



UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE

DE GUAYAQUIL

FACULTAD DE ING. INDUSTRIA Y CONSTRUCCION

CARRERA DE INGENIERIA CIVIL

PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE

INGENIERO CIVIL

TEMA

**ESTABILIZACION DE SUELOS PLASTICOS UTILIZANDO
CASCARA DE ARROZ MOLIDA Y CERAMICA TRITURADA
PARA MEJORAR LA SUB RASANTE DE LA ESTRUCTURA DEL
PAVIMENTOS**

TUTOR

ING. JAVIER ARECHE GARCÍA. PHD.

AUTORES

MENDOZA CABRERA ANTONIO JAVIER

PONCE PILAY EDINSON ARIEL

GUAYAQUIL

2022

REPOSITARIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS

TÍTULO Y SUBTÍTULO:

ESTABILIZACION DE SUELOS PLASTICOS UTILIZANDO CASCARA DE ARROZ MOLIDA Y CERAMICA TRITURADA PARA MEJORAR LA SUB-RASANTE DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTOS

AUTOR/ES:

**PONCE PILAY EDINSON ARIEL
MENDOZA CABRERA ANTONIO JAVIER**

REVISORES O TUTORES:

PHD .MSC. JAVIER ARECHE GARCÍA

INSTITUCIÓN:

**Universidad Laica Vicente
Rocafuerte de Guayaquil**

Grado obtenido:

Ingeniero Civil

FACULTAD:

Facultad de Ingeniería, Industria y
construcción

CARRERA:

Ingeniero Civil

FECHA DE PUBLICACIÓN:

2022

N. DE PAGS:

99

ÁREAS TEMÁTICAS: Arquitectura y Construcción

PALABRAS CLAVE:

Ingeniería vial, mecánica de los suelos, hundimiento del suelo, arcilla, clasificación

RESUMEN:		
<p>Como es de conocimiento, las vías en la costada tienen a deformarse debido a la estructura no adecuada para determinados estratos que hay en ciertos sectores de las carreteras, esto se debe a que están asentadas en suelos expansivos, y estabilizar estos estratos tienen un costo que sube el presupuesto en su construcción, por este motivo buscamos elementos alternativos que hagan posible disminuir esta expansión y que su costo sea menor. Los materiales innovadores utilizados en este tema investigativo es la cascara de arroz triturada y la cerámica triturada, la idea que estos materiales nos ayuden a disminuir la plasticidad de los suelos plásticos expansivos hasta cumplir con las especificaciones del MTOP, la cascara de arroz por ser un material orgánico tiene a descomponerse y puede afectar la estructura si se la utiliza en pocos porcentajes, la cerámica triturada que tiene mejores propiedades mecánicas y es un material no plástico nos ayudó a disminuir la plasticidad del estrato arcilloso expansivo, En la quinta muestra logramos disminuir la plasticidad y se realizó los ensayos de C.B.R. para determinar el porcentaje de expansión que tiene, cumpliendo con los objetivos planteados y logrando establecer una utilización adicional a estos materiales que se los desaloja perjudicando el medio ambiente, y a su vez son materiales que ayudaran a no encarecer la obra. Esta combinación cumple con lo requerido en las especificaciones del MTOP</p>		
N. DE REGISTRO (en base de datos):	N. DE CLASIFICACIÓN:	
DIRECCIÓN URL (tesis en la web):		
ADJUNTO PDF:	SI <input checked="" type="checkbox"/>	NO <input type="checkbox"/>
CONTACTO CON AUTOR/ES:	Teléfono:	E-mail:
PONCE PILAY EDINSON ARIEL	0988501327	eponcep@ulvr.edu.ec
MENDOZA CABRERA ANTONIO JAVIER	0996648296	amendozac@ulvr.edu.ec
CONTACTO EN LA INSTITUCIÓN:	Mg.Ing.Civ. Andrade Laborde Milton Gabriel Decano de la Facultad de Ingeniería, Industria y Construcción. Teléfono:04-2596500 ext.210 E-mail: mandradel@ulvr.edu.ec	

CERTIFICADO DE ORIGINALIDAD ACADÉMICA

TESIS MENDOZA - PONCE / ARECHE

INFORME DE ORIGINALIDAD

8%

INDICE DE SIMILITUD

8%

FUENTES DE INTERNET

0%

PUBLICACIONES

0%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

ENCONTRAR COINCIDENCIAS CON TODAS LAS FUENTES (SOLO SE IMPRIMIRÁ LA FUENTE SELECCIONADA)

5%

★ repositorio.ulvr.edu.ec

Fuente de Internet

Excluir citas

Activo

Excluir coincidencias < 2%

Excluir bibliografía

Activo



Ing. Javier Areche García

DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS PATRIMONIALES

El(Los) estudiante(s) egresado(s) **PONCE PILAY EDINSON ARIEL Y MENDOZA CABRERA ANTONIO JAVIER** , declara (mos) bajo juramento, que la autoría del presente proyecto de investigación **ESTABILIZACION DE SUELOS PLASTICOS UTILIZANDO CASCARA DE ARROZ MOLIDA Y CERAMICA TRITURADA PARA MEJORAR LA SUB RASANTE DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTOS.**

Corresponde totalmente a el(los) suscrito(s) y me (nos) responsabilizo (amos) con los criterios y opiniones científicas que en el mismo se declaran, como producto de la investigación realizada.

De la misma forma, cedo (emos) los derechos patrimoniales y de titularidad a la Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil, según lo establece la normativa vigente.

Autor(es)

Firma:



PONCE PILAY EDINSON ARIEL

C.I.: 0941506735

Firma:



MENDOZA CABRERA ANTONIO JAVIER

C.I.: 0926604778

CERTIFICACIÓN DE ACEPTACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Proyecto de Investigación (**ESTABILIZACION DE SUELOS PLASTICOS UTILIZANDO CASCARA DE ARROZ MOLIDA Y CERAMICA TRITURADA PARA MEJORAR LA SUB RASANTE DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTOS**), designado(a) por el Consejo Directivo de la Facultad de **INGENIERIA INDUSTRIA Y CONSTRUCCION** de la Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil.

CERTIFICO:

Haber dirigido, revisado y aprobado en todas sus partes el Proyecto de Investigación titulado: **ESTABILIZACION DE SUELOS PLASTICOS UTILIZANDO CASCARA DE ARROZ MOLIDA Y CERAMICA TRITURADA PARA MEJORAR LA SUB RASANTE DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTOS** -presentado por los estudiantes **PONCE PILAY EDINSON ARIEL - MENDOZA CABRERA ANTONIO JAVIER** como requisito previo, para optar al Título de (**INGENIERO CIVIL**), encontrándose apto para su sustentación.

Firma:



Ing. Javier Nicolás Areche García. PhD.
C.C. 0962174165

AGRADECIMIENTO

En primer lugar agradezco a dios por darme la oportunidad de cumplir mi deseo de terminar mi carrera universitaria, en la carrera de Ingeniería Civil de la universidad laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil, me siento agradecido con dios por dame la fuerzas para poder estudiar todos estos años.

Agradezco a mis padres Ponce Jaramillo Klinger Edison y Pilay Ponce Lely Del Rocio, el cual fueron un apoyo fundamental, para poder cumplir cada una de mis expectativa, agradezco cada uno de sus consejos el cual me dio motivación para cumplir el deseo de terminar mi carrera universitaria, agradezco a cada uno de mis familiares, que siempre me dieron ánimo y un sano consejo en todo el tiempo de estudio que tuve en la universidad.

Agradezco a la universidad Laica Vicente Rocafuerte, en especial a cada uno de los docentes de la facultad de Ingeniería Industria y Construcción, el cual nos brindaron todos los conocimientos necesario durante todo el ciclo que duro nuestra carrera universitaria.

Agradezco el profesionalismo y la dedicación que tuvieron nuestros queridos profesores, dándonos consejos y conocimientos que nos impartieron en cada una de sus clases.

Gracias.

Ponce Pilay Edison Ariel.

DEDICATORIA

Dedico el siguiente trabajo a DIOS todo poderoso, por brindarnos la fuerza de poder concluir nuestros estudios universitarios.

A mis padres Ponce Jaramillo Klinger Edison y Pilay Ponce Lely Del Rocio, el cual me ayudaron en este arduo camino, brindándome palabras de aliento, para terminar mi carrera.

También dedico esta tesis a una persona en especial Peralta Cruz Leyda Yolanda mi esposa, el cual me incentivó con palabras de aliento y siendo un pilar fundamental de mucho apoyo, el cual estuvo en los buenos y malos momentos que pase durante todo este proceso de mi carrera universitaria.

Gracias por todo.

Ponce Pilay Edison Ariel.

AGRADECIMIENTO

Quiero empezar agradeciendo a Dios infinitamente por haber permitido que todo esto suceda, me lleno de fuerzas, salud y sabiduría a lo largo del periodo de mi carrera universitaria.

A mi madre Blanca Cabrera un agradecimiento muy especial, por darme la vida y encaminarme a cumplir mis objetivos, ya que por ella inicie la carrera universitaria.

A mi padre Antonio Mendoza que de manera indirecta siempre estuvo ahí y se preocupó por lo que me pueda suceder.

A mi abuela Zoila Maldonado y mi tía Rosa Maldonado que todos los días me preguntaba cómo iba en la universidad, siempre tengo ese apoyo y preocupación por parte de ella.

A mis tíos y tías los cuales me ayudaron incondicionalmente con sus palabras y apoyo hacia mí.

A mis mejores amigos y colegas que son un gran ejemplo de manera profesional y como persona, los cuales tuvieron las palabras exactas y recomendaciones para no desfallecer en el arduo camino universitario.

A mis hijas Danna Camila y Bianca Paulette por inyectarme de mucho amor y alegrías en todos los momentos de la vida.

A mi compañera de vida Leslie Navarrete, que es mi pilar fundamental, me llena de mucho amor, siempre está ahí apoyándome y dándome ánimos, me escucha, me alienta y me llena de sabiduría y constantemente tienes las palabras exactas para mí.

