húmeda ($gr./cm^3$)	2.082	2.142	1.944	2.049	1.817	1.939
Densidad Seca ($gr./cm^3$)	1.812	1.812	1.692	1.692	1.582	1.582

CONTENIDO DE HUMEDAD

Peso de tara (gr.)	67.80	0.00	66.90	0.00	69.10	0.00
Tara + suelo húmedo (gr.)	139.90	4546.00	165.90	4359.00	170.70	4171.00
Tara + suelo seco (gr.)	130.56	3846.55	153.07	3599.99	157.55	3402.19
Peso de agua (gr.)	9.34	699.45	12.83	759.01	13.15	768.81
Peso de suelo seco (gr.)	62.76	3846.55	86.17	3599.99	88.45	3402.19
Humedad (%)	14.88	18.18	14.89	21.08	14.87	22.60

EXPANSIÓN

Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión	
		Hr	0.01"	mm	%		mm	%		mm	%
3/05/2022	17:15	0	0.000	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00
4/05/2022	17:15	24	0.009	0.23	0.18	0.019	0.47	0.37	0.021	0.53	0.42
5/05/2022	17:15	48	0.010	0.25	0.20	0.019	0.48	0.38	0.022	0.56	0.44
6/05/2022	17:15	72	0.011	0.28	0.22	0.020	0.50	0.39	0.023	0.57	0.45
7/05/2022	17:15	96	0.013	0.32	0.25	0.021	0.52	0.41	0.024	0.60	0.47

PENETRACIÓN

Penetración	Carga Standard	Molde N° 1				Molde N° 2				Molde N° 3			
		Carga		Corrección		Carga		Corrección		Carga		Corrección	
(pulg.)	(Lb/pulg2)	lb	lb/pulg^2	lb/pulg^2	CBR %	lb	lb/pulg^2	lb/pulg^2	CBR %	lb	lb/pulg^2	lb/pulg^2	CBR %
0.025		217	70.8			151	49.4			93	30.5		
0.050		587	192.1			440	143.8			322	105.5		
0.075		1033	337.8			761	248.8			525	171.7		
0.100	1000	1423	465.5	500.0	**50.0**	988	323.3	320.0	**32.0**	677	221.5	220.0	**22.0**
0.150		2184	714.2			1322	432.3			880	287.8		
0.200	1500	2705	884.9	880.0	**58.7**	1593	521.1	530.0	**35.3**	1012	330.9	335.0	**22.3**
0.300		3537	1157.0			2041	667.5			1193	390.2		
0.400		4262	1394.0			2502	818.3			1337	437.2		
0.500		4985	1630.6			3078	1006.9			1566	512.3		

OBSERVACIONES:

- La muestra fue tomada en presencia del solicitante.

KAE Ingeniería
Víctor Alfonso Herrera Lázaro
INGENIERO CIVIL
REG. CIP N° 216087

KAE INGENIERIA V°B° GERENCIA

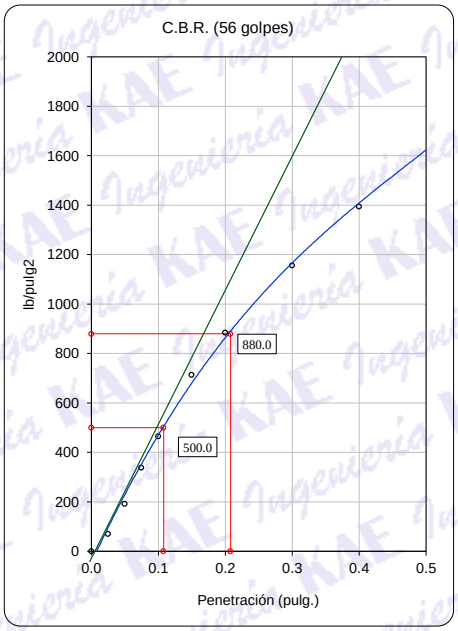
TESIS :	MEJORAMIENTO DE SUBRASANTES DE LA RED VIAL CAPTUY - MORO, CON CENIZAS DE DONAX OBESULUS Y CÁSCARA DE ARROZ, 2021	**REGISTRO N°:**	CC-MSR-CBR-COMB02
		PAGINA N°:	03 de 03
SOLICITA :	JIMENEZ GONZALES, DINA MARGARITA		
UBICACIÓN :	Distrito: Chimbote ; Provincia: Santa ; Departamento: Ancash	**FECHA:**	3/05/2022

ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA
ASTM D1883

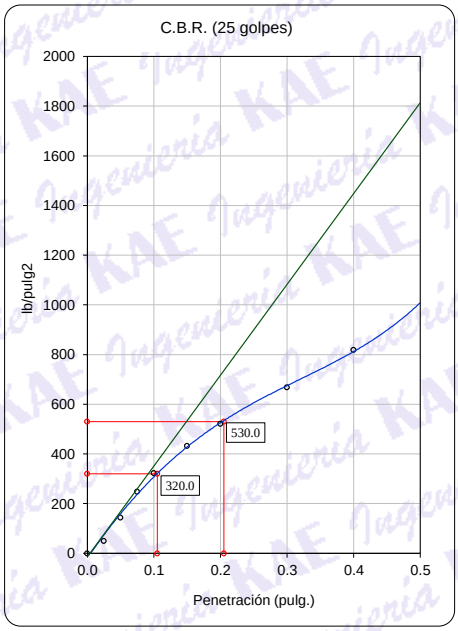
Datos de la Muestra

Calicata : - **Clasificación (SUCS) :** - **Máxima Densidad Seca :** 1.812 gr./cm^3

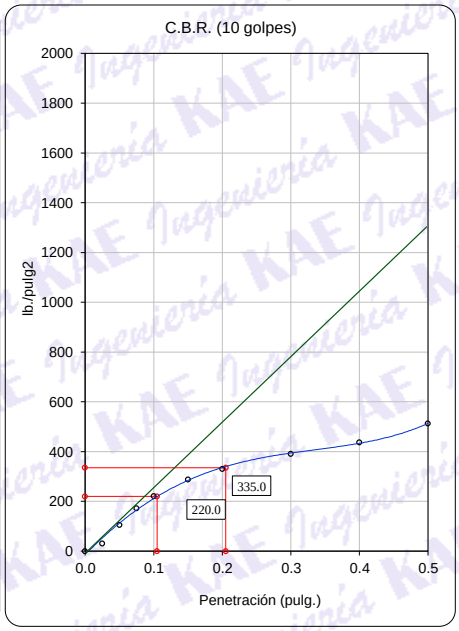
Muestra : MP + 4% CDO + 9% CCA **Clasificación (AASHTO) :** - **Máxima Densidad Seca al 95% :** 1.721 gr./cm^3



C.B.R. (0.1") 56 GOLPES : 50.0%

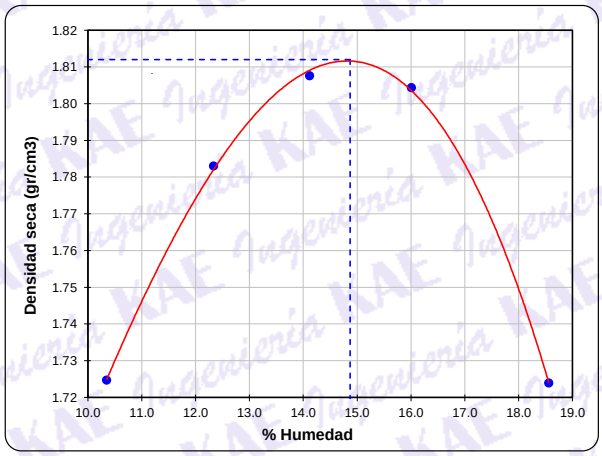


C.B.R. (0.1") 25 GOLPES : 32.0%

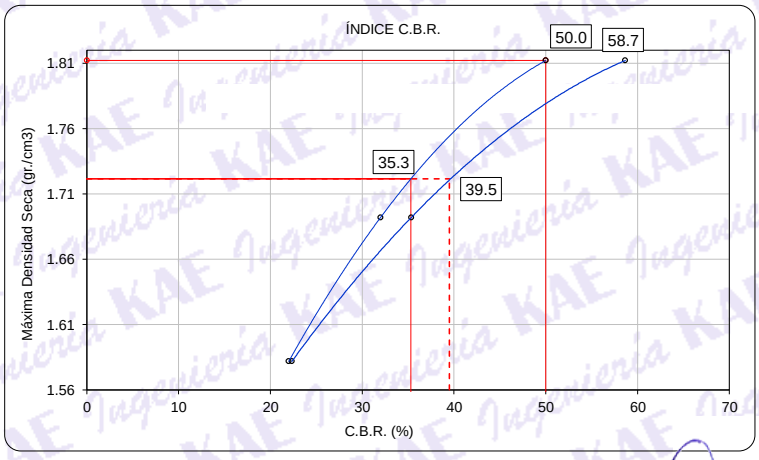


C.B.R. (0.1") 12 GOLPES : 22.0%

CURVA DE COMPACTACIÓN - ASTM D1557



CURVA CBR Vs DENSIDAD SECA



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1": 50.0%
C.B.R. (95% M.D.S.) 0.1": 35.3%

C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2": 58.7%
C.B.R. (95% M.D.S.) 0.2": 39.5%

OBSERVACIONES:

- La muestra fue tomada por el personal tecnico de laboratorio en obra.

KAE Ingeniería
Víctor Alfonso Herrera Lázaro
INGENIERO CIVIL
REG. CIP N° 215087

KAE INGENIERIA V°B° GERENCIA

TESIS :	MEJORAMIENTO DE SUBRASANTES DE LA RED VIAL CAPTUY - MORO, CON CENIZAS DE DONAX OBESULUS Y CÁSCARA DE ARROZ, 2021	**REGISTRO N°:**	CC-MSR-CBR-COMB03
		PAGINA N°:	01 de 03
SOLICITA :	JIMENEZ GONZALES, DINA MARGARITA		
UBICACIÓN :	Distrito: Chimbote ; Provincia: Santa ; Departamento: Ancash	**FECHA:**	17/05/2022

ENSAYO DE COMPACTACIÓN - PROCTOR MODIFICADO PARA CBR

ASTM D1557 / ASTM D1883

Datos de la Muestra

Calicata : -

Clasificación (SUCS) : -

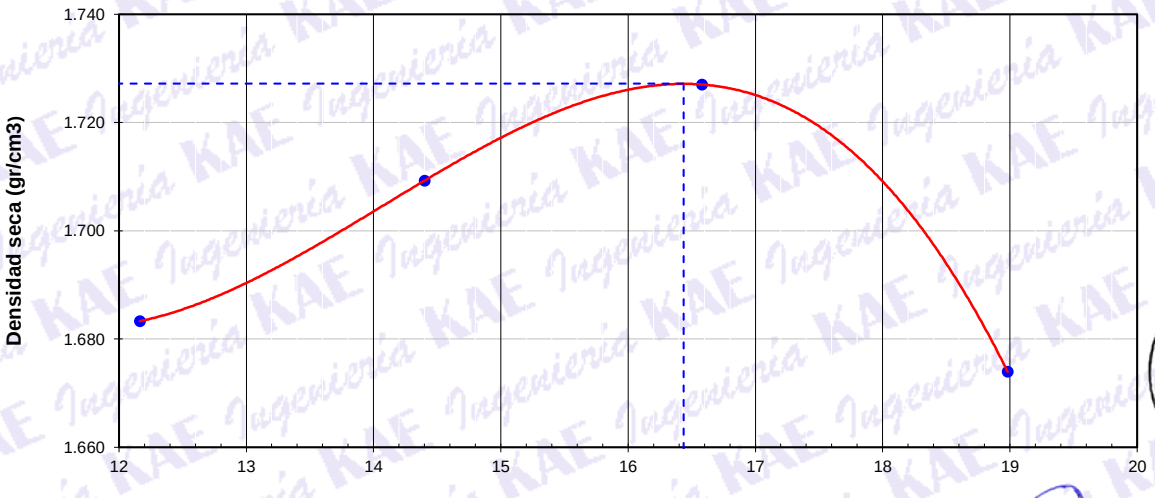
Muestra : MP + 4% CDO + 12% CCA

Clasificación (AASHTO) : -

Peso suelo + molde	gr	7218.00	7361.00	7484.00	7438.00	
Peso molde	gr	3210.80	3210.80	3210.80	3210.80	
Peso suelo húmedo compactado	gr	4007.20	4150.20	4273.20	4227.20	
Volumen del molde	cm^3	2122.39	2122.39	2122.39	2122.39	
Peso volumétrico húmedo	gr/cm^3	1.89	1.96	2.01	1.99	
Recipiente Nº		1	3	2	15	
Peso del suelo húmedo+tara	gr	163.80	151.70	205.90	197.80	
Peso del suelo seco + tara	gr	153.40	141.00	186.40	176.90	
Tara	gr	67.90	66.70	68.80	66.80	
Peso de agua	gr	10.40	10.70	19.50	20.90	
Peso del suelo seco	gr	85.50	74.30	117.60	110.10	
Contenido de agua	%	12.16	14.40	16.58	18.98	
Peso volumétrico seco	gr/cm^3	1.683	1.709	1.727	1.674	

Densidad máxima (gr/cm^3)	**1.727**
Humedad óptima (%)	**16.44**

RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD



KAE INGENIERIA V°B° GERENCIA

OBSERVACIONES:

- La muestra fue tomada en presencia del solicitante.

KAE Ingeniería
Víctor Alfonso Herrera Lázaro
INGENIERO CIVIL
REG. CIP N° 216087

TESIS :	MEJORAMIENTO DE SUBRASANTES DE LA RED VIAL CAPTUY - MORO, CON CENIZAS	**REGISTRO N°:**	CC-MSR-CBR-COMB03
	DE DONAX OBESULUS Y CÁSCARA DE ARROZ, 2021	**PAGINA N°:**	02 de 03
SOLICITA :	JIMENEZ GONZALES, DINA MARGARITA		
UBICACIÓN :	Distrito: Chimbote ; Provincia: Santa ; Departamento: Ancash	**FECHA:**	17/05/2022

ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA

ASTM D1883

Datos de la Muestra

Calicata : - **Clasificación (SUCS) :** -

Muestra : MP + 4% CDO + 12% CCA **Clasificación (AASHTO) :** -

CALCULO DE LA RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)

Molde Nº	1		2		3	
Número de capas	5		5		5	
Número de golpes	56		25		10	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso suelo + molde (gr.)	11,077	11,203	11,517	11,739	11,263	11,530
Peso molde (gr.)	6,790	6,790	7,520	7,520	7,580	7,580
Peso suelo compactado (gr.)	4,287	4,413	3,997	4,219	3,683	3,950
Volumen del molde (cm^3)	2,131	2,131	2,135	2,135	2,111	2,111
Densidad húmeda ($gr./cm^3$)	2.012	2.071	1.872	1.976	1.745	1.871
Densidad Seca ($gr./cm^3$)	1.727	1.727	1.608	1.608	1.498	1.498

CONTENIDO DE HUMEDAD

Peso de tara (gr.)	68.10	0.00	68.90	0.00	67.80	0.00
Tara + suelo húmedo (gr.)	173.46	4413.00	167.00	4219.00	167.20	3950.00
Tara + suelo seco (gr.)	158.58	3681.55	153.13	3431.88	153.15	3162.41
Peso de agua (gr.)	14.88	731.45	13.87	787.12	14.05	787.59
Peso de suelo seco (gr.)	90.48	3681.55	84.23	3431.88	85.35	3162.41
Humedad (%)	16.45	19.87	16.47	22.94	16.46	24.90

EXPANSIÓN

Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión	
		Hr	0.01"	mm	%		mm	%		mm	%
17/05/2022	15:45	0	0.000	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00
18/05/2022	15:45	24	0.009	0.22	0.17	0.016	0.39	0.31	0.019	0.47	0.37
19/05/2022	15:45	48	0.009	0.23	0.18	0.017	0.43	0.34	0.019	0.49	0.38
20/05/2022	15:45	72	0.010	0.25	0.20	0.018	0.46	0.36	0.020	0.51	0.40
21/05/2022	15:45	96	0.011	0.27	0.21	0.019	0.47	0.37	0.022	0.55	0.43

PENETRACIÓN

Penetración	Carga Standard	Molde N° 1				Molde N° 2				Molde N° 3			
		Carga		Corrección		Carga		Corrección		Carga		Corrección	
(pulg.)	(Lb/pulg2)	lb	lb/pulg^2	lb/pulg^2	CBR %	lb	lb/pulg^2	lb/pulg^2	CBR %	lb	lb/pulg^2	lb/pulg^2	CBR %
0.025		112	36.7			44	14.5			25	8.1		
0.050		317	103.7			144	47.2			72	23.5		
0.075		604	197.7			330	107.8			135	44.3		
0.100	1000	902	295.1	325.0	**32.5**	483	158.0	184.0	**18.4**	196	64.0	64.0	**6.4**
0.150		1460	477.6			791	258.6			274	89.7		
0.200	1500	1884	616.1	620.0	**41.3**	1012	331.0	325.0	**21.7**	331	108.3	110.0	**7.3**
0.300		2604	851.9			1289	421.5			419	137.0		
0.400		3276	1071.4			1503	491.7			503	164.4		
0.500		3926	1284.3			1738	568.4			577	188.6		

OBSERVACIONES:

- La muestra fue tomada en presencia del solicitante.

KAE Ingeniería
Víctor Alfonso Herrera Lázaro
INGENIERO CIVIL
REG. CIP N° 216087

KAE INGENIERIA V°B° GERENCIA

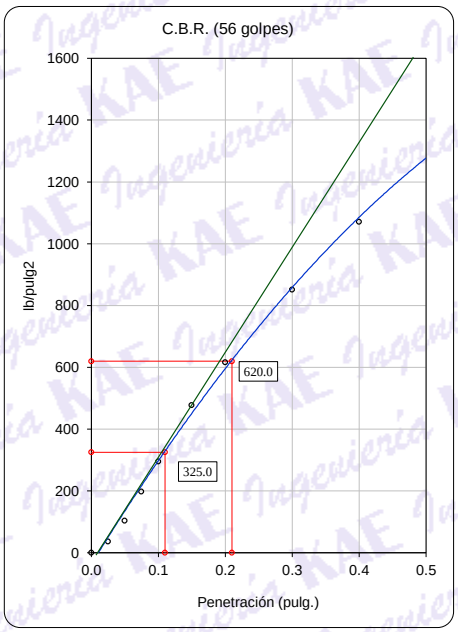
TESIS :	MEJORAMIENTO DE SUBRASANTES DE LA RED VIAL CAPTUY - MORO, CON CENIZAS	**REGISTRO N°:**	CC-MSR-CBR-COMB03
	DE DONAX OBESULUS Y CÁSCARA DE ARROZ, 2021	**PAGINA N°:**	03 de 03
SOLICITA :	JIMENEZ GONZALES, DINA MARGARITA		
UBICACIÓN :	Distrito: Chimbote ; Provincia: Santa ; Departamento: Ancash	**FECHA:**	17/05/2022

ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA
ASTM D1883

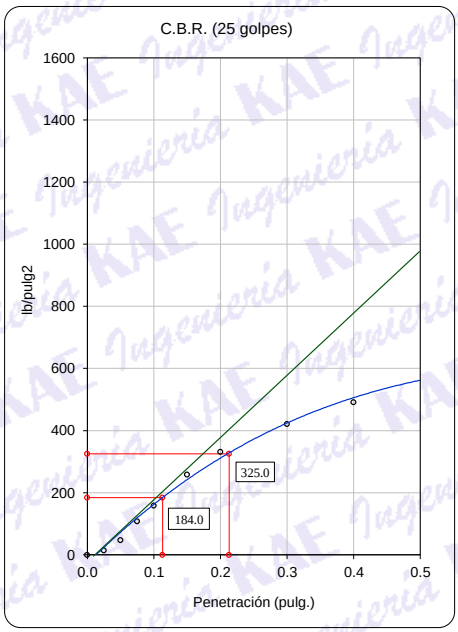
Datos de la Muestra

Calicata : - **Clasificación (SUCS) :** - **Máxima Densidad Seca :** 1.727 gr./cm^3

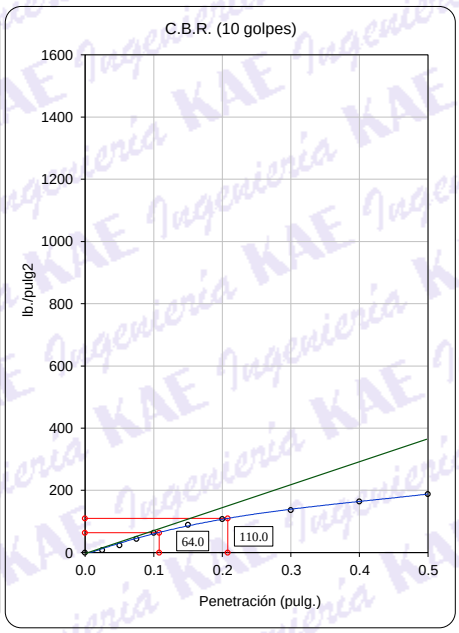
Muestra : MP + 4% CDO + 12% CCA **Clasificación (AASHTO) :** - **Máxima Densidad Seca al 95% :** 1.641 gr./cm^3



C.B.R. (0.1") 56 GOLPES : 32.5%

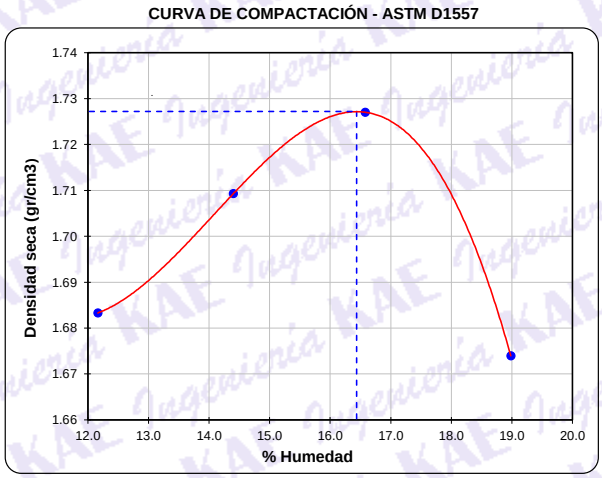


C.B.R. (0.1") 25 GOLPES : 18.4%

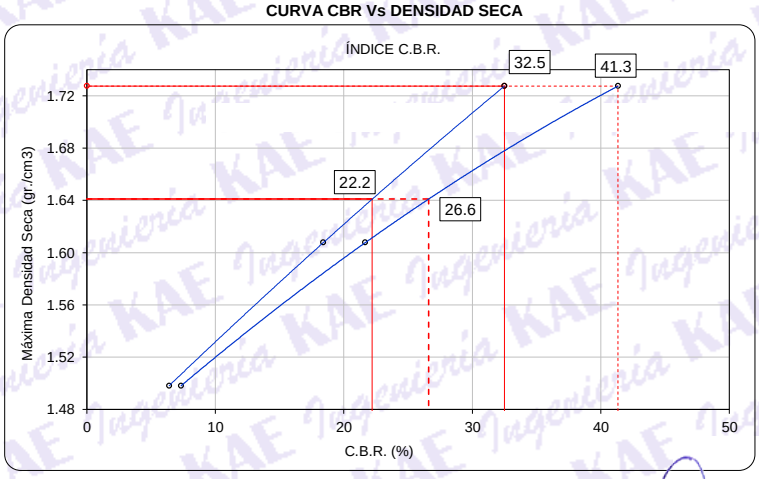


C.B.R. (0.1") 12 GOLPES : 6.4%

CURVA DE COMPACTACIÓN - ASTM D1557



CURVA CBR Vs DENSIDAD SECA



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1": 32.5%
C.B.R. (95% M.D.S.) 0.1": 22.2%

C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2": 41.3%
C.B.R. (95% M.D.S.) 0.2": 26.6%

OBSERVACIONES:

- La muestra fue tomada por el personal tecnico de laboratorio en obra.

KAE Ingeniería
Víctor Alfonso Herrera Lázaro
INGENIERO CIVIL
REG. CIP N° 216087

KAE INGENIERIA V° B° GERENCIA

TESIS :	MEJORAMIENTO DE SUBRASANTES DE LA RED VIAL CAPTUY - MORO, CON CENIZAS DE DONAX OBESULUS Y CÁSCARA DE ARROZ, 2021 -	**REGISTRO N°:**	CC-MSR-CBR-COMB04
		PAGINA N°:	01 de 03
SOLICITA :	JIMENEZ GONZALES, DINA MARGARITA		
UBICACIÓN :	Distrito: Chimbote ; Provincia: Santa ; Departamento: Ancash	**FECHA:**	23/05/2022

ENSAYO DE COMPACTACIÓN - PROCTOR MODIFICADO PARA CBR

ASTM D1557 / ASTM D1883

Datos de la Muestra

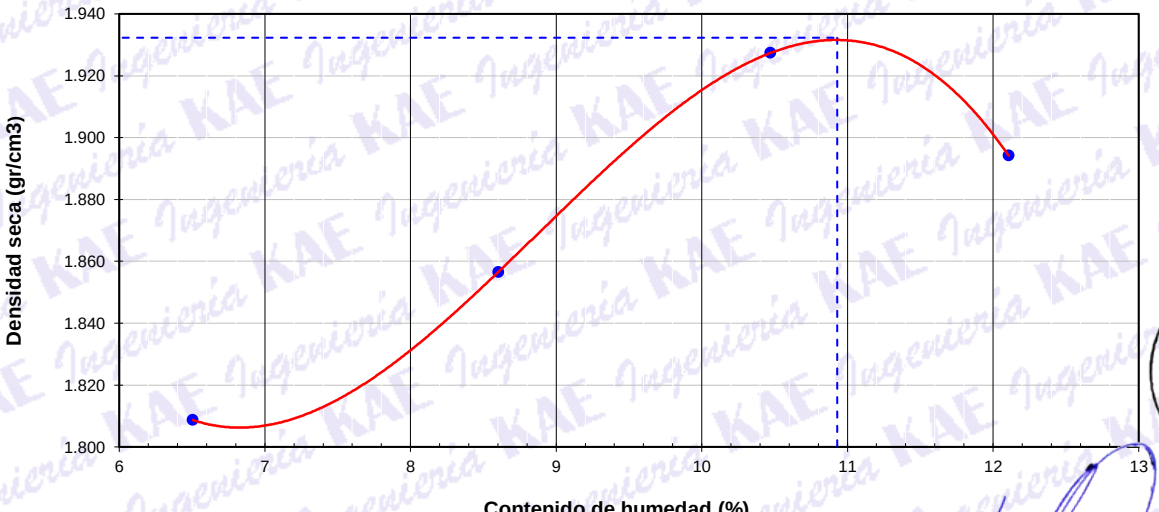
Calicata : - **Clasificación (SUCS) :** -

Muestra : MP + 6% CDO + 5% CCA **Clasificación (AASHTO) :** -

Peso suelo + molde	gr	7306.00	7497.00	7737.00	7725.00	
Peso molde	gr	3212.10	3212.10	3212.10	3212.10	
Peso suelo húmedo compactado	gr	4093.90	4284.90	4524.90	4512.90	
Volumen del molde	cm^3	2125.24	2125.24	2125.24	2125.24	
Peso volumétrico húmedo	gr/cm^3	1.93	2.02	2.13	2.12	
Recipiente Nº		16	56	2	55	
Peso del suelo húmedo+tara	gr	254.80	160.70	172.30	185.50	
Peso del suelo seco + tara	gr	243.50	153.50	162.50	172.80	
Tara	gr	69.80	69.80	68.90	67.90	
Peso de agua	gr	11.30	7.20	9.80	12.70	
Peso del suelo seco	gr	173.70	83.70	93.60	104.90	
Contenido de agua	%	6.51	8.60	10.47	12.11	
Peso volumétrico seco	gr/cm^3	1.809	1.856	1.927	1.894	

Densidad máxima (gr/cm^3)	**1.932**
Humedad óptima (%)	**10.93**

RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD



OBSERVACIONES:

- La muestra fue tomada en presencia del solicitante.

KAE Ingeniería
Víctor Alfonso Herrera Lázaro
INGENIERO CIVIL
REG. CIP Nº 216087

KAE INGENIERIA V° B° GERENCIA

TESIS : MEJORAMIENTO DE SUBRASANTES DE LA RED VIAL CAPTUY - MORO, CON CENIZAS DE DONAX OBESULUS Y CÁSCARA DE ARROZ, 2021

REGISTRO N°: CC-MSR-CBR-COMB04

PAGINA N°: 02 de 03

SOLICITA : JIMENEZ GONZALES, DINA MARGARITA

UBICACIÓN : Distrito: Chimbote ; Provincia: Santa ; Departamento: Ancash

FECHA: 23/05/2022

ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA
ASTM D1883

Datos de la Muestra

Calicata : -

Clasificación (SUCS) : -

Muestra : MP + 6% CDO + 5% CCA

Clasificación (AASHTO) : -

CALCULO DE LA RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)

Molde Nº	1		2		3	
Número de capas	5		5		5	
Número de golpes	56		25		10	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso suelo + molde (gr.)	11,361	11,495	11,812	12,050	11,566	11,842
Peso molde (gr.)	6,790	6,790	7,520	7,520	7,580	7,580
Peso suelo compactado (gr.)	4,571	4,705	4,292	4,530	3,986	4,262
Volumen del molde (cm^3)	2,131	2,131	2,135	2,135	2,111	2,111
Densidad húmeda ($gr./cm^3$)	2.145	2.208	2.011	2.122	1.888	2.019
Densidad Seca ($gr./cm^3$)	1.933	1.933	1.812	1.812	1.702	1.702

CONTENIDO DE HUMEDAD

Peso de tara (gr.)	67.90	0.00	69.80	0.00	68.00	0.00
Tara + suelo húmedo (gr.)	169.40	4705.00	168.10	4530.00	189.10	4262.00
Tara + suelo seco (gr.)	159.39	4120.20	158.39	3868.04	177.15	3592.67
Peso de agua (gr.)	10.01	584.80	9.71	661.96	11.95	669.33
Peso de suelo seco (gr.)	91.49	4120.20	88.59	3868.04	109.15	3592.67
Humedad (%)	10.94	14.19	10.96	17.11	10.95	18.63

EXPANSIÓN

Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión	
		Hr	0.01"	mm	%		mm	%		mm	%
23/05/2022	17:30	0	0.000	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00
24/05/2022	17:30	24	0.010	0.24	0.19	0.020	0.50	0.39	0.023	0.58	0.46
25/05/2022	17:30	48	0.011	0.27	0.21	0.021	0.52	0.41	0.024	0.60	0.47
26/05/2022	17:30	72	0.012	0.30	0.24	0.021	0.53	0.42	0.024	0.62	0.49
27/05/2022	17:30	96	0.014	0.34	0.27	0.022	0.55	0.43	0.025	0.62	0.49

PENETRACIÓN

Penetración	Carga Standard	Molde N° 1				Molde N° 2				Molde N° 3			
		Carga		Corrección		Carga		Corrección		Carga		Corrección	
(pulg.)	(Lb/pulg2)	lb	lb/pulg^2	lb/pulg^2	CBR %	lb	lb/pulg^2	lb/pulg^2	CBR %	lb	lb/pulg^2	lb/pulg^2	CBR %
0.025		235	76.8			146	47.9			56	18.3		
0.050		882	288.6			497	162.7			175	57.2		
0.075		1522	497.9			747	244.4			262	85.8		
0.100	1000	2072	677.8	675.0	**67.5**	950	310.8	325.0	**32.5**	325	106.4	100.0	**10.0**
0.150		2808	918.6			1339	437.8			478	156.2		
0.200	1500	3300	1079.5	1105.0	**73.7**	1711	559.8	565.0	**37.7**	537	175.6	175.0	**11.7**
0.300		4026	1316.7			2255	737.7			634	207.3		
0.400		4483	1466.4			2599	850.1			720	235.6		
0.500		4562	1492.1			3026	989.8			803	262.6		

OBSERVACIONES:

- La muestra fue tomada en presencia del solicitante.