Por ultimo y no menos impórtate quiero agradecerme, quiero agradecerme por creer en mí, quiero agradecerme por siempre trabajar duro y conseguir mis metas, quiero agradecerme por no descansar ni un solo día, quiero agradecerme por dar más de lo que recibo y quiero agradecerme por nunca renunciar.

ANTONIO MENDOZA CABRERA

DEDICATORIA

Este proyecto va dedicado A Dios quien ha sido mi guía, fortaleza y su mano de fidelidad y amor han estado conmigo hasta el día de hoy.

Una dedicatoria muy especial a mi madre Blanca quien con su amor, paciencia y esfuerzo me han permitido llegar a cumplir hoy un sueño más, gracias por inculcar en mí el ejemplo de esfuerzo y valentía, de no temer las adversidades porque Dios está conmigo siempre.

A mi hermano Kennyn el por su cariño y apoyo incondicional, durante todo este proceso, por estar conmigo en todo momento gracias.

A toda mi familia porque con sus oraciones, consejos y palabras de aliento hicieron de mí una mejor persona y de una u otra forma me acompañan en todos mis sueños y metas.

Para mi compañera de vida Leslie, por su paciencia, por su comprensión, por su empeño, por su fuerza, por su amor, por ser tal y como es. Es la persona que más directamente ha sufrido las consecuencias del trabajo realizado. Realmente ella me llena por dentro para conseguir un equilibrio que me permita dar el máximo de mí. Nunca le podré estar suficientemente agradecido.

Para mi hija, Camila que es mi razón de ser y la que me llena de amor.

Para mi hija Bianca, ella es lo mejor que nunca me ha pasado, y ha venido a este mundo para darme el último empujón para terminar el trabajo.

Finalmente quiero dedicar esta tesis a todos mis amigos y colegas, por apoyarme cuando más las necesito, por extender su mano en momentos difíciles y por el amor brindado cada día, de verdad mil gracias hermanos.

Para culminar esta tesis va dedicada para todas las personas, que sepan que el éxito no es un accidente, es trabajo duro, perseverancia, aprendizaje, estudios, sacrificio y sobre todo amor a lo que estás haciendo.

ANTONIO MENDOZA CABRERA

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO I.....	3
1. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	3
1.1. Tema.....	3
1.2. Planteamiento del Problema.....	3
1.3. Formulación del Problema	5
1.4. Objetivo General.....	6
1.5. Objetivos Específicos	6
1.6. Idea a Defender (investigaciones cualitativas o mixtas) / Hipótesis (investigaciones cuantitativas)	6
1.7. Línea de investigación Institución/Facultad.....	7
CAPÍTULO II.....	8
2. MARCO TEÓRICO	8
2.1. Marco Teórico:	8
2.1.1. MARCO TEÓRICO	13
2.1.1.4. CERAMICA RECICLADA.....	29
2.2. Marco Legal:	41
CAPÍTULO III	44
3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN.....	44
3.1. Enfoque de la investigación: (cuantitativo, cualitativo o mixto).....	44
3.2. Alcance de la investigación: (Exploratorio, descriptivo o correlacional)....	44
3.3. Técnica e instrumentos para obtener los datos:.....	45
3.4. Población y muestra.....	46
3.4.1. Población.....	46
3.4.2. Muestra	46
3.5. Presentación y análisis de resultados	48
3.5.1. Ensayos de clasificación, proctor y C.B.R al material existente.....	53
3.5.2. Ensayos de Humedad y peso unitario de la Cáscara de arroz.	60
3.5.3. Ensayos de clasificación y peso unitario de la cerámica reciclada.....	62
3.5.4. Ensayos de clasificación, mezcla #1: Arcilla 90%, cáscara de arroz 5% y cerámica reciclada 5%.	64
3.5.5. Ensayos de clasificación, mezcla #2: Arcilla 80%, cáscara de arroz 10% y cerámica reciclada 10%.	65

3.5.6. Ensayos de clasificación, mezcla #3: Arcilla 70%, cáscara de arroz 10% y cerámica reciclada 20% .	66
3.5.7. Ensayos de clasificación, mezcla #4: Arcilla 60%, cáscara de arroz 10% y cerámica reciclada 30% .	67
3.5.8. Ensayos de clasificación, mezcla #5: Arcilla 50%, cascara de arroz 10% y cerámica reciclada 40% .	68
3.5.9. Ensayos de proctor, mezcla #5: Arcilla 50%, cascara de arroz 10% y cerámica reciclada 40% .	69
3.5.10. Ensayos de C.B.R., mezcla: Arcilla 50%, cascara de arroz 10% y cerámica reciclada 40% .	70
3.5.11. Análisis de resultados .	75
4. CONCLUSIONES .	78
5. RECOMENDACIONES .	81
Bibliografía .	82

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Línea de investigación Institucional/Facultad .	7
Tabla 2: Suelos de pruebas con índices de propiedades .	17
Tabla 3: Clasificación de los suelos finos según su resiliencia .	36
Tabla 4: Plan de pérdida de integridad .	38
Tabla 5: Ensayo de clasificación del material existente (suelo arcilloso) .	53
Tabla 6: Ensayo de proctor del material existente (suelo arcilloso) .	54
Tabla 7: Ensayo de C.B.R. del suelo arcilloso (A) .	55
Tabla 8: Ensayo de C.B.R. del suelo arcilloso (B) .	56
Tabla 9: Ensayo de C.B.R. del suelo arcilloso (C) .	57
Tabla 10: Ensayo de C.B.R. del suelo arcilloso (D) .	58

Tabla 11: Ensayo de C.B.R. del suelo arcilloso (E)	59
Tabla 12: Ensayo de contenido de humedad de la cáscara de arroz.....	60
Tabla 13: Ensayo de peso unitario de la cáscara de arroz.....	61
Tabla 14: Ensayo de clasificación de la cerámica triturada	62
Tabla 15: Ensayo de peso unitario de la cerámica triturada.....	63
Tabla 16: Ensayo de clasificación de la mezcla #1	64
Tabla 17: Ensayo de clasificación de la mezcla #2	65
Tabla 18: Ensayo de clasificación de la mezcla #3	66
Tabla 19: Ensayo de clasificación de la mezcla #4	67
Tabla 20: Ensayo de clasificación de la mezcla #5	68
Tabla 21: Ensayo de proctor de la mezcla #5 (definitiva)	69
Tabla 22: Ensayo de C.B.R. de la mezcla #5 (definitiva) (A).....	70
Tabla 23: Ensayo de C.B.R. de la mezcla #5 (definitiva) (B).....	71
Tabla 24: Ensayo de C.B.R. de la mezcla #5 (definitiva) (C).....	72
Tabla 25: Ensayo de C.B.R. de la mezcla #5 (definitiva) (D).....	73
Tabla 26: Ensayo de C.B.R. de la mezcla #5 (definitiva) (E).....	74

ÍNDICE DE FOTOS

Foto 1: arcilla limosa plástica	48
Foto 2: Cáscara de arroz.....	48
Foto 3: cerámica triturada.....	49
Foto 4: Peso unitario a la cáscara de arroz	49
Foto 5: Peso unitario a la cáscara de arroz	49
Foto 6: Peso unitario cerámica triturada.....	50
Foto 7: Peso unitario cerámica triturada.....	50

Foto 8: Límite líquido a la mezcla con arcilla cáscara de arroz y cerámica triturada	51
Foto 9: Mezcla para el ensayo de proctor.....	51
Foto 10: Ensayo de proctor.....	51
Foto 11: Ensayo CBR toma lectura expansión	52
Foto 12: Ensayo CBR.....	52

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Moléculas orgánicas encapsuladas de la enzima con carga positiva	16
Figura 2. Límites de Atterberg de suelos de pruebas tratados y no tratados.....	18
Figura 3. Ejemplo del oleaje libre de las pruebas con arcilla Bryan	19
Figura 4. Clasificación de ladrillos según su mana	30
Figura 5. Aspecto de materiales refractarios	31
Figura 6. Sección extrusora de la fábrica de procesamiento de cerámica.....	34
Figura 7. Datos de entrada y estructura del pavimento dimensionada	37
Figura 8. Componentes de la estructura de un pavimento flexible: 1) Capa de Rodadura; 2) Capa Base; 3) Capa Sub-base; 4) Suelo Compactado (Terraplén o Subrasante mejorada); 5) Subrasante; 6) Sub-drenaje longitudinal; 7) Revestimiento de Hombreras; 8) Sub-base de Hombreras	39

ÍNDICE DE CUADROS

Cuadro 1: Detalle de los ensayos a realizar en cada muestra	47
Cuadro 2: Resultados de los ensayos aplicados al material existente (suelo arcilloso)	75
Cuadro 3: Resultados de los ensayos aplicados la cáscara de arroz molida	75
Cuadro 4: Resultados de los ensayos aplicados a la cerámica reciclada	75
Cuadro 5: Resultados de los ensayos aplicados a las primeras 4 mezclas	76
Cuadro 6: Resultados de los ensayos aplicados a la mezcla #5 (definitiva).....	77

RESUMEN

Como es de conocimiento, las vías en la costada tienen a deformarse debido a la estructura no adecuada para determinados estratos que hay en ciertos sectores de las carreteras, esto se debe a que están asentadas en suelos expansivos, y estabilizar estos estratos tienen un costo que sube el presupuesto en su construcción, por este motivo buscamos elementos alternativos que hagan posible disminuir esta expansión y que su costo sea menor.

Los materiales innovadores utilizados en este tema investigativo es la cascara de arroz triturada y la cerámica triturada, la idea que estos materiales nos ayuden a disminuir la plasticidad de los suelos plásticos expansivos hasta cumplir con las especificaciones del MTOP, la cascara de arroz por ser un material orgánico tiene a descomponerse y puede afectar la estructura si se utiliza en pocos porcentajes, la cerámica triturada que tiene una mejor propiedades mecánicas y es un material no plástico nos ayudó a disminuir la plasticidad del estrato arcilloso expansivo,

En la quinta muestra logramos disminuir la plasticidad y se realizó los ensayos de C.B.R. para determinar el porcentaje de expansión que tiene, cumpliendo con los objetivos planteados y logrando establecer una utilización adicional a estos materiales que se los desaloja perjudicando el medio ambiente, y a su vez son materiales que ayudaran a no encarecer la obra. Esta combinación cumple con lo requerido en las especificaciones del MTOP.