KAE Ingeniería
Víctor Alfonso Herrera Lázaro
INGENIERO CIVIL
REG. CIP N° 216087

KAE INGENIERIA V°B° GERENCIA

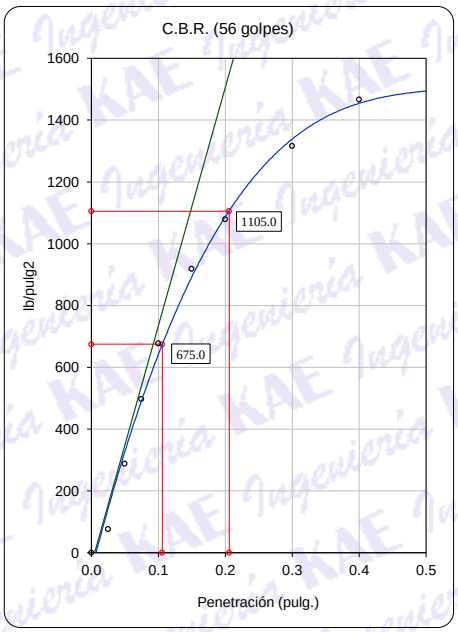
TESIS	:	MEJORAMIENTO DE SUBRASANTES DE LA RED VIAL CAPTUY - MORO, CON CENIZAS DE DONAX OBESULUS Y CÁSCARA DE ARROZ, 2021	**REGISTRO N°:**	CC-MSR-CBR-COMB04
			PAGINA N°:	03 de 03
SOLICITA	:	JIMENEZ GONZALES, DINA MARGARITA		
UBICACIÓN	:	Distrito: Chimbote ; Provincia: Santa ; Departamento: Ancash	**FECHA:**	23/05/2022

ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA
ASTM D1883

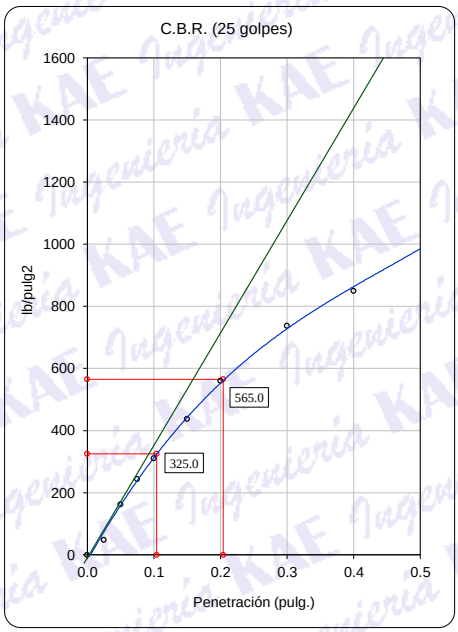
Datos de la Muestra

Calicata : - **Clasificación (SUCS) :** - **Máxima Densidad Seca :** 1.932 gr./cm^3

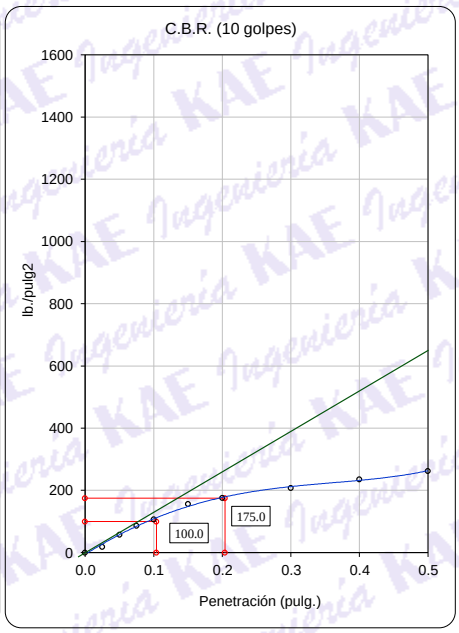
Muestra : MP + 6% CDO + 5% CCA **Clasificación (AASHTO) :** - **Máxima Densidad Seca al 95% :** 1.836 gr./cm^3



C.B.R. (0.1") 56 GOLPES : 67.5%

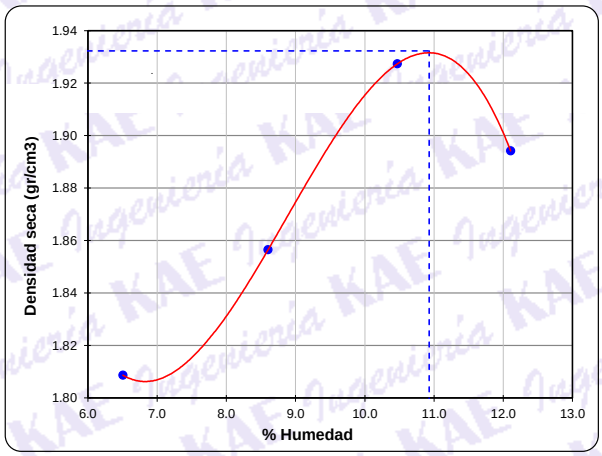


C.B.R. (0.1") 25 GOLPES : 32.5%

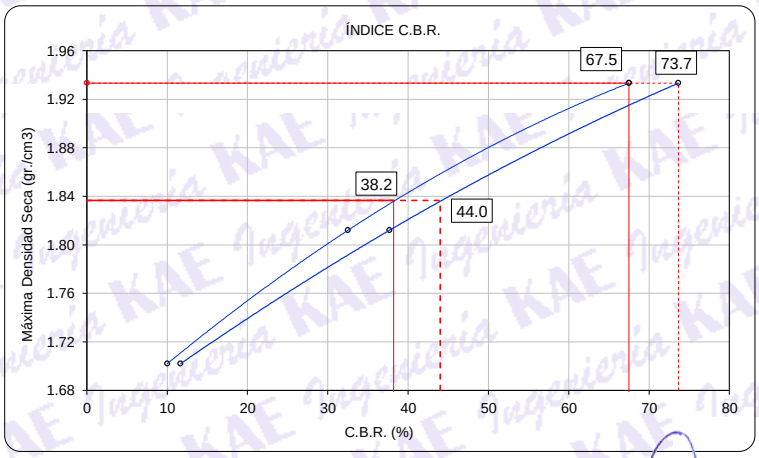


C.B.R. (0.1") 12 GOLPES : 10.0%

CURVA DE COMPACTACIÓN - ASTM D1557



CURVA CBR Vs DENSIDAD SECA



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1": 67.5%
C.B.R. (95% M.D.S.) 0.1": 38.2%

C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2": 73.7%
C.B.R. (95% M.D.S.) 0.2": 44.0%

OBSERVACIONES:

- La muestra fue tomada por el personal tecnico de laboratorio en obra

KAE Ingeniería
Víctor Alfonso Herrera Lázaro
INGENIERO CIVIL
REG. CIP N° 216087

KAE INGENIERIA V°B° GERENCIA

TESIS :	MEJORAMIENTO DE SUBRASANTES DE LA RED VIAL CAPTUY - MORO, CON CENIZAS DE DONAX OBESULUS Y CÁSCARA DE ARROZ, 2021	**REGISTRO N°:**	CC-MSR-CBR-COMB05
		PAGINA N°:	01 de 03
SOLICITA :	JIMENEZ GONZALES, DINA MARGARITA		
UBICACIÓN :	Distrito: Chimbote ; Provincia: Santa ; Departamento: Ancash	**FECHA:**	26/05/2022

ENSAYO DE COMPACTACIÓN - PROCTOR MODIFICADO PARA CBR

ASTM D1557 / ASTM D1883

Datos de la Muestra

Calicata : -

Muestra : MP + 6% CDO + 9% CCA

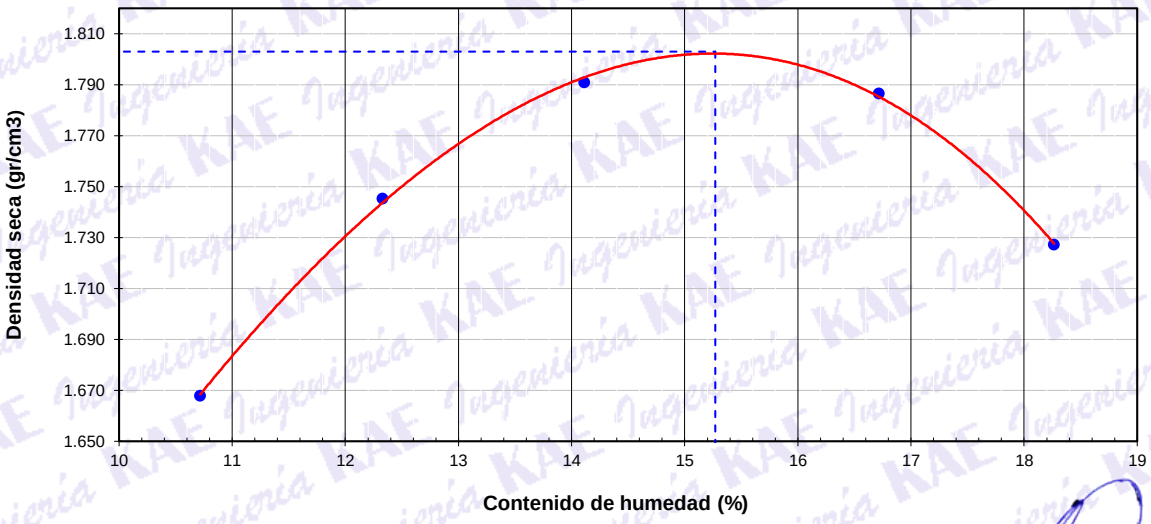
Clasificación (SUCS) : -

Clasificación (AASHTO) : -

Peso suelo + molde	gr	7124.00	7365.00	7541.00	7629.00	7539.00
Peso molde	gr	3213.00	3213.00	3213.00	3213.00	3213.00
Peso suelo húmedo compactado	gr	3911.00	4152.00	4328.00	4416.00	4326.00
Volumen del molde	cm^3	2117.84	2117.84	2117.84	2117.84	2117.84
Peso volumétrico húmedo	gr/cm^3	1.85	1.96	2.04	2.09	2.04
Recipiente Nº		16	5	3	55	56
Peso del suelo húmedo+tara	gr	162.40	160.90	167.57	184.40	199.30
Peso del suelo seco + tara	gr	153.31	150.20	154.75	167.70	179.30
Tara	gr	68.50	63.40	63.90	67.80	69.80
Peso de agua	gr	9.09	10.70	12.82	16.70	20.00
Peso del suelo seco	gr	84.81	86.80	90.85	99.90	109.50
Contenido de agua	%	10.72	12.33	14.11	16.72	18.26
Peso volumétrico seco	gr/cm^3	1.668	1.745	1.791	1.787	1.727

Densidad máxima (gr/cm^3)	**1.803**
Humedad óptima (%)	**15.27**

RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD



OBSERVACIONES:

- La muestra fue tomada en presencia del solicitante.

KAE INGENIERIA V°B° GERENCIA

KAE Ingeniería
Víctor Alfonso Herrera Lázaro
INGENIERO CIVIL
REG. CIP N° 216087

TESIS :	MEJORAMIENTO DE SUBRASANTES DE LA RED VIAL CAPTUY - MORO, CON CENIZAS DE DONAX OBESULUS Y CÁSCARA DE ARROZ, 2021	**REGISTRO N°:**	CC-MSR-CBR-COMB05
		PAGINA N°:	02 de 03
SOLICITA :	JIMENEZ GONZALES, DINA MARGARITA		
UBICACIÓN :	Distrito: Chimbote ; Provincia: Santa ; Departamento: Ancash	**FECHA:**	26/05/2022

ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA
ASTM D1883

Datos de la Muestra

Calicata : - **Clasificación (SUCS) :** -

Muestra : MP + 6% CDO + 9% CCA **Clasificación (AASHTO) :** -

CALCULO DE LA RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)

Molde Nº	1		2		3	
Número de capas	5		5		5	
Número de golpes	56		25		10	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso suelo + molde (gr.)	11,219	11,346	11,662	11,885	11,408	11,669
Peso molde (gr.)	6,790	6,790	7,520	7,520	7,580	7,580
Peso suelo compactado (gr.)	4,429	4,556	4,142	4,365	3,828	4,089
Volumen del molde (cm^3)	2,131	2,131	2,135	2,135	2,111	2,111
Densidad húmeda ($gr./cm^3$)	2.078	2.138	1.940	2.045	1.813	1.937
Densidad Seca ($gr./cm^3$)	1.803	1.803	1.683	1.683	1.573	1.573

CONTENIDO DE HUMEDAD

Peso de tara (gr.)	68.40	0.00	66.70	0.00	63.60	0.00
Tara + suelo húmedo (gr.)	198.70	4556.00	177.40	4365.00	171.20	4089.00
Tara + suelo seco (gr.)	181.44	3842.32	162.73	3593.10	156.95	3321.04
Peso de agua (gr.)	17.26	713.68	14.67	771.90	14.25	767.96
Peso de suelo seco (gr.)	113.04	3842.32	96.03	3593.10	93.35	3321.04
Humedad (%)	15.27	18.57	15.28	21.48	15.27	23.12

EXPANSIÓN

Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión	
		Hr	0.01"	mm	%		mm	%		mm	%
26/05/2022	17:30	0	0.000	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00
27/05/2022	17:30	24	0.009	0.23	0.18	0.018	0.45	0.36	0.021	0.52	0.41
28/05/2022	17:30	48	0.010	0.24	0.19	0.019	0.47	0.37	0.022	0.55	0.43
29/05/2022	17:30	72	0.011	0.28	0.22	0.019	0.48	0.38	0.022	0.57	0.45
30/05/2022	17:30	96	0.012	0.30	0.24	0.020	0.51	0.40	0.023	0.58	0.46

PENETRACIÓN

Penetración (pulg.)	Carga Standard (Lb/pulg2)	Molde N° 1				Molde N° 2				Molde N° 3			
		Carga		Corrección		Carga		Corrección		Carga		Corrección	
		lb	lb/pulg^2	lb/pulg^2	CBR %	lb	lb/pulg^2	lb/pulg^2	CBR %	lb	lb/pulg^2	lb/pulg^2	CBR %
0.025		95	31.1			63	20.7			35	11.6		
0.050		572	187.2			385	125.9			106	34.7		
0.075		1050	343.3			569	186.2			193	63.2		
0.100	1000	1526	499.1	530.0	**53.0**	721	235.8	250.0	**25.0**	272	88.9	85.0	**8.5**
0.150		2297	751.3			1004	328.3			386	126.2		
0.200	1500	2877	941.1	950.0	**63.3**	1283	419.7	415.0	**27.7**	444	145.3	146.0	**9.7**
0.300		3708	1212.9			1591	520.3			533	174.3		
0.400		4411	1442.7			1735	567.4			609	199.1		
0.500		4923	1610.1			1942	635.2			676	221.3		

OBSERVACIONES:

- La muestra fue tomada en presencia del solicitante.

KAE Ingeniería
Víctor Alfonso Herrera Lázaro
INGENIERO CIVIL
REG. CIP N° 216087

KAE INGENIERIA V°B° GERENCIA

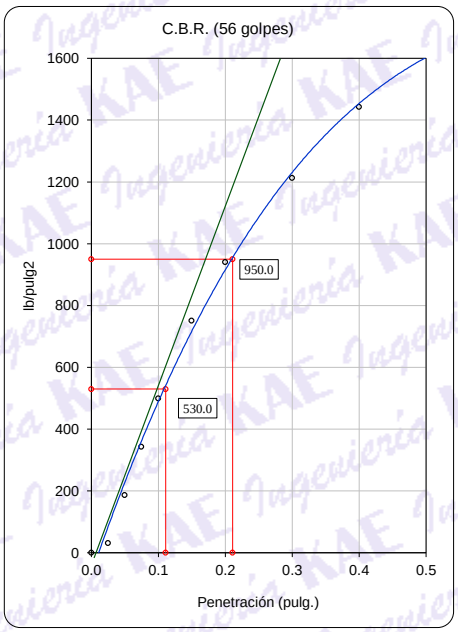
TESIS :	MEJORAMIENTO DE SUBRASANTES DE LA RED VIAL CAPTUY - MORO, CON CENIZAS	**REGISTRO N°:**	CC-MSR-CBR-COMB05
	DE DONAX OBESULUS Y CÁSCARA DE ARROZ, 2021	**PAGINA N°:**	03 de 03
SOLICITA :	JIMENEZ GONZALES, DINA MARGARITA		
UBICACIÓN :	Distrito: Chimbote ; Provincia: Santa ; Departamento: Ancash	**FECHA:**	26/05/2022

ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA
ASTM D1883

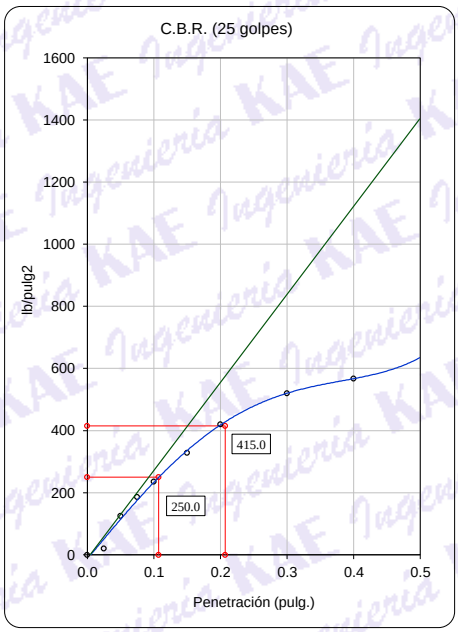
Datos de la Muestra

Calicata : - **Clasificación (SUCS) :** - **Máxima Densidad Seca :** 1.803 gr./cm^3

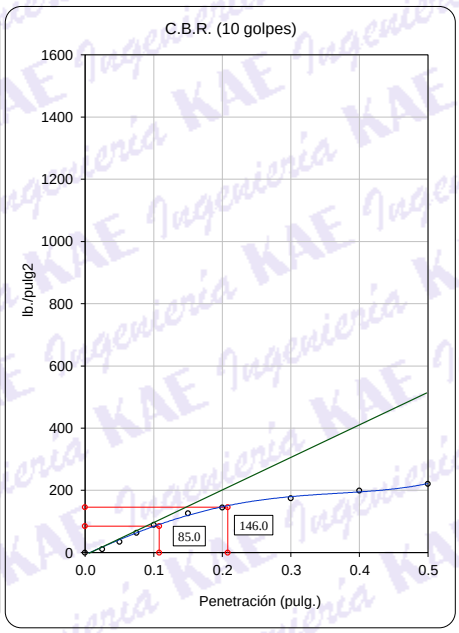
Muestra : MP + 6% CDO + 9% CCA **Clasificación (AASHTO) :** - **Máxima Densidad Seca al 95% :** 1.713 gr./cm^3



C.B.R. (0.1") 56 GOLPES : 53.0%

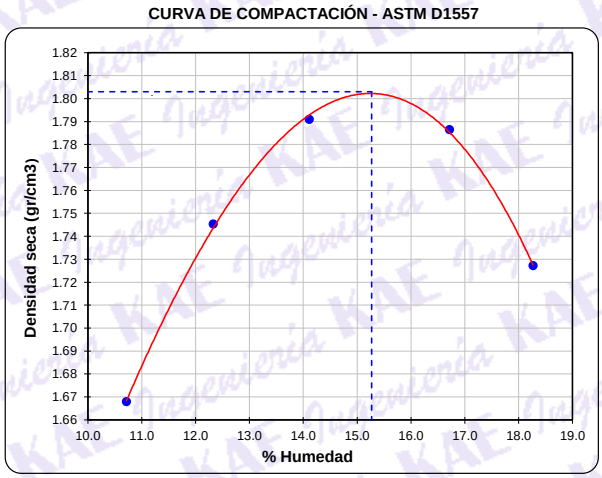


C.B.R. (0.1") 25 GOLPES : 25.0%

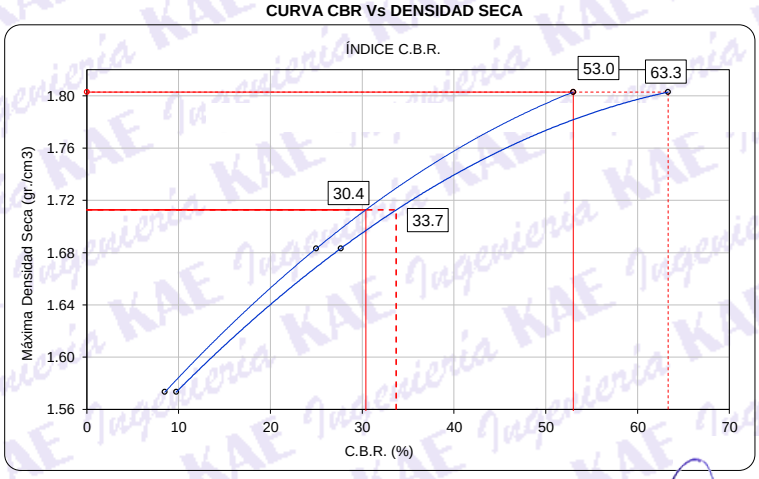


C.B.R. (0.1") 12 GOLPES : 8.5%

CURVA DE COMPACTACIÓN - ASTM D1557



CURVA CBR Vs DENSIDAD SECA



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1": 53.0%
C.B.R. (95% M.D.S.) 0.1": 30.4%

C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2": 63.3%
C.B.R. (95% M.D.S.) 0.2": 33.7%

OBSERVACIONES:

- La muestra fue tomada por el personal tecnico de laboratorio en obra.

Víctor Alfonso Herrera Lázaro
INGENIERO CIVIL
REG. CIP N° 216087

KAE INGENIERIA V°B° GERENCIA

TESIS :	MEJORAMIENTO DE SUBRASANTES DE LA RED VIAL CAPTUY - MORO, CON CENIZAS DE DONAX OBESULUS Y CÁSCARA DE ARROZ, 2021	**REGISTRO N°:**	CC-MSR-CBR-COMB06
		PAGINA N°:	01 de 03
SOLICITA :	JIMENEZ GONZALES, DINA MARGARITA		
UBICACIÓN :	Distrito: Chimbote ; Provincia: Santa ; Departamento: Ancash	**FECHA:**	2/06/2022

ENSAYO DE COMPACTACIÓN - PROCTOR MODIFICADO PARA CBR

ASTM D1557 / ASTM D1883

Datos de la Muestra

Calicata : -

Muestra : MP + 6% CDO + 12% CCA

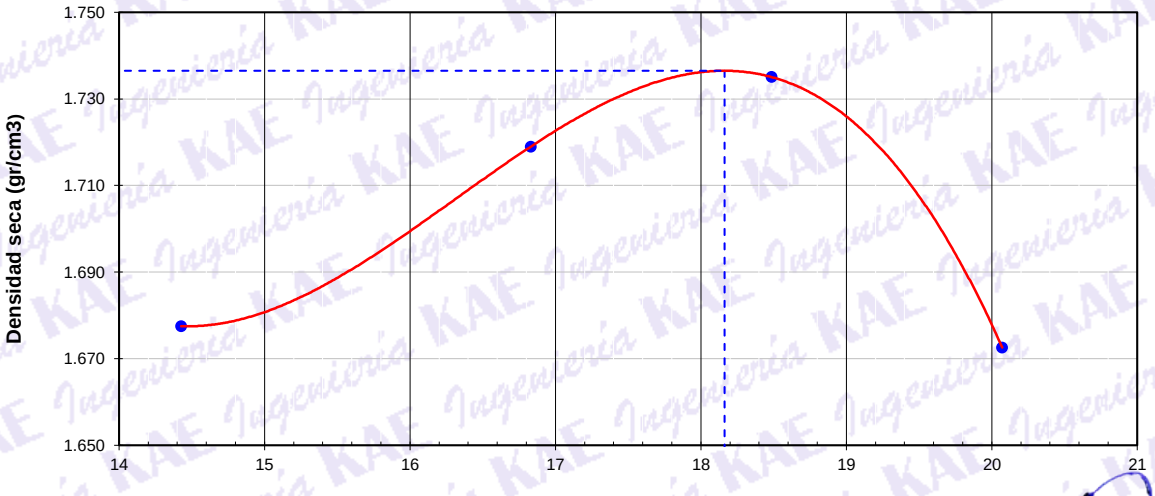
Clasificación (SUCS) : -

Clasificación (AASHTO) : -

Peso suelo + molde	gr	7252.00	7439.00	7539.00	7439.00	
Peso molde	gr	3209.00	3209.00	3209.00	3209.00	
Peso suelo húmedo compactado	gr	4043.00	4230.00	4330.00	4230.00	
Volumen del molde	cm^3	2106.25	2106.25	2106.25	2106.25	
Peso volumétrico húmedo	gr/cm^3	1.92	2.01	2.06	2.01	
Recipiente Nº		15	2	5	3	
Peso del suelo húmedo+tara	gr	171.40	163.30	198.00	207.10	
Peso del suelo seco + tara	gr	158.20	149.60	177.00	183.09	
Tara	gr	66.70	68.20	63.40	63.47	
Peso de agua	gr	13.20	13.70	21.00	24.01	
Peso del suelo seco	gr	91.50	81.40	113.60	119.62	
Contenido de agua	%	14.43	16.83	18.49	20.07	
Peso volumétrico seco	gr/cm^3	1.678	1.719	1.735	1.673	

Densidad máxima (gr/cm^3)	**1.737**
Humedad óptima (%)	**18.16**

RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD



OBSERVACIONES:

- La muestra fue tomada en presencia del solicitante.

KAE Ingeniería
Víctor Alfonso Herrera Lázaro
INGENIERO CIVIL
REG. CIP N° 216087

KAE INGENIERIA V°B° GERENCIA

TESIS :	MEJORAMIENTO DE SUBRASANTES DE LA RED VIAL CAPTUY - MORO, CON CENIZAS DE DONAX OBESULUS Y CÁSCARA DE ARROZ, 2021	**REGISTRO N°:**	CC-MSR-CBR-COMB06
		PAGINA N°:	02 de 03
SOLICITA :	JIMENEZ GONZALES, DINA MARGARITA		
UBICACIÓN :	Distrito: Chimbote ; Provincia: Santa ; Departamento: Ancash	**FECHA:**	2/06/2022

ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA
ASTM D1883

Datos de la Muestra

Calicata : - **Clasificación (SUCS) :** -

Muestra : MP + 6% CDO + 12% CCA **Clasificación (AASHTO) :** -

CALCULO DE LA RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)

Molde Nº	1		2		3	
Número de capas	5		5		5	
Número de golpes	56		25		10	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso suelo + molde (gr.)	12,836	12,961	12,164	12,382	12,007	12,273
Peso molde (gr.)	8,480	8,480	8,100	8,100	8,180	8,180
Peso suelo compactado (gr.)	4,356	4,481	4,064	4,282	3,827	4,093
Volumen del molde (cm^3)	2,123	2,123	2,128	2,128	2,151	2,151
Densidad húmeda ($gr./cm^3$)	2.052	2.111	1.910	2.012	1.779	1.903
Densidad Seca ($gr./cm^3$)	1.737	1.737	1.616	1.616	1.506	1.506

CONTENIDO DE HUMEDAD

Peso de tara (gr.)	69.70	0.00	67.80	0.00	68.70	0.00
Tara + suelo húmedo (gr.)	182.70	4481.00	192.00	4282.00	184.80	4093.00
Tara + suelo seco (gr.)	165.33	3686.41	172.90	3439.02	166.94	3238.28
Peso de agua (gr.)	17.37	794.59	19.10	842.98	17.86	854.72
Peso de suelo seco (gr.)	95.63	3686.41	105.10	3439.02	98.24	3238.28
Humedad (%)	18.16	21.55	18.17	24.51	18.18	26.39

EXPANSIÓN

Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión	
		Hr	0.01"	mm	%		mm	%		mm	%
2/06/2022	14:15	0	0.000	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00
3/06/2022	14:15	24	0.009	0.22	0.17	0.016	0.41	0.33	0.019	0.48	0.38
4/06/2022	14:15	48	0.009	0.23	0.18	0.018	0.44	0.35	0.020	0.50	0.39
5/06/2022	14:15	72	0.011	0.27	0.21	0.019	0.47	0.37	0.021	0.52	0.41
6/06/2022	14:15	96	0.011	0.28	0.22	0.019	0.48	0.38	0.022	0.56	0.44

PENETRACIÓN

Penetración (pulg.)	Carga Standard (Lb/pulg2)	Molde N° 1				Molde N° 2				Molde N° 3			
		Carga		Corrección		Carga		Corrección		Carga		Corrección	
		lb	lb/pulg²	lb/pulg²	CBR %	lb	lb/pulg²	lb/pulg²	CBR %	lb	lb/pulg²	lb/pulg²	CBR %
0.025		162	53.0			76	24.9			55	18.1		
0.050		482	157.7			285	93.2			171	55.8		
0.075		749	245.0			523	170.9			283	92.5		
0.100	1000	1004	328.4	330.0	**33.0**	710	232.4	235.0	**23.5**	364	119.1	118.0	**11.8**
0.150		1480	484.2			978	319.9			493	161.3		
0.200	1500	1961	641.5	655.0	**43.7**	1231	402.5	410.0	**27.3**	573	187.3	187.0	**12.5**
0.300		2936	960.2			1508	493.3			700	229.0		
0.400		3771	1233.6			1722	563.2			822	268.7		
0.500		4491	1468.8			1964	642.4			935	305.8		

OBSERVACIONES:

- La muestra fue tomada en presencia del solicitante.

KAE Ingeniería
Víctor Alfonso Herrera Lázaro
INGENIERO CIVIL
REG. CIP N° 216087

KAE INGENIERIA V°B° GERENCIA

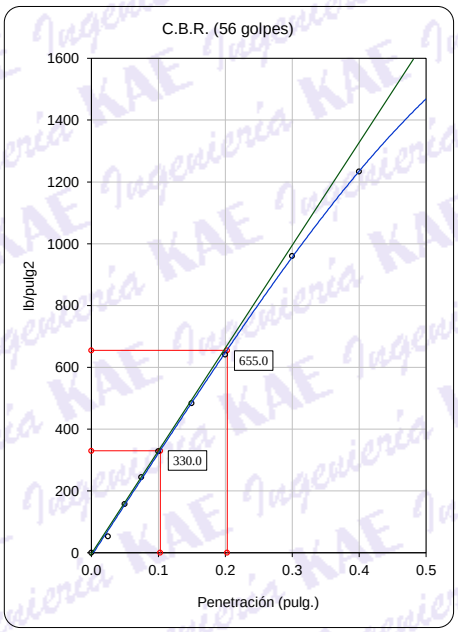
TESIS :	MEJORAMIENTO DE SUBRASANTES DE LA RED VIAL CAPTUY - MORO, CON CENIZAS	**REGISTRO N°:**	CC-MSR-CBR-COMB06
	DE DONAX OBESULUS Y CÁSCARA DE ARROZ, 2021	**PAGINA N°:**	03 de 03
SOLICITA :	JIMENEZ GONZALES, DINA MARGARITA		
UBICACIÓN :	Distrito: Chimbote ; Provincia: Santa ; Departamento: Ancash	**FECHA:**	2/06/2022

ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA
ASTM D1883

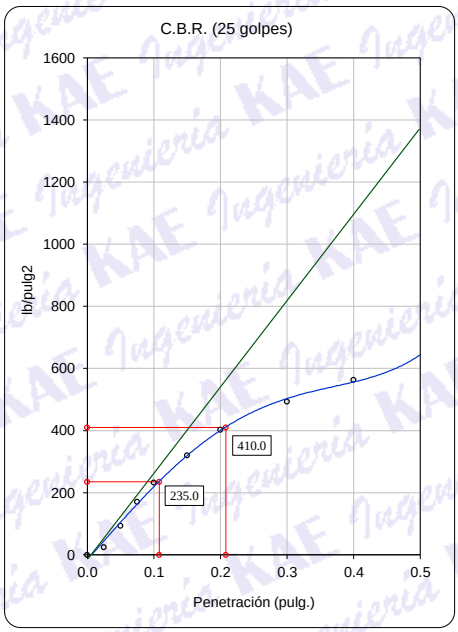
Datos de la Muestra

Calicata : - **Clasificación (SUCS) :** - **Máxima Densidad Seca :** 1.737 gr./cm^3

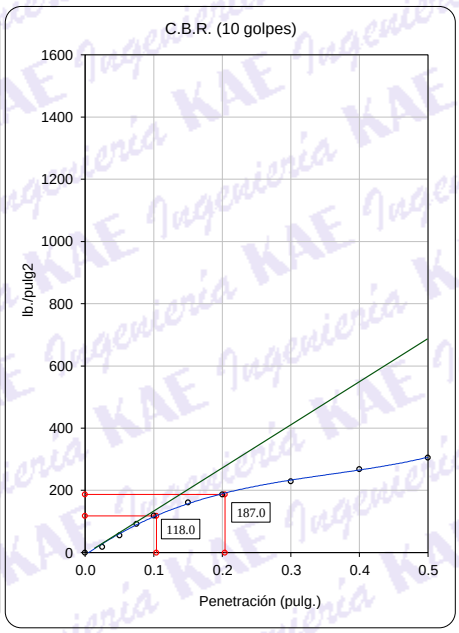
Muestra : MP + 6% CDO + 12% CCA **Clasificación (AASHTO) :** - **Máxima Densidad Seca al 95% :** 1.650 gr./cm^3



C.B.R. (0.1") 56 GOLPES : 33.0%

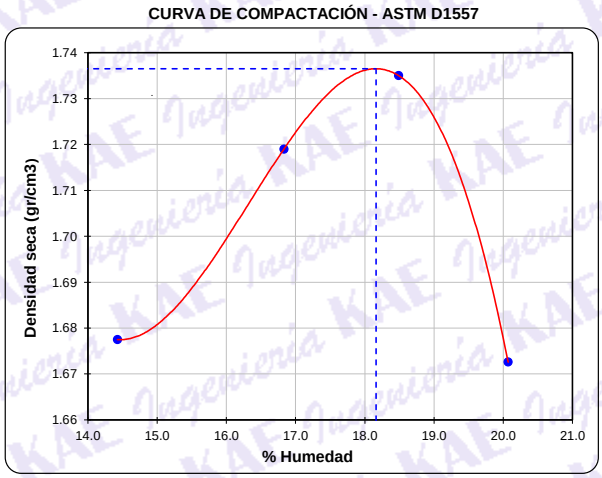


C.B.R. (0.1") 25 GOLPES : 23.5%

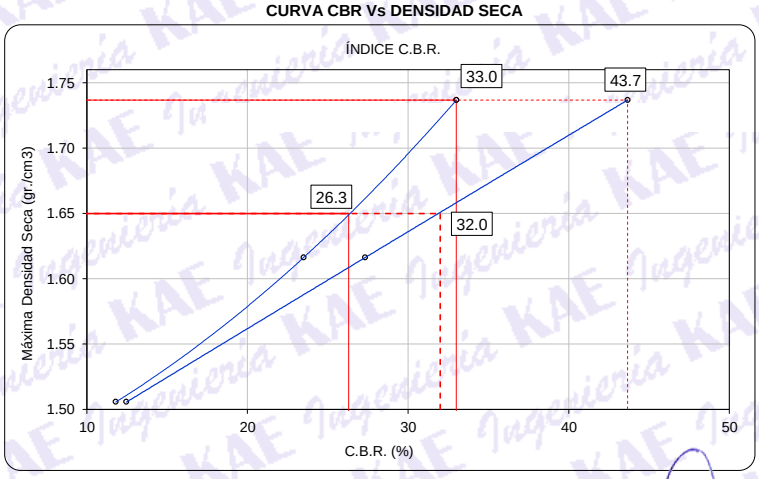


C.B.R. (0.1") 12 GOLPES : 11.8%

CURVA DE COMPACTACIÓN - ASTM D1557



CURVA CBR Vs DENSIDAD SECA



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1": 33.0%
C.B.R. (95% M.D.S.) 0.1": 26.3%

C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2": 43.7%
C.B.R. (95% M.D.S.) 0.2": 32.0%

OBSERVACIONES:

- La muestra fue tomada por el personal tecnico de laboratorio en obra.

KAE Ingeniería
Victor Alfonso Herrera Lázaro
INGENIERO CIVIL
REG. CIP N° 216087

KAE INGENIERIA V°B° GERENCIA

TESIS :	MEJORAMIENTO DE SUBRASANTES DE LA RED VIAL CAPTUY - MORO, CON CENIZAS	**REGISTRO N°:**	CC-MSR-CBR-COMB07
	DE DONAX OBESULUS Y CÁSCARA DE ARROZ, 2021	**PAGINA N°:**	01 de 03
SOLICITA :	JIMENEZ GONZALES, DINA MARGARITA		
UBICACIÓN :	Distrito: Chimbote ; Provincia: Santa ; Departamento: Ancash	**FECHA:**	10/06/2022

ENSAYO DE COMPACTACIÓN - PROCTOR MODIFICADO PARA CBR

ASTM D1557 / ASTM D1883

Datos de la Muestra

Calicata : -

Clasificación (SUCS) : -

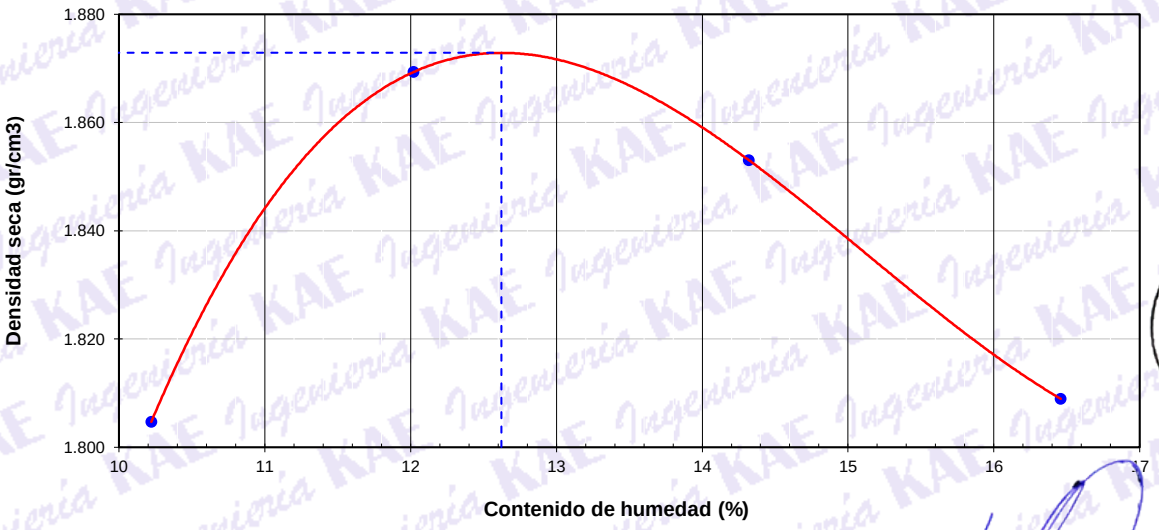
Muestra : MP + 8% CDO + 5% CCA

Clasificación (AASHTO) : -

Peso suelo + molde	gr	7456.00	7680.00	7732.00	7707.00	
Peso molde	gr	3207.60	3207.60	3207.60	3207.60	
Peso suelo húmedo compactado	gr	4248.40	4472.40	4524.40	4499.40	
Volumen del molde	cm^3	2135.76	2135.76	2135.76	2135.76	
Peso volumétrico húmedo	gr/cm^3	1.99	2.09	2.12	2.11	
Recipiente Nº		15	2	3	63	
Peso del suelo húmedo+tara	gr	205.90	196.80	211.10	206.30	
Peso del suelo seco + tara	gr	193.00	183.00	192.60	186.50	
Tara	gr	66.80	68.20	63.40	66.20	
Peso de agua	gr	12.90	13.80	18.50	19.80	
Peso del suelo seco	gr	126.20	114.80	129.20	120.30	
Contenido de agua	%	10.22	12.02	14.32	16.46	
Peso volumétrico seco	gr/cm^3	1.805	1.869	1.853	1.809	

Densidad máxima (gr/cm^3)	**1.873**
Humedad óptima (%)	**12.62**

RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD



OBSERVACIONES:

- La muestra fue tomada en presencia del solicitante.

KAE INGENIERIA V° B° GERENCIA

Víctor Alfonso Herrera Lázaro
INGENIERO CIVIL
REG. CIP N° 216087

TESIS :	MEJORAMIENTO DE SUBRASANTES DE LA RED VIAL CAPTUY - MORO, CON CENIZAS DE DONAX OBESULUS Y CÁSCARA DE ARROZ, 2021	**REGISTRO N°:**	CC-MSR-CBR-COMB07
		PAGINA N°:	02 de 03
SOLICITA :	JIMENEZ GONZALES, DINA MARGARITA		
UBICACIÓN :	Distrito: Chimbote ; Provincia: Santa ; Departamento: Ancash	**FECHA:**	10/06/2022

ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA
ASTM D1883

Datos de la Muestra

Calicata : - **Clasificación (SUCS) :** -

Muestra : MP + 8% CDO + 5% CCA **Clasificación (AASHTO) :** -

CALCULO DE LA RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)

Molde Nº	1		2		3	
Número de capas	5		5		5	
Número de golpes	56		25		10	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso suelo + molde (gr.)	11,285	11,416	11,736	11,967	11,485	11,752
Peso molde (gr.)	6,790	6,790	7,520	7,520	7,580	7,580
Peso suelo compactado (gr.)	4,495	4,626	4,216	4,447	3,905	4,172
Volumen del molde (cm^3)	2,131	2,131	2,135	2,135	2,111	2,111
Densidad húmeda ($gr./cm^3$)	2.109	2.171	1.975	2.083	1.850	1.976
Densidad Seca ($gr./cm^3$)	1.873	1.873	1.753	1.753	1.642	1.642

CONTENIDO DE HUMEDAD

Peso de tara (gr.)	69.90	0.00	68.80	0.00	68.20	0.00
Tara + suelo húmedo (gr.)	208.60	4626.00	228.60	4447.00	212.50	4172.00
Tara + suelo seco (gr.)	193.06	3991.38	210.68	3743.22	196.31	3466.87
Peso de agua (gr.)	15.54	634.62	17.92	703.78	16.19	705.13
Peso de suelo seco (gr.)	123.16	3991.38	141.88	3743.22	128.11	3466.87
Humedad (%)	12.62	15.90	12.63	18.80	12.64	20.34

EXPANSIÓN

Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión	
		Hr	0.01"	mm	%		mm	%		mm	%
10/06/2022	17:00	0	0.000	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00
11/06/2022	17:00	24	0.009	0.23	0.18	0.019	0.48	0.38	0.022	0.56	0.44
12/06/2022	17:00	48	0.010	0.25	0.20	0.020	0.50	0.39	0.023	0.58	0.46
13/06/2022	17:00	72	0.012	0.29	0.23	0.020	0.52	0.41	0.024	0.60	0.47
14/06/2022	17:00	96	0.013	0.33	0.26	0.021	0.53	0.42	0.024	0.61	0.48

PENETRACIÓN

Penetración	Carga Standard	Molde N° 1				Molde N° 2				Molde N° 3			
		Carga		Corrección		Carga		Corrección		Carga		Corrección	
(pulg.)	(Lb/pulg2)	lb	lb/pulg^2	lb/pulg^2	CBR %	lb	lb/pulg^2	lb/pulg^2	CBR %	lb	lb/pulg^2	lb/pulg^2	CBR %
0.025		73	24.0			47	15.2			7	2.2		
0.050		370	121.2			194	63.5			48	15.8		
0.075		798	261.1			504	164.7			159	52.0		
0.100	1000	1236	404.2	465.0	**46.5**	881	288.1	340.0	**34.0**	352	115.0	145.0	**14.5**
0.150		2033	664.9			1491	487.7			659	215.4		
0.200	1500	2809	918.6	935.0	**62.3**	1864	609.8	600.0	**40.0**	856	279.9	280.0	**18.7**
0.300		4025	1316.4			2295	750.6			1117	365.4		
0.400		5108	1670.8			2623	857.9			1309	428.2		
0.500		6114	1999.9			2925	956.8			1501	491.0		

OBSERVACIONES:

- La muestra fue tomada en presencia del solicitante.

Víctor Alfonso Herrera Lázaro
INGENIERO CIVIL
REG. CIP N° 216087

KAE INGENIERIA V°B° GERENCIA

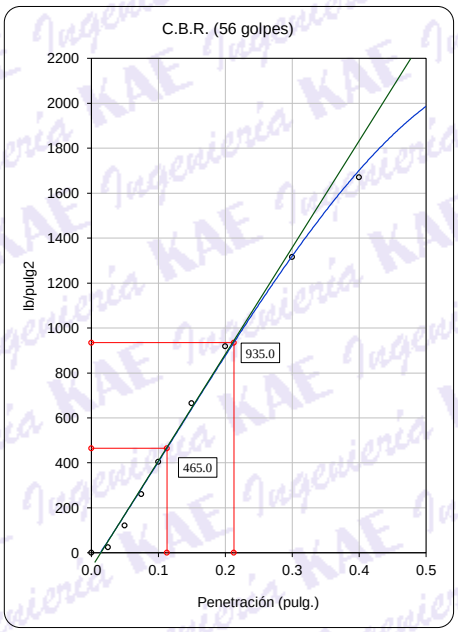
TESIS :	MEJORAMIENTO DE SUBRASANTES DE LA RED VIAL CAPTUY - MORO, CON CENIZAS DE DONAX OBESULUS Y CÁSCARA DE ARROZ, 2021	**REGISTRO N°:**	CC-MSR-CBR-COMB07
		PAGINA N°:	03 de 03
SOLICITA :	JIMENEZ GONZALES, DINA MARGARITA		
UBICACIÓN :	Distrito: Chimbote ; Provincia: Santa ; Departamento: Ancash	**FECHA:**	10/06/2022

ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA
ASTM D1883

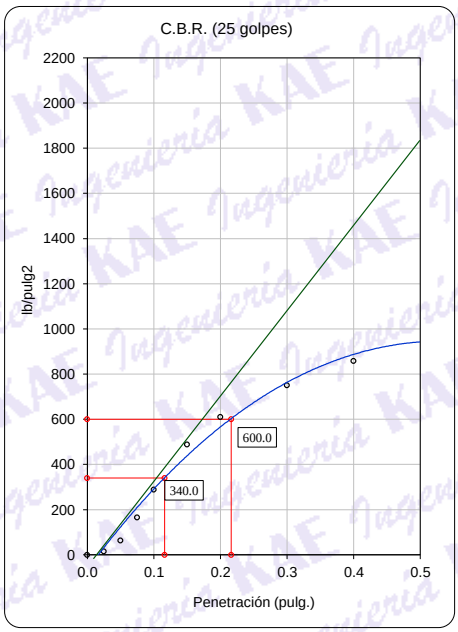
Datos de la Muestra

Calicata : - **Clasificación (SUCS) :** - **Máxima Densidad Seca :** 1.873 gr./cm^3

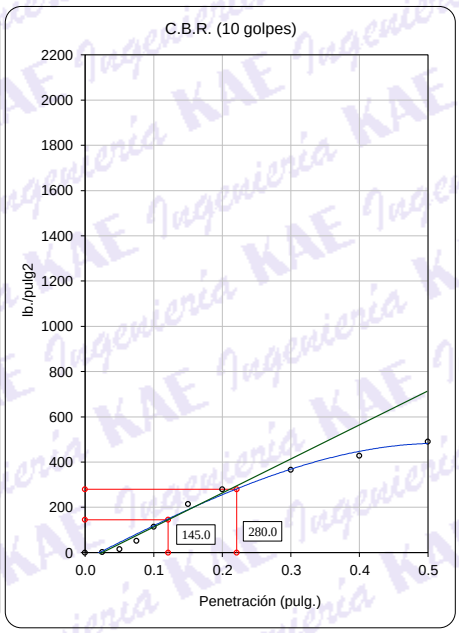
Muestra : MP + 8% CDO + 5% CCA **Clasificación (AASHTO) :** - **Máxima Densidad Seca al 95% :** 1.779 gr./cm^3



C.B.R. (0.1") 56 GOLPES : 46.5%

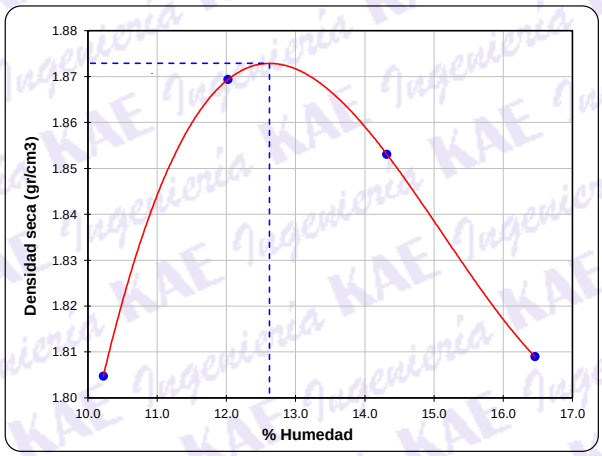


C.B.R. (0.1") 25 GOLPES : 34.0%

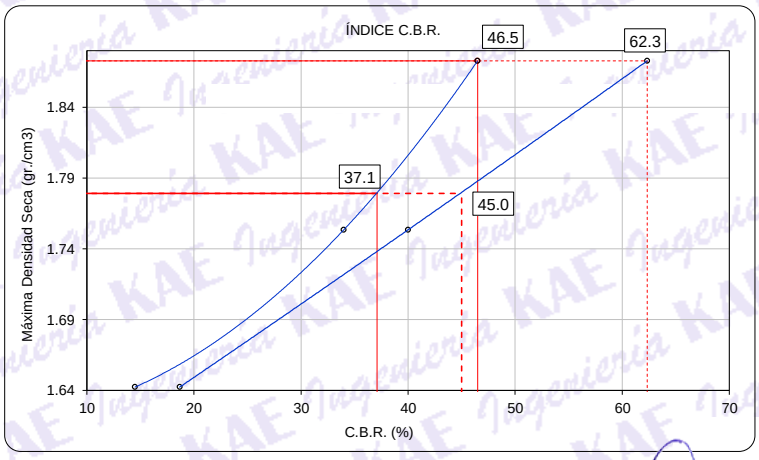


C.B.R. (0.1") 12 GOLPES : 14.5%

CURVA DE COMPACTACIÓN - ASTM D1557



CURVA CBR Vs DENSIDAD SECA



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1": 46.5%
C.B.R. (95% M.D.S.) 0.1": 37.1%

C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2": 62.3%
C.B.R. (95% M.D.S.) 0.2": 45.0%

OBSERVACIONES:

- La muestra fue tomada por el personal tecnico de laboratorio en obra.

KAE Ingeniería
Víctor Alfonso Herrera Lázaro
INGENIERO CIVIL
REG. CIP N° 215087

KAE INGENIERIA V°B° GERENCIA

TESIS :	MEJORAMIENTO DE SUBRASANTES DE LA RED VIAL CAPTUY - MORO, CON CENIZAS	**REGISTRO N°:**	CC-MSR-CBR-COMB08
	DE DONAX OBESULUS Y CÁSCARA DE ARROZ, 2021	**PAGINA N°:**	01 de 03
SOLICITA :	JIMENEZ GONZALES, DINA MARGARITA		
UBICACIÓN :	Distrito: Chimbote ; Provincia: Santa ; Departamento: Ancash	**FECHA:**	24/06/2022

ENSAYO DE COMPACTACIÓN - PROCTOR MODIFICADO PARA CBR

ASTM D1557 / ASTM D1883

Datos de la Muestra

Calicata : -

Clasificación (SUCS) : -

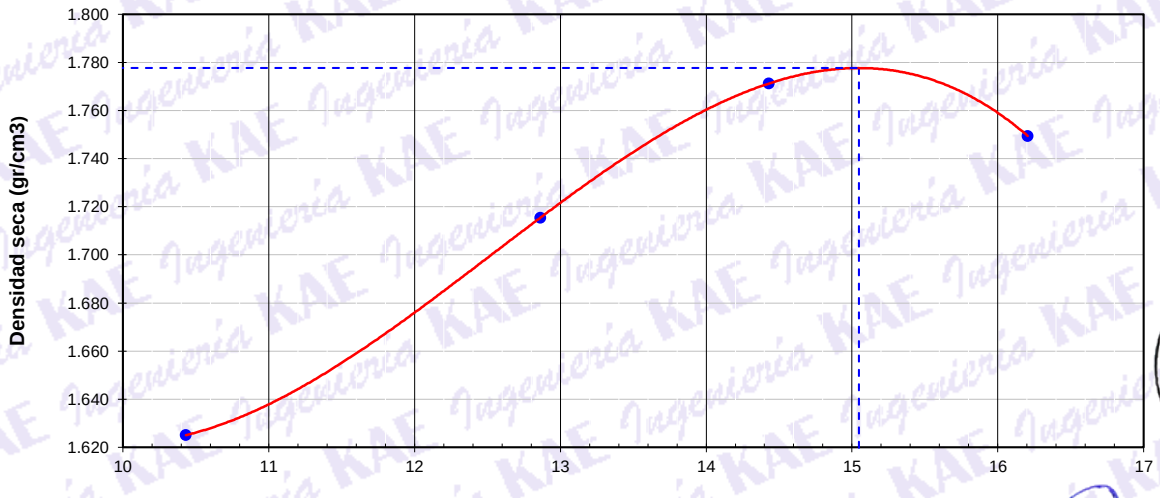
Muestra : MP + 8% CDO + 9% CCA

Clasificación (AASHTO) : -

Peso suelo + molde	gr	7089.00	7388.00	7580.00	7593.00	
Peso molde	gr	3295.00	3295.00	3295.00	3295.00	
Peso suelo húmedo compactado	gr	3794.00	4093.00	4285.00	4298.00	
Volumen del molde	cm^3	2114.12	2114.12	2114.12	2114.12	
Peso volumétrico húmedo	gr/cm^3	1.79	1.94	2.03	2.03	
Recipiente Nº		3	56	20	2	
Peso del suelo húmedo+tara	gr	206.10	210.30	205.80	207.20	
Peso del suelo seco + tara	gr	192.61	194.30	188.46	187.90	
Tara	gr	63.30	69.90	68.30	68.80	
Peso de agua	gr	13.49	16.00	17.34	19.30	
Peso del suelo seco	gr	129.31	124.40	120.16	119.10	
Contenido de agua	%	10.43	12.86	14.43	16.20	
Peso volumétrico seco	gr/cm^3	1.625	1.715	1.771	1.749	

Densidad máxima (gr/cm^3)	**1.778**
Humedad óptima (%)	**15.05**

RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD



OBSERVACIONES:

- La muestra fue tomada en presencia del solicitante.

KAE INGENIERIA V°B° GERENCIA

KAE Ingeniería
Víctor Alfonso Herrera Lázaro
INGENIERO CIVIL
REG. CIP N° 216087

TESIS :	MEJORAMIENTO DE SUBRASANTES DE LA RED VIAL CAPTUY - MORO, CON CENIZAS DE DONAX OBESULUS Y CÁSCARA DE ARROZ, 2021	**REGISTRO N°:**	CC-MSR-CBR-COMB08
		PAGINA N°:	02 de 03
SOLICITA :	JIMENEZ GONZALES, DINA MARGARITA		
UBICACIÓN :	Distrito: Chimbote ; Provincia: Santa ; Departamento: Ancash	**FECHA:**	24/06/2022

ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA
ASTM D1883

Datos de la Muestra

Calicata : - **Clasificación (SUCS) :** -

Muestra : MP + 8% CDO + 9% CCA **Clasificación (AASHTO) :** -

CALCULO DE LA RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)

Molde Nº	1		2		3	
Número de capas	5		5		5	
Número de golpes	56		25		10	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso suelo + molde (gr.)	11,149	11,275	11,592	11,813	11,339	11,597
Peso molde (gr.)	6,790	6,790	7,520	7,520	7,580	7,580
Peso suelo compactado (gr.)	4,359	4,485	4,072	4,293	3,759	4,017
Volumen del molde (cm^3)	2,131	2,131	2,135	2,135	2,111	2,111
Densidad húmeda ($gr./cm^3$)	2.045	2.104	1.907	2.011	1.781	1.903
Densidad Seca ($gr./cm^3$)	1.778	1.778	1.658	1.658	1.548	1.548

CONTENIDO DE HUMEDAD

Peso de tara (gr.)	69.90	0.00	68.80	0.00	67.80	0.00
Tara + suelo húmedo (gr.)	189.70	4485.00	200.30	4293.00	202.80	4017.00
Tara + suelo seco (gr.)	174.02	3788.47	183.10	3539.39	185.12	3266.71
Peso de agua (gr.)	15.68	696.53	17.20	753.61	17.68	750.29
Peso de suelo seco (gr.)	104.12	3788.47	114.30	3539.39	117.32	3266.71
Humedad (%)	15.06	18.39	15.05	21.29	15.07	22.97

EXPANSIÓN

Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión	
		Hr	0.01"	mm	%		mm	%		mm	%
24/06/2022	17:00	0	0.000	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00
25/06/2022	17:00	24	0.009	0.22	0.17	0.017	0.43	0.34	0.020	0.52	0.41
26/06/2022	17:00	48	0.010	0.24	0.19	0.018	0.46	0.36	0.021	0.52	0.41
27/06/2022	17:00	72	0.011	0.28	0.22	0.019	0.47	0.37	0.021	0.53	0.42
28/06/2022	17:00	96	0.012	0.29	0.23	0.020	0.50	0.39	0.023	0.57	0.45

PENETRACIÓN

Penetración	Carga Standard	Molde N° 1				Molde N° 2				Molde N° 3			
		Carga		Corrección		Carga		Corrección		Carga		Corrección	
(pulg.)	(Lb/pulg2)	lb	lb/pulg^2	lb/pulg^2	CBR %	lb	lb/pulg^2	lb/pulg^2	CBR %	lb	lb/pulg^2	lb/pulg^2	CBR %
0.025		165	53.8			73	24.0			42	13.9		
0.050		553	181.0			221	72.2			153	49.9		
0.075		919	300.5			413	135.0			238	78.0		
0.100	1000	1327	433.9	465.0	**46.5**	648	211.8	235.0	**23.5**	311	101.6	100.0	**10.0**
0.150		2006	656.0			1022	334.4			422	138.1		
0.200	1500	2667	872.3	885.0	**59.0**	1268	414.8	415.0	**27.7**	505	165.1	165.0	**11.0**
0.300		3744	1224.5			1592	520.8			649	212.3		
0.400		4464	1460.2			1878	614.4			777	254.0		
0.500		5017	1641.1			2158	705.7			915	299.2		

OBSERVACIONES:

- La muestra fue tomada en presencia del solicitante.

KAE Ingeniería
Victor Alfonso Herrera Lázaro
INGENIERO CIVIL
REG. CIP N° 216087

KAE INGENIERIA V°B° GERENCIA

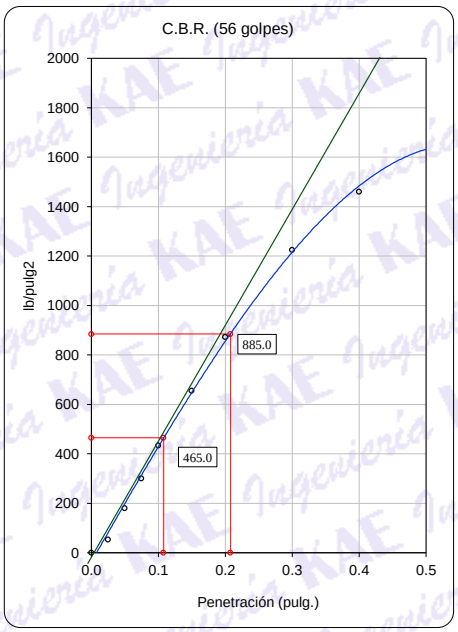
TESIS :	MEJORAMIENTO DE SUBRASANTES DE LA RED VIAL CAPTUY - MORO, CON CENIZAS	**REGISTRO N°:**	CC-MSR-CBR-COMB08
	DE DONAX OBESULUS Y CÁSCARA DE ARROZ, 2021	**PAGINA N°:**	03 de 03
SOLICITA :	JIMENEZ GONZALES, DINA MARGARITA		
UBICACIÓN :	Distrito: Chimbote ; Provincia: Santa ; Departamento: Ancash	**FECHA:**	24/06/2022

ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA
ASTM D1883

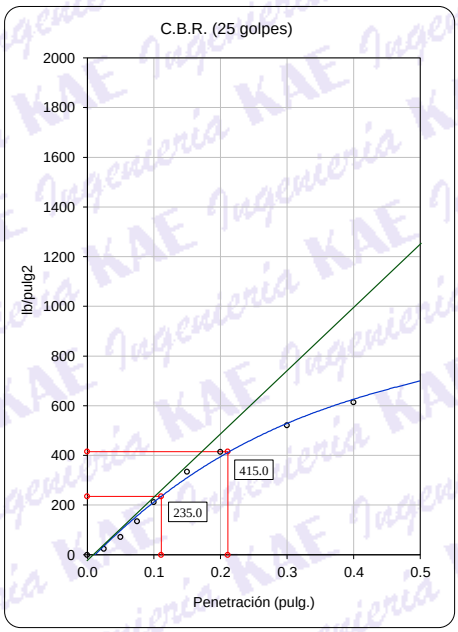
Datos de la Muestra

Calicata : - **Clasificación (SUCS) :** - **Máxima Densidad Seca :** 1.778 gr./cm^3

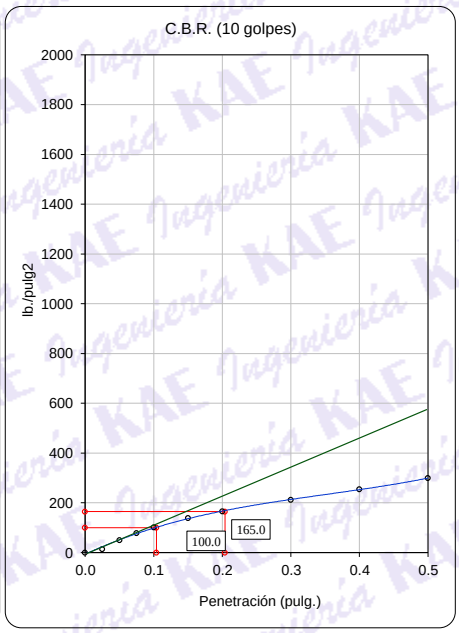
Muestra : MP + 8% CDO + 9% CCA **Clasificación (AASHTO) :** - **Máxima Densidad Seca al 95% :** 1.689 gr./cm^3



C.B.R. (0.1") 56 GOLPES : 46.5%

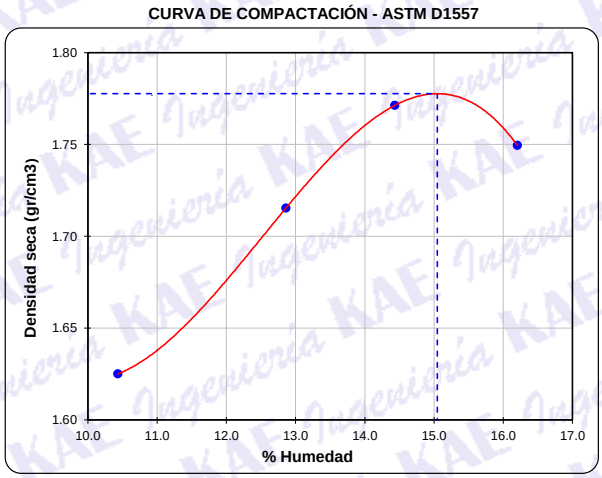


C.B.R. (0.1") 25 GOLPES : 23.5%

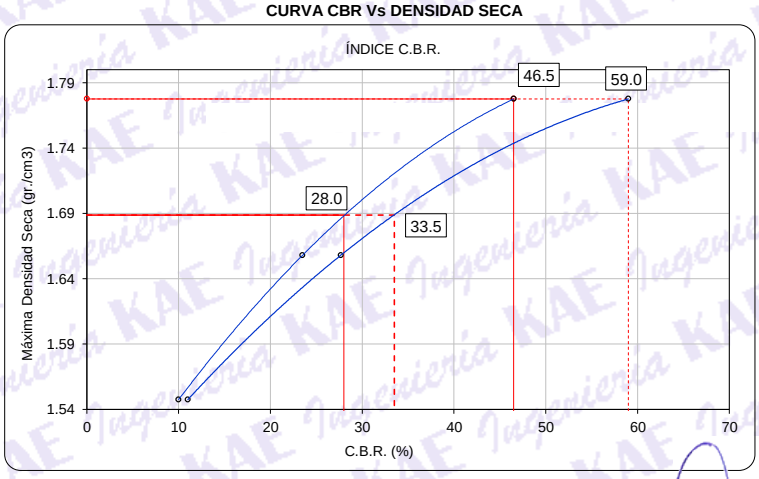


C.B.R. (0.1") 12 GOLPES : 10.0%

CURVA DE COMPACTACIÓN - ASTM D1557



CURVA CBR Vs DENSIDAD SECA



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1": 46.5%
C.B.R. (95% M.D.S.) 0.1": 28.0%

C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2": 59.0%
C.B.R. (95% M.D.S.) 0.2": 33.5%

OBSERVACIONES:

- La muestra fue tomada por el personal tecnico de laboratorio en obra.

Víctor Alfonso Herrera Lázaro
INGENIERO CIVIL
REG. CIP N° 216087

KAE INGENIERIA V°B° GERENCIA

TESIS :	MEJORAMIENTO DE SUBRASANTES DE LA RED VIAL CAPTUY - MORO, CON CENIZAS DE DONAX OBESULUS Y CÁSCARA DE ARROZ, 2021	**REGISTRO N°:**	CC-MSR-CBR-COMB09
		PAGINA N°:	01 de 03
SOLICITA :	JIMENEZ GONZALES, DINA MARGARITA		
UBICACIÓN :	Distrito: Chimbote ; Provincia: Santa ; Departamento: Ancash	**FECHA:**	1/07/2022

ENSAYO DE COMPACTACIÓN - PROCTOR MODIFICADO PARA CBR

ASTM D1557 / ASTM D1883

Datos de la Muestra

Calicata : -

Clasificación (SUCS) : -

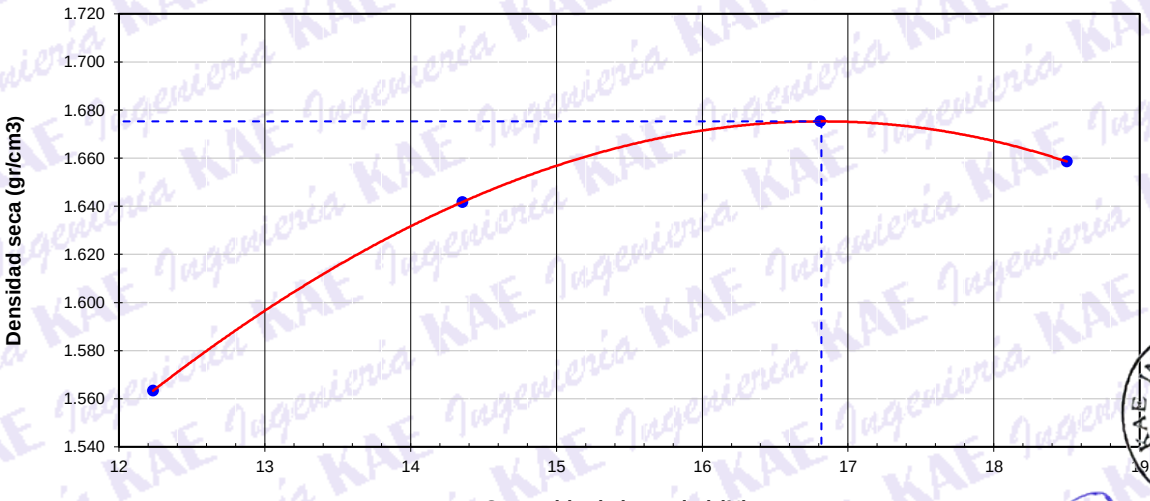
Muestra : MP + 8% CDO + 12% CCA

Clasificación (AASHTO) : -

Peso suelo + molde	gr	7006.00	7266.00	7434.00	7452.00	
Peso molde	gr	3294.70	3294.70	3294.70	3294.70	
Peso suelo húmedo compactado	gr	3711.30	3971.30	4139.30	4157.30	
Volumen del molde	cm^3	2115.22	2115.22	2115.22	2115.22	
Peso volumétrico húmedo	gr/cm^3	1.75	1.88	1.96	1.97	
Recipiente Nº		16	63	2	3	
Peso del suelo húmedo+tara	gr	171.70	182.50	191.70	178.60	
Peso del suelo seco + tara	gr	160.20	167.90	174.00	160.60	
Tara	gr	66.20	66.20	68.70	63.30	
Peso de agua	gr	11.50	14.60	17.70	18.00	
Peso del suelo seco	gr	94.00	101.70	105.30	97.30	
Contenido de agua	%	12.23	14.36	16.81	18.50	
Peso volumétrico seco	gr/cm^3	1.563	1.642	1.675	1.659	

Densidad máxima (gr/cm^3)	**1.675**
Humedad óptima (%)	**16.82**

RELACIÓN HUMEDAD - DENSIDAD



OBSERVACIONES:

- La muestra fue tomada en presencia del solicitante.

KAE Ingeniería
Víctor Alfonso Herrera Lázaro
INGENIERO CIVIL
REG. CIP N° 216087

KAE INGENIERIA V°B° GERENCIA

TESIS :	MEJORAMIENTO DE SUBRASANTES DE LA RED VIAL CAPTUY - MORO, CON CENIZAS DE DONAX OBESULUS Y CÁSCARA DE ARROZ, 2021	**REGISTRO N°:**	CC-MSR-CBR-COMB09
		PAGINA N°:	02 de 03
SOLICITA :	JIMENEZ GONZALES, DINA MARGARITA		
UBICACIÓN :	Distrito: Chimbote ; Provincia: Santa ; Departamento: Ancash	**FECHA:**	1/07/2022

ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA
ASTM D1883

Datos de la Muestra

Calicata : - **Clasificación (SUCS) :** -

Muestra : MP + 8% CDO + 12% CCA **Clasificación (AASHTO) :** -

CALCULO DE LA RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)

Molde Nº	1		2		3	
Número de capas	5		5		5	
Número de golpes	56		25		10	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso suelo + molde (gr.)	10,961	11,085	11,396	11,614	11,140	11,405
Peso molde (gr.)	6,790	6,790	7,520	7,520	7,580	7,580
Peso suelo compactado (gr.)	4,171	4,295	3,876	4,094	3,560	3,825
Volumen del molde (cm^3)	2,131	2,131	2,135	2,135	2,111	2,111
Densidad húmeda ($gr./cm^3$)	1.957	2.015	1.816	1.918	1.686	1.812
Densidad Seca ($gr./cm^3$)	1.675	1.675	1.554	1.554	1.444	1.444

CONTENIDO DE HUMEDAD

Peso de tara (gr.)	69.90	0.00	68.10	0.00	66.20	0.00
Tara + suelo húmedo (gr.)	181.80	4295.00	177.90	4094.00	185.80	3825.00
Tara + suelo seco (gr.)	165.69	3570.51	162.08	3317.55	168.57	3047.13
Peso de agua (gr.)	16.11	724.49	15.82	776.45	17.23	777.87
Peso de suelo seco (gr.)	95.79	3570.51	93.98	3317.55	102.37	3047.13
Humedad (%)	16.82	20.29	16.83	23.40	16.83	25.53

EXPANSIÓN

Fecha	Hora	Tiempo	Dial	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión	
		Hr	0.01"	mm	%		mm	%		mm	%
1/07/2022	16:15	0	0.000	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00	0.000	0.00	0.00
2/07/2022	16:15	24	0.009	0.22	0.17	0.015	0.38	0.30	0.018	0.46	0.37
3/07/2022	16:15	48	0.009	0.23	0.18	0.016	0.41	0.32	0.020	0.50	0.40
4/07/2022	16:15	72	0.010	0.24	0.19	0.017	0.43	0.34	0.021	0.52	0.41
5/07/2022	16:15	96	0.010	0.25	0.20	0.018	0.46	0.36	0.021	0.53	0.42

PENETRACIÓN

Penetración	Carga Standard (Lb/pulg2)	Molde N° 1				Molde N° 2				Molde N° 3			
		Carga		Corrección		Carga		Corrección		Carga		Corrección	
(pulg.)		lb	lb/pulg^2	lb/pulg^2	CBR %	lb	lb/pulg^2	lb/pulg^2	CBR %	lb	lb/pulg^2	lb/pulg^2	CBR %
0.025		132	43.3			66	21.7			37	12.1		
0.050		353	115.5			214	70.0			121	39.6		
0.075		738	241.4			398	130.2			215	70.3		
0.100	1000	1147	375.1	405.0	**40.5**	521	170.4	173.0	**17.3**	287	94.0	95.0	**9.5**
0.150		1765	577.2			732	239.5			405	132.5		
0.200	1500	2381	778.9	795.0	**53.0**	945	309.0	320.0	**21.3**	518	169.4	165.0	**11.0**
0.300		3407	1114.2			1333	436.1			633	206.9		
0.400		4124	1348.7			1551	507.3			720	235.6		
0.500		4765	1558.5			1736	567.7			809	264.5		

OBSERVACIONES:

- La muestra fue tomada en presencia del solicitante.