INTRODUCCION

Los recursos naturales han sido utilizados para el beneficio del ser humano a lo largo de la historia, por esta razón debido al aumento del desarrollo en el área vial se realizan obras, a las comunidades que necesitan sacar sus productos y no cuentan con vías en buen estado y por su sitio distante y sin accesos el costo de este proyecto aumentaría, por este motivo se implementa materiales innovadores que son desalojados y muchas veces incinerados perjudicando al medio ambiente, en este tema investigativo daremos un uso a estos materiales para ayudar con los objetivos planteados y cumpla con lo requerido en las especificaciones del MTOP, y utilizarlo como parte de los estabilizadores de suelos plásticos expansivos.

Grandes cantidades de los residuos sólidos son provenientes de industrias de cerámica y del mal aprovechamiento de la cascara de arroz en Ecuador del cual puede obtenerse utilizarse en la construcción, permitiendo la creación de nuevos procesos constructivos aprovechando los recursos naturales y residuos reciclados.

Los escombros de cerámica no son peligrosos, pero es necesario darle una gestión debido a que el volumen de estos no para de crecer, debido a la problemática presente se plantea reemplazar los residuos de cerámica por el agregado fino para disminuir la plasticidad al mezclarlo con los suelos plásticos, dándole un uso práctico e innovador favoreciendo al decremento en la contaminación ambiental. El desecho de cerámica se obtiene mediante un proceso que comienza con la transformación de minerales como: la arcilla, feldespato y cuarzo, para después formar piezas cerámicas. El desecho cerámico sanitario está compuesto principalmente de óxido de silicio, óxido de aluminio y de otros compuestos.

La metodología de investigación del proyecto es de tipo experimental científica, se considera de este tipo por las pruebas realizadas a las diversas mezclas de clasificación,

obteniendo resultados que serán sujetos a un análisis, es decir es un experimento tomando notas de una investigación de acuerdo a lo que el usuario desea saber o investigar.

En el Capítulo I se menciona el planteamiento, formulación del problema. También el planteamiento del objetivo general y los objetivos específicos, la justificación del tema con el respectivo alcance del proceso a efectuar. Posteriormente entrando en el Capítulo II se refiere a tres puntos específicos: marco teórico y marco legal donde se presentan las normativas tomadas en cuenta para la ejecución de este procedimiento.

En el Capítulo III se menciona la metodología de la investigación, en este caso es de tipo experimental científico, también de la implementación de la cascara de arroz y al residuo sólido, provenientes de industrias de cerámica, remplazando al agregado fino, los cuales serán componentes de la mezcla para disminuir la plasticidad y expansión de los suelos plásticos, además se presentan y analizan los resultados de los ensayos realizados a cada elemento innovador y mezclas realizadas así como los ensayos de proctor y C.B.R., cumpliendo con las especificaciones planteadas en este tema investigativo.

CAPÍTULO I

1. Diseño de la Investigación

1.1. Tema

Estabilización de suelos plásticos utilizando cascara de arroz molida y cerámica triturada para mejorar la sub rasante de la estructura del pavimento.

1.2. Planteamiento del Problema

Las vías están asentadas su estructura de pavimento sobre el material existente, muchas veces este material es de características expansivas muy plásticas teniendo un C.B.R. \leq 6%, por este caso es mejor estabilizar este estrato.

Como sabemos los suelos con mayor densidad son más sólidos y poseen mejor resistencia ante una erosión, los suelos arcillosos muy plásticos su porosidad y humedad son muy maleables al aumentarse la saturación; es decir, puede cambiar de estado sólido a líquido cuando el nivel de agua cubre este estrato, debido a este cambio brusco cambia las fuerzas de cohesión y el incremento de la fluidez de sus partículas.

Uno de los cereales más consumidos a nivel mundial, es sin duda, el arroz, considerando las diferentes versiones sobre su origen, se piensa que este cultivo se inició hace alrededor de 7000 años en el Sudeste Asiático, y su desarrollo se habría dado en diferentes países principalmente China e India. Los primeros cultivos aparecen en China 5000 años a.c., Tailandia 4500 años a.c, para luego expandirse a Camboya y Vietnam Linnaeus C., en el año 1753. De acuerdo con los estudios realizados por Molina en el año 2011, el arroz bajo la especie *Oryza Sativa*, es una de las especies de cultivo más antiguas del mundo, esta gramínea, crece en suelo húmedo. Es así, que el arroz suministra la mayor parte de la alimentación para más de la mitad de la población mundial, el 94% del arroz que se consume en el mundo se produce en Asia. De lo indicado, según la Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura (FAO), la producción

arrocera se centra principalmente en países asiáticos (90%) lo público Álava en el año 2017 en la revista espacios.

Para el caso de América Latina y el Caribe el consumo de arroz, no logra ser satisfecho por la producción generada en la región, la agricultura de esta gramínea se realiza de forma familiar, en Ecuador, Colombia y América Central; sin embargo, los mayores productores de arroz en el continente americano son: Brasil, Estados Unidos, Perú, Ecuador y Uruguay. Existen situaciones de excedentes en Sudamérica, con déficit en Centroamérica y Caribe, por lo tanto, estos pasan a ser los importadores de la región y son abastecidos por Estados Unidos, Argentina, Uruguay, Guyana, Ecuador y Perú

En el Ecuador principalmente en la región costa presenta la mayor concentración de superficie de arroz sembrado con el 98.71% a nivel nacional” según publicado en el INEC en el año 2017, siendo Guayas, y Los Ríos las provincias con el 60% y 34% de participación respectivamente, del total de la superficie destinada a esta actividad agrícola. Cabe indicar que el proceso productivo por similar que pueda ser, no genera iguales niveles de rendimiento, debido que existen factores climáticos que influyen en el mismo; tal es el caso, que en la provincia del Guayas se pueden realizar 2 ó 3 ciclos de producción arrocera, en aquellos terrenos que están técnicamente equipados, mientras que, en la provincia de Los Ríos, regularmente se realiza solo un ciclo al año por la ausencia de tecnificación. Los residuos como es la cascara tiene un porcentaje de desperdicios del 4% - 8% los cuales los queman perjudicando al medio ambiente por eso hay que buscar un uso adecuado de esta residuo de la gramínea para evitar un impacto ambiental.

Con respecto a la cerámica, Asia, es la principal área productora de cerámica, abarcando el 67% de la producción mundial de cerámica y alcanzando los 8.532 millones de metros cuadrados. Sin embargo, lleva dos años consecutivos con una tendencia negativa. La Unión Europea se mantiene en segunda posición produciendo 1.874 millones de metros cuadrados. La producción americana se mantuvo estable con 1.503 millones de metros cuadrados, dónde Centroamérica y América del Sur crecen a un 2,2% y América del Norte tuvo un descenso del 4,9%. África continúa con un crecimiento constante desde los últimos años, y su producción en 2019 se estima en unos 759 millones de metros

cuadrados, con una variación positiva de un 5,7%. “El consumo mundial se redujo unos 500 millones de metros cuadrados, pasando de 12.902 a 12.375 en 2019”, esto debido a la pandemia que hizo disminuir su producción, de estas cerámicas el desperdicio por manipulación es del 10% al 15% según datos proporcionados y este desperdicio no tiene un destino adecuado para reciclarlo va directo a los botaderos de desperdicios y así mismo tiende a deteriorar el ecosistema.

El costo de la estabilización de los materiales expansivos según los datos proporcionados por Municipio de Babahoyo y La Prefectura de la provincia de Los Ríos cuyos materiales que se utiliza para mejorar la sub-rasante tienen un costo por metro cubico de:

- Estabilización con material pétreo (grava) costo unitario en m³ es de \$ 4,29.
- Estabilización con emulsión asfáltica costo unitario en m³ es de \$ 90,00.
- Estabilización con cemento de 50 Kg, costo unitario en m³ es de \$ 35,81.

Reducir los costos de una obra, es lo primordial en este caso. Se espera siempre que el criterio técnico de los profesionales a cargo de la obra proponga soluciones viables y que no repercutan de forma negativa en el tiempo de ejecución y presupuesto de la obra. Por lo cual se debe siempre considerar opciones para mejorar las características de un suelo arcilloso plástico y que mejore su estructura y el presupuesto no se eleve.

1.3. Formulación del Problema

¿Como es la estabilización de suelos plásticos utilizando cascara de arroz molida y cerámica triturada para mejorar la sub rasante de la estructura del pavimento?

1.4. Objetivo General

Analizar la estabilización de suelos plásticos utilizando cascara de arroz molida y cerámica triturada para mejorar la sub rasante de la estructura del pavimento.

1.5. Objetivos Específicos

- Identificar las características técnicas de los suelos plásticos expansivos.
- Determinar las características técnicas de la cascara de arroz molida.
- Definir las características técnicas de la cerámica triturada.
- Diseñar las mezclas de suelo utilizando cascara de arroz molida y cerámica triturada para mejorar la sub rasante de la estructura del pavimento.
- Determinar las propiedades mecánicas de las mezclas de suelo utilizando cascara de arroz molida y cerámica triturada para mejorar la sub rasante de la estructura del pavimento.

1.6. Hipótesis (Investigaciones Cuantitativas)

La cáscara de arroz molida y la cerámica en la estabilización de suelos plásticos mejora la capacidad portante en su uso como sub-rasante de la estructura de pavimento en las Especificaciones del Ministerio de Transporte y Obras Publicas en el capítulo 400 sección 402 mejoramiento de la sub-rasante, dando un buen uso a estos materiales desalojados.

1.7. Línea de Investigación Institución/Facultad

Tabla 1.

Línea de investigación Institucional/Facultad

Dominio	Línea de investigación institucional	Línea de investigación de la FIIC
Urbanismo y ordenamiento territorial aplicando tecnología de construcción eco-amigable, industria y desarrollo de energías renovables	Territorio, medio ambiente y materiales innovadores para la construcción	Materiales de construcción

Fuente: (ULVR, 2020)

Elaborado por: Mendoza y Ponce (2022).

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Marco Teórico

Analizaremos temas en correspondencia al proyecto de titulación con el fin de obtener conocimiento de las experiencias previas de otros autores, quienes abordaron de alguna forma el análisis de los materiales a utilizar.

Para la primera variable, estabilización de suelos plásticos, se analizará la siguiente tesis:

Utilizando la siguiente investigación titulada “MEJORAMIENTO DE LA ESTABILIZACIÓN EN LA SUBRASANTE DE SUELOS ARCILLOSOS USANDO PLÁSTICOS RECICLADOS PET EN EL DISTRITO LA ENCANTADA, PROVINCIA DE MORROPON – PIURA 2019” realizado por Diana Carolina Márquez Martínez, como requisito para optar al título de ingeniero civil en la UNIVERSIDAD NACIONAL DE PIURA FACULTAD DE INGENIERÍA ESCUELA PROFESIONAL INGENIERÍA CIVIL, presentada en la fecha Piura, Perú 2019.

(Marquez, 2019). En la actualidad, en el Perú existe la necesidad de plantear más carreteras para mejorar las condiciones de vida de las poblaciones del país, facilitando de esta manera sus relaciones, permitiendo la competitividad y crecimiento de éstas, es por ello que la importancia de las vías radica en la necesidad de garantizar su estabilidad, para ello se debe tener en cuenta el suelo sobre el cual trabajarán. Ante ello, la presencia de arcillas en diferentes tramos de alguna zona en específico, podría volverla vulnerable y para asegurar su mejoramiento, se tienen diferentes alternativas, como el estabilizar con algún aditivo conocido en la sociedad o por grandes movimiento de tierras y la

eliminación de éste, para hacer uso de material de préstamo obtenido de canteras, es por ello que ésta investigación propone una nueva alternativa, la cual es la incorporación del plástico PET para su estabilización, de esta manera se estaría haciendo uso de un residuo sólido, disminuyendo el índice de contaminación que presenta nuestro país.

(Marquez, 2019). Mediante la incorporación de plástico PET en suelos con presencia de arcillas, se pretende lograr un mejoramiento de sus características y propiedades tanto físicas y mecánicas, de esta manera aumentará la calidad de la subrasante, para así poder contar con suelo apto para la construcción de carreteras o pavimentos en la zona determinada, en este caso se eligió el Distrito La Encantada, provincia Morropón del departamento de Piura.

El aporte que se obtuvo fue la construcción de las teorías para la variable antes mencionada, para los estudios realizados en el material utilizado, es decir, los suelos plásticos para el presente proyecto de investigación.

Para la segunda variable, cáscara de arroz, se empleará como aporte la siguiente fuente:

Utilizando la siguiente tema de investigación titulada “ESTABILIZACIÓN DE SUELOS COHESIVOS A NIVEL DE SUBRASANTE CON CENIZA DE CÁSCARA DE ARROZ, CARRETERA YANUYACU BAJO – SEÑOR CAUTIVO” realizado por Paola Maryuri del Rocío Gálvez Reyes y Jessica Katherine Santoyo Villegas, como requisito para optar al título de ingeniero civil en la UNIVERSIDAD NACIONAL DE JAÉN CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL facultad de ingeniería carrera de ingeniería civil, presentada en la fecha Jaén - Perú 2019.

(Galvez & Santoyo, 2019). El presente trabajo de investigación “Estabilización de suelos cohesivos a nivel de subrasante con ceniza de cáscara de arroz, Carretera Yanuyacu Bajo – Señor Cautivo”, está enfocado a mejorar las características naturales del suelo, incrementado su capacidad portante del suelo aumentando el índice de CBR y los cambios volumétricos en diferentes condiciones climáticas.

(Galvez & Santoyo, 2019). En la mundo, cabe precisar que el tema de estabilización de suelos es de mucha importancia, ya que existen investigaciones realizadas, relacionadas con el presente tema de investigación por lo que (Behak & Pérez Núñez, 2008), citado por (Castro Cuadra, 2017) realizaron una investigación de un suelo arenoso proveniente de Montevideo, Uruguay, estabilizándolo con ceniza de cáscara de arroz y cal para el uso en pavimentos. La ceniza de cáscara de arroz utilizada en la investigación presentaba un color negro, debido a que la temperatura de quema no es controlada. Para las humedades óptimas de compactación, el valor de CBR del suelo fue 9% y el de la mezcla suelo más 20% de ceniza de cáscara de arroz más 10% de Cal fue de 25%, es decir, se observó un aumento de 2,8 veces en el CBR de la mezcla con relación al del suelo.

(Galvez & Santoyo, 2019). De esta manera nuestro país no es ajeno a este tipo de investigaciones, por ello, menciona que los resultados obtenidos durante la investigación que realizó mostró que el suelo estabilizado con ceniza de cascara de arroz trae cambios favorables que hacen posible usar el material a nivel de subrasante, tal es el caso que para la ceniza de cáscara de arroz al 20 % y cal al 3% se incrementó el valor de CBR al 100% de la máxima densidad seca del Proctor modificado de 5% hasta 38.5%, es decir, aumenta 6 veces.

(Galvez & Santoyo, 2019). La problemática en torno a los suelos cohesivos resultan ser un gran problema para la construcción tanto en viviendas como carreteras, de tal manera que no cumplen con las exigencias de las normas técnicas, para solucionar este problema se emplean alternativas de estabilización para el mejoramiento de las características del material evitando costos de obra; sobre el tema, se afirma: “La Estabilización de suelos es un conjunto de procesos físicos, químicos, y físico-químicos tendientes a modificar las propiedades de los suelos que interesan para un determinado uso en ingeniería, haciendo que el material “suelo” sea adecuado para la utilización prevista reemplazando a otros materiales no disponibles o más costosos”.

(Galvez & Santoyo, 2019) Una mejor alternativa para solucionar este problema sería el tratamiento de los suelos arcillosos mediante la estabilización, por lo cual esta investigación usará como agente estabilizador la ceniza de cáscara de arroz producto de la quema de ladrillos, para ser utilizado en la capa subrasante, con el fin de evaluar la influencia que tendrá en las propiedades de un suelo arcilloso.

El aporte para la segunda variable de la presente investigación, que es la cáscara de arroz, fue la utilización de dicho material en distintas formas por cada uno de los autores de los trabajos a los que se recurrió para análisis.

Para la tercera variable del presente trabajo, que es la cerámica, se tomará como aporte lo expuesto por los siguientes proyectos de investigación:

Utilizando la siguiente tema de investigación titulada “MORTERO DE FRAGUADO RÁPIDO, CON FIBRA DE COCO Y CERÁMICA RECICLADA PARA ENLUCIDOS INTERIORES DE EDIFICACIONES” realizado por ORLANDO ANDRES ANDRADE LASTRA y ANGIE DAYANA JOUVE LOOR, como requisito para optar al título de ingeniero civil en la UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE DE GUAYAQUIL FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL, presentada en la fecha Guayaquil - Ecuador 2021.

(Andrade & Jouve, 2021). Los recursos naturales han sido utilizados para el beneficio del ser humano a lo largo de la historia, por esta razón debido al aumento del desarrollo en todo el mundo se ha producido un incremento en la degradación del medio ambiente de manera inconsciente, siendo el resultado la generación de residuos sólidos.

(Andrade & Jouve, 2021). Debido a que en la mayoría de ocasiones estos residuos son depositados en botaderos de basura, provocando un aumento en la contaminación ambiental, el mismo que se ha vuelto incontrolable con el tiempo, se propone el diseño de un mortero de fraguado rápido compuesto de materiales reciclados como la cerámica y fibra de la cáscara del coco.

(Andrade & Jouve, 2021). Grandes cantidades de los residuos sólidos son provenientes de industrias de cerámica y del mal aprovechamiento de la cascara de coco en Ecuador del cual puede obtenerse su fibra para elaboración de materiales de construcción, permitiendo la creación de nuevos procesos constructivos aprovechando los recursos naturales y residuos reciclados.

(Andrade & Jouve, 2021). Ante este escenario el plan de acción es el reciclaje, creando oportunidades innovadoras, partiendo con la idea de diseñar morteros de fraguado rápido, con la utilización de fibra de coco y cerámicos sanitarios reciclados para enlucidos, esta fibra tiene un sin número de utilidades, cualidades y aplicaciones, reemplazando el uso de aditivos químicos por fibra natural. Los escombros de cerámica no son peligrosos, pero es necesario darle una gestión debido a que el volumen de estos no para de crecer, debido a la problemática presente se plantea reemplazar los residuos de cerámica por el agregado fino de una mezcla de mortero, dándole un uso práctico e innovador favoreciendo al decremento en la contaminación ambiental.

(Andrade & Jouve, 2021). El desecho de cerámica se obtiene mediante un proceso que comienza con la transformación de minerales como: la arcilla, feldespato y cuarzo, para después formar piezas cerámicas. El desecho cerámico sanitario está compuesto principalmente de óxido de silicio, óxido de aluminio y de otros compuestos.

Para la tercera variable, la investigación analizada brindó un aporte teórico de importancia en la elaboración de una mezcla de los componentes ya mencionados.

Para la cuarta variable, sub rasante de la estructura del pavimento, se analizará la siguiente tesis:

Utilizando la siguiente tema de investigación titulada “ANALISIS DE LA ESTABILIZACION DE SUELOS EXPANSIVOS UTILIZANDO HORMIGON ASFALTICO RECICLADO, CENIZA DEL BAGAZO DE CAÑA DE AZUCAR PARA LA SUB RASANTE DE LOS PAVIMENTOS” realizado por JUAN FRANCISCO GALLO VACA, como requisito para optar al título de ingeniero civil en la UNIVERSIDAD LAICA VICENTE ROCAFUERTE DE GUAYAQUIL FACULTAD DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL, presentada en la fecha Guayaquil - Ecuador 2021

(Gallo, 2022) En la actualidad existen diversos tipos de estabilizantes de suelos. El hormigón asfáltico reciclado junto con la ceniza de bagazo será utilizado para mejorar los suelos expansivos. Para el presente proyecto de investigación se analizarán las características del suelo arcilloso plástico al mezclarse hormigón asfáltico reciclado y la ceniza de bagazo para que esta mezcla sea usada como material apto a nivel de subrasante.