KAE Ingeniería
Víctor Alfonso Herrera Lázaro
INGENIERO CIVIL
REG. CIP N° 216087

KAE INGENIERIA V°B° GERENCIA

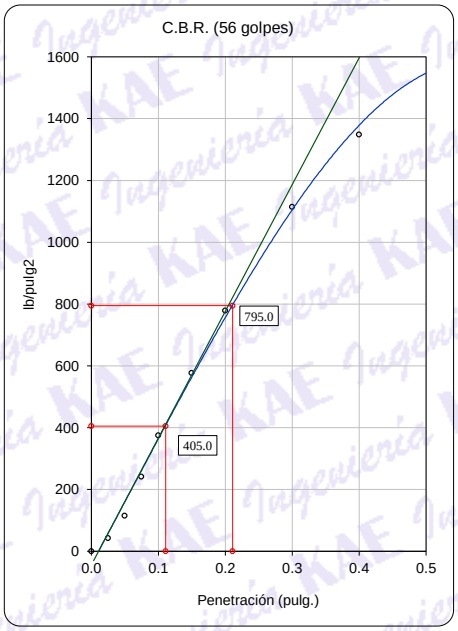
TESIS :	MEJORAMIENTO DE SUBRASANTES DE LA RED VIAL CAPTUY - MORO, CON CENIZAS DE DONAX OBESULUS Y CÁSCARA DE ARROZ, 2021	**REGISTRO N°:**	CC-MSR-CBR-COMB09
		PAGINA N°:	03 de 03
SOLICITA :	JIMENEZ GONZALES, DINA MARGARITA		
UBICACIÓN :	Distrito: Chimbote ; Provincia: Santa ; Departamento: Ancash	**FECHA:**	1/07/2022

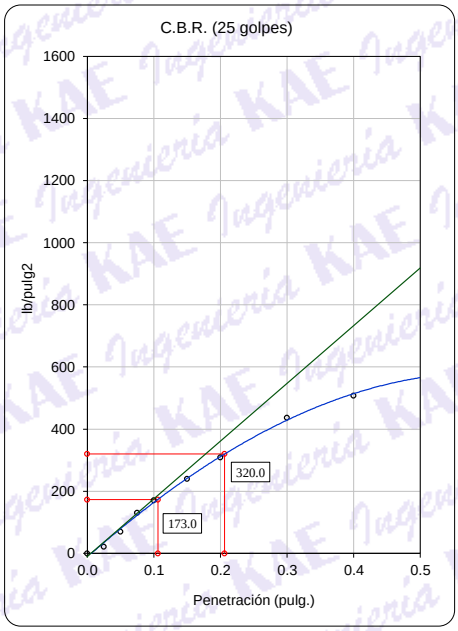
ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA
ASTM D1883

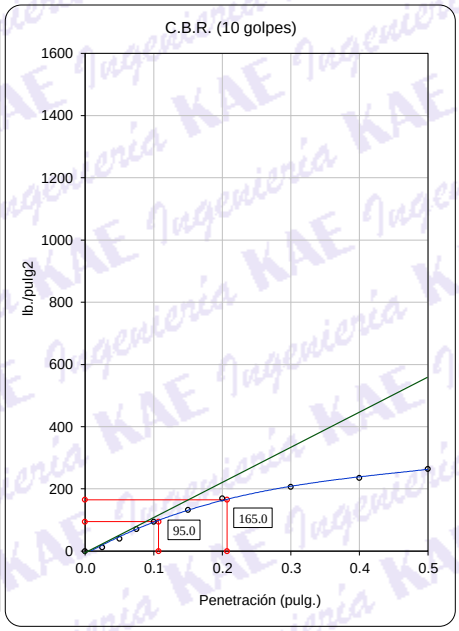
Datos de la Muestra

Calicata : - **Clasificación (SUCS) :** - **Máxima Densidad Seca :** 1.675 gr./cm^3

Muestra : MP + 8% CDO + 12% CCA **Clasificación (AASHTO) :** - **Máxima Densidad Seca al 95% :** 1.592 gr./cm^3





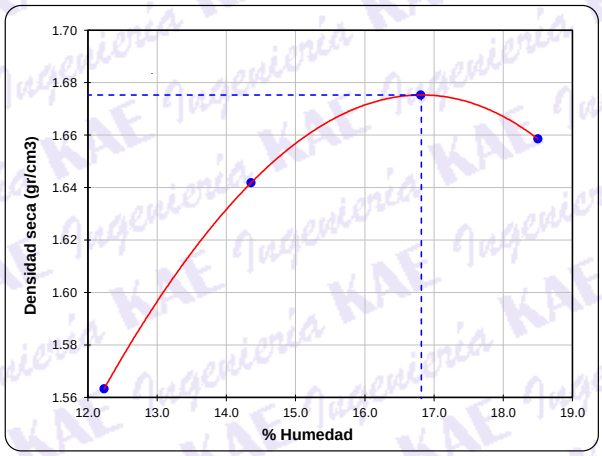


C.B.R. (0.1") 56 GOLPES : 40.5%

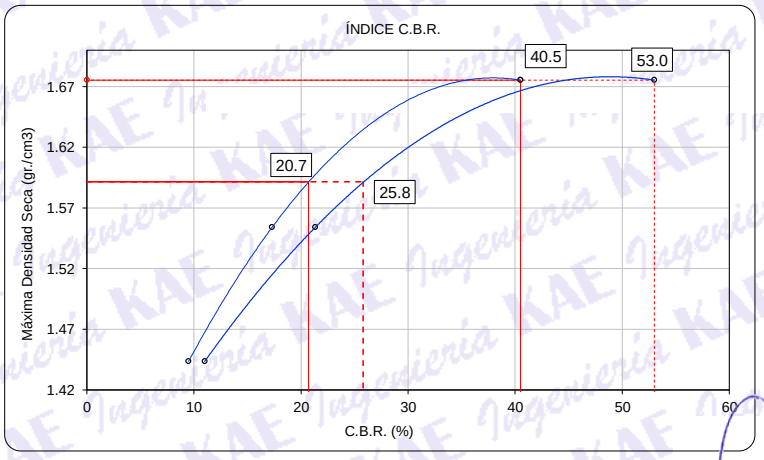
C.B.R. (0.1") 25 GOLPES : 17.3%

C.B.R. (0.1") 12 GOLPES : 9.5%

CURVA DE COMPACTACIÓN - ASTM D1557



CURVA CBR Vs DENSIDAD SECA



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1": 40.5%

C.B.R. (95% M.D.S.) 0.1": 20.7%

C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2": 53.0%

C.B.R. (95% M.D.S.) 0.2": 25.8%

OBSERVACIONES:

- La muestra fue tomada por el personal tecnico de laboratorio en obra.

KAE Ingeniería
Víctor Alfonso Herrera Lázaro
INGENIERO CIVIL
REG. CIP N° 216087

KAE INGENIERIA V°B° GERENCIA

ANEXO 5.6.:

PROTOCOLOS DE CALIBRACIONES

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM-372-2021

Expediente : **T 252-2021**
Fecha de Emisión : 2021-07-06

1. **Solicitante** : **KAE INGENIERIA S.A.C.**

Dirección : MZA. 36 LOTE. 1 INT. A P.J. MIRAFLORES ALTO - CHIMBOTE - SANTA - ANCASH

2. **Instrumento de Medición** : **BALANZA**

Marca	: **OHAUS**
Modelo	: **SE602F**
Número de Serie	: **B528438327**
Alcance de Indicación	: **600 g**
División de Escala de Verificación (e)	: **0,1 g**
División de Escala Real (d)	: **0,01 g**
Procedencia	: **NO INDICA**
Identificación	: **NO INDICA**
Tipo	: **ELECTRÓNICA**
Ubicación	: **LABORATORIO**
Fecha de Calibración	: **2021-07-05**

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

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones en que se realizarón las mediciones y no debe ser utilizado como certificado de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

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

3. **Método de Calibración**
La calibración se realizó mediante el método de comparación según el PC-001 1ra Edición, 2019; Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase III y IIII del INACAL-DM.

4. **Lugar de Calibración**
LABORATORIO de KAE INGENIERIA S.A.C.
PASAJE FATIMA MZ. Y1 LOTE. 1A MIRAFLORES ALTO - CHIMBOTE - SANTA - ANCASH

LABORATORIO
PUNTO DE PRECISIÓN S A C

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

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106
www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com
PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

5. Condiciones Ambientales

	Mínima	Máxima
Temperatura	21,2	21,3
Humedad Relativa	69,5	71,6

6. Trazabilidad

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

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
INACAL - DM	Juego de pesas (exactitud F1)	PE21-C-0084-2021

7. Observaciones

(*) La balanza se calibró hasta una capacidad de 600,00 g
No se realizó ajuste a la balanza antes de su calibración.
Los errores máximos permitidos (e.m.p.) para esta balanza corresponden a los e.m.p. para balanzas en uso de funcionamiento no automático de clase de exactitud III, según la Norma Metrológica Peruana 003 - 2009. Instrumentos de Pesaje de Funcionamiento no Automático.

Se colocó una etiqueta autoadhesiva de color verde con la indicación de "CALIBRADO".
Los resultados de este certificado de calibración no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

8. Resultados de Medición

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

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

	Inicial	Final
Temp. (°C)	21,3	21,2

Medición	Carga L1=	300,00 g		Carga L2=	600,00 g	
N°	I (g)	ΔL (g)	E (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)
1	300,01	0,008	0,006	600,00	0,007	-0,003
2	300,00	0,007	-0,003	600,00	0,006	-0,002
3	300,00	0,006	-0,002	600,01	0,007	0,007
4	300,00	0,008	-0,004	600,00	0,006	-0,002
5	300,00	0,007	-0,003	600,00	0,009	-0,005
6	300,00	0,006	-0,002	600,00	0,008	-0,004
7	300,00	0,008	-0,004	600,00	0,007	-0,003
8	300,00	0,007	-0,003	600,00	0,006	-0,002
9	300,00	0,006	-0,002	600,00	0,009	-0,005
10	300,00	0,007	-0,003	600,00	0,008	-0,004
Diferencia Máxima			0,010			0,012
Error máximo permitido	±	0,3 g		±	0,3 g	

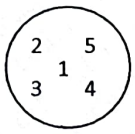
LABORATORIO PUNTO DE PRECISIÓN SAC

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

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106
www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

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

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN Nº LM-372-2021



ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

	Inicial	Final
Temp. (°C)	21,2	21,2

Posición de la Carga	Determinación de E_0				Determinación del Error corregido				
	Carga mínima (g)	I (g)	ΔL (g)	Eo (g)	Carga L (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)
1	0,10	0,10	0,007	-0,002	200,00	200,00	0,008	-0,003	-0,001
2		0,10	0,006	-0,001		199,99	0,007	-0,012	-0,011
3		0,10	0,007	-0,002		200,00	0,006	-0,001	0,001
4		0,10	0,006	-0,001		200,00	0,009	-0,004	-0,003
5		0,10	0,008	-0,003		199,98	0,008	-0,023	-0,020

(*) valor entre 0 y 10 e

Error máximo permitido : ± 0,3 g

ENSAYO DE PESAJE

	Inicial	Final
Temp. (°C)	21,2	21,2

Carga L (g)	CRECIENTES				DECRECIENTES				± emp (g)
	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	
0,100	0,10	0,007	-0,002						
0,200	0,20	0,006	-0,001	0,001	0,20	0,006	-0,001	0,001	0,1
20,000	20,00	0,007	-0,002	0,000	20,00	0,007	-0,002	0,000	0,1
50,000	50,00	0,009	-0,004	-0,002	50,00	0,006	-0,001	0,001	0,1
70,000	70,00	0,008	-0,003	-0,001	70,00	0,008	-0,003	-0,001	0,2
100,000	100,00	0,007	-0,002	0,000	100,00	0,006	-0,001	0,001	0,2
150,000	150,01	0,006	0,009	0,011	150,00	0,009	-0,004	-0,002	0,2
200,000	200,00	0,009	-0,004	-0,002	200,00	0,007	-0,002	0,000	0,2
400,001	400,00	0,007	-0,003	-0,001	400,00	0,006	-0,002	0,000	0,3
500,000	500,01	0,006	0,009	0,011	500,00	0,008	-0,003	-0,001	0,3
600,001	600,01	0,007	0,007	0,009	600,01	0,007	0,007	0,009	0,3

e.m.p.: error máximo permitido

Lectura corregida e incertidumbre expandida del resultado de una pesada

$$R_{corregida} = R - 1{,}68\times10^{-5} \times R$$

Incertidumbre

$$U_R = 2\sqrt{4{,}28\times10^{-5}\ g^2 + 1{,}14\times10^{-9} \times R^2}$$

R : Lectura de la balanza ΔL: Carga Incrementada E: Error encontrado E_o: Error en cero E_c: Error corregido

R : en g

FIN DEL DOCUMENTO

LABORATORIO PUNTO DE PRECISIÓN SAC

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

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106
www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

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

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM-373-2021

Expediente	:	**T 252-2021**
Fecha de Emisión	:	2021-07-06
1. Solicitante	:	**KAE INGENIERIA S.A.C.**
Dirección	:	MZA. 36 LOTE. 1 INT. A P.J. MIRAFLORES ALTO - CHIMBOTE - SANTA - ANCASH
2. Instrumento de Medición	:	**BALANZA**
Marca	:	**OHAUS**
Modelo	:	**R21PE30ZH**
Número de Serie	:	**B847537395**
Alcance de Indicación	:	**30 kg**
División de Escala de Verificación (e)	:	**10 g**
División de Escala Real (d)	:	**1 g**
Procedencia	:	**NO INDICA**
Identificación	:	**NO INDICA**
Tipo	:	**ELECTRÓNICA**
Ubicación	:	**LABORATORIO**
Fecha de Calibración	:	**2021-07-05**

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

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones en que se realizarón las mediciones y no debe ser utilizado como certificado de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

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

3. Método de Calibración

La calibración se realizó mediante el método de comparación según el PC-001 1ra Edición, 2019; Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase III y IIII del INACAL-DM.

4. Lugar de Calibración

LABORATORIO de KAE INGENIERIA S.A.C.
PASAJE FATIMA MZ. Y1 LOTE. 1A MIRAFLORES ALTO - CHIMBOTE - SANTA - ANCASH

LABORATORIO
PUNTO DE PRECISIÓN S A C

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

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106
www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com
PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

5. Condiciones Ambientales

	Mínima	Máxima
Temperatura	21,1	21,1
Humedad Relativa	69,5	70,5

6. Trazabilidad

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

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
INACAL - DM	Juego de pesas (exactitud F1)	PE21-C-0084-2021
	Pesa (exactitud F1)	M-0527-2020
	Pesa (exactitud F1)	M-0526-2020
	Pesa (exactitud F1)	M-0529-2020

7. Observaciones

(*) La balanza se calibró hasta una capacidad de 30,000 kg
No se realizó ajuste a la balanza antes de su calibración.
Los errores máximos permitidos (e.m.p.) para esta balanza corresponden a los e.m.p. para balanzas en uso de funcionamiento no automático de clase de exactitud III, según la Norma Metrológica Peruana 003 - 2009. Instrumentos de Pesaje de Funcionamiento no Automático.

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

8. Resultados de Medición

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

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

	Inicial	Final
Temp. (°C)	21,1	21,1

Medición	Carga L1=	15,000 kg		Carga L2=	30,000 kg	
N°	I (kg)	ΔL (g)	E (g)	I (kg)	ΔL (g)	E (g)
1	15,000	0,8	-0,3	30,000	0,9	-0,4
2	15,000	0,9	-0,4	30,000	0,6	-0,1
3	15,000	0,7	-0,2	30,000	0,7	-0,2
4	15,000	0,6	-0,1	30,000	0,8	-0,3
5	15,000	0,9	-0,4	30,000	0,9	-0,4
6	15,000	0,8	-0,3	30,000	0,9	-0,4
7	15,000	0,6	-0,1	30,000	0,7	-0,2
8	15,000	0,9	-0,4	30,000	0,6	-0,1
9	15,000	0,7	-0,2	30,000	0,8	-0,3
10	15,000	0,8	-0,3	30,000	0,7	-0,2
Diferencia Máxima			0,3			0,3
Error máximo permitido	±	20 g		±	30 g	

LABORATORIO PUNTO DE PRECISIÓN SAC

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

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106
www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

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

2		5
	1	
3		4

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

	Inicial	Final
Temp. (°C)	21,1	21,1

Posición de la Carga	Determinación de E_o				Determinación del Error corregido				
	Carga mínima (kg)	I (kg)	ΔL (g)	Eo (g)	Carga L (kg)	I (kg)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)
1	0,010	0,010	0,8	-0,3	10,000	10,000	0,7	-0,2	0,1
2		0,010	0,6	-0,1		10,000	0,7	-0,2	-0,1
3		0,010	0,7	-0,2		10,001	0,6	0,9	1,1
4		0,010	0,6	-0,1		9,999	0,9	-1,4	-1,3
5		0,010	0,9	-0,4		10,000	0,8	-0,3	0,1
					Error máximo permitido :	±		20 g	

(*) valor entre 0 y 10 e

ENSAYO DE PESAJE

	Inicial	Final
Temp. (°C)	21,1	21,1

Carga L (kg)	CRECIENTES				DECRECIENTES				± emp (g)
	I (kg)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	I (kg)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	
0,0	0,010	0,8	-0,3						
0,0	0,020	0,7	-0,2	0,1	0,020	0,9	-0,4	-0,1	10
0,5	0,500	0,6	-0,1	0,2	0,500	0,7	-0,2	0,1	10
2,0	2,000	0,9	-0,4	-0,1	2,000	0,9	-0,4	-0,1	10
5,0	5,001	0,8	0,7	1,0	5,000	0,8	-0,3	0,0	10
7,0	7,000	0,7	-0,2	0,1	7,000	0,7	-0,2	0,1	20
10,0	10,001	0,6	0,9	1,2	10,000	0,6	-0,1	0,2	20
15,0	15,000	0,8	-0,3	0,0	15,000	0,9	-0,4	-0,1	20
20,0	20,000	0,9	-0,4	-0,1	20,000	0,7	-0,2	0,1	20
25,0	25,000	0,7	-0,2	0,1	25,000	0,8	-0,3	0,0	30
30,0	30,000	0,9	-0,4	-0,1	30,000	0,9	-0,4	-0,1	30

e.m.p.: error máximo permitido

Lectura corregida e incertidumbre expandida del resultado de una pesada

$$R_{corregida} = R - 1{,}92\times10^{-5} \times R$$

Incertidumbre

$$U_R = 2\sqrt{2{,}64\times10^{-1}\, g^2 + 2{,}13\times10^{-9} \times R^2}$$

R : Lectura de la balanza ΔL: Carga Incrementada E: Error encontrado E_o: Error en cero E_c: Error corregido

R : en g

FIN DEL DOCUMENTO

LABORATORIO PUNTO DE PRECISIÓN S A C

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

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106
www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

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

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LL - 992 - 2021

Expediente : **T 252-2021**
Fecha de emisión : 2021-07-06

1. Solicitante : **KAE INGENIERIA S.A.C.**

Dirección : MZA. 36 LOTE. 1 INT. A P.J. MIRAFLORES ALTO - CHIMBOTE - SANTA - ANCASH

2. Instrumento de Medición : **COPA CASAGRANDE**

Marca de Copa : **PERUTEST**
Modelo de Copa : **PT-CC**
Serie de Copa : **038**

Contómetro : **ANALÓGICO**
Marca de Contómetro : **UPGREEN**
Modelo de Contómetro : **NO INDICA**

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

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

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

3. Lugar y fecha de Calibración
PASAJE FATIMA MZ. Y1 LOTE. 1A MIRAFLORES ALTO - CHIMBOTE - SANTA - ANCASH
05 - JULIO - 2021

4. Método de Calibración
Por Comparación con instrumentos Certificados por el INACAL - DM.
Tomando como referencia la Norma ASTM D 4318.

5. Trazabilidad

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO	TRAZABILIDAD
PIE DE REY	INSIZE	TC - 9991 - 2020	INACAL - DM

6. Condiciones Ambientales

	INICIAL	FINAL
Temperatura °C	21,5	21,5
Humedad %	71	71

7. Observaciones
Los resultados de las mediciones efectuadas se muestran en la página 02 del presente documento.

LABORATORIO PUNTO DE PRECISIÓN SAC

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

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

Medidas Verificadas

COPA CASAGRANDE								RANURADOR		
CONJUNTO DE LA CAZUELA					BASE			EXTREMO CURVADO		
DIMENSIONES	A	B	C	N	K	L	M	a	b	c

DESCRIPCIÓN	RADIO DE LA COPA	ESPESOR DE LA COPA	PROFUNDIDA DE LA COPA	Copa desde la guia del espesor a base	ESPESOR	LARGO	ANCHO	ESPESOR	BORDE CORTANTE	ANCHO
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
MEDIDA TOMADA	54,95	2,26	26,44	46,25	52,35	149,79	125,04	10,06	2,05	13,17
MEDIDAS STANDARD	54	2	27	47	50	150	125	10	2	13,5
TOLERANCIA ±	0,5	0,1	0,5	1,0	2,0	2,0	2,0	0,05	0,1	0,1
ERROR	0,95	0,26	-0,56	-0,75	2,35	-0,21	0,04	0,06	0,05	-0,33

FIN DEL DOCUMENTO

LABORATORIO PUNTO DE PRECISIÓN S A C

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

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

Punto de Precisión SAC

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LL - 990 - 2021

Expediente : **T 252-2021**
Fecha de emisión : 2021-07-06

1. Solicitante : **KAE INGENIERIA S.A.C.**

Dirección : MZA. 36 LOTE. 1 INT. A P.J. MIRAFLORES ALTO - CHIMBOTE - SANTA - ANCASH

2. Instrumento de Medición : **MARTILLO PROCTOR**

Capacidad : **10 lb**

Marca : **NO INDICA**

Serie : **NO INDICA**

Procedencia : **NO INDICA**

Material : **FIERRO**

Color : **PLATEADO**

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

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

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

3. Lugar y fecha de Calibración
PASAJE FATIMA MZ. Y1 LOTE. 1A MIRAFLORES ALTO - CHIMBOTE - SANTA - ANCASH
05 - JULIO - 2021

4. Método de Calibración
Por Comparación, tomando como referencia la Norma ASTM D 698 - ASTM D 1557.

5. Trazabilidad

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO	TRAZABILIDAD
PIE DE REY	INSIZE	TC - 9991 - 2020	INACAL - DM
CINTA MÉTRICA	STANLEY	L - 0442 - 2021	INACAL - DM
BALANZA	KERN	LM - 002 - 2021	PUNTO DE PRECISIÓN

6. Condiciones Ambientales

	INICIAL	FINAL
Temperatura °C	21,8	21,6
Humedad %	71	70

7. Observaciones
Los resultados de las mediciones efectuadas se muestran en la página 02 del presente documento.

LABORATORIO PUNTO DE PRECISIÓN SAC

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

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

Resultados de Verificación

MEDICIONES	ALTURA DE CAIDA (mm)	PESO (g)	DIÁMETRO DE CARA DE IMPACTO (mm)
1	456	4540,03	50,35
2	456	4540,03	50,32
3	455	4540,03	50,38
4	456	4540,03	50,36
5	456	4540,03	50,33
6	456	4540,03	50,35
PROMEDIO	455,8	4540,03	50,35
ESTANDAR	457,2	4536,4	50,80
TOLERANCIA ±	1,3 mm	9 g	0,13 mm
ERROR	-1,4 mm	3,63 g	-0,45 mm

FIN DEL DOCUMENTO

LABORATORIO PUNTO DE PRECISIÓN SAC

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

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

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LL - 989 - 2021

Expediente : T 252-2021
Fecha de emisión : 2021-07-06

1. Solicitante : **KAE INGENIERIA S.A.C.**

Dirección : MZA. 36 LOTE. 1 INT. A P.J. MIRAFLORES ALTO - CHIMBOTE - SANTA - ANCASH

2. Instrumento de Medición : **MOLDE PROCTOR 6"**

Marca : **NO INDICA**

Serie : **614**

Material : **FIERRO**

Color : **PLATEADO**

Código de Identificación : **NO INDICA**

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

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

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

3. Lugar y fecha de Calibración
PASAJE FATIMA MZ. Y1 LOTE. 1A MIRAFLORES ALTO - CHIMBOTE - SANTA - ANCASH
05 - JULIO - 2021

4. Método de Calibración
Por Comparación, tomando como referencia la Norma ASTM D 698 - ASTM D 1557.

5. Trazabilidad

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO	TRAZABILIDAD
PIE DE REY	INSIZE	TC - 9991 - 2020	INACAL - DM

6. Condiciones Ambientales

	INICIAL	FINAL
Temperatura °C	21,6	21,6
Humedad %	71	70

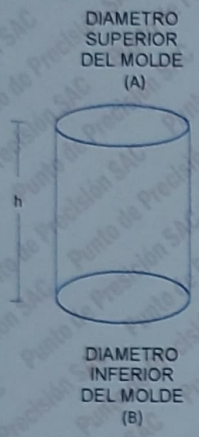
7. Observaciones
Los resultados de las mediciones efectuadas se muestran en la página 02 del presente documento.

LABORATORIO PUNTO DE PRECISIÓN S A C

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

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

DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN POR EL MÉTODO DE MEDIDAS LINEALES



N° DE MEDICIONES	DIAMETRO INTERIOR SUPERIOR	DIAMETRO INTERIOR INFERIOR	ALTURA
	A mm	B mm	h mm
1	152,38	152,32	116,52
2	152,14	152,26	116,32
3	152,41	152,29	116,36
4	152,28	152,31	116,45
5	152,35	152,28	116,36
6	152,30	152,29	116,49
PROMEDIO	152,31	152,29	116,42
ESTANDAR	152,40	152,40	116,40
TOLERANCIAS (±)	0,70	0,70	0,50
ERROR	-0,09	-0,11	0,02
VOLUMEN DETERMINADO POR MEDIDAS LINEALES	2121 cm^3		

FIN DEL DOCUMENTO

LABORATORIO PUNTO DE PRECISIÓN S A C

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

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

Punto de Precisión SAC

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LL - 995 - 2021

Expediente : **T 252-2021**
Fecha de emisión : 2021-07-06

1. Solicitante : **KAE INGENIERIA S.A.C.**

Dirección : MZA. 36 LOTE. 1 INT. A P.J. MIRAFLORES ALTO - CHIMBOTE - SANTA - ANCASH

2. Instrumento de Medición : **MOLDE CBR**

Marca : **NO INDICA**

Serie : **NO INDICA**

Material : **FIERRO**

Color : **PLATEADO**

Código de Identificación : **1A**

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

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

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

3. Lugar y fecha de Calibración
PASAJE FATIMA MZ Y1 LOTE 1-A - MIRAFLORES ALTO - SANTA - CHIMBOTE - ANCASH
05 - JULIO - 2021

4. Método de Calibración
Por Comparación, tomando como referencia la Norma ASTM D-1883.

5. Trazabilidad

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO	TRAZABILIDAD
PIE DE REY	INSIZE	TC - 9991 - 2020	INACAL - DM

6. Condiciones Ambientales

	INICIAL	FINAL
Temperatura °C	21,1	21,3
Humedad %	71	71

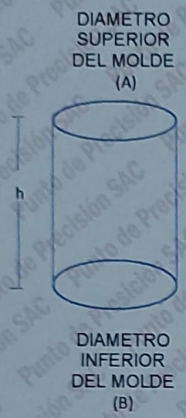
7. Observaciones
Los resultados de las mediciones efectuadas se muestran en la página 02 del presente documento.

LABORATORIO PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C

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

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

DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN POR EL MÉTODO DE MEDIDAS LINEALES



N° DE MEDICIONES	DIAMETRO INTERIOR SUPERIOR	DIAMETRO INTERIOR INFERIOR	ALTURA
	A mm	B mm	h mm
1	152,32	152,19	176,81
2	152,17	152,26	176,92
3	152,51	152,21	176,83
4	152,43	152,36	176,97
5	152,39	152,31	176,81
6	152,35	152,35	176,99
PROMEDIO	152,36	152,28	176,89
ESTANDAR	152,40	152,40	177,80
TOLERANCIAS (±)	0,66	0,66	0,46
ERROR	-0,04	-0,12	-0,91
VOLUMEN DETERMINADO POR MEDIDAS LINEALES	3223 cm^3		

N° DE MEDICIONES	MEDIDAS DEL DISCO ESPACIADOR	
	DIAMETRO	ALTURA
	mm	mm
1	150,88	61,60
2	150,79	61,57
3	150,85	61,72
4	150,71	61,68
5	150,81	61,65
6	150,79	61,70
PROMEDIO	150,81	61,65
ESTANDAR	150,80	61,37
ERROR	0,00	0,28

pesa anular:	2269 g
pesa ranurada:	2257 g
masa total	4526 g

FIN DEL DOCUMENTO

LABORATORIO PUNTO DE PRECISIÓN SAC

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

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

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

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LL - 993 - 2021

Expediente : **T 252-2021**
Fecha de emisión : 2021-07-06

1. Solicitante : **KAE INGENIERIA S.A.C.**

Dirección : MZA. 36 LOTE. 1 INT. A P.J. MIRAFLORES ALTO - CHIMBOTE - SANTA - ANCASH

2. Instrumento de Medición : **MOLDE CBR**

Marca : **NO INDICA**

Serie : **NO INDICA**

Material : **FIERRO**

Color : **PLATEADO**

Código de Identificación : **2A**

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

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

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

3. Lugar y fecha de Calibración
PASAJE FATIMA MZ Y1 LOTE 1-A - MIRAFLORES ALTO - SANTA - CHIMBOTE - ANCASH
05 - JULIO - 2021

4. Método de Calibración
Por Comparación, tomando como referencia la Norma ASTM D-1883.

5. Trazabilidad

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO	TRAZABILIDAD
PIE DE REY	INSIZE	TC - 9991 - 2020	INACAL - DM

6. Condiciones Ambientales

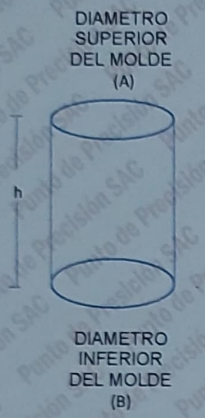
	INICIAL	FINAL
Temperatura °C	20,8	20,8
Humedad %	72	71

7. Observaciones
Los resultados de las mediciones efectuadas se muestran en la página 02 del presente documento.

LABORATORIO PUNTO DE PRECISIÓN S A C

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

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



DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN POR EL MÉTODO DE MEDIDAS LINEALES

N° DE MEDICIONES	DIAMETRO INTERIOR SUPERIOR	DIAMETRO INTERIOR INFERIOR	ALTURA
	A mm	B mm	h mm
1	152,65	152,27	177,07
2	152,59	152,35	177,04
3	152,57	152,51	177,06
4	152,61	152,32	177,06
5	152,60	152,28	177,06
6	152,57	152,30	177,07
PROMEDIO	152,60	152,34	177,06
ESTANDAR	152,40	152,40	177,80
TOLERANCIAS (±)	0,66	0,66	0,46
ERROR	0,20	-0,06	-0,74
VOLUMEN DETERMINADO POR MEDIDAS LINEALES	3233 cm^3		

N° DE MEDICIONES	MEDIDAS DEL DISCO ESPACIADOR	
	DIAMETRO	ALTURA
	mm	mm
1	150,88	61,60
2	150,79	61,57
3	150,85	61,72
4	150,71	61,68
5	150,81	61,65
6	150,79	61,70
PROMEDIO	150,81	61,65
ESTANDAR	150,80	61,37
ERROR	0,01	0,28

pesa anular:	2287 g
pesa ranurada:	2279 g
masa total	4566 g

FIN DEL DOCUMENTO

LABORATORIO PUNTO DE PRECISIÓN S A C

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

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

Punto de Precisión SAC

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LL - 994 - 2021

Expediente : **T 252-2021**
Fecha de emisión : 2021-07-06

1. Solicitante : **KAE INGENIERIA S.A.C.**

Dirección : MZA. 36 LOTE. 1 INT. A P.J. MIRAFLORES ALTO - CHIMBOTE - SANTA - ANCASH

2. Instrumento de Medición : **MOLDE CBR**

Marca : **NO INDICA**

Serie : **NO INDICA**

Material : **FIERRO**

Color : **PLATEADO**

Código de Identificación : **3A**

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

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

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

3. Lugar y fecha de Calibración
PASAJE FATIMA MZ Y1 LOTE 1-A - MIRAFLORES ALTO - SANTA - CHIMBOTE - ANCASH
05 - JULIO - 2021

4. Método de Calibración
Por Comparación, tomando como referencia la Norma ASTM D-1883.

5. Trazabilidad

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO	TRAZABILIDAD
PIE DE REY	INSIZE	TC - 9991 - 2020	INACAL - DM

6. Condiciones Ambientales

	INICIAL	FINAL
Temperatura °C	20,8	20,7
Humedad %	71	71

7. Observaciones
Los resultados de las mediciones efectuadas se muestran en la página 02 del presente documento.

LABORATORIO PUNTO DE PRECISIÓN S A C

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

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

DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN POR EL MÉTODO DE MEDIDAS LINEALES

N° DE MEDICIONES	DIAMETRO INTERIOR SUPERIOR	DIAMETRO INTERIOR INFERIOR	ALTURA
	A mm	B mm	h mm
1	152,04	152,45	176,26
2	152,08	152,36	177,01
3	152,07	152,39	177,11
4	152,07	152,41	177,07
5	152,09	152,36	176,71
6	152,06	152,41	177,07
PROMEDIO	152,07	152,40	176,87
ESTANDAR	152,40	152,40	177,80
TOLERANCIAS (±)	0,66	0,66	0,46
ERROR	-0,33	0,00	-0,93
VOLUMEN DETERMINADO POR MEDIDAS LINEALES	3219 cm^3		

N° DE MEDICIONES	MEDIDAS DEL DISCO ESPACIADOR	
	DIAMETRO	ALTURA
	mm	mm
1	150,88	61,60
2	150,79	61,57
3	150,85	61,72
4	150,71	61,68
5	150,81	61,65
6	150,79	61,70
PROMEDIO	150,81	61,65
ESTANDAR	150,80	61,37
ERROR	0,00	0,28

pesa anular:	2267 g
pesa ranurada:	2246 g
masa total	4513 g

FIN DEL DOCUMENTO

LABORATORIO PUNTO DE PRECISIÓN SAC

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

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

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LFP - 328 - 2021

Expediente : **T 252-2021**
Fecha de emisión : 2021-07-06

1. Solicitante : **KAE INGENIERIA S.A.C.**

Dirección : MZA. 36 LOTE. 1 INT. A P.J. MIRAFLORES ALTO - CHIMBOTE - SANTA - ANCASH

2. Descripción del Equipo : **PRENSA CBR**

Marca de Prensa	: **NO INDICA**
Modelo de Prensa	: **NO INDICA**
Serie de Prensa	: **NO INDICA**
Marca de Celda	: **MAVIN**
Modelo de Celda	: **NS4-5T**
Serie de Celda	: **E8502882**
Capacidad de Celda	: **5 t**
Marca de indicador	: **HIGHT WEIGHT**
Modelo de Indicador	: **315-X2**
Serie de Indicador	: **01822315**

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

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

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

3. Lugar y fecha de Calibración
PASAJE FATIMA MZ. Y1 LOTE. 1A MIRAFLORES ALTO - CHIMBOTE - SANTA - ANCASH
05 - JULIO - 2021

4. Método de Calibración
La Calibración se realizo de acuerdo a la norma ASTM E4 .

5. Trazabilidad

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO	TRAZABILIDAD
CELDA DE CARGA	MAVIN	CCP - 0340 - 005 - 20	ELICROM
INDICADOR	MCC		

6. Condiciones Ambientales

	INICIAL	FINAL
Temperatura °C	23,3	23,2
Humedad %	65	64

7. Resultados de la Medición
Los errores de la prensa se encuentran en la página siguiente.

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

LABORATORIO PUNTO DE PRECISIÓN S A C

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

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

TABLA N° 1

SISTEMA DIGITAL "A" kN	SERIES DE VERIFICACIÓN (kN)				PROMEDIO "B" kN	ERROR Ep %	RPTBLD Rp %
	SERIE 1	SERIE 2	ERROR (1) %	ERROR (2) %			
500	499,72	500,20	0,06	-0,04	499,96	0,01	-0,10
1000	1001,84	1002,62	-0,18	-0,26	1002,23	-0,22	-0,08
1500	1502,70	1502,25	-0,18	-0,15	1502,48	-0,16	0,03
2000	2002,65	2003,33	-0,13	-0,17	2002,99	-0,15	-0,03
2500	2503,69	2504,38	-0,15	-0,18	2504,04	-0,16	-0,03
3000	3002,26	3003,23	-0,08	-0,11	3002,75	-0,09	-0,03
3500	3502,16	3504,71	-0,06	-0,13	3503,44	-0,10	-0,07
4000	3999,62	4003,30	0,01	-0,08	4001,46	-0,04	-0,09