(Gallo, 2022). Considerando que el éxito del estabilizador se alcanza a plenitud únicamente al relacionarse con cada partícula del suelo, se necesitará realizar un proceso de trituración y tamizado del hormigón asfáltico reciclado completo para obtener la mejor gradación y obtener una mezcla homogénea. De tal manera se espera que esta mezcla arcilla-hormigón asfáltica y ceniza de bagazo presente mayores porcentajes de estabilización, para mejora de las características del suelo.

(Gallo, 2022). Valiéndose de ensayos como el CBR que ayudará a medir la capacidad portante del suelo al mezclarle el hormigón reciclado. En este estudio se definirá los porcentajes de las mezclas realizadas, que se debe mezclar con el suelo arcilloso-plástico para evitar los cambios volumétricos, logrando una mezcla apta para uso a nivel de subrasante de una vía.

El aporte brindado en la cuarta variable es prácticamente teórico, información con la que se pudo relacionar los métodos utilizados en cada una de las pruebas.

2.1.1. Marco Teórico

Para la construcción teórica de la variable estabilización de suelos plásticos, utilizamos el documento de sitio google académico en el artículo científico cuyo tema es “ESTABILIZACIÓN DE SUELOS CON ENZIMAS”, publicado el 20 de mayo del año 2019 por el autor Horacio Carro por la revista de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de la República de Uruguay.

2.1.1.1. Estabilización de Suelos Plásticos.

Métodos No Tradicionales de Estabilización. La estabilización de los suelos, especialmente en pavimentación de la subrasante y los materiales base se ha basado tradicionalmente en el tratamiento con cal, cemento portland y cenizas volantes. Los criterios para determinar las tasas de aplicación apropiadas de estos estabilizadores se derivan de años de experiencia de campo demostrada con estos materiales, varias agencias estatales y nacionales han desarrollado pautas técnicas para tratar los suelos de las carreteras con estos materiales (las pruebas de los suelos tratados y no tratados pueden incluir la medición de los límites de Atterberg, la relación de carga de California, el potencial de expansión, la resistencia a la compresión no confinada o la durabilidad en los ciclos húmedo-seco o congelación-descongelación) (Carro, 2021).

Con estos tratamientos se logra mejorar la trabajabilidad durante la compactación, se crea una mejor superficie de trabajo para el equipo de pavimentación, se aumenta la resistencia y la rigidez de la capa de cimentación, se reduce las contracciones y las expansiones potenciales debido a los cambios de humedad y/o la acción de las heladas, y se controla el polvo en caminos sin pavimentar. Las carreteras son vitales para el crecimiento económico de un país. Mantener el equilibrio entre rendimiento y costo de las carreteras y al mismo tiempo cumplir con la normativa ambiental se está convirtiendo en un desafío para el sector público y privado (Carro, 2021).

Los estabilizadores de suelos tradicionales (cal, cemento) se están volviendo costosos, además de que la producción del cemento portland ha sido íntimamente relacionada con el calentamiento global por las altas temperaturas utilizadas en el

proceso de producción, el excesivo consumo energético y de recursos naturales. Esto deviene en la necesidad urgente de identificar e introducir nuevos materiales para mejorar el rendimiento de las carreteras y mantener un buen costo. Existen estudios a nivel internacional que han investigado los mecanismos químicos y físicos de estabilización de suelos mediante la utilización de estabilizadores no tradicionales, así como el rango de aplicación de cada uno. Tingle clasifican los estabilizadores no tradicionales en siete categorías: iónicos, enzimas, sulfato de lignina, sales, resinas de petróleo, polímeros y resinas de plantas (Carro, 2021).

Estabilizadores de Enzimas. Las enzimas son moléculas orgánicas que actúan como catalizadores (aceleradores) de reacciones químicas. Comúnmente son proteicas, pero también de ARN. Las enzimas modifican la velocidad de reacción, sin afectar el equilibrio de la misma, ya que una enzima hace que una reacción química transcurra a mayor velocidad, siempre y cuando sea energéticamente posible (Carro, 2021).

En estas reacciones, las enzimas actúan sobre unas moléculas denominadas sustratos, las cuales se convierten en moléculas diferentes denominadas productos. A las reacciones mediadas por enzimas se las denomina reacciones enzimáticas. Los estabilizadores de enzimas, son materiales orgánicos que se extraen por ejemplo de la fermentación de verduras y de la caña de azúcar. Así, las enzimas son materiales degradables que se rompen y se disuelven con el paso del tiempo. Estas se suministran como líquido concentrado y actúan como catalizadores orgánicos, que al ser incorporadas al suelo actúan aumentando el grado de aglutinamiento y compactación de las partículas del suelo, como consecuencia de un intercambio catiónico (capacidad que tiene un suelo para retener y liberar iones positivos, gracias a su contenido en arcillas y materia orgánica) en la estructura del suelo que da lugar a un proceso de cementación acelerado. Algunos fabricantes de enzimas (ejemplo: Enzimas internacionales S.A, con su producto Perma-Zyme, Soil Stabilizer, Terragestión con su producto Terrazyme, etc.) afirman que sus

productos son eficaces y respetuosos con el medio ambiente (no tóxico), rentable y cómodos de usar. Mejoran la resistencia a la compresión, reducen el esfuerzo de compactación y aumentan la densidad reduciendo así también la permeabilidad (Carro, 2021).

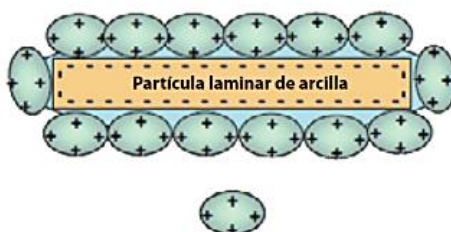


Figura 1. Moléculas orgánicas encapsuladas de la enzima con carga positiva
Fuente: (Carro, 2021)
Elaborado: Mendoza y Ponce (2022).

Estudios Realizados con Estabilizadores de Enzimas. Scholen sometió distintos proyectos emprendidos por el Servicio Forestal de EE.UU. donde varios de estos productos se utilizaron para estabilizar carreteras sin pavimentar a una serie de ensayos. Se realizaron pruebas de suelo estándar de laboratorio para medir los cambios en las propiedades de ingeniería de cinco suelos arcillosos cuando se tratan con un producto químico líquido de enzimas. Las pruebas incluyeron tres arcillas de referencia (caolinita, illita, montmorillonita), dos naturales de alta plasticidad y un estabilizador líquido representativo enzimático (Carro, 2021).

Se realizaron pruebas de laboratorio geotécnico estándar de ASTM para observar los efectos del producto estabilizante líquido representativo sobre las propiedades de las cinco arcillas de muestra descritas. Los suelos se mezclaron con el producto en las tasas recomendadas por el proveedor, se compactaron y curaron según un protocolo específico de preparación de muestras. Cada suelo tratado y no tratado se caracterizó en términos de límites de Atterberg y peso unitario compactado, la expansividad se evaluó con pruebas de expansión libre unidimensionales y la

resistencia al corte con pruebas de compresión triaxial no consolidada y sin drenaje. Se realizaron múltiples pruebas en muestras preparadas idénticamente para permitir caracterizar la variabilidad experimental (Carro, 2021).

Suelos de Prueba. Se seleccionaron 5 suelos arcillosos para el programa de pruebas. Los dos primeros son naturales, muy plásticos y de mineralogía mixta obtenidos de ubicaciones en Texas. Los otros tres suelos están compuestos mayormente de un mineral de arcilla: caolinita, illita y montmorillonita de sodio. Estas muestras de arcilla de referencia se eligieron para probar los efectos de cada producto en los minerales de arcilla más comunes. En la siguiente tabla se detallan propiedades de cada suelo de prueba (Carro, 2021).

Tabla 2.
Suelos de pruebas con índices de propiedades

Soil	Source	Atterberg Limits ¹			USCS Classification ²	OWC for Compaction ³
		PL	LL	PI		
Bryan	Natural, mixed clay from Bryan, Texas	20	68	48	Fat Clay (CH)	16 %
Mesquite	Natural, mixed clay from Mesquite, Texas	23	60	37	Fat Clay (CH)	17 %
Kaolinite	"Hydrite R", from the Dry Branch Kaolin Co.	32	51	19	Elastic Silt (MH)	24 %
Illite	Natural deposit near Fithian, Illinois	24	44	20	Lean Clay (CL)	12 %
Sodium Montmorillonite	"Quik-Gel Bentonite" from Baroid Drilling Fluids Inc.	32	567	535	Fat Clay (CH)	24 %

¹ Plastic Limit, Liquid Limit, and Plasticity Index, ASTM D 4318

² Unified Soil Classification System, ASTM D 2487

³ Optimum water content for compaction with a modified Proctor effort, ASTM D 1557

Fuente: (Carro, 2021).

Elaborado: Mendoza y Ponce (2022).

Límites de Atterberg. Se determinaron, para suelos tratados y no tratados, según la norma ASTM D4318-95a. Las muestras tratadas fueron curadas por 7 días antes de la prueba, pero no se compactaron. El estabilizador no aumentó ni disminuyó significativamente el índice de plasticidad (IP) de los cinco suelos de prueba.

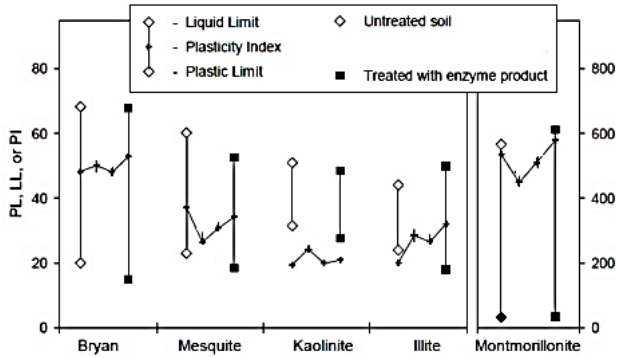


Figura 2. Límites de Atterberg de suelos de pruebas tratados y no tratados
Fuente: (Carro, 2021)
Elaborado: Mendoza y Ponce (2022).

Compactación. Las curvas de peso unitario seco en función de la humedad para los cinco suelos de prueba no tratados se determinaron utilizando el ensayo de compactación Proctor modificado (ASTM DIS 57-91). Esto estableció un OWC (humedad óptima de compactación) para preparar todas las muestras de suelo compactado para pruebas posteriores de expansión y compresión triaxial., se representan juntas el contenido de agua, el peso unitario seco y la proporción de vacíos de todas las muestras de ensayo tratadas y sin tratar, junto con las condiciones óptimas basadas en la compactación del suelo sin tratar. Si bien el contenido de agua en muchas muestras fue un poco por debajo del objetivo óptimo, debido a pérdidas por evaporación durante la mezcla, no parece haber un efecto significativo de los tratamientos del estabilizador sobre el peso del suelo compactado o la relación de vacíos.

Expansión Libre. Con pruebas de expansión libre (según ASTM D4546-96) se midió la expansividad potencial de los suelos tratados y no tratados, con. Las muestras de suelo compactadas y curadas se recortaron en anillos de 63mm de diámetro hasta un espesor de 19mm; los especímenes de montmorillonita recortados tenían 10mm de espesor para permitir una expansión mucho mayor.

Después de la aplicación de una presión de asentamiento vertical de aproximadamente 2,4 kPa, el suelo se inundó con agua, que podría filtrarse en la muestra a través de piedras porosas superiores e inferiores. De los datos de expansión libre en el suelo de Bryan. Las expansiones libres medidas en todas las pruebas se comparan.

El producto parece haber reducido la expansión potencial de la illita en cerca de 5% y la expansión libre de la montmorillonita en alrededor de 10%. El producto enzimático pareció reducir la expansión en el suelo de Bryan, pero un examen más detenido de los datos mostró que las muestras tratadas con enzima estaban al inicio un 2% más húmedas que las otras muestras de Bryan, lo que podría explicar la expansión inferior. El producto parece haber inducido mucha más expansión en la caolinita; este efecto adverso puede haber resultado de una expansión anormalmente baja en la caolinita no tratada. Si bien se observaron reducciones de la expansión en algunas arcillas, el tratamiento con este producto no produce reducciones consistentes y sustanciales en la expansión del suelo (Carro, 2021).

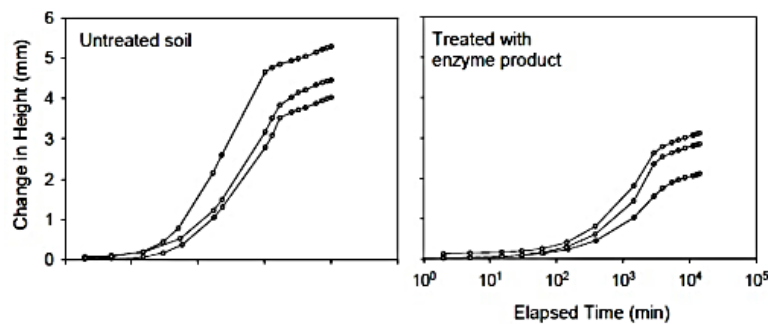


Figura 3. Ejemplo del oleaje libre de las pruebas con arcilla Bryan

Fuente: (Carro, 2021)

Elaborado: Mendoza y Ponce (2022).

Continuando con la variable estabilización de suelos plásticos utilizamos el documento de sitio google académico en el artículo cuyo tema es “ESTABILIZACIÓN DE SUELOS CON ENZIMAS”, publicado el 3 de marzo del año 2022 por el autor Vives, Noriega y Muñoz por la revista Avances Investigación en Ingeniería.

Estabilizaciones No Tradicionales en Suelos. Esta metodología de estabilización de suelo se ha realizado desde la antigüedad cuando los suelos eran muy fértiles en la agricultura pero tenían baja resistencia para las construcciones, realizando estabilizaciones con madera, cenizas y arcillas marinas como se reporta en el trabajo de Ekinici en el 2020 en su investigación titulada “Strength, Stiffness and Microstructure of Wood-Ash Stabilized Marine Clay,” que tuvo como finalidad evaluar la resistencia al corte en condiciones de drenaje consolidado, la muestra que se utilizó fue 5% de ceniza de madera y 10% de muestras reemplazadas con cemento de ceniza de madera con 7 días de curado, se obtuvo que la cohesión aumentó debido al incremento del contenido de cemento, la sustitución del cemento con un 5% de ceniza de madera dio lugar a un aumento adicional de la cohesión, el adicional de ceniza de madera al 10% resultó una cohesión reducida, el aumento de la cohesión con un 5% de sustitución de cenizas de madera indica la introducción de una fuerza de unión con las partículas de arcilla, estabilizando la arcilla marina con sólo el cemento resultó un aumento del ángulo de fricción de 27^a a 42^a (Noriega, Vives, & Muñoz, 2022).

Estabilizaciones Tradicionales en Suelos. Muchos de los problemas presentados en las vías urbanas son la presencia de suelos blandos, con alta plasticidad y baja resistencia como son las arcillas, que están presentes en Colombia, donde el 7% de la red vial se encuentran pavimentadas y las vías terciarias mucho menos. Un estudio realizado por Gómez en el 2016 en «Variación de las propiedades mecánicas de suelos arcillosos compresibles estabilizados con material cementante,» realizó muestras de suelo preparadas con cal y cemento en dosificaciones de 2 a 6% para la cal y 2 a 16% para el cemento estos diseños se evaluaron mediante los exámenes de laboratorio de límites de plasticidad, corte directo, compresión confinada y CBR los resultados de corte directo afirma que la dosificación aumenta el ángulo de fricción y de forma proporcional aumenta el valor de cohesión, el tiempo de curado de 7, 14, 28 días aumenta la cohesión pero disminuye el ángulo de

fricción, es decir para un 2% de cal se consiguió 36.97 de ángulo de fricción de 7 días y con el pasar de los días disminuye a 29.66 , mientras que una muestra con 6% de cal se obtuvo un ángulo de fricción de 56.53 y a los 28 días disminuyó a 51.35, con respecto a la cohesión del suelo con 2% de cal se logró a los 7 días 2.91 Kpas y a los 28 días 11.88 Kpas, la muestra de 6% de cal obtuvo una cohesión de 17.73 a los 7 días y 16.68 a los 28 días (Noriega, Vives, & Muñoz, 2022).

Concordando con los trabajos de Khemissa en el 2014 en su artículo «Cement and lime mixture stabilization of an expansive overconsolidated clay.,» el cual realizó los ensayos de proctor estándar, pruebas de azul de metileno, pruebas de relación de soporte de California y pruebas de cizallamiento directo no drenado sus resultados de estas pruebas muestran que los valores de los parámetros geotécnicos son concordantes y confirman la mejora de la capacidad portante de esta arcilla natural, que se traduce en un aumento significativo de la resistencia del suelo y su durabilidad. Sin embargo, los mejores rendimientos se obtienen con un tratamiento mixto correspondiente a un 8% de cemento y un 4% de cal.

Estabilizaciones Mixtas en Suelos (Tradicional y No Tradicional). Los suelos arcillosos expansivos se distribuyen por todo el mundo causando daños en la infraestructura, cimientos de edificios y carreteras debido a su baja resistencia, alta compresibilidad y alto nivel de cambios volumétricos, estos tipos de suelos pueden ser mejorados con estabilización enzimática del cemento con el hormigón reciclado, Karami con sus colaboradores en el 2020 demostró que los materiales de desecho se pueden utilizar eficazmente, en sus mezclas utilizó suelos in situ con 20% de hormigón triturado, 3% de cemento mezclado y 1% de capa de enzima y en sus resultados probó que este diseño baja permeabilidad e hinchamiento y alta resistencia a la compresión no confinada de suelos estabilizados indican que el enfoque de construcción adoptado sería muy adecuado.

El trabajo que realizó Firoozi y sus colaboradores en el 2017 realizaron diseños de estabilización de suelos arcillosos haciendo uso de agentes cementantes como cal, cemento y subproductos industriales como cenizas volantes y escoria, este diseño mejoro las propiedades geotécnicas sin embargo se han reportados casos que los suelos ricos en sulfatos y estabilizados con cal o cemento sufrieron fallas en el pavimento. Actualmente el uso del cemento como estabilizante de suelos arcillosos ha mejorado las propiedades geotécnicas de los suelos. Mousavi en el 2017 incorporo cemento y humo de sílice a sus diseños para verificar si sus propiedades geotécnicas mejoran con su uso, en su investigación preparo 120 muestras de suelos estabilizados y sin tratar reemplazando el cemento Portland ordinario con humo de sílice. El analisis la influencia del reemplazo parcial (Noriega, Vives, & Muñoz, 2022).

Casos de Estabilizaciones de Suelos en Obras Civiles. En la actualidad ya se vienen usando diferentes insumos para la estabilización de suelos arcillosos como se presentan en Taman en el área de humedales en el estado de Putrajaya, donde se usó arena de sílice para estabilizar suelos arcillosos los cuales ocasionan asentamientos viales, generando grietas y deformaciones. Esmail en el 2017 extrajo 10 muestras de suelo a una profundidad de 2 m, para evaluar la permeabilidad, resistencia y la relación de CBR vs la estabilización con CBR plus y arena de sílice en laboratorio indico que el diseño optimo fue 1 % CBR PLUS y 9% arena de sílice, con esta combinación se puede lograr que el índice de plasticidad disminuye de 31% a 14%, también se notó que el pH del suelo estabilizado es alcalino (7.3), también menciono que el CBR PLUS altera significativamente la conductividad hidráulica, en cuanto al ensayo de corte directo se encontró que el suelo estabilizado con CBR PLUS tuvo una cohesión de 103 kpas y ángulo de fricción de 26 siendo así que mejora la resistencia a cizallamiento a 1.9 veces con respecto a la muestra no tratada.