NOTAS SOBRE LA CALIBRACIÓN

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

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

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

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

Ecuación de ajuste : y = 0,9996x - 1,429

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

GRÁFICO N° 1

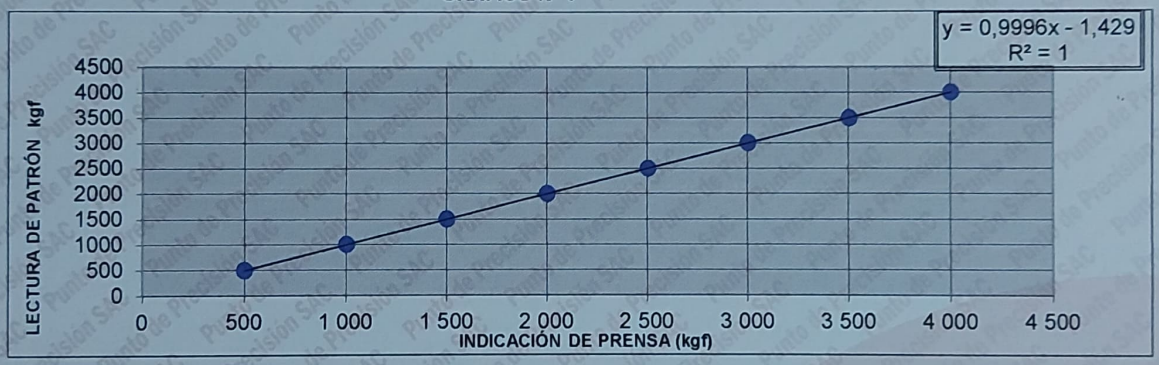
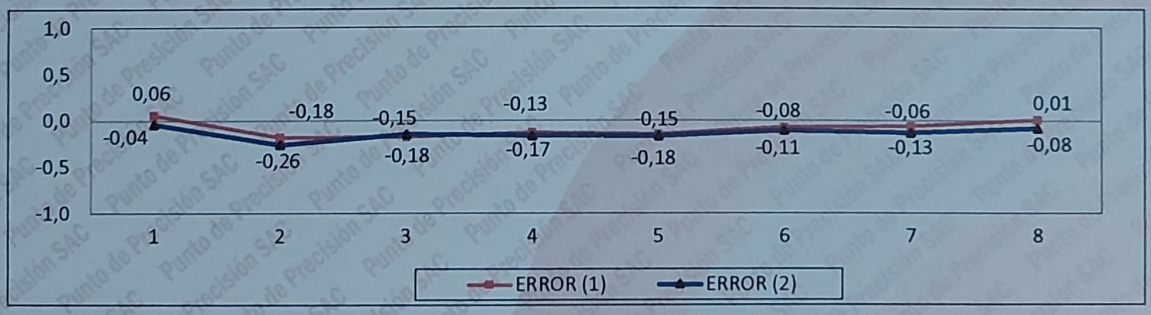


GRÁFICO DE ERRORES



FIN DEL DOCUMENTO

LABORATORIO PUNTO DE PRECISIÓN SAC

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

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

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

Laboratorio PP

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LFP - 491 - 2022

Expediente : **124-2022**
Fecha de emisión : 2022-07-09

1. Solicitante : **KAE INGENIERIA S.A.C.**

Dirección : PJ. FATIMA MZA. Y1 LOTE. 01A P.J. MIRAFLORES ALTO - CHIMBOTE - SANTA - ANCASH

2. Descripción del Equipo : **PRENSA MARSHALL**

Marca de Prensa	: **NO INDICA**
Modelo de Prensa	: **NO INDICA**
Serie de Prensa	: **NO INDICA**
Marca de Celda	: **MAVIN**
Modelo de Celda	: **NS4-5t**
Serie de Celda	: **E8502882**
Capacidad de Celda	: **5 t**
Marca de indicador	: **HIGHT WEIGHT**
Modelo de Indicador	: **315-X2**
Serie de Indicador	: **01822315**

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

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

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

3. Lugar y fecha de Calibración
PJ. FATIMA MZA. Y1 LOTE. 01A P.J. MIRAFLORES ALTO - CHIMBOTE - SANTA - ANCASH
08 - JULIO - 2022

4. Método de Calibración
La Calibración se realizo de acuerdo a la norma ASTM E4 .

5. Trazabilidad

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO	TRAZABILIDAD
CELDA DE CARGA	MAVIN	CCP - 0994 - 001- 2021	SISTEMA INTERNACIONAL
INDICADOR	MCC		

6. Condiciones Ambientales

	INICIAL	FINAL
Temperatura °C	22,2	22,3
Humedad %	61	61

7. Resultados de la Medición
Los errores de la prensa se encuentran en la página siguiente.

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

LABORATORIO PUNTO DE PRECISIÓN SAC

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

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

TABLA N° 1

SISTEMA DIGITAL "A" kgf	SERIES DE VERIFICACIÓN (kgf)				PROMEDIO "B" kgf	ERROR Ep %	RPTBLD Rp %
	SERIE 1	SERIE 2	ERROR (1) %	ERROR (2) %			
500	504,90	504,20	-0,98	-0,84	504,55	-0,90	0,14
1000	1009,10	1008,70	-0,91	-0,87	1008,90	-0,88	0,04
1500	1514,40	1513,80	-0,96	-0,92	1514,10	-0,93	0,04
2000	2018,60	2016,80	-0,93	-0,84	2017,70	-0,88	0,09
2500	2523,20	2522,30	-0,93	-0,89	2522,75	-0,90	0,04
3000	3028,90	3027,90	-0,96	-0,93	3028,40	-0,94	0,03
3500	3531,30	3529,60	-0,89	-0,85	3530,45	-0,86	0,05
4000	4034,50	4032,60	-0,86	-0,81	4033,55	-0,83	0,05

NOTAS SOBRE LA CALIBRACIÓN

1.- Ep y Rp son el Error Porcentual y la Repetibilidad definidos en la citada Norma:
Ep= ((A-B) / B)* 100 Rp = Error(2) - Error(1)

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

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

Ecuación de ajuste : y = 0,9915x - 0,8254

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

GRÁFICO N° 1

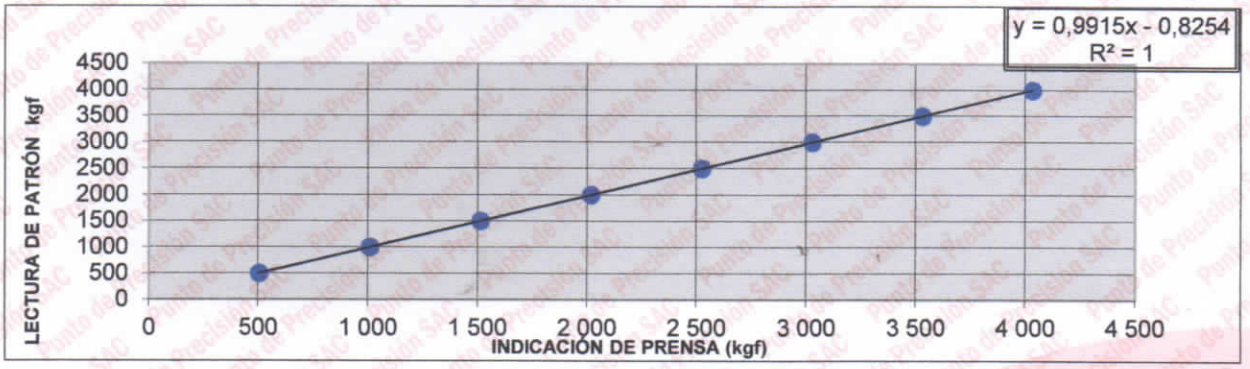
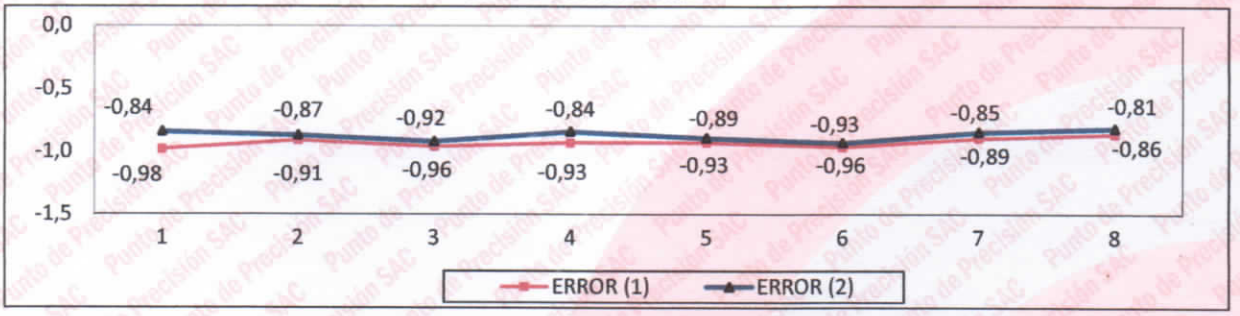


GRÁFICO DE ERRORES



FIN DEL DOCUMENTO

LABORATORIO PUNTO DE PRECISIÓN SAC

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

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

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

Laboratorio PP

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LL - 2037 - 2022

Expediente : **124-2022**
Fecha de Emisión : 2022-07-09

1. Solicitante : **KAE INGENIERIA S.A.C.**

Dirección : PJ. FATIMA MZA. Y1 LOTE. 01A P.J. MIRAFLORES ALTO - CHIMBOTE - SANTA - ANCASH

2. Instrumento de Medición : **TAMIZ**

Tamiz N° : **2 pulg**

Diametro de Tamiz : **8 pulg**

Marca : **GRAN TEST**

Serie : **81199**

Material : **ACERO**

Color : **PLATEADO**

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

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

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

3. Lugar y fecha de Calibración
PJ. FATIMA MZA. Y1 LOTE. 01A P.J. MIRAFLORES ALTO - CHIMBOTE - SANTA - ANCASH
08 - JULIO - 2022

4. Método de Calibración
Calibración efectuada por comparación directa con patrones de longitud calibrados, tomando como referencia la norma ASTM E 11-09.

5. Trazabilidad

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO	TRAZABILIDAD
PIE DE REY	INSIZE	DM21 - C - 0136 - 2021	SISTEMA INTERNACIONAL

6. Condiciones Ambientales

	INICIAL	FINAL
Temperatura °C	20,8	20,8
Humedad %	64	64

7. Observaciones
- Con fines de identificación se ha colocado una etiqueta autoadhesiva de color verde con el número de certificado y fecha de calibración de la empresa PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.
- (*) La desviación estandar encontrada no excede a la desviación estandar máxima de la tabla 1 según la norma ASTM E11-09.

8. Resultados

MEDIDAS TOMADAS mm										PROMEDIO mm	ESTÁNDAR mm	ERROR mm	(*) DESVIACIÓN ESTANDAR MÁXIMA mm	DESVIACIÓN ESTANDAR mm
50,34	49,84	50,33	50,36	50,45	50,20	50,05	50,25	50,20	50,24	50,27	50,00	0,27	–	0,167
50,45	50,25	50,34	50,45											

FIN DEL DOCUMENTO

LABORATORIO PUNTO DE PRECISIÓN SAC

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

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

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

Laboratorio PP

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LL - 2038 - 2022

Expediente : **124-2022**
Fecha de Emisión : 2022-07-09

1. Solicitante : **KAE INGENIERIA S.A.C.**

Dirección : PJ. FATIMA MZA. Y1 LOTE. 01A P.J. MIRAFLORES ALTO - CHIMBOTE - SANTA - ANCASH

2. Instrumento de Medición : **TAMIZ**

Tamiz N° : **1 ½ pulg**

Diametro de Tamiz : **8 pulg**

Marca : **GRAN TEST**

Serie : **73251**

Material : **ACERO**

Color : **PLATEADO**

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

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

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

3. Lugar y fecha de Calibración
PJ. FATIMA MZA. Y1 LOTE. 01A P.J. MIRAFLORES ALTO - CHIMBOTE - SANTA - ANCASH
08 - JULIO - 2022

4. Método de Calibración
Calibración efectuada por comparación directa con patrones de longitud calibrados, tomando como referencia la norma ASTM E 11-09.

5. Trazabilidad

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO	TRAZABILIDAD
PIE DE REY	INSIZE	DM21 - C - 0136 - 2021	SISTEMA INTERNACIONAL

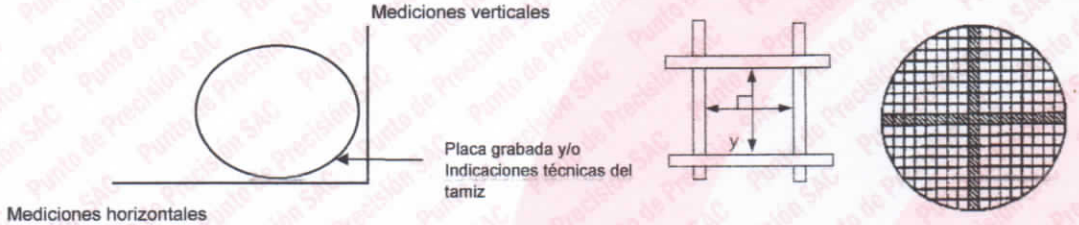
6. Condiciones Ambientales

	INICIAL	FINAL
Temperatura °C	20,8	20,8
Humedad %	64	64

7. Observaciones
- Con fines de identificación se ha colocado una etiqueta autoadhesiva de color verde con el número de certificado y fecha de calibración de la empresa PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.
- (*) La desviación estandar encontrada no excede a la desviación estandar máxima de la tabla 1 según la norma ASTM E11-09.

8. Resultados

MEDIDAS TOMADAS mm										PROMEDIO mm	ESTÁNDAR mm	ERROR mm	(*) DESVIACIÓN ESTANDAR MÁXIMA mm	DESVIACIÓN ESTANDAR mm
37,58	37,66	37,56	37,80	38,03	37,19	37,97	37,82	37,42	37,75	37,66	37,50	0,16	--	0,247
37,97	37,42	37,42	37,66	37,42	37,97	37,66	37,42	37,97	37,42					



FIN DEL DOCUMENTO

LABORATORIO PUNTO DE PRECISIÓN SAC

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

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

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LL - 2039 - 2022

Expediente : **124-2022**
Fecha de Emisión : 2022-07-09

1. Solicitante : **KAE INGENIERIA S.A.C.**

Dirección : PJ. FATIMA MZA. Y1 LOTE. 01A P.J. MIRAFLORES ALTO - CHIMBOTE - SANTA - ANCASH

2. Instrumento de Medición : **TAMIZ**

Tamiz N° : **1 pulg**

Diametro de Tamiz : **8 pulg**

Marca : **GRAN TEST**

Serie : **65914**

Material : **ACERO**

Color : **PLATEADO**

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

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

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

3. Lugar y fecha de Calibración
PJ. FATIMA MZA. Y1 LOTE. 01A P.J. MIRAFLORES ALTO - CHIMBOTE - SANTA - ANCASH
08 - JULIO - 2022

4. Método de Calibración
Calibración efectuada por comparación directa con patrones de longitud calibrados, tomando como referencia la norma ASTM E 11-09.

5. Trazabilidad

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO	TRAZABILIDAD
PIE DE REY	INSIZE	DM21 - C - 0136 - 2021	SISTEMA INTERNACIONAL

6. Condiciones Ambientales

	INICIAL	FINAL
Temperatura °C	20,8	21,0
Humedad %	64	64

7. Observaciones
- Con fines de identificación se ha colocado una etiqueta autoadhesiva de color verde con el número de certificado y fecha de calibración de la empresa PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.
- (*) La desviación estandar encontrada no excede a la desviación estandar máxima de la tabla 1 según la norma ASTM E11-09.

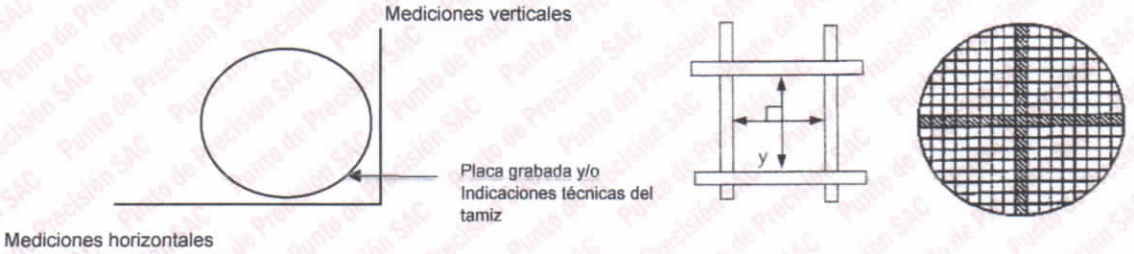
LABORATORIO PUNTO DE PRECISIÓN SAC

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

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

8. Resultados

MEDIDAS TOMADAS mm										PROMEDIO mm	ESTÁNDAR mm	ERROR mm	(*) DESVIACIÓN ESTANDAR MÁXIMA mm	DESVIACIÓN ESTANDAR mm
24,66	25,20	24,88	25,23	24,93	24,73	25,24	24,98	24,85	25,29	24,97	25,00	-0,03	–	0,160
24,98	24,85	24,88	24,85	24,98	25,20	24,88	24,85	24,88	24,85					
25,20	24,88	25,20	24,98	24,88	24,85	24,85	24,98	25,20	24,85					
24,98	24,85	24,88	24,85	25,20	24,85	24,98	25,20	24,85	24,98					



FIN DEL DOCUMENTO

LABORATORIO PUNTO DE PRECISIÓN SAC

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

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

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

Laboratorio PP

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LL - 2040 - 2022

Expediente : **124-2022**
Fecha de Emisión : 2022-07-09

1. Solicitante : **KAE INGENIERIA S.A.C.**

Dirección : PJ. FATIMA MZA. Y1 LOTE. 01A P.J. MIRAFLORES ALTO - CHIMBOTE - SANTA - ANCASH

2. Instrumento de Medición : **TAMIZ**

Tamiz N° : **3/4 pulg**

Diametro de Tamiz : **8 pulg**

Marca : **NO INDICA**

Serie : **NO INDICA**

Material : **ACERO**

Color : **PLATEADO**

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

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

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

3. Lugar y fecha de Calibración
PJ. FATIMA MZA. Y1 LOTE. 01A P.J. MIRAFLORES ALTO - CHIMBOTE - SANTA - ANCASH
08 - JULIO - 2022

4. Método de Calibración
Calibración efectuada por comparación directa con patrones de longitud calibrados, tomando como referencia la norma ASTM E 11-09.

5. Trazabilidad

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO	TRAZABILIDAD
PIE DE REY	INSIZE	DM21 - C - 0136 - 2021	SISTEMA INTERNACIONAL

6. Condiciones Ambientales

	INICIAL	FINAL
Temperatura °C	21,0	21,2
Humedad %	64	64

7. Observaciones
- Con fines de identificación se ha colocado una etiqueta autoadhesiva de color verde con el número de certificado y fecha de calibración de la empresa PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.
- (*) La desviación estandar encontrada no excede a la desviación estandar máxima de la tabla 1 según la norma ASTM E11-09.

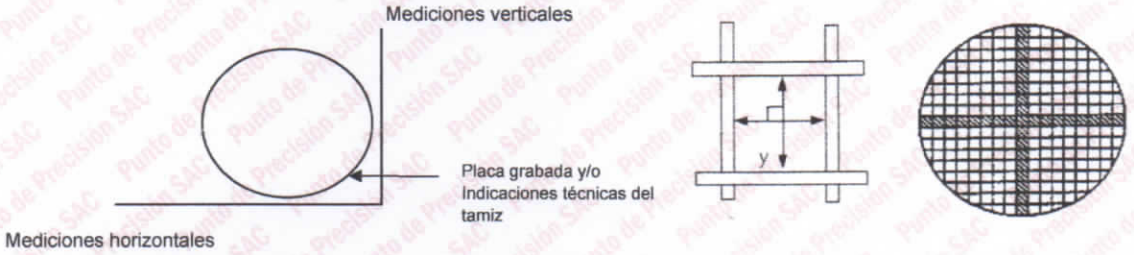
LABORATORIO PUNTO DE PRECISIÓN SAC

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

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

8. Resultados

MEDIDAS TOMADAS mm										PROMEDIO mm	ESTÁNDAR mm	ERROR mm	(*) DESVIACIÓN ESTANDAR MÁXIMA mm	DESVIACIÓN ESTANDAR mm
19,16	18,95	18,72	19,02	19,12	19,16	18,92	19,02	19,22	19,03	18,97	19,00	-0,03	0,446	0,136
18,72	19,03	19,03	18,95	18,72	19,02	19,03	18,95	19,03	18,72					
18,95	19,12	19,03	19,03	19,03	19,03	19,12	19,02	19,03	19,12					
19,12	18,72	18,95	19,12	19,03	18,95	18,72	19,03	18,72	19,03					
18,95	19,03	19,03	18,95	18,72	19,03	18,95	18,72	18,95	19,02					



FIN DEL DOCUMENTO

LABORATORIO PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C

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

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

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

Laboratorio PP

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LL - 2041 - 2022

Expediente : **124-2022**
Fecha de Emisión : 2022-07-09

1. Solicitante : **KAE INGENIERIA S.A.C.**

Dirección : PJ. FATIMA MZA. Y1 LOTE. 01A P.J. MIRAFLORES ALTO - CHIMBOTE - SANTA - ANCASH

2. Instrumento de Medición : **TAMIZ**

Tamiz N° : **1/2 pulg**

Diametro de Tamiz : **8 pulg**

Marca : **GRAN TEST**

Serie : **85465**

Material : **ACERO**

Color : **PLATEADO**

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

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

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

3. Lugar y fecha de Calibración
PJ. FATIMA MZA. Y1 LOTE. 01A P.J. MIRAFLORES ALTO - CHIMBOTE - SANTA - ANCASH
08 - JULIO - 2022

4. Método de Calibración
Calibración efectuada por comparación directa con patrones de longitud calibrados, tomando como referencia la norma ASTM E 11-09.

5. Trazabilidad

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO	TRAZABILIDAD
PIE DE REY	INSIZE	DM21 - C - 0136 - 2021	SISTEMA INTERNACIONAL

6. Condiciones Ambientales

	INICIAL	FINAL
Temperatura °C	21,2	21,2
Humedad %	64	64

7. Observaciones
- Con fines de identificación se ha colocado una etiqueta autoadhesiva de color verde con el número de certificado y fecha de calibración de la empresa PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.
- (*) La desviación estandar encontrada no excede a la desviación estandar máxima de la tabla 1 según la norma ASTM E11-09.

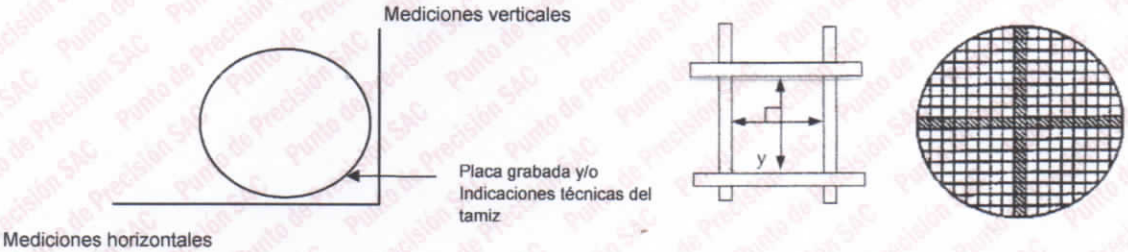
LABORATORIO PUNTO DE PRECISIÓN SAC

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

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

8. Resultados

MEDIDAS TOMADAS mm										PROMEDIO mm	ESTÁNDAR mm	ERROR mm	(*) DESVIACIÓN ESTANDAR MÁXIMA mm	DESVIACIÓN ESTANDAR mm
12,61	12,45	12,51	12,38	12,36	12,60	12,63	12,36	12,40	12,56	12,45	12,50	-0,05	0,302	0,086
12,40	12,51	12,36	12,56	12,36	12,51	12,38	12,40	12,56	12,36					
12,51	12,40	12,56	12,51	12,38	12,40	12,36	12,38	12,36	12,51					
12,36	12,56	12,36	12,40	12,56	12,51	12,40	12,51	12,56	12,40					
12,40	12,51	12,36	12,56	12,36	12,56	12,38	12,56	12,51	12,36					
12,36	12,40	12,56	12,40	12,51	12,36	12,40	12,36	12,40	12,38					



FIN DEL DOCUMENTO

LABORATORIO PUNTO DE PRECISIÓN SAC

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

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

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

Laboratorio PP

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LL - 2042 - 2022

Expediente : **124-2022**
Fecha de Emisión : 2022-07-09

1. Solicitante : **KAE INGENIERIA S.A.C.**

Dirección : PJ. FATIMA MZA. Y1 LOTE. 01A P.J. MIRAFLORES ALTO - CHIMBOTE - SANTA - ANCASH

2. Instrumento de Medición : **TAMIZ**

Tamiz N° : **3/8 pulg**

Diametro de Tamiz : **8 pulg**

Marca : **GRAN TEST**

Serie : **65675**

Material : **ACERO**

Color : **PLATEADO**

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

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

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

3. Lugar y fecha de Calibración
PJ. FATIMA MZA. Y1 LOTE. 01A P.J. MIRAFLORES ALTO - CHIMBOTE -SANTA - ANCASH
08 - JULIO - 2022

4. Método de Calibración
Calibración efectuada por comparación directa con patrones de longitud calibrados, tomando como referencia la norma ASTM E 11-09.

5. Trazabilidad

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO	TRAZABILIDAD
PIE DE REY	INSIZE	DM21 - C - 0136 - 2021	SISTEMA INTERNACIONAL

6. Condiciones Ambientales

	INICIAL	FINAL
Temperatura °C	21,2	21,2
Humedad %	63	63

7. Observaciones
- Con fines de identificación se ha colocado una etiqueta autoadhesiva de color verde con el número de certificado y fecha de calibración de la empresa PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.
- (*) La desviación estandar encontrada no excede a la desviación estandar máxima de la tabla 1 según la norma ASTM E11-09.

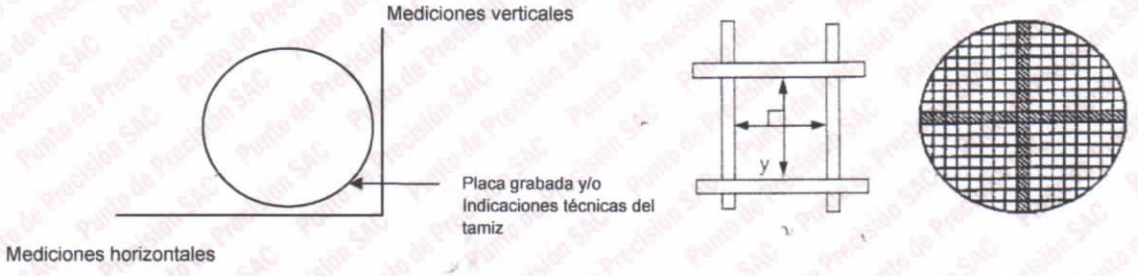
LABORATORIO PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C

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

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

8. Resultados

MEDIDAS TOMADAS mm										PROMEDIO mm	ESTÁNDAR mm	ERROR mm	(*) DESVIACIÓN ESTANDAR MÁXIMA mm	DESVIACIÓN ESTANDAR mm
9,53	9,43	9,52	9,59	9,51	9,52	9,49	9,62	9,39	9,60					
9,62	9,53	9,49	9,62	9,53	9,39	9,62	9,39	9,62	9,49					
9,49	9,62	9,39	9,49	9,62	9,49	9,53	9,49	9,53	9,62					
9,53	9,39	9,53	9,39	9,53	9,62	9,49	9,53	9,62	9,49	9,53	9,50	0,03	0,237	0,073
9,53	9,49	9,62	9,53	9,49	9,62	9,39	9,62	9,49	9,62					
9,49	9,53	9,53	9,62	9,53	9,39	9,53	9,49	9,53	9,39					
9,62	9,53	9,62	9,53	9,49	9,62	9,49	9,53	9,49	9,53					



FIN DEL DOCUMENTO

LABORATORIO PUNTO DE PRECISIÓN SAC

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

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

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

Laboratorio PP

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LL - 2043 - 2022

Expediente : **124-2022**
Fecha de Emisión : 2022-07-09

1. Solicitante : **KAE INGENIERIA S.A.C.**

Dirección : PJ. FATIMA MZA. Y1 LOTE. 01A P.J. MIRAFLORES ALTO - CHIMBOTE - SANTA - ANCASH

2. Instrumento de Medición : **TAMIZ**

Tamiz N° : **4**

Diametro de Tamiz : **8 pulg**

Marca : **GRAN TEST**

Serie : **81689**

Material : **ACERO**

Color : **PLATEADO**

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

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

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

3. Lugar y fecha de Calibración
PJ. FATIMA MZA. Y1 LOTE. 01A P.J. MIRAFLORES ALTO - CHIMBOTE - SANTA - ANCASH
08 - JULIO - 2022

4. Método de Calibración
Calibración efectuada por comparación directa con patrones de longitud calibrados, tomando como referencia la norma ASTM E 11-09.

5. Trazabilidad

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO	TRAZABILIDAD
PIE DE REY	INSIZE	DM21 - C - 0136 - 2021	SISTEMA INTERNACIONAL

6. Condiciones Ambientales

	INICIAL	FINAL
Temperatura °C	21,2	21,2
Humedad %	63	63

7. Observaciones
- Con fines de identificación se ha colocado una etiqueta autoadhesiva de color verde con el número de certificado y fecha de calibración de la empresa PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.
- (*) La desviación estandar encontrada no excede a la desviación estandar máxima de la tabla 1 según la norma ASTM E11-09.

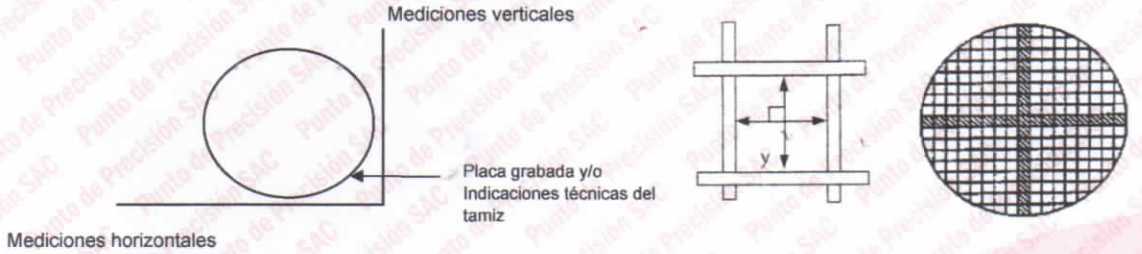
LABORATORIO PUNTO DE PRECISIÓN SAC

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

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

8. Resultados

MEDIDAS TOMADAS mm										PROMEDIO mm	ESTÁNDAR mm	ERROR mm	(*) DESVIACIÓN ESTANDAR MÁXIMA mm	DESVIACIÓN ESTANDAR mm
4,75	4,68	4,84	4,78	4,83	4,80	4,80	4,74	4,76	4,75	4,78	4,75	0,03	0,13	0,04
4,80	4,84	4,75	4,84	4,80	4,75	4,80	4,75	4,75	4,80					
4,75	4,75	4,80	4,75	4,75	4,74	4,84	4,75	4,80	4,75					
4,75	4,80	4,75	4,80	4,74	4,80	4,75	4,84	4,75	4,84					
4,80	4,75	4,75	4,84	4,75	4,84	4,80	4,75	4,80	4,75					
4,84	4,75	4,80	4,75	4,80	4,75	4,75	4,84	4,75	4,80					
4,75	4,80	4,75	4,75	4,74	4,84	4,80	4,75	4,74	4,75					
4,75	4,84	4,75	4,80	4,75	4,80	4,84	4,80	4,84	4,75					
4,80	4,75	4,80	4,75	4,80	4,75	4,75	4,84	4,75	4,80					
4,84	4,75	4,75	4,75	4,80	4,75	4,80	4,75	4,80	4,75					



FIN DEL DOCUMENTO

LABORATORIO PUNTO DE PRECISIÓN SAC

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

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

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

Laboratorio PP

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LL - 2045 - 2022

Expediente : **124-2022**
Fecha de Emisión : 2022-07-09

1. Solicitante : **KAE INGENIERIA S.A.C.**

Dirección : PJ. FATIMA MZA. Y1 LOTE. 01A P.J. MIRAFLORES ALTO - CHIMBOTE - SANTA - ANCASH

2. Instrumento de Medición : **TAMIZ**

Tamiz N° : **10**

Diametro de Tamiz : **8 pulg**

Marca : **GRAN TEST**

Serie : **66110**

Material : **ACERO**

Color : **PLATEADO**

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

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

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

3. Lugar y fecha de Calibración
PJ. FATIMA MZA. Y1 LOTE. 01A P.J. MIRAFLORES ALTO - CHIMBOTE - SANTA - ANCASH
08 - JULIO - 2022

4. Método de Calibración
Calibración efectuada por comparación directa con patrones de longitud calibrados, tomando como referencia la norma ASTM E 11-09.

5. Trazabilidad

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO	TRAZABILIDAD
RETÍCULA DE MEDICIÓN	INSIZE	LLA - 035 - 2021	SISTEMA INTERNACIONAL

6. Condiciones Ambientales

	INICIAL	FINAL
Temperatura °C	21,6	21,6
Humedad %	63	63

7. Observaciones
- Con fines de identificación se ha colocado una etiqueta autoadhesiva de color verde con el número de certificado y fecha de calibración de la empresa PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.
- (*) La desviación estandar encontrada no excede a la desviación estandar máxima de la tabla 1 según la norma ASTM E11-09.

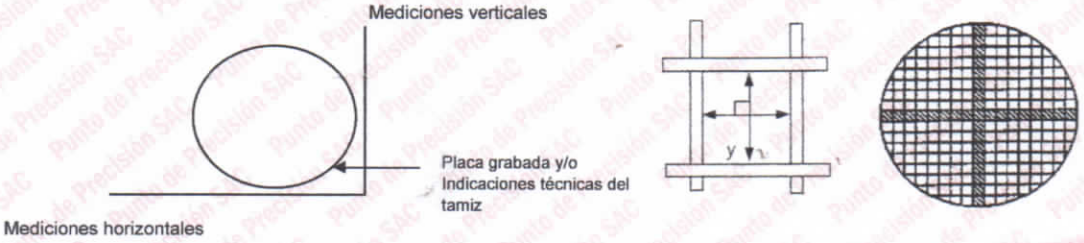
LABORATORIO PUNTO DE PRECISIÓN SAC

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

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

8. Resultados

MEDIDAS TOMADAS mm										PROMEDIO mm	ESTÁNDAR mm	ERROR mm	(*) DESVIACIÓN ESTANDAR MÁXIMA mm	DESVIACIÓN ESTANDAR mm
1,972	1,843	1,977	1,860	1,949	1,960	1,960	2,027	1,966	1,983	1,980	2,000	-0,020	0,072	0,023
1,983	1,972	1,983	1,972	1,977	1,983	1,972	1,977	1,983	1,977					
1,977	1,983	1,977	1,983	2,027	1,977	1,977	1,983	1,977	1,983					
1,972	1,977	1,972	1,977	1,972	1,983	2,027	1,972	1,983	1,977					
1,977	1,983	1,977	2,027	1,983	1,972	1,977	1,983	1,977	1,983					
1,983	1,977	1,983	1,977	1,983	1,977	1,983	1,977	1,983	1,977					
1,972	1,977	1,972	2,027	1,972	2,027	2,027	1,983	1,972	1,977					
1,983	1,972	1,983	1,977	1,983	1,977	1,972	2,027	1,977	1,983					
1,977	1,983	1,977	1,972	1,977	1,983	1,977	1,983	1,977	1,972					
1,977	1,983	2,027	2,027	1,972	1,977	1,972	2,027	1,983	1,977					
2,027	1,972	1,977	1,983	1,977	1,983	1,977	1,983	1,977	1,983					
1,983	1,977	1,983	1,977	1,983	1,972	1,983	1,977	1,983	1,972					



FIN DEL DOCUMENTO

LABORATORIO PUNTO DE PRECISIÓN SAC

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

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

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

Laboratorio PP

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LL - 2048 - 2022

Expediente : **124-2022**
Fecha de Emisión : 2022-07-09

1. Solicitante : **KAE INGENIERIA S.A.C.**

Dirección : PJ. FATIMA MZA. Y1 LOTE. 01A P.J. MIRAFLORES ALTO - CHIMBOTE - SANTA - ANCASH

2. Instrumento de Medición : **TAMIZ**

Tamiz N° : **20**

Diametro de Tamiz : **8 pulg**

Marca : **NO INDICA**

Serie : **NO INDICA**

Material : **ACERO**

Color : **PLATEADO**

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

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

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

3. Lugar y fecha de Calibración
PJ. FATIMA MZA. Y1 LOTE. 01A P.J. MIRAFLORES ALTO - CHIMBOTE - SANTA - ANCASH
08 - JULIO - 2022

4. Método de Calibración
Calibración efectuada por comparación directa con patrones de longitud calibrados, tomando como referencia la norma ASTM E 11-09.

5. Trazabilidad

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO	TRAZABILIDAD
RETÍCULA DE MEDICIÓN	INSIZE	LLA - 035 - 2021	SISTEMA INTERNACIONAL

6. Condiciones Ambientales

	INICIAL	FINAL
Temperatura °C	21,6	21,6
Humedad %	61	61

7. Observaciones
- Con fines de identificación se ha colocado una etiqueta autoadhesiva de color verde con el número de certificado y fecha de calibración de la empresa PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.
- (*) La desviación estandar encontrada no excede a la desviación estandar máxima de la tabla 1 según la norma ASTM E11-09.

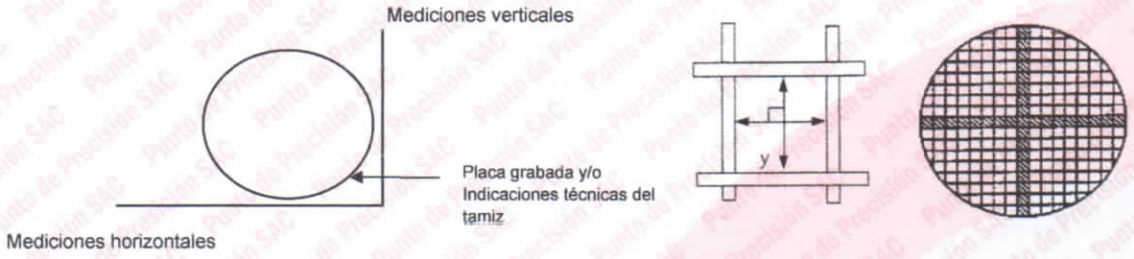
LABORATORIO PUNTO DE PRECISIÓN SAC

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

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

8. Resultados

MEDIDAS TOMADAS µm										PROMEDIO µm	ESTÁNDAR µm	ERROR µm	(*) DESVIACIÓN ESTANDAR MÁXIMA µm	DESVIACIÓN ESTANDAR µm
799	855	799	860	776	827	782	843	760	866					
843	827	843	843	827	843	843	827	843	843					
843	799	827	799	843	827	843	799	843	843					
827	843	843	799	843	799	827	843	843	855					
843	843	843	843	855	827	843	827	827	843					
855	855	843	827	843	843	799	843	843	799					
843	827	843	855	799	827	855	827	843	827					
855	843	799	827	843	843	799	843	827	843					
827	843	827	843	843	827	843	843	843	843	833	850	-17	39,36	19,20
799	843	827	843	855	843	843	827	855	843					
855	827	855	799	843	799	799	843	843	827					
855	799	827	843	843	843	827	843	799	843					
843	855	843	799	843	799	843	843	843	799					
827	827	843	855	843	855	843	827	843	827					
799	843	843	843	827	827	799	843	799	843					
843	827	843	827	843	799	827	843	827	843					



FIN DEL DOCUMENTO

LABORATORIO PUNTO DE PRECISIÓN SAC

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

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

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

Laboratorio PP

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LL - 2051 - 2022

Expediente : **124-2022**
Fecha de Emisión : 2022-07-09

1. Solicitante : **KAE INGENIERIA S.A.C.**

Dirección : PJ. FATIMA MZA. Y1 LOTE. 01A P.J. MIRAFLORES ALTO - CHIMBOTE - SANTA - ANCASH

2. Instrumento de Medición : **TAMIZ**

Tamiz N° : **40**

Diametro de Tamiz : **8 pulg**

Marca : **GRAN TEST**

Serie : **87227**

Material : **ACERO**

Color : **PLATEADO**

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

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

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

3. Lugar y fecha de Calibración
PJ. FATIMA MZA. Y1 LOTE. 01A P.J. MIRAFLORES ALTO - CHIMBOTE - SANTA - ANCASH
08 - JULIO - 2022

4. Método de Calibración
Calibración efectuada por comparación directa con patrones de longitud calibrados, tomando como referencia la norma ASTM E 11-09.

5. Trazabilidad

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO	TRAZABILIDAD
RETÍCULA DE MEDICIÓN	INSIZE	LLA - 035 - 2021	SISTEMA INTERNACIONAL

6. Condiciones Ambientales

	INICIAL	FINAL
Temperatura °C	21,5	21,5
Humedad %	60	60

7. Observaciones
- Con fines de identificación se ha colocado una etiqueta autoadhesiva de color verde con el número de certificado y fecha de calibración de la empresa PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.
- (*) La desviación estandar encontrada no excede a la desviación estandar máxima de la tabla 1 según la norma ASTM E11-09.

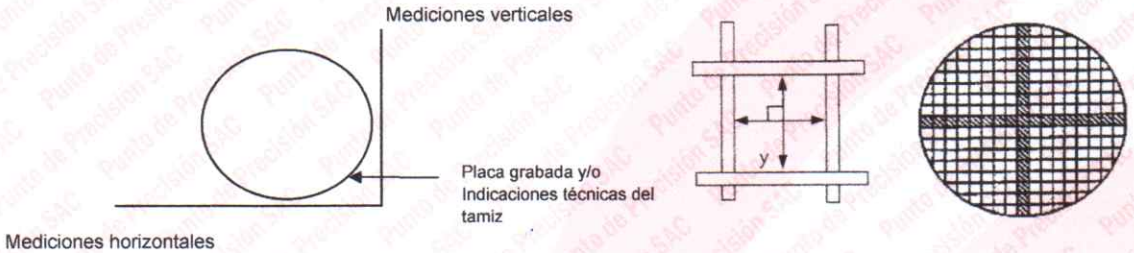
LABORATORIO PUNTO DE PRECISIÓN SAC

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

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

8. Resultados

MEDIDAS TOMADAS µm										PROMEDIO µm	ESTÁNDAR µm	ERROR µm	(*) DESVIACIÓN ESTANDAR MÁXIMA µm	DESVIACIÓN ESTANDAR µm
397	413	391	419	402	419	397	413	391	413					
413	391	413	391	397	397	413	391	413	391					
397	413	391	397	413	391	397	397	391	397					
391	397	397	413	391	413	391	413	397	397					
397	397	397	391	397	391	413	391	413	391					
413	391	397	391	413	397	391	397	397	397					
413	397	413	397	413	397	413	397	397	391					
397	397	391	413	397	391	397	391	397	413					
391	413	397	391	397	413	397	413	397	391					
413	391	397	413	391	413	391	397	413	397					
391	413	413	391	413	397	413	391	397	413	400	425	-25	25,08	9,10
413	397	391	397	397	413	397	413	391	397					
397	413	413	391	413	397	397	391	397	413					
391	397	391	397	391	397	413	397	397	391					
413	397	413	397	413	391	397	391	413	397					
397	391	397	413	391	397	413	397	391	413					
413	391	397	413	397	413	397	397	413	397					
413	397	391	397	391	413	391	391	397	391					
397	397	413	397	413	391	413	397	391	413					
391	413	397	391	397	413	391	413	391	397					



FIN DEL DOCUMENTO

LABORATORIO PUNTO DE PRECISIÓN S A C

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

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

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

Laboratorio PP

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LL - 2052 - 2022

Expediente : **124-2022**
Fecha de Emisión : 2022-07-09

1. Solicitante : **KAE INGENIERIA S.A.C.**

Dirección : PJ. FATIMA MZA. Y1 LOTE. 01A P.J. MIRAFLORES ALTO - CHIMBOTE - SANTA - ANCASH

2. Instrumento de Medición : **TAMIZ**

Tamiz N° : **60**

Diametro de Tamiz : **8 pulg**

Marca : **GRAN TEST**

Serie : **61961**

Material : **ACERO**

Color : **PLATEADO**

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

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

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

3. Lugar y fecha de Calibración
PJ. FATIMA MZA. Y1 LOTE. 01A P.J. MIRAFLORES ALTO - CHIMBOTE - SANTA - ANCASH
08 - JULIO - 2022

4. Método de Calibración
Calibración efectuada por comparación directa con patrones de longitud calibrados, tomando como referencia la norma ASTM E 11-09.

5. Trazabilidad

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO	TRAZABILIDAD
RETÍCULA DE MEDICIÓN	INSIZE	LLA - 035 - 2021	SISTEMA INTERNACIONAL

6. Condiciones Ambientales

	INICIAL	FINAL
Temperatura °C	21,6	21,6
Humedad %	60	60

7. Observaciones
- Con fines de identificación se ha colocado una etiqueta autoadhesiva de color verde con el número de certificado y fecha de calibración de la empresa PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.
- (*) La desviación estandar encontrada no excede a la desviación estandar máxima de la tabla 1 según la norma ASTM E11-09.

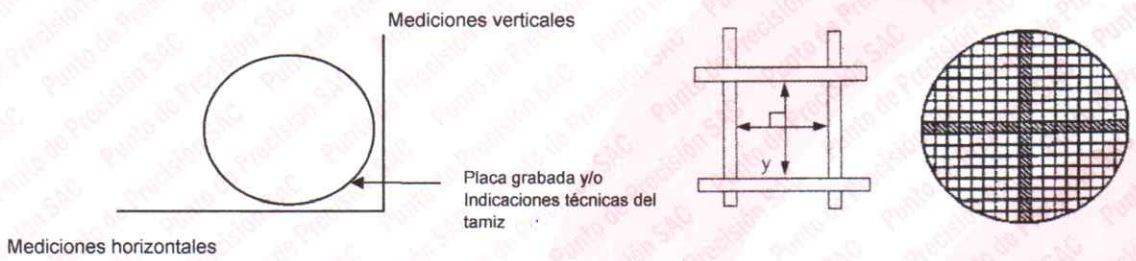
LABORATORIO PUNTO DE PRECISIÓN SAC

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

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

8. Resultados

MEDIDAS TOMADAS µm										PROMEDIO µm	ESTÁNDAR µm	ERROR µm	(*) DESVIACIÓN ESTANDAR MÁXIMA µm	DESVIACIÓN ESTANDAR µm
240	223	229	223	218	240	235	229	246	246					
235	229	218	235	229	218	229	218	235	218					
229	235	218	229	223	235	229	235	229	223					
235	218	229	235	218	229	235	229	218	235					
229	235	229	223	235	218	229	218	235	229					
218	229	218	229	218	235	223	229	218	229					
235	229	235	218	229	235	218	235	229	235					
229	218	229	235	229	223	235	229	218	229					
218	229	218	223	218	235	229	218	223	229					
229	218	229	235	229	223	218	235	229	235					
218	229	218	223	218	235	229	218	235	229					
235	223	229	235	223	218	223	229	218	223	227	250	-23	17,99	6,94
229	218	223	218	229	235	223	235	229	235					
229	235	229	235	218	223	218	229	218	229					
218	235	223	218	229	235	229	218	235	229					
235	218	229	235	229	218	218	235	229	218					
218	229	218	235	218	235	229	218	229	235					
229	235	229	218	229	218	235	229	235	229					
235	218	235	229	235	229	218	235	218	235					
229	235	229	223	218	235	229	218	229	235					
218	229	218	235	229	235	218	235	218	229					
235	218	229	218	235	229	235	229	235	218					



FIN DEL DOCUMENTO

LABORATORIO PUNTO DE PRECISIÓN SAC

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

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

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

Laboratorio PP

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LL - 2055 - 2022

Expediente : **124-2022**
Fecha de Emisión : 2022-07-09

1. Solicitante : **KAE INGENIERIA S.A.C.**

Dirección : PJ. FATIMA MZA. Y1 LOTE. 01A P.J. MIRAFLORES ALTO - CHIMBOTE - SANTA - ANCASH

2. Instrumento de Medición : **TAMIZ**

Tamiz N° : **140**

Diametro de Tamiz : **8 pulg**

Marca : **GRAN TEST**

Serie : **70771**

Material : **ACERO**

Color : **PLATEADO**

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

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

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

3. Lugar y fecha de Calibración
PJ. FATIMA MZA. Y1 LOTE. 01A P.J. MIRAFLORES ALTO - CHIMBOTE - SANTA - ANCASH
08 - JULIO - 2022

4. Método de Calibración
Calibración efectuada por comparación directa con patrones de longitud calibrados, tomando como referencia la norma ASTM E 11-09.

5. Trazabilidad

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO	TRAZABILIDAD
RETÍCULA DE MEDICIÓN	INSIZE	LLA - 035 - 2021	SISTEMA INTERNACIONAL

6. Condiciones Ambientales

	INICIAL	FINAL
Temperatura °C	21,2	21,2
Humedad %	61	61

7. Observaciones

- Con fines de identificación se ha colocado una etiqueta autoadhesiva de color verde con el número de certificado y fecha de calibración de la empresa PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.
- (*) La desviación estandar encontrada no excede a la desviación estandar máxima de la tabla 1 según la norma ASTM E11-09.

LABORATORIO PUNTO DE PRECISIÓN SAC

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

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

8. Resultados

MEDIDAS TOMADAS µm										PROMEDIO µm	ESTÁNDAR µm	ERROR µm	(*) DESVIACIÓN ESTANDAR MÁXIMA µm	DESVIACIÓN ESTANDAR µm
106	106	90	95	78	106	95	84	84	84					
90	95	106	95	106	95	78	106	90	106					
95	106	90	78	90	78	106	95	106	78					
106	78	95	106	95	106	90	106	95	106					
95	106	78	90	106	78	95	90	78	95					
106	90	95	106	95	106	78	106	78	106					
78	95	106	78	106	95	106	90	95	78					
106	78	106	78	95	78	106	95	78	106					
78	90	90	106	90	95	78	95	106	95					
90	106	78	90	106	90	78	106	95	78					
78	106	90	106	78	95	106	78	90	106					
106	90	106	95	106	78	95	106	78	106					
106	95	90	106	95	106	78	95	106	78					
78	106	78	95	106	90	78	106	78	106					
95	106	78	106	78	95	106	78	106	78	93	106	-13	10,77	11,30
78	90	95	78	106	78	90	95	78	106					
106	95	90	78	106	95	106	78	95	106					
78	106	95	106	90	106	95	106	95	78					
78	90	78	106	78	95	78	106	78	106					
106	95	78	95	106	78	106	78	106	95					
78	106	95	106	78	106	78	90	95	78					
78	95	106	78	90	95	95	106	78	106					
95	106	95	78	106	78	106	95	106	78					
106	78	95	106	78	106	95	78	95	106					
106	95	78	106	95	106	78	106	78	78					
78	106	78	95	106	95	78	106	95	106					
106	95	106	90	95	78	106	95	78	78					
95	78	95	106	78	106	95	78	106	95					

FIN DEL DOCUMENTO

LABORATORIO PUNTO DE PRECISIÓN SAC

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

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

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

Laboratorio PP

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LL - 2056 - 2022

Expediente : **124-2022**
Fecha de Emisión : 2022-07-09

1. Solicitante : **KAE INGENIERIA S.A.C.**

Dirección : PJ. FATIMA MZA. Y1 LOTE. 01A P.J. MIRAFLORES ALTO - CHIMBOTE - SANTA - ANCASH

2. Instrumento de Medición : **TAMIZ**

Tamiz N° : **200**

Diametro de Tamiz : **8 pulg**

Marca : **GRAN TEST**

Serie : **78303**

Material : **ACERO**

Color : **PLATEADO**

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

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

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

3. Lugar y fecha de Calibración
PJ. FATIMA MZA. Y1 LOTE. 01A P.J. MIRAFLORES ALTO - CHIMBOTE - SANTA - ANCASH
08 - JULIO - 2022

4. Método de Calibración
Calibración efectuada por comparación directa con patrones de longitud calibrados, tomando como referencia la norma ASTM E 11-09.

5. Trazabilidad

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO	TRAZABILIDAD
RETÍCULA DE MEDICIÓN	INSIZE	LLA - 035 - 2021	SISTEMA INTERNACIONAL

6. Condiciones Ambientales

	INICIAL	FINAL
Temperatura °C	21,2	21,2
Humedad %	61	61

7. Observaciones
- Con fines de identificación se ha colocado una etiqueta autoadhesiva de color verde con el número de certificado y fecha de calibración de la empresa PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.
- (*) La desviación estandar encontrada no excede a la desviación estandar máxima de la tabla 1 según la norma ASTM E11-09.

LABORATORIO PUNTO DE PRECISIÓN SAC

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

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

8. Resultados

MEDIDAS TOMADAS µm										PROMEDIO µm	ESTÁNDAR µm	ERROR µm	(*) DESVIACIÓN ESTANDAR MÁXIMA µm	DESVIACIÓN ESTANDAR µm
56	84	67	73	56	67	61	61	67	73					
56	73	61	67	73	56	73	67	73	67					
73	67	56	56	67	73	67	56	67	73					
67	73	67	73	61	67	61	73	67	61					
56	56	56	73	56	67	56	67	73	67					
67	73	56	67	67	61	73	56	67	73					
73	67	56	73	61	67	73	61	73	67					
67	73	67	56	67	73	56	67	56	67					
73	56	56	61	73	67	73	56	61	61					
67	61	67	73	67	56	67	73	56	61					
73	67	56	73	56	67	56	67	73	67					
73	67	73	56	67	61	73	73	67	73					
61	56	67	73	67	73	67	56	61	67					
67	73	67	61	56	67	61	73	67	56					
56	67	73	67	73	61	56	61	73	67					
61	67	56	67	73	67	73	67	56	73	65	75	-10	9,02	6,43
67	73	67	56	61	73	56	73	61	67					
56	67	73	67	56	67	73	61	73	56					
61	56	67	61	67	61	61	67	56	67					
56	73	67	56	67	73	56	67	73	61					
67	61	56	73	61	67	73	61	73	56					
73	67	73	67	56	73	67	56	73	67					
56	67	56	67	73	61	73	67	56	73					
67	73	61	56	67	56	67	73	61	67					
67	56	67	73	61	67	73	56	67	73					
73	67	73	56	56	67	56	67	73	56					
61	73	67	73	61	73	61	73	56	67					
73	67	61	67	61	56	73	67	61	73					
61	56	73	67	56	67	56	67	73	67					
56	73	67	73	67	73	67	73	56	61					

FIN DEL DOCUMENTO

LABORATORIO PUNTO DE PRECISIÓN SAC

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

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

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

Laboratorio PP

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LL - 2060 - 2022

Expediente : **124-2022**
Fecha de emisión : 2022-07-09

1. Solicitante : **KAE INGENIERIA S.A.C.**

Dirección : PJ. FATIMA MZA. Y1 LOTE. 01A P.J. MIRAFLORES ALTO - CHIMBOTE - SANTA - ANCASH

2. Instrumento de Medición : **COPA CASAGRANDE**

Marca de Copa : **PERUTEST**
Modelo de Copa : **PT-CC**
Serie de Copa : **038**

Contómetro : **ANALÓGICO**
Marca de Contómetro : **UPGREEN**
Modelo de Contómetro : **NO INDICA**
Serie de Contómetro : **NO INDICA**

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

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

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

3. Lugar y fecha de Calibración
PJ. FATIMA MZA. Y1 LOTE. 01A P.J. MIRAFLORES ALTO - CHIMBOTE - SANTA - ANCASH
08 - JULIO - 2022

4. Método de Calibración
Por Comparación con instrumentos Certificados por el INACAL - DM. Tomando como referencia la Norma ASTM D 4318.

5. Trazabilidad

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO	TRAZABILIDAD
PIE DE REY	INSIZE	DM21 - C - 0136 - 2021	INACAL - DM

6. Condiciones Ambientales

	INICIAL	FINAL
Temperatura °C	20,5	20,9
Humedad %	64	63

7. Observaciones
Los resultados de las mediciones efectuadas se muestran en la página 02 del presente documento.

LABORATORIO PUNTO DE PRECISIÓN SAC

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

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

Medidas Verificadas

COPA CASAGRANDE								RANURADOR		
CONJUNTO DE LA CAZUELA					BASE			EXTREMO CURVADO		
DIMENSIONES	A	B	C	N	K	L	M	a	b	c

DESCRIPCIÓN	RADIO DE LA COPA	ESPESOR DE LA COPA	PROFUNDIDA DE LA COPA	Copa desde la guia del espesor a base	ESPESOR	LARGO	ANCHO	ESPESOR	BORDE CORTANTE	ANCHO
	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm	mm
MEDIDA TOMADA	53,69	2,33	24,88	48,36	52,22	150,16	125,15	9,78	2,05	13,15
	53,09	2,23	24,93	48,20	52,15	150,07	125,19	10,10	2,08	13,06
	53,25	2,25	24,79	48,17	52,25	150,11	125,13	10,10	2,04	13,01
	53,31	2,30	25,01	48,31	52,25	150,15	125,15	9,88	2,09	12,92
	53,50	2,28	24,97	48,09	52,20	150,08	125,11	9,82	2,07	12,98
	53,18	2,31	24,98	48,15	52,23	150,19	125,18	9,79	2,06	13,10
PROMEDIO	53,34	2,28	24,93	48,21	52,22	150,13	125,15	9,91	2,07	13,04
MEDIDAS STANDARD	54,00	2,00	27,00	47,00	50,00	150,00	125,00	10,00	2,00	13,50
TOLERANCIA ±	0,5	0,1	0,5	1,0	2,0	2,0	2,0	0,05	0,1	0,1
ERROR	-0,66	0,28	-2,07	1,21	2,22	0,13	0,15	-0,09	0,06	-0,46

	Rango según norma	Medida encontrada
Resilencia	77 % a 90 %	85 %

FIN DEL DOCUMENTO

LABORATORIO PUNTO DE PRECISIÓN SAC

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

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

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

Laboratorio PP

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LL - 2063 - 2022

Expediente : **124-2022**
Fecha de emisión : 2022-07-09

1. Solicitante : **KAE INGENIERIA S.A.C.**

Dirección : PJ. FATIMA MZA. Y1 LOTE. 01A P.J. MIRAFLORES ALTO - CHIMBOTE - SANTA - ANCASH

2. Instrumento de Medición : **MARTILLO PROCTOR**

Capacidad : **10 lb**

Marca : **NO INDICA**

Serie : **NO INDICA**

Material : **PLATEADO**

Color : **FIERRO**

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

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

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

3. Lugar y fecha de Calibración
PJ. FATIMA MZA. Y1 LOTE. 01A P.J. MIRAFLORES ALTO - CHIMBOTE - SANTA - ANCASH
08 - JULIO - 2022

4. Método de Calibración
Por Comparación, tomando como referencia la Norma ASTM D 698 - ASTM D 1557.

5. Trazabilidad

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO	TRAZABILIDAD
PIE DE REY	INSIZE	DM21 - C - 0136 - 2021	INACAL - DM
BALANZA	KERN	LM - 002 - 2022	PUNTO DE PRECISIÓN

6. Condiciones Ambientales

	INICIAL	FINAL
Temperatura °C	21,2	21,5
Humedad %	62	62

7. Observaciones
Los resultados de las mediciones efectuadas se muestran en la página 02 del presente documento.

LABORATORIO PUNTO DE PRECISIÓN SAC

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

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

Resultados de Verificación

MEDICIONES	ALTURA DE CAIDA	PESO	DIÁMETRO DE CARA DE IMPACTO
	mm	g	mm
1	458	4540,12	50,77
2	458	4540,12	50,76
3	458	4540,12	50,72
4	458	4540,12	50,75
5	458	4540,12	50,76
6	458	4540,12	50,79
PROMEDIO	458,0	4540,12	50,76
ESTANDAR	457,2	4536,4	50,80
TOLERANCIA ±	1,3 mm	9 g	0,13 mm
ERROR	0,8 mm	3,72 g	-0,04 mm

FIN DEL DOCUMENTO

LABORATORIO PUNTO DE PRECISIÓN S A C

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

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

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

Laboratorio PP

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LL - 2065 - 2022

Expediente : **124-2022**
Fecha de emisión : 2022-07-09

1. Solicitante : **KAE INGENIERIA S.A.C.**

Dirección : PJ. FATIMA MZA. Y1 LOTE. 01A P.J. MIRAFLORES ALTO - CHIMBOTE - SANTA - ANCASH

2. Instrumento de Medición : **MOLDE PROCTOR 6"**

Marca : **PERUTEST**

Serie : **143**

Material : **FIERRO**

Color : **PLATEADO**

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

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

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

3. Lugar y fecha de Calibración
PJ. FATIMA MZA. Y1 LOTE. 01A P.J. MIRAFLORES ALTO - CHIMBOTE - SANTA - ANCASH
08 - JULIO - 2022

4. Método de Calibración
Por Comparación, tomando como referencia la Norma ASTM D 698 - ASTM D 1557.

5. Trazabilidad

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO	TRAZABILIDAD
PIE DE REY	INSIZE	DM21 - C - 0136 - 2021	INACAL - DM

6. Condiciones Ambientales

	INICIAL	FINAL
Temperatura °C	21,6	21,6
Humedad %	62	62

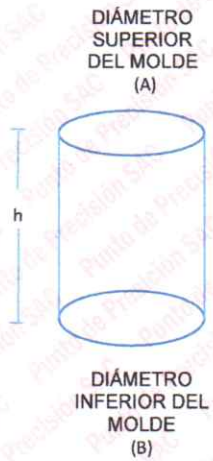
7. Observaciones
Los resultados de las mediciones efectuadas se muestran en la página 02 del presente documento.

LABORATORIO PUNTO DE PRECISIÓN SAC

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

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

DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN POR EL MÉTODO DE MEDIDAS LINEALES



N° DE MEDICIONES	DIÁMETRO INTERIOR SUPERIOR	DIÁMETRO INTERIOR INFERIOR	ALTURA
	A mm	B mm	h mm
1	152,07	152,22	116,39
2	152,40	152,15	116,35
3	152,28	152,43	116,31
4	152,43	152,27	113,31
5	152,15	152,21	113,35
6	152,32	152,33	113,38
PROMEDIO	152,28	152,27	114,85
ESTÁNDAR	152,40	152,40	116,40
TOLERANCIAS (±)	0,70	0,70	0,50
ERROR	-0,13	-0,13	-1,55
VOLUMEN DETERMINADO POR MEDIDAS LINEALES	2091 cm^3		

FIN DEL DOCUMENTO

LABORATORIO PUNTO DE PRECISIÓN S A C

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

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

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LL - 2066 - 2022

Expediente : **124-2022**
Fecha de emisión : 2022-07-09

1. Solicitante : **KAE INGENIERIA S.A.C.**

Dirección : PJ. FATIMA MZA. Y1 LOTE. 01A P.J. MIRAFLORES ALTO - CHIMBOTE - SANTA - ANCASH

2. Instrumento de Medición : **MOLDE CBR**

Marca : **NO INDICA**

Serie : **NO INDICA**

Material : **FIERRO**

Color : **MARRÓN**

Código de Identificación : **1C**

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

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

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

3. Lugar y fecha de Calibración
PJ. FATIMA MZA. Y1 LOTE. 01A P.J. MIRAFLORES ALTO - CHIMBOTE - SANTA - ANCASH
08 - JULIO - 2022

4. Método de Calibración
Por Comparación, tomando como referencia la Norma ASTM D-1883.

5. Trazabilidad

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO	TRAZABILIDAD
PIE DE REY	INSIZE	DM21 - C - 0136 - 2021	INACAL - DM

6. Condiciones Ambientales

	INICIAL	FINAL
Temperatura °C	21,4	21,2
Humedad %	60	59

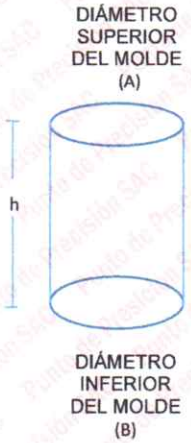
7. Observaciones
Los resultados de las mediciones efectuadas se muestran en la página 02 del presente documento.

LABORATORIO PUNTO DE PRECISIÓN SAC

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

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

DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN POR EL MÉTODO DE MEDIDAS LINEALES



N° DE MEDICIONES	DIÁMETRO INTERIOR SUPERIOR	DIÁMETRO INTERIOR INFERIOR	ALTURA
	A mm	B mm	h mm
1	151,88	152,43	176,48
2	152,21	152,51	176,45
3	152,28	152,31	176,42
4	152,14	152,40	176,49
5	152,35	152,26	176,58
6	152,71	152,36	176,42
PROMEDIO	152,26	152,38	176,47
ESTÁNDAR	152,40	152,40	177,80
TOLERANCIAS (±)	0,66	0,66	0,46
ERROR	-0,14	-0,02	-1,33
VOLUMEN DETERMINADO POR MEDIDAS LINEALES	3216 cm^3		

N° DE MEDICIONES	MEDIDAS DEL DISCO ESPACIADOR	
	DIÁMETRO mm	ALTURA mm
1	150,89	61,54
2	150,91	51,44
3	150,87	61,39
4	150,90	61,58
5	150,84	61,29
6	150,88	61,33
PROMEDIO	150,88	59,76
ESTÁNDAR	150,80	61,37
TOLERANCIAS (±)		0,127
ERROR	0,08	-1,61

N° DE MEDICIONES	PESA	
	ANULAR kg	RANURADA kg
1	2,286	2,251
ESTÁNDAR	2,270	2,270
TOLERANCIAS (±)	0,02	0,02
ERROR	0,016	-0,019

MASA TOTAL	kg
	4,537
ESTÁNDAR	4,540
TOLERANCIAS (±)	0,02
ERROR	-0,003

FIN DEL DOCUMENTO

LABORATORIO PUNTO DE PRECISIÓN SAC

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

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

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

Laboratorio PP

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LL - 2067 - 2022

Expediente : **124-2022**
Fecha de emisión : 2022-07-09

1. Solicitante : **KAE INGENIERIA S.A.C.**

Dirección : PJ. FATIMA MZA. Y1 LOTE. 01A P.J. MIRAFLORES ALTO - CHIMBOTE - SANTA - ANCASH

2. Instrumento de Medición : **MOLDE CBR**

Marca : **NO INDICA**

Serie : **NO INDICA**

Material : **FIERRO**

Color : **MARRÓN**

Código de Identificación : **2C**

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

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

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

3. Lugar y fecha de Calibración
PJ. FATIMA MZA. Y1 LOTE. 01A P.J. MIRAFLORES ALTO - CHIMBOTE - SANTA - ANCASH
08 - JULIO - 2022

4. Método de Calibración
Por Comparación, tomando como referencia la Norma ASTM D-1883.

5. Trazabilidad

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO	TRAZABILIDAD
PIE DE REY	INSIZE	DM21 - C - 0136 - 2021	INACAL - DM

6. Condiciones Ambientales

	INICIAL	FINAL
Temperatura °C	21,2	21,2
Humedad %	59	59

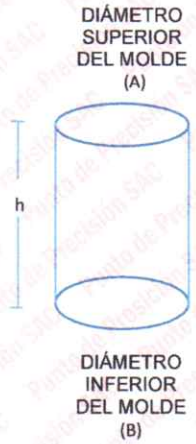
7. Observaciones
Los resultados de las mediciones efectuadas se muestran en la página 02 del presente documento.

LABORATORIO PUNTO DE PRECISIÓN SAC

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

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

DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN POR EL MÉTODO DE MEDIDAS LINEALES



N° DE MEDICIONES	DIÁMETRO INTERIOR SUPERIOR	DIÁMETRO INTERIOR INFERIOR	ALTURA
	A mm	B mm	h mm
1	152,15	152,20	177,24
2	152,12	152,33	177,22
3	151,81	152,19	177,17
4	152,36	152,28	177,34
5	151,84	152,21	177,17
6	151,16	151,93	177,25
PROMEDIO	151,91	152,19	177,23
ESTÁNDAR	152,40	152,40	177,80
TOLERANCIAS (±)	0,66	0,66	0,46
ERROR	-0,49	-0,21	-0,57
VOLUMEN DETERMINADO POR MEDIDAS LINEALES	3218 cm^3		

N° DE MEDICIONES	MEDIDAS DEL DISCO ESPACIADOR		N° DE MEDICIONES	PESA	
	DIÁMETRO	ALTURA		ANULAR	RANURADA
	mm	mm		kg	kg
1	150,89	61,54	1	2,271	2,245
2	150,91	51,44	ESTÁNDAR	2,270	2,270
3	150,87	61,39	TOLERANCIAS (±)	0,02	0,02
4	150,90	61,58	ERROR	0,001	-0,025
5	150,84	61,29			
6	150,88	61,33	MASA TOTAL	kg	
PROMEDIO	150,88	59,76		4,516	
ESTÁNDAR	150,80	61,37	ESTÁNDAR	4,540	
TOLERANCIAS (±)		0,127	TOLERANCIAS (±)	0,02	
ERROR	0,08	-1,61	ERROR	-0,024	

FIN DEL DOCUMENTO

LABORATORIO PUNTO DE PRECISIÓN S A C

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

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

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

Laboratorio PP

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LL - 2068 - 2022

Expediente : **124-2022**
Fecha de emisión : 2022-07-09

1. Solicitante : **KAE INGENIERIA S.A.C.**

Dirección : PJ. FATIMA MZA. Y1 LOTE. 01A P.J. MIRAFLORES ALTO - CHIMBOTE - SANTA - ANCASH

2. Instrumento de Medición : **MOLDE CBR**

Marca : **NO INDICA**

Serie : **NO INDICA**

Material : **FIERRO**

Color : **MARRÓN**

Código de Identificación : **3C**

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

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

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

3. Lugar y fecha de Calibración
PJ. FATIMA MZA. Y1 LOTE. 01A P.J. MIRAFLORES ALTO - CHIMBOTE - SANTA - ANCASH
08 - JULIO - 2022

4. Método de Calibración
Por Comparación, tomando como referencia la Norma ASTM D-1883.

5. Trazabilidad

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO	TRAZABILIDAD
PIE DE REY	INSIZE	DM21 - C - 0136 - 2021	INACAL - DM

6. Condiciones Ambientales

	INICIAL	FINAL
Temperatura °C	21,1	21,1
Humedad %	61	61

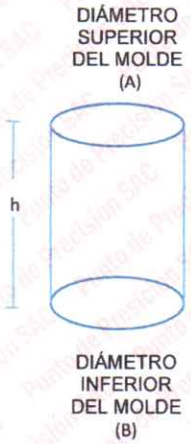
7. Observaciones
Los resultados de las mediciones efectuadas se muestran en la página 02 del presente documento.