La estabilización de suelos blandos también se pudo realizar en suelos contaminados con derrames de petróleo. Chuang Yu y sus colaboradores en el 2018 aplicaron 12% de cemento portland y haciendo uso de los ensayos de límites de Atterberg, la resistencia a la compresión confinada, la resistencia al corte directo y la microestructura de suelos estabilizados con cemento indicaron que el cemento mejora las propiedades mecánicas de estos suelos, del ensayo de corte directo se demostró que el ángulo de fricción interno del suelo disminuyó y va mejora con el tiempo . (Noriega, Vives, & Muñoz, 2022).

Ventajas de Aplicar la Estabilización de Suelo. Se pueden lograr estabilizar suelos arcillosos con uso de cal, el cual trae como ventaja la reducción de plasticidad de los suelos, mejora la resistencia a la compactación hasta en un 60%, aumenta significativamente la cohesión del suelo y una ligera mejora en el ángulo de fricción interna, estos hallazgos fueron demostrados por Taha en el 2014. Los suelos turbios estabilizados con yeso sintético y cloruro de sodio no mejoran las propiedades geotécnicas de los suelos, no aportando resistencia al corte ni disminuyendo el asentamiento. Esta estabilización fue demostrada por Silmi y sus colaboradores en el 2019 y sugiere que no es la mejor opción para los casos de asentamientos en suelos turbios presentes en la Isla de Java central.

La ventaja de utilizar insumos reciclables para la estabilización suelos arcillosos es que son amigables para el medio ambiente genera menor consumo de energía y menor emisiones de CO₂ y son fáciles de conseguir como son las cenizas volantes y escoria, estos insumos reduce la plasticidad, aumento la resistencia de corte y la aplicación de cal es más ventajosa que aplicación de cemento, volviéndolas útil para la estabilización de taludes, estas ventajas fueron reportadas por Vukicevic en el 2019 en su trabajo “The Alternatives to Traditional Materials for Subsoil Stabilization and Embankments.,” que utilizo ensayos de gravedad específica, distribución del tamaño de grano,

relación humedad-densidad (prueba de compactación Proctor), resistencia a la compresión confinada (UCS), pruebas de edómetro y de hinchamiento, cortante directo y la relación de carga de California (CBR) para probar las ventajas que ofrece la estabilización de suelos arcillosos con cenizas volantes y la estabilización con cal (Noriega, Vives, & Muñoz, 2022).

Para la construcción teórica de la segunda variable cascara de arroz, utilizamos el documento de sitio google académico cuyo tema “Caracterización preliminar de la ceniza de cáscara de arroz de la provincia Manabí, Ecuador, para su empleo en hormigones”, publicado en enero del año 2021 por el autor Jarre Cesar y Ledezma Camilo por la revista técnica de la facultad de ingeniería de la Universidad de Zulia, Maracaibo – Venezuela.

2.1.1.2. Cáscara de Arroz.

Materiales y Método. En términos sociales y productivos, el cultivo del arroz es el más importante del Ecuador, ocupando aproximadamente la tercera parte de la superficie de productos transitorios del país. Considerando el comportamiento del cultivo no puede establecerse una tendencia que se defina como ascenso, pues en algunas áreas su producción lo mismo aumenta que disminuye, siendo una multi variedad de factores los causantes de las fluctuaciones. Las provincias con mayor participación en la producción de arroz son Guayas, Los Ríos, Manabí, Loja y El Oro. Cronológicamente en cuanto a rendimiento, la media nacional durante el año 2015 fue de 5,24 t/ha, siendo Loja la provincia de mayor predominancia, con una media de 6,75 t/ha. La provincia que mostró menor rendimiento fue El Oro, con una producción media de 3,68 t/ha. Ya en el año 2016 la encuesta de superficie y producción agropecuaria continua refleja en su estadística, que la superficie nacional sembrada en ese año fue de 385.039 miles de hectáreas, área verdaderamente significativa, de la cual fueron cosechadas 366.194 miles de hectáreas, obteniéndose una producción de 1.534.537 t y ventas de 1.432.318 t.

Contenido de sílice en la cáscara de arroz. Considerando el análisis anterior sobre la distribución del cultivo y procesamiento de arroz en Ecuador, se seleccionaron muestras procedentes de piladoras de Paján, Santa Ana, San Eloy, Rocafuerte y Chone, garantizándose así la representatividad del norte, centro y sur del país. La presencia de sílice dentro de la estructura de la cáscara de arroz se conoce desde 1938, la cual oscila alrededor del 20%, presentándose en mayor cantidad con respecto al grano de arroz.

Respecto al tipo de estructura, los polimorfos de sílice son varios: cuarzo, cristobalita, tridimita, coesita, stishovita, lechatelita y gel de sílice. El sílice o dióxido de silicio (SiO_2), como también se conoce, generalmente existe en dos formas, amorfa y cristalina. Para la determinación porcentual de la presencia de sílice en las muestras de cáscara de arroz de las cinco piladoras seleccionadas, se aplicó la técnica de absorción nuclear, una de las más novedosas y exactas a estos fines, enviando las mismas a los laboratorios de la Dirección de Ciencias Químicas y Ambientales de la Facultad de Ciencias Naturales y Matemáticas de la Escuela Politécnica del Litoral, Ecuador (ESPOL).

Obtención de la Ceniza de Cáscara de Arroz. Concluida la caracterización de la cáscara de arroz, como siguiente paso en la investigación, se acometió el análisis del procedimiento de quema controlada y caracterización de la ceniza resultante. La cáscara de arroz al ser sometida a un proceso de calcinación produce ceniza en el orden del 13 al 29% del peso inicial, y está compuesta principalmente por sílice en proporción variable entre un 87 y 97%, más otras cantidades de sales inorgánicas que pueden ser eliminadas. Se ha documentado que en dependencia del rango de temperatura y la duración de la combustión, se obtienen formas cristalinas o amorfas de sílice. En general, se acepta que la formación significativa de sílice amorfa se da en el rango de 600 a 800 o C, mientras que la sílice cristalina se produce por encima 900 o C. Las formas cristalinas y amorfas de la sílice tienen diferentes propiedades. Para la aplicación requerida en esta investigación, la relevancia es hacia cenizas con estructura amorfa, aspecto más

proclive en temperaturas mínimas dentro del rango, aunque la formación de sílice es un poco inferior, siendo la relación de comportamiento inverso.

Caracterización de la Ceniza de Cáscara de Arroz. Las técnicas experimentales se basan en procedimientos estrictamente desarrollados para analizar la presencia y formación de sílice en ceniza de la cáscara de arroz, destacando entre ellas: la espectroscopia de resonancia magnética nuclear (RMN), microscopía electrónica de barrido (MEB), difracción de rayos de X (DRX), fluorescencia de rayos X (XRF), infrarrojo con transformada de Fourier (FTIR) y análisis térmico diferencial (ATD). En el caso de la presente investigación, para la estimación de la composición química de la ceniza de cáscara de arroz, fue empleada la técnica de XRF, en los laboratorios de química aplicada de la empresa de cementos CURAZAO SA, de la provincia de Artemisa, en Cuba; y para la caracterización estructural de la propia ceniza, la técnica de DRX, en los laboratorios de química de la Yachay Tech University, de San Miguel de Urcuquí, Ecuador.

Resultados y Discusión. El ensayo de absorción nuclear a las muestras de cáscara de arroz de las piladoras seleccionadas, permite Rev. Téc. Ing. Univ. Zulia. Vol. 44, No. 1, 2021, Enero-Abril, pp. 04-58 48 Jarre et al. Conocer su constitución porcentual de SiO₂, Se aprecia que los resultados se ubican en el entorno de los rangos referenciados a nivel internacional. Soares et al. Señalan un contenido medio de sílice entre 16 y 20% en la cáscara de arroz. Aunque dos de los valores encontrados resultan ligeramente inferiores en comparación a los restantes, los mismos no se consideran determinantes al no pertenecer a los ocho cantones productores del mayor volumen de cáscara generada, y dichos valores están solo un 1,7% y un 1,0% de la cota inferior del 16% de presencia de sílice referenciado en la literatura. Resultados que evidencian la potencialidad del uso de la cascarilla indistintamente del cantón de origen de su procedencia.

Ateniendo la experiencia recogida de la literatura internacional, Ayhan documenta que, al evaluar los resultados de la quema de la cáscara de arroz, bajo una combustión completa la ceniza de cáscara de arroz con mayor proporción de estructura amorfa, debe presentar una coloración que fluctúa en gris/blanco; pero que en condiciones de combustión parcial se produce una ceniza negra, de estructura cristalina. Este resultado permite reducir a nueve los puntos operativos obtenidos producto de la quema controlada, seleccionando solo aquellos en que la coloración es gris/blanco, correspondientes a temperaturas de 600, 625 y 650°C, y tiempos de quema de 60, 75 y 90 min, Estos fueron los empleados entonces para definir si la sílice en la ceniza de cáscara de arroz obtenida, poseía estructura amorfa o cristalina (Jarre, Zamora, Puig, & Zamora, 2021).

Continuando con la segunda variable cáscara de arroz plásticos, utilizamos el documento de sitio google académico “Caracterización del subproducto cascarillas de arroz en búsqueda de posibles aplicaciones como materia prima en procesos”, por los autores Luis Vargas, Paola Alvarado, José Vega-Baudrit y Marilyn Porras en la Revista científica del Instituto de investigaciones Químicas y Biológicas de la Universidad de San Carlos de Guatemala, año diciembre del 2017.

Definición. La cascarilla de arroz es un subproducto generado del proceso de molienda del grano de arroz proveniente de los campos de cultivo. Esta se encuentra en la parte exterior del grano de arroz maduro compuesta por dos glumas denominadas palea y lemma, unidas por dos estructuras que tienen forma similar a un gancho.

La cascarilla de arroz tiene una naturaleza fuerte, leñosa y abrasiva; por lo cual, es resistente a factores ambientales. Tiene buena conductividad térmica y su dureza se debe al silicio contenido en la cascarilla. Asimismo cuenta con varias otras cualidades cuya mención o análisis podría alejarse de los objetivos de la presente investigación

Caracterización de la Cáscara de Arroz. La cascarilla de arroz no está tan bien caracterizada como el grano de arroz. En la literatura se encuentran diversos valores para las propiedades y composición de este desecho, variaciones de acuerdo a los métodos y tipo de arroz utilizados.