LABORATORIO PUNTO DE PRECISIÓN SAC

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

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

DETERMINACIÓN DEL VOLUMEN POR EL MÉTODO DE MEDIDAS LINEALES



N° DE MEDICIONES	DIÁMETRO INTERIOR SUPERIOR	DIÁMETRO INTERIOR INFERIOR	ALTURA
	A mm	B mm	h mm
1	152,04	152,17	177,97
2	152,11	152,00	177,98
3	152,05	152,16	178,00
4	152,09	152,03	177,89
5	152,01	152,10	177,93
6	152,05	152,07	177,99
PROMEDIO	152,06	152,09	177,96
ESTÁNDAR	152,40	152,40	177,80
TOLERANCIAS (±)	0,66	0,66	0,46
ERROR	-0,34	-0,31	0,16
VOLUMEN DETERMINADO POR MEDIDAS LINEALES	3232 cm^3		

N° DE MEDICIONES	MEDIDAS DEL DISCO ESPACIADOR	
	DIÁMETRO mm	ALTURA mm
1	150,89	61,54
2	150,91	51,44
3	150,87	61,39
4	150,90	61,58
5	150,84	61,29
6	150,88	61,33
PROMEDIO	150,88	59,76
ESTÁNDAR	150,80	61,37
TOLERANCIAS (±)		0,127
ERROR	0,08	-1,61

N° DE MEDICIONES	PESA	
	ANULAR kg	RANURADA kg
1	2,268	2,303
ESTÁNDAR	2,270	2,270
TOLERANCIAS (±)	0,02	0,02
ERROR	-0,002	0,033

MASA TOTAL	kg
	4,571
ESTÁNDAR	4,540
TOLERANCIAS (±)	0,02
ERROR	0,031

FIN DEL DOCUMENTO

LABORATORIO PUNTO DE PRECISIÓN SAC

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

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

PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

Laboratorio PP

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N°LL-2070-2022

Expediente : **124-2022**
Fecha de emisión : 2022-07-09

1. Solicitante : **KAE INGENIERIA S.A.C.**

Dirección : PJ. FATIMA MZA. Y1 LOTE. 01A P.J. MIRAFLORES ALTO - CHIMBOTE - SANTA - ANCASH

2. Instrumento : **PIE DE REY**

Tipo de Indicación : **DIGITAL**

Alcance de Indicación : **300 mm**

División minima : **0,01 mm**

Marca : **ACCUD**
Modelo : **111-012-12**
Serie : **190508468**
Procedencia : **NO INDICA**
Código de Identificación : **NO INDICA**

3. Lugar y fecha de Calibración

La calibración se realizó en PJ. FATIMA MZA. Y1 LOTE. 01A P.J. MIRAFLORES ALTO - CHIMBOTE - SANTA - ANCASH:
Fecha de calibración: 2022-07-08

4. Método de Calibración

La calibración se efectuó por comparación directa según el PC-012 " Procedimiento de calibración de pie de rey del Indecopi -SNM" Edición 5 , 2012.

5. Trazabilidad

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO	TRAZABILIDAD
JUEGO DE BLOQUES PATRON	INSIZE	LLA - C - 032 - 2022	INACAL - DA
BLOQUE PATRÓN	INSIZE	LLA - C - 032 - 2022	INACAL - DA
VARILLA PATRÓN	INSIZE	LLA - 208 - 2022	INACAL - DA
ANILLO PATRÓN	INSIZE	LLA - 025 - 2022	INACAL - DA
TERMÓMETRO DE CONTACTO	NO INDICA	CC-7836-2021	INACAL - DA

6. Condiciones Ambientales

	INICIAL	FINAL
Temperatura °C	21,6	21,7
Humedad %	66,3	66,3

7. Observaciones

- Se colocó una etiqueta autodhesiva de color verde con la indicación "CALIBRADO"
- La incertidumbre de la medición ha sido calculada con un factor de cobertura k=2, para un nivel de confianza aproximado del 95 %.

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

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

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

LABORATORIO PUNTO DE PRECISIÓN SAC

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

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

8. Resultados

ERROR DE REFERENCIA INICIAL

Valor Nominal (mm)	Promedio (mm)	Error (µm)
0,00	0,00	0

ERROR DE CONTACTO DE LA SUPERFICIE PARCIAL PARA MEDICIÓN DE EXTERIORES

Valor Nominal (mm)	Valor Patrón (mm)	Indicación del Pie de Rey			Promedio (mm)	Error (µm)
		Superior (mm)	Central (mm)	Inferior (mm)		
0,00	0,000	0,00	0,00	0,00	0,000	0
50,00	50,000	49,99	50,01	50,00	50,000	0
100,00	100,000	100,01	100,00	99,99	100,000	0
150,00	150,000	150,00	149,99	150,00	149,997	-3
200,00	200,000	200,01	200,02	200,00	200,010	11
250,00	250,000	250,01	250,00	249,99	250,000	1
300,00	300,000	299,98	299,98	299,99	299,983	-15

ERROR CONTACTO DE LA SUPERFICIE PARCIAL

Valor Nominal (mm)	Error (E) (µm)
200,00	20

ERROR DE REPETIBILIDAD

Valor Nominal (mm)	Error (R) (µm)
300,00	10

ERROR DE CAMBIO DE ESCALA DE EXTERIORES A INTERIORES

Valor Nominal (mm)	Error (S_{E-I}) (µm)
20,00	-3

ERROR DE CAMBIO DE ESCALA DE EXTERIORES A PROFUNDIDAD

Valor Nominal (mm)	Error (S_{E-P}) (µm)
20,00	-3

LABORATORIO PUNTO DE PRECISIÓN SAC

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

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

ERROR DE CONTACTO LINEAL

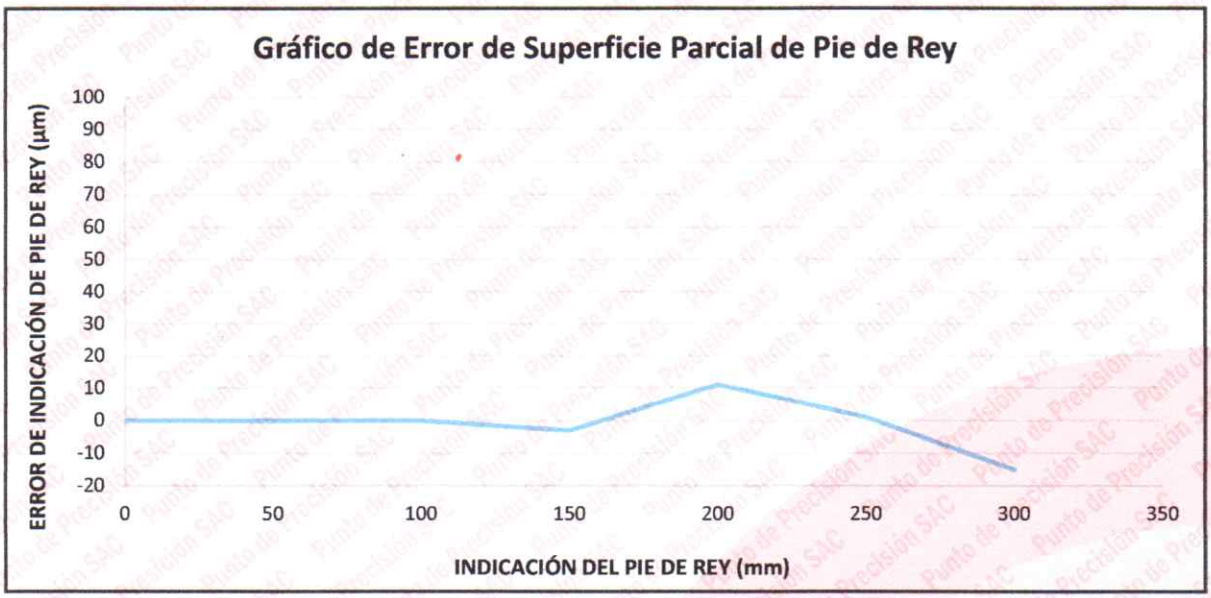
Valor Nominal (mm)	Error (L) (µm)
10,00	0

ERROR DE CONTACTO DE SUPERFICIE COMPLETA

Valor Nominal (mm)	Error (J) (µm)
10,00	10

ERROR DEBIDO A LA DISTANCIA DE CRUCE DE LAS SUPERFICIES DE MEDICIÓN DE INTERIORES

Valor Nominal (mm)	Error (K) (µm)
5,00	0



INCERTIDUMBRE DEL PIE DE REY

$U\ (k=2) = (\ 16{,}50^2 + 0{,}04^2 \times L^2\ )^{1/2}$ µm

Incertidumbre para L = mm	20 µm

Fin del documento

LABORATORIO PUNTO DE PRECISIÓN SAC

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

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

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

Laboratorio PP

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LL - 2075 - 2022

Expediente : **124-2022**
Fecha de emisión : 2022-07-09

1. Solicitante : **KAE INGENIERIA S.A.C.**

Dirección : PJ. FATIMA MZA. Y1 LOTE. 01A P.J. MIRAFLORES ALTO - CHIMBOTE - SANTA - ANCASH

2. Instrumento de Medición : **COMPARADOR DE CUADRANTE**

Tipo de Indicación	: **ANALÓGICO**
Alcance de Indicación	: **0 mm a 25 mm**
División de Escala	: **0,01 mm**
Marca	: **GENSIZE**
Modelo	: **NO INDICA**
Serie	: **8400**

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

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

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

3. Lugar y fecha de Calibración
PJ. FATIMA MZA. Y1 LOTE. 01A P.J. MIRAFLORES ALTO - CHIMBOTE - SANTA - ANCASH
08 - JULIO - 2022

4. Método de Calibración
La calibración se efectuó por comparación directa tomando como referencia el Procedimiento de calibración de Comparadores de cuadrante PC-014 (2da Edición 2001) del servicio nacional de metrología, del INACAL - DM.

5. Trazabilidad

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO	TRAZABILIDAD
BLOQUES PLANOPARALELOS	INSIZE	LLA - C - 032 - 2022	INACAL - DM

6. Condiciones Ambientales

	INICIAL	FINAL
Temperatura °C	22,2	22,3
Humedad %	61	61

7. Observaciones
Los resultados de las mediciones efectuadas se muestran en la página 02 del presente documento.
Con fines de identificación se colocó una etiqueta autoadhesiva de color verde con la indicación "CALIBRADO"

LABORATORIO PUNTO DE PRECISIÓN SAC

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

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

Resultados

ALCANCE DEL ERROR DE INDICACIÓN (f_e)

VALOR PATRÓN	INDICACIÓN DEL COMPARADOR	ERROR DE INDICACIÓN
mm	mm	mm
0,00	0,00	0,00
1,00	1,01	0,01
2,00	2,00	0,00
5,00	5,01	0,01
8,00	8,00	0,00
10,00	10,01	0,01
12,00	12,02	0,02
13,00	13,01	0,01
15,00	15,01	0,01
20,00	20,02	0,02
25,00	25,03	0,03

Alcance de error de indicación (f_e) : 0,03 mm
Incertidumbre del error de indicación : ± 3 µm

ERROR DE REPETIBILIDAD (f_w)

VALOR PATRÓN mm	INDICACIÓN DEL COMPARADOR mm	ERROR DE INDICACIÓN mm
13,00	13,01	0,01
	13,02	0,02
	13,01	0,01
	13,01	0,01
	13,02	0,02

Error de Repetibilidad (f_w) : 0,02 mm
Incertidumbre de medición : ± 3 µm

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

FIN DEL DOCUMENTO

LABORATORIO PUNTO DE PRECISIÓN SAC

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

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

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM-422-2022

Expediente : **124-2022**
Fecha de Emisión : 2022-07-11

1. **Solicitante** : **KAE INGENIERIA S.A.C.**

Dirección : PJ. FATIMA MZA. Y1 LOTE. 01A P.J. MIRAFLORES ALTO - CHIMBOTE - SANTA - ANCASH

2. **Instrumento de Medición** : **BALANZA**

Marca	: **OHAUS**
Modelo	: **SPX6201**
Número de Serie	: **C039175150**
Alcance de Indicación	: **6 200 g**
División de Escala de Verificación (e)	: **0,1 g**
División de Escala Real (d)	: **0,1 g**
Procedencia	: **NO INDICA**
Identificación	: **NO INDICA**
Tipo	: **ELECTRÓNICA**
Ubicación	: **LABORATORIO**
Fecha de Calibración	: **2022-07-08**

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

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones en que se realizarón las mediciones y no debe ser utilizado como certificado de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

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

3. **Método de Calibración**
La calibración se realizó mediante el método de comparación según el PC-011 4ta Edición, 2010; Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase I y II del SNM-INDECOPI.

4. **Lugar de Calibración**
LABORATORIO de KAE INGENIERIA S.A.C.
PJ. FATIMA MZA. Y1 LOTE. 01A P.J. MIRAFLORES ALTO - CHIMBOTE - SANTA - ANCASH

LABORATORIO PUNTO DE PRECISIÓN SAC

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

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106
www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

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

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN Nº LM-422-2022

5. Condiciones Ambientales

	Mínima	Máxima
Temperatura	20,1	20,3
Humedad Relativa	63,8	63,8

6. Trazabilidad

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

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
INACAL - DM	Juego de pesas (exactitud F1)	PE21-C-0084-2021
	Pesa (exactitud F1)	1AM-0055-2022

7. Observaciones

Antes del ajuste, la indicación de la balanza fue de 6 198,9 g para una carga de 6 200,0 g
El ajuste de la balanza se realizó con las pesas de Punto de Precisión S.A.C.
Los errores máximos permitidos (e.m.p.) para esta balanza corresponden a los e.m.p. para balanzas en uso de funcionamiento no automático de clase de exactitud II, según la Norma Metrológica Peruana 003 - 2009. Instrumentos de Pesaje de Funcionamiento no Automático.

Se colocó una etiqueta autoadhesiva de color verde con la indicación de "CALIBRADO".
Los resultados de este certificado de calibración no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

8. Resultados de Medición

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

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

	Inicial	Final
Temp. (°C)	20,1	20,2

Medición Nº	Carga L1= 3 100,00 g			Carga L2= 6 200,01 g		
	I (g)	ΔL (g)	E (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)
1	3 100,0	0,06	-0,01	6 200,0	0,08	-0,04
2	3 100,0	0,09	-0,04	6 200,1	0,05	0,09
3	3 099,9	0,04	-0,09	6 200,1	0,09	0,05
4	3 100,0	0,08	-0,03	6 200,0	0,06	-0,02
5	3 100,0	0,06	-0,01	6 200,0	0,08	-0,04
6	3 100,0	0,09	-0,04	6 200,0	0,05	-0,01
7	3 100,0	0,07	-0,02	6 200,0	0,07	-0,03
8	3 099,9	0,04	-0,09	6 200,0	0,09	-0,05
9	3 100,0	0,08	-0,03	6 200,0	0,06	-0,02
10	3 099,9	0,03	-0,08	6 200,0	0,08	-0,04
Diferencia Máxima			0,08			0,14
Error máximo permitido	±	0,3 g		±	0,3 g	

LABORATORIO PUNTO DE PRECISIÓN SAC

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

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106
www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

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

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN Nº LM-422-2022

2	1	5
3		4

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

	Inicial	Final
Temp. (°C)	20,2	20,3

Posición de la Carga	Determinación de E_o				Determinación del Error corregido				
	Carga mínima (g)	I (g)	ΔL (g)	Eo (g)	Carga L (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)
1	1,00	1,0	0,07	-0,02	2 000,00	1 999,9	0,04	-0,09	-0,07
2		1,0	0,05	0,00		1 999,9	0,03	-0,08	-0,08
3		1,0	0,09	-0,04		2 000,0	0,07	-0,02	0,02
4		1,0	0,06	-0,01		2 000,0	0,09	-0,04	-0,03
5		1,0	0,08	-0,03		1 999,9	0,03	-0,08	-0,05

(*) valor entre 0 y 10 e

Error máximo permitido : ± 0,3 g

ENSAYO DE PESAJE

	Inicial	Final
Temp. (°C)	20,3	20,3

Carga L (g)	CRECIENTES				DECRECIENTES				± emp (g)
	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	
1,00	1,0	0,06	-0,01						
5,00	5,0	0,08	-0,03	-0,02	5,0	0,05	0,00	0,01	0,1
20,00	20,0	0,05	0,00	0,01	20,0	0,09	-0,04	-0,03	0,1
50,00	50,0	0,09	-0,04	-0,03	50,0	0,06	-0,01	0,00	0,1
500,00	500,0	0,06	-0,01	0,00	500,0	0,08	-0,03	-0,02	0,1
1 000,00	1 000,0	0,08	-0,03	-0,02	1 000,0	0,05	0,00	0,01	0,2
1 500,00	1 500,0	0,07	-0,02	-0,01	1 500,0	0,09	-0,04	-0,03	0,2
2 000,00	1 999,9	0,04	-0,09	-0,08	2 000,0	0,06	-0,01	0,00	0,2
5 000,01	5 000,1	0,09	0,05	0,06	5 000,1	0,08	0,06	0,07	0,3
6 000,01	6 000,0	0,05	-0,01	0,00	6 000,1	0,06	0,08	0,09	0,3
6 200,01	6 200,1	0,07	0,07	0,08	6 200,1	0,07	0,07	0,08	0,3

e.m.p.: error máximo permitido

Lectura corregida e incertidumbre expandida del resultado de una pesada

$$R_{corregida} = R + 5{,}66\times10^{-9} \times R$$

Incertidumbre

$$U_R = 2\sqrt{4{,}40\times10^{-3}\ g^2 + 6{,}37\times10^{-10} \times R^2}$$

R : Lectura de la balanza ΔL: Carga Incrementada E: Error encontrado E_o: Error en cero E_c: Error corregido

R : en g

FIN DEL DOCUMENTO

LABORATORIO PUNTO DE PRECISIÓN SAC

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

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106
www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

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

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM-423-2022

Expediente : **124-2022**
Fecha de Emisión : 2022-07-11

1. **Solicitante** : **KAE INGENIERIA S.A.C.**

Dirección : PJ. FATIMA MZA. Y1 LOTE. 01A P.J. MIRAFLORES ALTO - CHIMBOTE - SANTA - ANCASH

2. **Instrumento de Medición** : **BALANZA**

Marca	: **OHAUS**
Modelo	: **SE602F**
Número de Serie	: **B528438327**
Alcance de Indicación	: **600 g**
División de Escala de Verificación (e)	: **0,1 g**
División de Escala Real (d)	: **0,01 g**
Procedencia	: **NO INDICA**
Identificación	: **NO INDICA**
Tipo	: **ELECTRÓNICA**
Ubicación	: **LABORATORIO**
Fecha de Calibración	: **2022-07-08**

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

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones en que se realizarón las mediciones y no debe ser utilizado como certificado de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

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

3. **Método de Calibración**
La calibración se realizó mediante el método de comparación según el PC-001 1ra Edición, 2019; Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase III y IIII del INACAL-DM.

4. **Lugar de Calibración**
LABORATORIO de KAE INGENIERIA S.A.C.
PJ. FATIMA MZA. Y1 LOTE. 01A P.J. MIRAFLORES ALTO - CHIMBOTE - SANTA - ANCASH

LABORATORIO PUNTO DE PRECISIÓN SAC

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

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106
www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

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

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN Nº LM-423-2022

2		5
	1	
3		4

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

	Inicial	Final
Temp. (°C)	20,7	20,7

Posición de la Carga	Determinación de E_o				Determinación del Error corregido				
	Carga mínima (g)	I (g)	ΔL (g)	Eo (g)	Carga L (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)
1	0,100	0,10	0,008	-0,003	200,000	199,99	0,004	-0,009	-0,006
2		0,10	0,005	0,000		200,00	0,008	-0,003	-0,003
3		0,10	0,007	-0,002		200,00	0,006	-0,001	0,001
4		0,10	0,009	-0,004		199,99	0,004	-0,009	-0,005
5		0,10	0,006	-0,001		199,98	0,007	-0,022	-0,021

(*) valor entre 0 y 10 e

Error máximo permitido : ± 0,3 g

ENSAYO DE PESAJE

	Inicial	Final
Temp. (°C)	20,7	20,6

Carga L (g)	CRECIENTES				DECRECIENTES				± emp (g)
	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	
0,100	0,10	0,008	-0,003						
0,200	0,20	0,005	0,000	0,003	0,20	0,009	-0,004	-0,001	0,1
20,000	20,00	0,009	-0,004	-0,001	20,04	0,006	0,039	0,042	0,1
50,000	50,01	0,006	0,009	0,012	50,04	0,008	0,037	0,040	0,1
70,000	70,00	0,008	-0,003	0,000	70,03	0,005	0,030	0,033	0,2
100,000	100,01	0,005	0,010	0,013	100,03	0,007	0,028	0,031	0,2
150,000	150,01	0,009	0,006	0,009	150,02	0,008	0,017	0,020	0,2
200,000	200,00	0,006	-0,001	0,002	200,01	0,005	0,010	0,013	0,2
400,001	400,01	0,008	0,006	0,009	400,01	0,009	0,005	0,008	0,3
500,000	500,00	0,005	0,000	0,003	500,01	0,007	0,008	0,011	0,3
600,001	600,01	0,009	0,005	0,008	600,01	0,009	0,005	0,008	0,3

e.m.p.: error máximo permitido

Lectura corregida e incertidumbre expandida del resultado de una pesada

$$R_{corregida} = R - 1{,}84\times10^{-5} \times R$$

Incertidumbre

$$U_R = 2\sqrt{1{,}83\times10^{-4}\ g^2 + 1{,}00\times10^{-9} \times R^2}$$

R : Lectura de la balanza ΔL: Carga Incrementada E: Error encontrado E_o: Error en cero E_c: Error corregido

R : en g

FIN DEL DOCUMENTO

LABORATORIO PUNTO DE PRECISIÓN SAC

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

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106
www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

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

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM-424-2022

Expediente : **124-2022**
Fecha de Emisión : 2022-07-11

1. **Solicitante** : **KAE INGENIERIA S.A.C.**

Dirección : PJ. FATIMA MZA. Y1 LOTE. 01A P.J. MIRAFLORES ALTO - CHIMBOTE - SANTA - ANCASH

2. **Instrumento de Medición** : **BALANZA**

Marca	: **OHAUS**
Modelo	: **R21PE30ZH**
Número de Serie	: **B847507395**
Alcance de Indicación	: **30 000 g**
División de Escala de Verificación (e)	: **10 g**
División de Escala Real (d)	: **1 g**
Procedencia	: **NO INDICA**
Identificación	: **NO INDICA**
Tipo	: **ELECTRÓNICA**
Ubicación	: **LABORATORIO**
Fecha de Calibración	: **2022-07-08**

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

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones en que se realizarón las mediciones y no debe ser utilizado como certificado de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

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

3. **Método de Calibración**
La calibración se realizó mediante el método de comparación según el PC-001 1ra Edición, 2019; Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase III y IIII del INACAL-DM.

4. **Lugar de Calibración**
LABORATORIO de KAE INGENIERIA S.A.C.
PJ. FATIMA MZA. Y1 LOTE. 01A P.J. MIRAFLORES ALTO - CHIMBOTE - SANTA - ANCASH

LABORATORIO PUNTO DE PRECISIÓN SAC

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

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106
www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

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

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN Nº LM-424-2022

5. Condiciones Ambientales

	Mínima	Máxima
Temperatura	19,6	19,7
Humedad Relativa	61,9	62,9

6. Trazabilidad

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

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
INACAL - DM	Juego de pesas (exactitud F1)	PE21-C-0084-2021
	Pesa (exactitud F1)	LM-C-018-2022
	Pesa (exactitud F1)	1AM-0055-2022
	Pesa (exactitud F1)	1AM-0056-2022

7. Observaciones

Antes del ajuste, la indicación de la balanza fue de 30 006 g para una carga de 30 000 g
El ajuste de la balanza se realizó con las pesas de Punto de Precisión S.A.C.
Los errores máximos permitidos (e.m.p.) para esta balanza corresponden a los e.m.p. para balanzas en uso de funcionamiento no automático de clase de exactitud III, según la Norma Metrológica Peruana 003 - 2009. Instrumentos de Pesaje de Funcionamiento no Automático.

Se colocó una etiqueta autoadhesiva de color verde con la indicación de "CALIBRADO".
Los resultados de este certificado de calibración no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

8. Resultados de Medición

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

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

	Inicial	Final
Temp. (°C)	19,6	19,6

Medición	Carga L1= 15 000,0 g			Carga L2= 30 000,0 g		
Nº	I (g)	ΔL (g)	E (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)
1	15 000	0,9	-0,4	30 000	0,5	0,0
2	15 000	0,5	0,0	30 000	0,9	-0,4
3	15 000	0,8	-0,3	30 001	0,6	0,9
4	15 000	0,6	-0,1	30 000	0,8	-0,3
5	15 000	0,9	-0,4	30 000	0,5	0,0
6	15 000	0,5	0,0	30 000	0,7	-0,2
7	15 000	0,8	-0,3	30 001	0,9	0,6
8	15 000	0,5	0,0	30 000	0,6	-0,1
9	15 000	0,7	-0,2	30 000	0,8	-0,3
10	15 000	0,9	-0,4	30 000	0,5	0,0
Diferencia Máxima			0,4			1,3
Error máximo permitido	±	20 g		±	30 g	

LABORATORIO PUNTO DE PRECISIÓN SAC

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

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106
www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

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

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN Nº LM-424-2022

2		5
	1	
3		4

ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

	Inicial	Final
Temp. (°C)	19,6	19,7

Posición de la Carga	Determinación de E_0				Determinación del Error corregido				
	Carga mínima (g)	I (g)	ΔL (g)	Eo (g)	Carga L (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)
1	10,0	10	0,6	-0,1	10 000,0	10 000	0,9	-0,4	-0,3
2		10	0,8	-0,3		10 000	0,6	-0,1	0,2
3		10	0,5	0,0		10 000	0,8	-0,3	-0,3
4		10	0,9	-0,4		10 000	0,5	0,0	0,4
5		10	0,7	-0,2		9 999	0,9	-1,4	-1,2

(*) valor entre 0 y 10 e

Error máximo permitido : ± 20 g

ENSAYO DE PESAJE

	Inicial	Final
Temp. (°C)	19,7	19,7

Carga L (g)	CRECIENTES				DECRECIENTES				± emp (g)
	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	I (g)	ΔL (g)	E (g)	Ec (g)	
10,0	10	0,8	-0,3						
20,0	20	0,5	0,0	0,3	20	0,9	-0,4	-0,1	10
500,0	500	0,9	-0,4	-0,1	500	0,6	-0,1	0,2	10
2 000,0	2 000	0,6	-0,1	0,2	2 000	0,8	-0,3	0,0	10
5 000,0	5 000	0,8	-0,3	0,0	5 000	0,5	0,0	0,3	10
7 000,0	7 000	0,5	0,0	0,3	7 000	0,9	-0,4	-0,1	20
10 000,0	10 000	0,7	-0,2	0,1	10 000	0,6	-0,1	0,2	20
15 000,0	15 000	0,9	-0,4	-0,1	15 000	0,8	-0,3	0,0	20
20 000,0	20 000	0,6	-0,1	0,2	20 001	0,5	1,0	1,3	20
25 000,0	25 001	0,8	0,7	1,0	25 000	0,7	-0,2	0,1	30
30 000,0	30 001	0,5	1,0	1,3	30 001	0,5	1,0	1,3	30

e.m.p.: error máximo permitido

Lectura corregida e incertidumbre expandida del resultado de una pesada

$$R_{corregida} = R - 2{,}16\times10^{-5} \times R$$

Incertidumbre

$$U_R = 2\sqrt{4{,}40\times10^{-1}\ g^2 + 1{,}25\times10^{-9} \times R^2}$$

R: Lectura de la balanza ΔL: Carga Incrementada E: Error encontrado E_o: Error en cero E_c: Error corregido

R : en g

FIN DEL DOCUMENTO

LABORATORIO PUNTO DE PRECISIÓN SAC

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

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106
www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

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

ANEXO 6:

INFORMACIÓN RELACIONADA CON LA BASE TÉORICA

Anexo 6.1. – Número de calicatas para exploración de suelos

Tipo de Carretera	Número mínimo de Calicatas
Autopistas: carreteras de IMDA mayor de 6000 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles.	Calzada 2 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido Calzada 3 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido Calzada 4 carriles por sentido: 6 calicatas x km x sentido
Carreteras Duales o Multicarril: carreteras de IMDA entre 6000 y 4001 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles.	Calzada 2 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido Calzada 3 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido Calzada 4 carriles por sentido: 6 calicatas x km x sentido
Carreteras de Primera Clase: carreteras con un IMDA entre 4000-2001 veh/día, de una calzada de dos carriles.	4 calicatas x km
Carreteras de Segunda Clase: carreteras con un IMDA entre 2000-401 veh/día, de una calzada de dos carriles.	3 calicatas x km
Carreteras de Tercera Clase: carreteras con un IMDA entre 400-201 veh/día, de una calzada de dos carriles.	2 calicatas x km
Carreteras de Bajo Volumen de Tránsito: carreteras con un IMDA ≤ 200 veh/día, de una calzada.	1 calicata x km

Nota: Adaptada de Manual de Carreteras – Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos – Sección Suelos y Pavimentos (pág. 28), por Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014, MTC.

Anexo 6.2. – Número de ensayos de CBR

Tipo de Carretera	Número CBR
Autopistas: carreteras de IMDA mayor de 6000 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles.	Calzada 2 carriles por sentido: 1 CBR cada 1 km x sentido Calzada 3 carriles por sentido: 1 CBR cada 1 km x sentido Calzada 4 carriles por sentido: 1 CBR cada 1 km x sentido
Carreteras Duales o Multicarril: carreteras de IMDA entre 6000 y 4001 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles.	Calzada 2 carriles por sentido: 1 CBR cada 1 km x sentido Calzada 3 carriles por sentido: 1 CBR cada 1 km x sentido Calzada 4 carriles por sentido: 1 CBR cada 1 km x sentido
Carreteras de Primera Clase: carreteras con un IMDA entre 4000-2001 veh/día, de una calzada de dos carriles.	1 CBR cada 1 km
Carreteras de Segunda Clase: carreteras con un IMDA entre 2000-401 veh/día, de una calzada de dos carriles.	Cada 1.5 km se realizará un CBR
Carreteras de Tercera Clase: carreteras con un IMDA entre 400-201 veh/día, de una calzada de dos carriles.	Cada 2 km se realizará un CBR
Carreteras de Bajo Volumen de Tránsito: carreteras con un IMDA ≤ 200 veh/día, de una calzada.	Cada 3 km se realizará un CBR

Nota: *Adaptada de Manual de Carreteras – Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos – Sección Suelos y Pavimentos (pág. 30), por Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014, MTC.*

Anexo 6.3. – Sistema unificado de clasificación de suelo (basado en el material que pasa por el tamiz N° 200)

Criterio para la asignación de símbolos de grupo				Símbolos de grupo
Suelos de grano grueso Más de 50% retenido en el tamiz núm. 200	**Gravas** Más de 50% de fracción gruesa retenida en el tamiz núm. 4	**Gravas** limpias Menos de 5% finos[a]	$C_u \geq 4$ y $1 \leq C_c \leq 3$[c] $C_u < 4$ y/o $1 > C_c > 3$[c]	GW GP
		Gravas con finos Más de 12% finos[a,d]	*PI* < 4 o gráficos por debajo de línea "A" (figura 5) *PI* >7 y gráficos en o por encima de línea "A" (figura 5)	GM GC
	Arenas 50% o más de la fracción gruesa pasa tamiz núm. 4	**Arenas** limpias Menos de 5% finos[b]	$C_u \geq 6$ y $1 \leq C_c \leq 3$[c] $C_u < 6$ y/o $1 > C_c > 3$[c]	SW SP
		Arenas con finos Más de 12% finos[b,d]	*PI* < 4 o gráficos por debajo de línea "A" (figura 5) *PI* >7 y gráficos en o por encima de línea "A" (figura 5)	SM SC
Suelos de grano fino 50% o más pasa a través del tamiz núm. 200	**Limos y arcillas** Límite líquido menor que 50	Inorgánico	*PI* >7 y gráficos en o por encima de línea "A" (figura 5)[e] *PI* < 4 o gráficos por debajo de línea "A" (figura 5)[e]	CL ML
		Orgánico	(Límite líquido: secado / Límite liquido: no secado) < 0.75; vea la figura 5; zona OL	OL
	Limos y arcillas Límite líquido 50 o más	Inorgánico	Gráficos *PI* en o por encima de línea "A" (figura 5) Gráficos *PI* por debajo de "A" línea (figura 5)	CH MH
		Orgánico	(Límite líquido: secado / Límite liquido: no secado) < 0.75; vea la figura 5; zona OH	OH
Suelos altamente orgánicos	Materia orgánica principalmente, color oscuro y orgánico			Pt

Nota: *Reproducida de Fundamentos de Ingeniería Geotécnica (pág. 83), por Das, 2015, Cengage Learning Editores.*

[a]Gravas con 5 a 12% de finos requieren símbolos dobles: GW-GM, GW-GC, GP-GM, GP-GC; [b]Arenas con 5 a 12% de finos requieren símbolos dobles: SW-SM, SW-SC, SP-SM, SP-SC; [c]$Cu = D_{60} / D_{10}$; $Cc = (D_{30})^2 / D_{60} \times D_{10}$; [d]Si $4 \leq PI \leq 7$ y gráficos en la zona rayada en la figura 5, se usa doble símbolo GC-GM o SC-SM; [e]Si $4 \leq PI \leq 7$ y gráficos en la zona rayada en la figura 5, se usa doble símbolo CL-ML; *PI*: Índice de plasticidad.

Anexo 6.4. – Especificaciones para la prueba Proctor estándar y para la prueba Proctor modificada

Tipo de Ensayo	Estándar	Modificado
Masa del pisón	2.5 kg	4.54 kg
Altura de caída del pisón	304.8 mm	457.2 mm
Número de capas de compactación	3	5
Energía de compactación	600 kN.m/m3	2700 kN.m/m3

Concepto	Método A	Método B	Método C
Diámetro del molde	101.6 mm	101.6 mm	152.4 mm
Volumen del molde	944 cm^3	944 cm^3	2124 cm^3
Número de golpes del pisón por capa de suelo	25	25	56
Suelo por usarse	Porción que pasa la malla núm. 4 (4.57 mm). Puede usarse si 20% o menos en peso de material se retiene en la malla núm. 4.	Porción que pasa la malla de 9.5 mm (3/8pulg). Puede usarse si el suelo retenido en la malla núm. 4 es más de 20%, y 20% o menos en peso se retiene en la malla de 9.5 mm (3/8pulg).	Porción que pasa la malla de 19.0 mm (3/4pulg). Puede usarse si más de 20% en peso del material se retiene en la malla de 9.5 mm (3/8pulg), y menos de 30% en peso se retiene en la malla de 19.0 mm (3/4pulg).

Nota: *Adaptada de Fundamentos de Ingeniería de Cimentaciones (págs. 723-724), por Das, 2012, Cengage Learning Editores.*

*La prueba Proctor estándar (basadas en la designación ASTM D-698) y para la prueba Proctor modificada (basada en la designación ASTM D-1557).

Anexo 6.5. – Esfuerzos (lb/plg2) en una muestra patrón (piedra picada estándar) para diferentes profundidades de penetración del pistón

Penetración del pistón		Esfuerzo	
Mm	pulg	MPa	Lb/pulg2
2.5	0.1	6.89	1000
5.0	0.2	10.34	1500
7.5	0.3	13.10	1900
10.0	0.4	15.86	2300
12.5	0.5	17.93	2600

Nota: *Adaptada de Valores de esfuerzo en la muestra patrón, por Sánchez, 2016, (https://es.slideshare.net/castilloaroni/mdulo-6-evaluacin-de-la-sub-rasante-fernando-snchez-sabogal).*

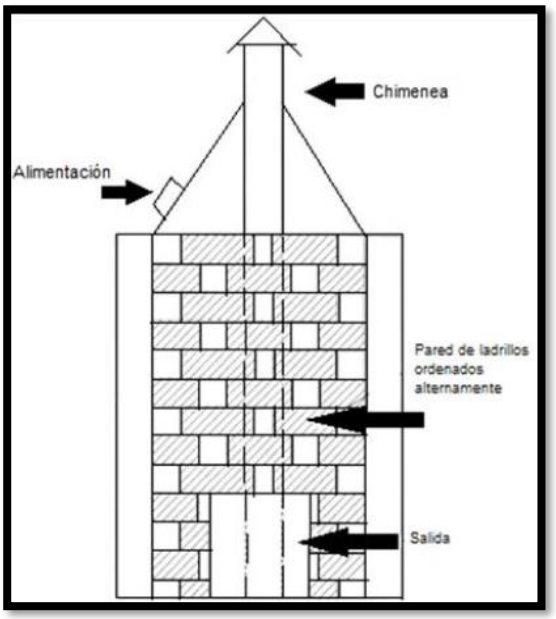
Anexo 6.6 – Tipo de estabilización de suelos

Tipo de Estabilización	Descripción
Estabilización mecánica de suelos	El mecanismo a utilizar es la compactación, disminuyendo así el volumen de vacíos presentes en el suelo (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014, pág. 94).
Estabilización por combinación de suelos	Se escarifica el suelo existente a una profundidad de 15 cm; se humedece o airea y, se elimina las partículas mayores de 75 mm; se mezcla el suelo existente con el material de préstamo, se conforma y compacta alcanzando la densidad y el nivel de subrasante fijado (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014, pág. 94).
Estabilización por sustitución de los suelos	Se tiene 2 casos: El primero, se coloca el material directamente sobre el suelo natural existente y; el segundo, se excava y elimina el material existente y se reemplaza con el nuevo material (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014, págs. 94-95).
Suelos estabilizados con cal	Se consigue por la mezcla de suelo, cal y agua. Esta mezcla provoca una reacción instantánea conocida como floculación e intercambio iónico, paulatinamente con la formación de nuevos productos químicos, se presenta otra reacción de tipo puzolánico. Uno de los efectos de la cal en el suelo, es el de modificar considerablemente su plasticidad (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014, págs. 96-97).

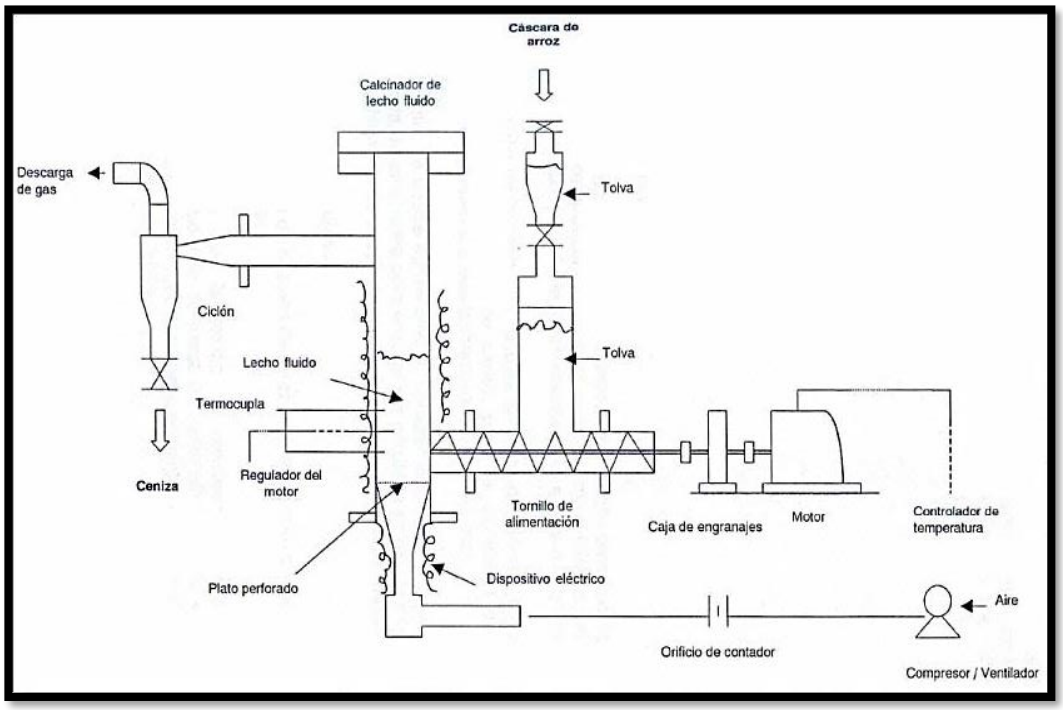
Tipo de Estabilización	Descripción
Suelos estabilizados con cemento	Se obtiene por la mezcla de un suelo bastante disgregado, con cemento, agua y otras esporádicas adiciones, adecuadamente compactada y curada. Así, logramos un suelo endurecido y mucho más resistente, pero que comparado al concreto presenta una resistencia y un módulo de elasticidad inferior (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014, pág. 98).
Suelos estabilizados con escoria	Al aplicarse la escoria en la construcción de la infraestructura vial, previene la explotación de nuevas canteras y el procesamiento de agregados; así también, disminuye el consumo de energía y combustibles, y reduce las emisiones de CO2 al ambiente (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014, pág. 99).
Estabilización con cloruro de sodio	A través del mezclado sobre la plataforma de la vía del suelo, con la sal y el agua, y se continúa con la perfilación de la superficie y compactación. La sal es un estabilizante natural, que se utiliza para el control del polvo en bases y superficies de rodadura para tránsito ligero. En zonas muy secas impide la acelerada evaporación del agua de compactación. La sal tiene la propiedad de ser higroscópico, así aspira la humedad del aire y de los materiales que le rodean, mejorando la cohesión del suelo (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014, págs. 100-101).

Tipo de Estabilización	Descripción
Estabilización con cloruro de calcio	Se realiza mediante el mezclado y compactado del mismo con el suelo; te se aplica una dosificación de 1% - 2% de cloruro de calcio disuelto en agua. Contribuye al proceso de compactación, favorece con la resistencia del suelo, evita el desmoronamiento de la superficie y mitiga el polvo (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014, pág. 101).
Estabilización con cloruro de magnesio	Incrementa la tensión superficial, mejor que el cloruro de calcio, produciendo de esta manera una superficie de rodado más dura. Entre otras propiedades, es Higroscópica, altamente soluble en agua, resistente a la evaporación, ligante y, baja la temperatura de congelamiento (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014, pág. 102).
Estabilización con productos asfálticos	Los productos asfálticos generalmente usados en la estabilización son las emulsiones asfálticas (de fraguado lento, medio y rápido) y los asfaltos fluidificados de viscosidad media. Puede tener como finalidad: Un aumento en la estabilidad del suelo y, una impermeabilización del suelo (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014, pág. 103).
Estabilización con geosintéticos	Los geosintéticos proporcionan resistencia a la tracción y una mejora significativa en el rendimiento y construcción de pavimentos, en comparación a los suelos (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014, pág. 104).

Anexo 6.7.– Horno de ladrillo para la calcinación de cáscara de arroz y el Calcinador de *lecho fluido para cáscara de arroz*

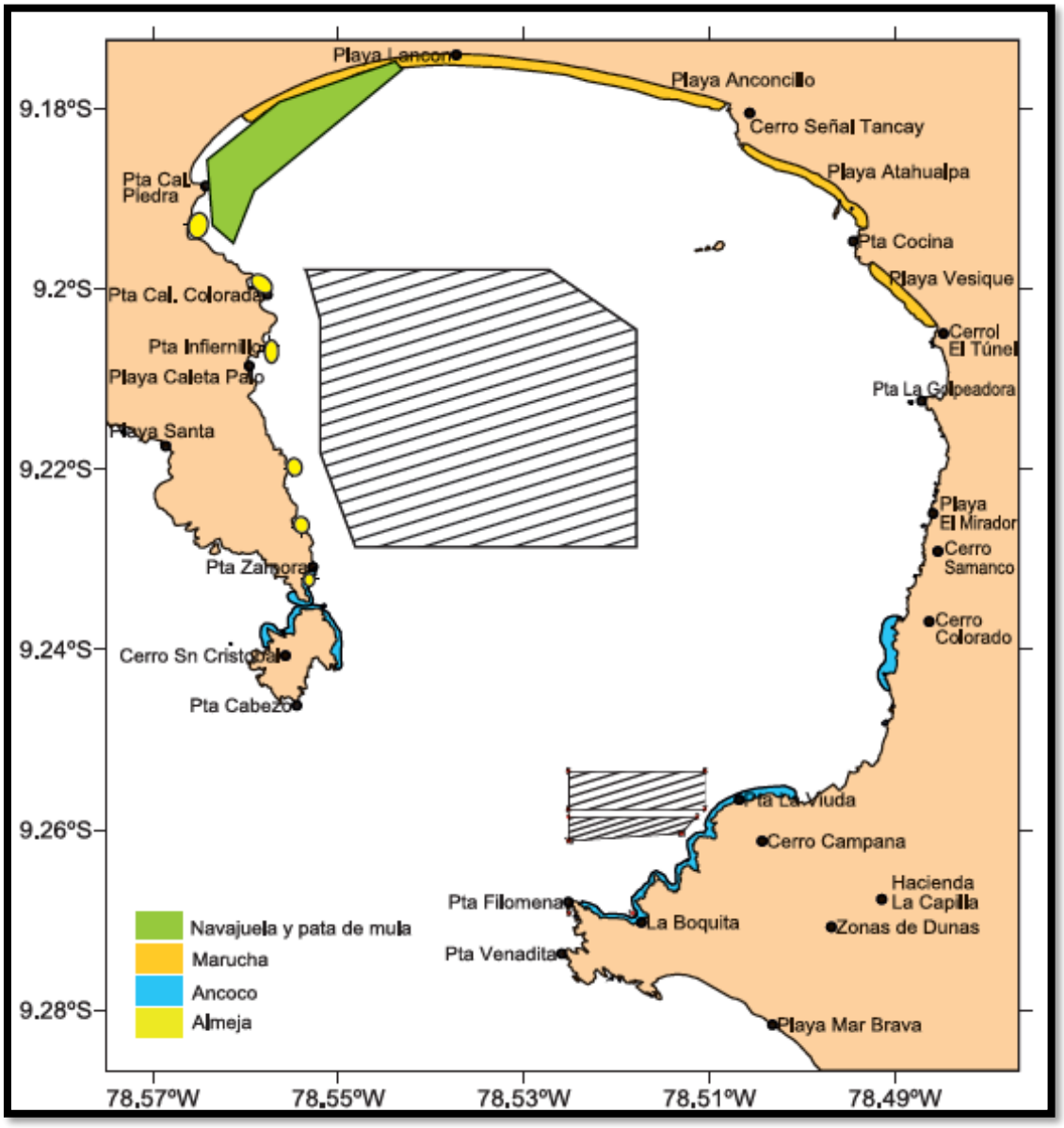


Nota: *Reproducida de La utilización de cáscara de arroz bajo el proceso de calcinación controlada como puzolana artificial en el diseño de morteros para acabados (pág. 36), por Juárez, 2012.*



Nota: *Reproducida de La utilización de cáscara de arroz bajo el proceso de calcinación controlada como puzolana artificial en el diseño de morteros para acabados (pág. 38), por Juárez, 2012.*

Anexo 6.8. – Ubicación geográfica de la Donax Obesulus en la Bahía Samanco



Nota: *Reproducida de "Sinopsis biológico-pesquera de la marucha Donax obesulus Reeve, 1854 en el litoral de Ancash (Bahía Samanco), 2001-2009" (pág. 180), por Berrú y Uribe, 2014, Instituto del Mar del Perú, 41(1-4).*

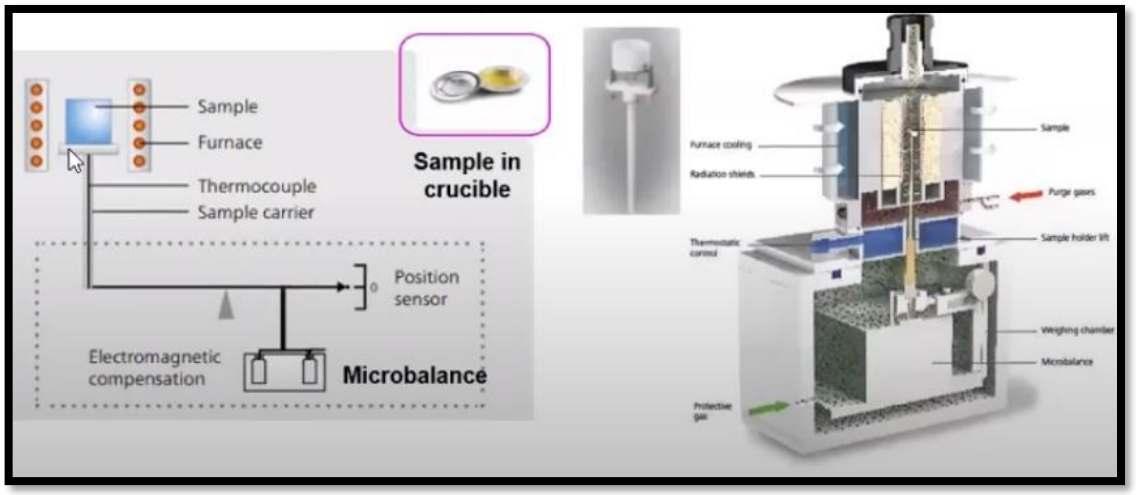
**Como señala la leyenda, lo representado de color anaranjado frente a las playas hace referencia a los bancos de Marucha dentro de la Bahía de Samanco (Ancash).*

Anexo 6.9. – Consideraciones de un método DSC

Parámetros	Descripción	Tipos o Métodos
Calentamiento	Tiene dos métodos de calentamiento; el método lineal y el método isotérmico (Secretaría Vinculación UNAM, 2022).	- Método lineal; la rampa de temperatura se mantiene a una misma temperatura durante todo el experimento (Secretaría Vinculación UNAM, 2022). - Método isotérmico; parte de un valor inicial de temperatura, posteriormente, se eleva rápidamente el calentamiento y se llega hasta un valor isotérmico de temperatura (Secretaría Vinculación UNAM, 2022).
Atmósfera	Este experimento siempre se realiza bajo una atmósfera dinámica. Se tiene dos tipos: Atmósfera inerte y atmósfera oxidante (Secretaría Vinculación UNAM, 2022).	- A. Inerte (Nitrógeno), es común utilizarlo debido a su valor económico (Secretaría Vinculación UNAM, 2022). - A. Inerte (Helio), es escaso y no es de costo económico, pero presente mayor conductividad que, el nitrógeno. Se prefiere cuando se ejecutan experimentos a temperaturas menores a 0 °C (Secretaría Vinculación UNAM, 2022). - A. Oxidante (Aire); se usa en experimentos donde se requiere estudiar procesos de oxidación (Secretaría Vinculación UNAM, 2022).

Parámetros	Descripción	Tipos o Métodos
Crisoles	De los crisoles, depende la finura, fineza o estrechez de los picos que vamos a observar. Cuenta con crisoles de platino, crisoles de alúmina y crisoles de aluminio (Secretaría Vinculación UNAM, 2022).	- Crisol de Platino, es utilizado para experimentos con una temperatura arriba de los 600 °C (Secretaría Vinculación UNAM, 2022). - Crisol de Alúmina (Al2 O3), es usado para experimentos arriba de 600 °C. Aquí se observan picos más coleados (Secretaría Vinculación UNAM, 2022). - Crisol de aluminio, se pueden realizar experimentos con una temperatura de ambiente de hasta 550 °C. Aquí se observan picos más estrechos (Secretaría Vinculación UNAM, 2022).

Anexo 6.10. – Equipo para la técnica de Termogravimetría (TGA)



Nota: *Reproducida de Termogravimetría (TGA) [Gráfico], por Secretaría Vinculación UNAM, 2022, (https://www.youtube.com/watch?v=7LibyHr9ftE).*

Con base en la Secretaría Vinculación UNAM (2022):

El equipo comprende de un horno que rodea a la muestra, debajo del portamuestras hay un termopar que detecta los cambios de temperatura que suceden en la muestra. Y los cambios de peso lo detecta la microbalanza (sistema de pesado) que está unida a este sistema de calentamiento. Mientras el material se somete a calentamiento a través del calor que le imprime tanto el horno como el termopar a través del portamuestras, el sistema de pesado o la microbalanza va ir censando esos cambios de peso.

Las muestras siempre se colocan en unos crisoles (de alúmina, platino o aluminio). Se utiliza crisoles con tapa que en ella presenta un orificio; por lo que, cuando la muestra se va descomponiendo y emite gases, estos puedan escapar por ese orificio y así evitar una sobrepresión en el crisol. Ahora bien, si lo crisoles no resisten altas presiones pueden deformarse. Si la muestra en el calentamiento sufre un cambio de volumen, pueda derramarse por el orificio y salir del contenedor. Además, con una tapa puede transferirse de una mejor manera el calor. En ocasiones, las muestras se analizan

en crisoles abiertos, donde la muestra está más expuesta a la atmósfera dinámica del horno.

Además, como expresa la Secretaría Vinculación UNAM (2022):

Estos experimentos se realizan bajo una atmósfera dinámica, es decir, existe un gas que circula a través de todo el sistema; para que los otros gases producto de la descomposición tengan salida por el escape o tubo de salida del equipo, y así evitar que los mismos, contaminen o ejerzan algún efecto sobre la muestra que se está analizando dentro del horno. Este gas (atmósfera dinámica) también circula alrededor del sistema de pesado (microbalanza), evitando con ello que, los gases producto de la descomposición, ingresen al sistema de pesado y contaminen la microbalanza.

Anexo 6.11. – Consideraciones de un método TGA

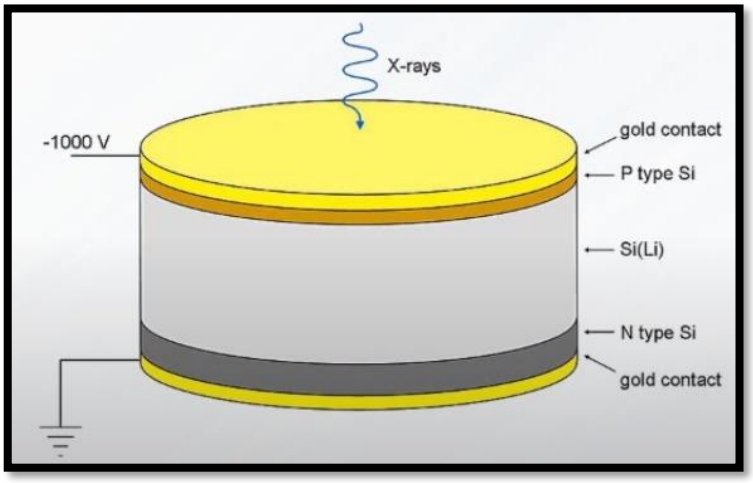
Parámetros	Descripción	Tipos o Métodos
Calentamiento	Tiene dos métodos de calentamiento, el método lineal y el método isotérmico (Secretaría Vinculación UNAM, 2022).	- Método lineal[a]; la rampa de temperatura se mantiene a una temperatura constante durante todo el experimento (Secretaría Vinculación UNAM, 2022). - Método isotérmico[b]; parte de un valor inicial de temperatura, después, se eleva rápidamente el calentamiento y se llega hasta un valor isotérmico de temperatura (Secretaría Vinculación UNAM, 2022).
Atmósfera	Cuenta con dos tipos, Atmósfera Inerte y atmósfera oxidante (Secretaría Vinculación UNAM, 2022).	- A. Inerte (N2 - Nitrógeno, Ar - Argón), se usa una atmósfera inerte cuando se debe evaluar procesos de pirólisis, es decir, descomposición únicamente debida a la temperatura. Es común usar el nitrógeno debido a que es más económico. El Argón es un poco más costoso comparado con el nitrógeno, y es utilizado cuando se realiza experimentos con temperatura altas, en otras palabras, mayor a 800 °C, por lo que, presenta una mayor densidad (Secretaría Vinculación UNAM, 2022). - A. Oxidante (aire, O2 - oxígeno), aire sintético u oxígeno; se utiliza una atmósfera oxidante cuando se va a evaluar procesos de oxidación y combustión (Secretaría Vinculación UNAM, 2022).

Parámetros	Descripción	Tipos o Métodos
Crisoles	Existen diferentes tipos de crisoles, entre ellos se tiene a los crisoles de Alúmina, crisoles de platino y crisoles de aluminio (Secretaría Vinculación UNAM, 2022).	- Crisol de Alúmina (Al2 O3), es resistente a altas temperaturas sin presentar fusión; la alúmina funde alrededor de 1700 °C, entonces, se puede realizar experimentos con una temperatura de ambiente de hasta 1600 °C. No es de costo económico (Secretaría Vinculación UNAM, 2022). - Crisol de Platino, funde alrededor de 1700 °C, entonces se pueden realizar experimentos con una temperatura de ambiente de hasta 1600 °C. No es de costo económico (Secretaría Vinculación UNAM, 2022). - Crisol de Aluminio; el aluminio funde a los 660 °C, entonces se pueden realizar experimentos con una temperatura de ambiente de hasta 550 °C. Es un crisol de mayor conductividad térmica y de costo barato, considerado desechable después de su uso (Secretaría Vinculación UNAM, 2022).

[a]Rampa estándar 10 °C/min. Rampas más lentas, 5 °C/min, 1 °C/min, cuando quieres aumentar la resolución entre dos picos o hacer que el proceso se lleve a cabo de manera lenta. Rampas más rápidas, 20 °C/min, 50 °C/min; cuando deseas que, el proceso de descomposición se realice de una manera más rápida, o bien que, alguna señal aumente de tamaño o se intensifique. Al aumentar la rampa se aumenta la intensidad de una señal. [b]100 °C por un tiempo de 30 o 60 min. o por 2 horas, dependiendo del proceso que se estudia. Para estudios cinéticos se usa el tipo de calentamiento isotérmico. *Los reportes de resultados de TGA para un mismo material a experimentar, darán diferentes resultados, si se utiliza diferentes atmósferas, o si se aplica diferentes métodos de calentamiento.

Anexo 6.12. – Detector utilizado en la Fluorescencia de rayos X dispersa en energía

(FRXDE)

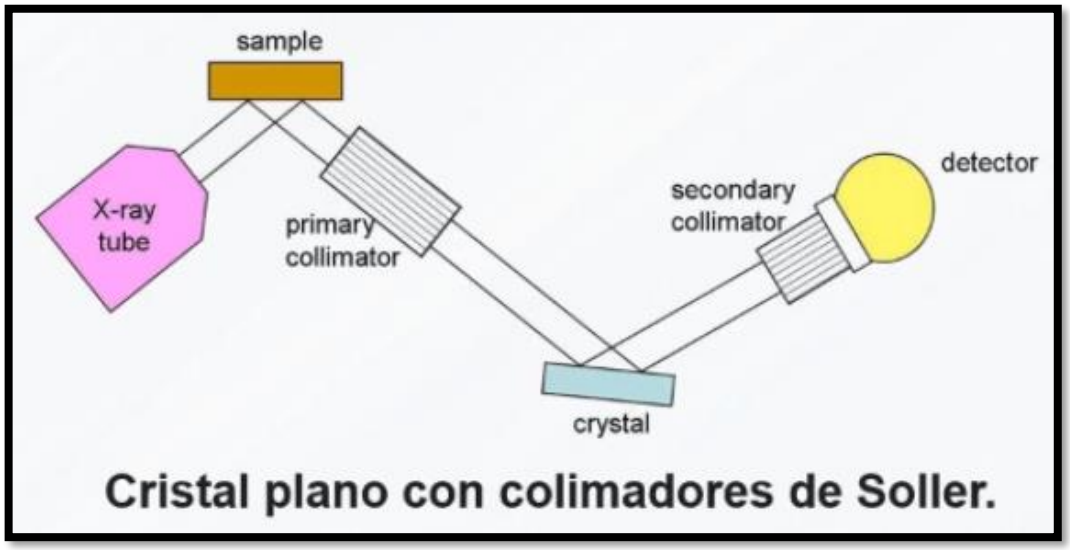


Nota: *Reproducida de Espectrómetros dispersivos de longitud de onda WDXRF [Gráfico], por Atom Education, 2020, (https://www.youtube.com/watch?v=NA2Q1c2xa0o).*

*Se tiene contadores proporcionales y Detectores de estado sólido.

"Un fotón de rayos X entrante ioniza una gran cantidad de átomos detectores y la cantidad de carga producida es proporcional a la energía del fotón entrante" (Atom Education, 2020).

Anexo 6.13 – Detector utilizado en la Fluorescencia de rayos X por dispersión de longitud de onda (FRXDW)



Nota: *Reproducida de Cristal plano con colimadores de Soller [Gráfico], por Atom Education, 2020, (https://www.youtube.com/watch?v=NA2Q1c2xa0o).*

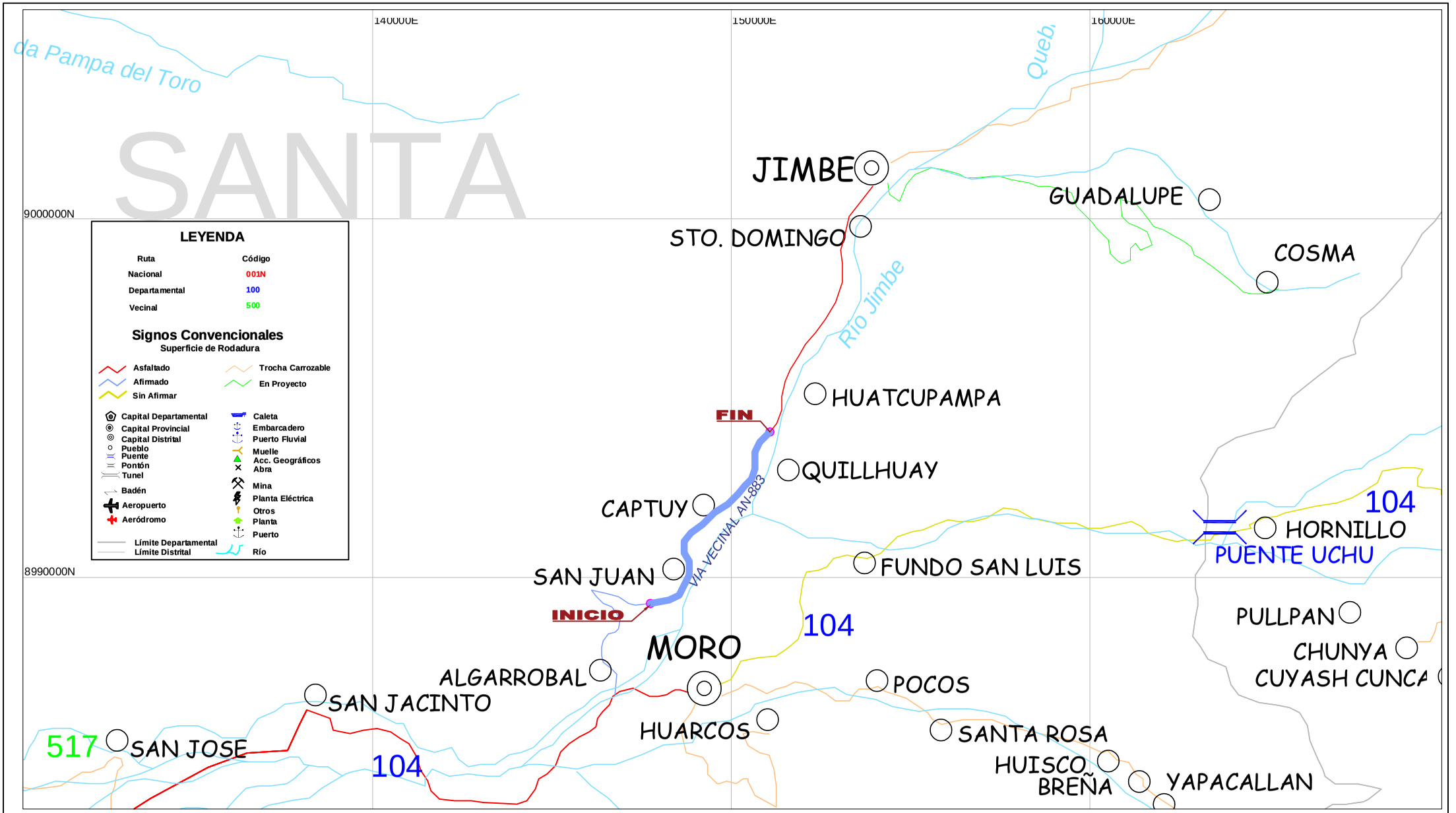
"La radiación de longitud de onda única producida por el monocromador se pasa a un fotomultiplicador (un detector similar a un contador Geiger) que cuenta los fotones individuales a medida que pasan" (Atom Education, 2020).

ANEXO 7:

PLANOS

ANEXO 7.1.:

PLANO DE UBICACIÓN



PLANO DE UBICACIÓN
ESCALA: 1/250000

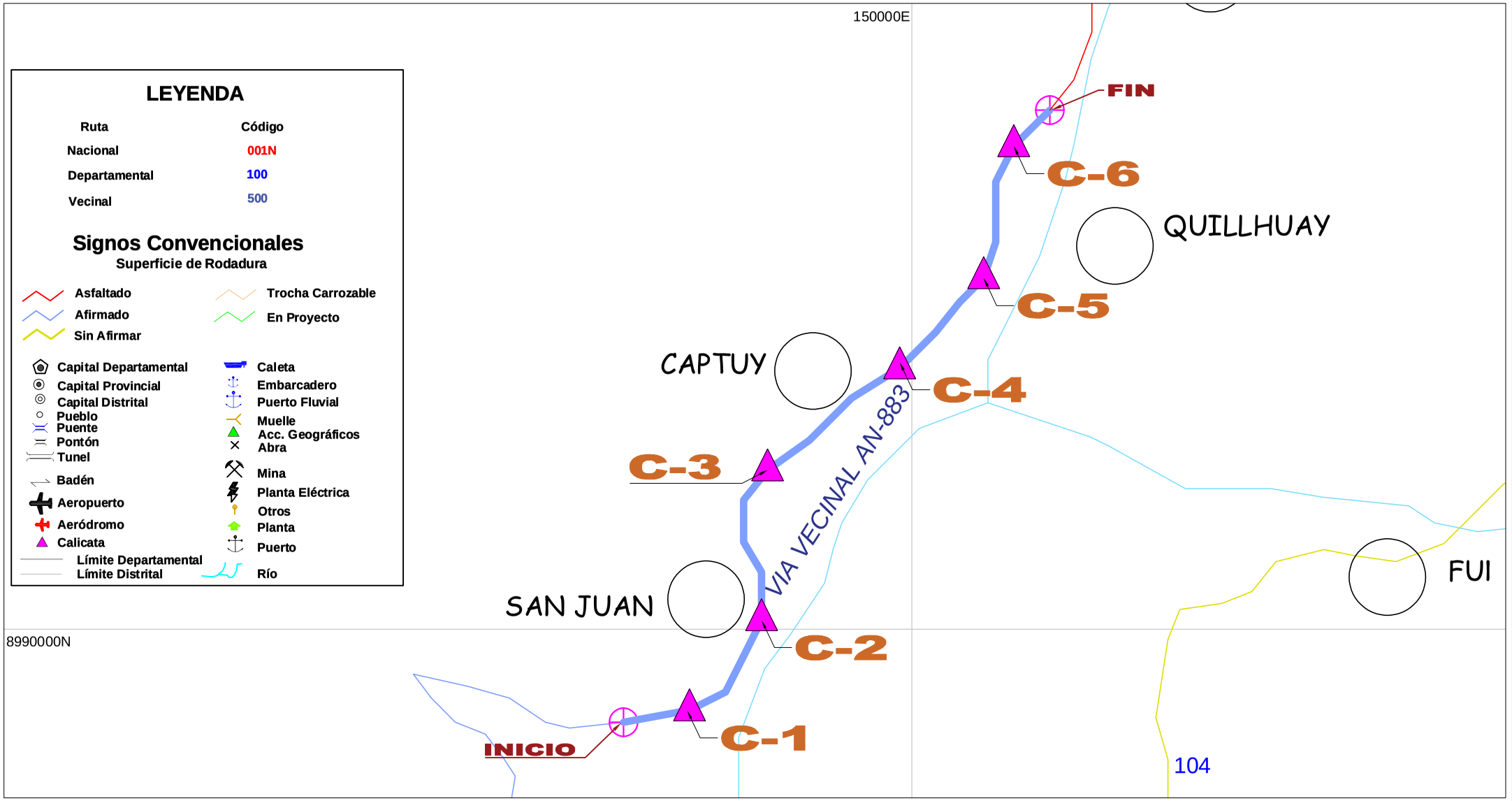
UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

TESIS: "MEJORAMIENTO DE SUBRASANTES DE LA RED VIAL CAPTUY - MORO, CON CENIZAS DE DONAX OBESULUS Y CÁSCARA DE ARROZ, 2021"

PLANO: PLANO DE UBICACIÓN	DEPARTAMENTO: ANCASH
RESPONSABLE: DINA MARGARITA JIMENEZ GONZALES	PROVINCIA: SANTA
	DISTRITO: MORO
LOCALIDAD: CASERIO CAPTUY (VIA VECINAL AN-883)	DESCRIP. LAMIN.: U-01
ESCALA: 1/250000	FECHA: SETIEMBRE,2024
	N° DE LAMIN: 01

ANEXO 7.2.:

PLANO DE UBICACIÓN DE CALICATAS



PLANO DE UBICACIÓN DE CALICATAS
ESCALA: 1/75000

UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

TESIS:
"MEJORAMIENTO DE SUBRASANTES DE LA RED VIAL CAPTUY - MORO, CON CENIZAS DE DONAX OBESULUS Y CÁSCARA DE ARROZ, 2021"

PLANO: PLANO DE UBICACIÓN DE CALICATAS	DEPARTAMENTO: ANCASH
RESPONSABLE: DINA MARGARITA JIMENEZ GONZALES	PROVINCIA: SANTA
	DISTRITO: MORO
LOCALIDAD: CASERIO CAPTUY (VIA VECINAL AN-883)	DESCRIP. LAMIN.: C-01
ESCALA: 1/75000	FECHA: SETIEMBRE,2024
	N° DE LAMIN: 01