La cascarilla de arroz tiene varias aplicaciones incluyendo: conversión de la biomasa (se obtienen azúcares que pueden ser convertidos a otros químicos orgánicos); en la elaboración de abonos y material para el cultivo de hongos; obtención de papel y de pulpa; como combustible; en materiales de construcción; obtención de productos de silicio, a partir de la cascarilla o de sus cenizas. Siendo los dos últimos mencionados los más pertinentes considerando al silicio como buen material de relleno.

Utilidad. Este desecho orgánico, posee una baja densidad, lo cual puede presentar problemas para su almacenamiento, y los costos para su almacenamiento son mayores al incrementarse las cantidades de este desecho. Sin embargo, esta baja densidad también facilita su manejo, una vez que la cascarilla se desprende del grano. La capacidad calorífica que presenta este desecho es relativamente baja comparada a otros materiales sólidos que son fuente de energía (coque, carbón). Sin embargo, la cascarilla de arroz es un recurso renovable, y aunque es difícil de quemar, se puede utilizar para alimentar calderas que se encuentren en las instalaciones arroceras. El alto contenido de cenizas producidas obliga a superar algunas dificultades; sin embargo, se compensa por la carencia de productos perjudiciales como el azufre que están presentes en el carbón y en otros combustibles. El principal componente de las cenizas de la cascarilla de arroz cuando ésta se quema, es el sílice, el cual representa más del 90% de las mismas, y tiene especial importancia por las aplicaciones que se le puede dar en polímeros (como material de relleno), en cementos, materiales de construcción, y en la fabricación de vidrios (Alvarado, Vega, & Porras, 2018).

Para la construcción teórica de la tercera variable, cerámica reciclada, utilizamos el libro que se publicó de manera virtual el 26 de octubre del año 2019 por el autor Sofía Lobato, en la bibliografía educación secundaria.

2.1.1.3. Cerámica Reciclada.

Cerámica Definición. Sin duda alguna, la industria cerámica es la industria más antigua de la humanidad. Se entiende por material cerámico el producto de diversas materias primas, especialmente arcillas, que se fabrican en forma de polvo o pasta (para poder darles forma de una manera sencilla) y que al someterlo a cocción sufre procesos físico-químicos por los que adquiere consistencia pétreo. Dicho de otro modo, más sencillo, son materiales sólidos inorgánicos no metálicos producidos mediante tratamiento térmico (Lobato, 2019).

Propiedades Generales de los Materiales Cerámicos. Comparados con los metales y plásticos son duros, no combustibles y no oxidables.

Su gran dureza los hace un material ampliamente utilizado como abrasivo y como puntas cortantes de herramientas. Gran resistencia a altas temperaturas, con gran poder de aislamiento térmico y, también, eléctrico. Gran resistencia a la corrosión y a los efectos de la erosión que causan los agentes atmosféricos. Alta resistencia a casi todos los agentes químicos. Una característica fundamental es que pueden fabricarse en formas con dimensiones determinadas (Lobato, 2019)

Los materiales cerámicos son generalmente frágiles o vidriosos. Casi siempre se fracturan ante esfuerzos de tensión y presentan poca elasticidad.

Clasificación. Dependiendo de la naturaleza y tratamiento de las materias primas y del proceso de cocción, se distinguen dos grandes grupos de materiales cerámicos: las cerámicas gruesas y las cerámicas finas. (Lobato, 2019).



Figura 4. Clasificación de ladrillos según su masa

Fuente: (Lobato, 2019).

Elaborado: Mendoza y Ponce (2022).

Materiales Cerámicos Porosos o Gruesos. (Lobato, 2019), no han sufrido vitrificación, no se llega a fundir el cuarzo con la arena porque la temperatura del horno es baja. Su fractura es terrosa, siendo totalmente permeables a los gases, líquidos y grasas. Los más importantes:

Arcilla cocida. Es rojiza por el óxido de hierro de las arcillas empleadas y se cuece a unos 800°C. Se denomina loza estannífera cuando se recubre con esmalte blanco (óxido de estaño). Se usa para fabricar baldosas, ladrillos, tejas, etc. (Lobato, 2019).

Loza italiana. Se fabrica con arcilla entre amarilla-rojiza mezclada con arena, pudiendo recubrirse de barniz transparente. La temperatura de cocción ronda los 1000°C. Se emplea para fabricar vajillas baratas, adornos, tiestos (Lobato, 2019).

Loza inglesa. Fabricada de arcilla arenosa a la cual se le ha eliminado el óxido de hierro y se le ha añadido sílex, yeso, feldespato (bajando el punto de fusión de la mezcla) y caolín para mejorar la blancura de la pasta. Se emplea para vajilla y objetos de decoración. Primero se cuece a 1100° C, se saca del horno y recubre con esmalte; para luego introducirla al horno de nuevo a la misma temperatura (Lobato, 2019).

Refractarios. Se fabrican a partir de arcillas mezcladas con óxidos de aluminio, torio, berilio y circonio. La cocción se efectúa entre los 1.300 y los 1.600 °C, seguidos de enfriamientos muy lentos para evitar agrietamientos tensiones internas. Se obtienen productos que pueden resistir y temperaturas de hasta 3.000 °C. Las aplicaciones más usuales son: ladrillos refractarios (que deben soportar altas temperaturas en los hornos) y electro cerámicas (Lobato, 2019).



Figura 5. Aspecto de materiales refractarios

Fuente: (Lobato, 2019)

Elaborado: Mendoza y Ponce (2022).

Materiales Cerámicos Impermeables o Finos. (Lobato, 2019), en los que se someten a temperaturas suficientemente altas como para vitrificar completamente la arena de cuarzo. Así, se obtienen productos impermeables y más duros. Los más importantes son:

Gres Cerámico Común. Obtenido a partir de arcillas ordinarias, sometidas a temperaturas de unos 1.300 °C. Es muy empleado en pavimentos y paredes (Lobato, 2019).

Gres Cerámico Fino. Obtenido a partir de arcillas conteniendo óxidos metálicos a las que se le añade un fundente (feldespato) para bajar el punto de fusión. Más tarde se introducen en un horno a unos 1.300 °C. Cuando está a punto de finalizar la cocción, se impregnan los objetos de sal marina que reacciona con la arcilla formando una fina capa de silicio aluminato alcalino vitrificado que confiere al gres su vidriado característico. Se emplea para vajillas, azulejos (Lobato, 2019).

Porcelana. Es obtenido a partir de una arcilla muy pura, caolín, mezclada con fundente (feldespato) y un desengrasante (cuarzo o sílex). Su cocción se realiza en dos fases: una a una temperatura de entre 1.000 y 1.300 °C y, tras aplicarle un esmalte otra a más alta temperatura pudiendo llegar a los 1.800 °C. Teniendo multitud de aplicaciones en el hogar (pilas de cocina, vajillas, tazas de café, etc.) y en la industria (toberas de reactores, aislantes en transformadores, etc.) (Lobato, 2019).

2.1.1.3.1. Etapas de la Fabricación de Materiales Cerámicos.

Extracción y Preparación. La obtención de la arcilla, en las canteras, llamadas barrenos, que además de ser a cielo abierto, suelen situarse en las inmediaciones de la fábrica de arcilla (Lobato, 2019).

Para la preparación, se hace la molienda primero y la mezcla de las diferentes materias primas. La composición variará en función de las propiedades requeridas por la pieza de cerámica terminada. Las partículas y otros constituyentes tales como aglutinantes y lubricantes pueden ser mezclados en seco o húmedo. Para productos cerámicos tales como ladrillos comunes, tuberías para alcantarillado y otros productos arcillosos, la mezcla de los ingredientes con agua es una práctica común. Para otros materiales cerámicos, las materias primas son tierras secas con aglutinantes y otros aditivos (Lobato, 2019).

Conformación. Los métodos de modelado de cerámica más utilizados son:

Prensado. La materia prima puede ser prensada en estado seco, plástico o húmedo, dentro de un troquel para formar productos elaborados (Lobato, 2019).

Prensado en Seco. Este método se usa frecuentemente para productos refractarios (materiales de alta resistencia térmica) y componentes cerámicos electrónicos. El prensado en seco se puede definir como la compactación uniaxial simultánea y la conformación de los polvos granulados con pequeñas cantidades de agua y/o pegamentos orgánicos en un troquel. Después del estampado en frío, las partículas son normalmente calentadas (sinterizadas) a fin de que se consigan la fuerza y las propiedades micro estructurales deseadas. El prensado en seco se utiliza mucho porque permite fabricar una gran variedad de piezas rápidamente con una uniformidad y tolerancia pequeñas (Lobato, 2019).

Extrusión. Las secciones transversales sencillas y las formas huecas de los materiales cerámicos en estado plástico a través de un troquel de embutir.



Figura 6. Sección extrusora de la fábrica de procesamiento de cerámica

Fuente: (Lobato, 2019)

Elaborado: Mendoza y Ponce (2022).

Secado. Las piezas recién moldeadas se romperían si se sometieran inmediatamente al proceso de cocción, por lo que es necesario someterlas a una etapa de secado con el propósito es eliminar el agua antes de ser sometida a altas temperaturas. Generalmente, la eliminación de agua se hace a menos de 100°C y puede tardar tanto como 24h para un trozo de cerámica grande (Lobato, 2019).

Cocción. Al cocer las arcillas a alta temperatura se dan reacciones que desembocan en una consistencia pétrea y una durabilidad adecuada para el fin para el que se destinan. La temperatura dependerá del tipo de material (Lobato, 2019).

Para la construcción teórica de la cuarta variable subrasante de la estructura del pavimento, utilizamos el documento de sitio google académico “Influencia de la deflexión superficial en pavimentos flexibles con subrasante de baja resistencia”, por los autores Gianina Massenlli y Cassio de Paiva en la Revista Chilena de Ingeniería publicado en Enero del 2019.

2.1.1.4. Subrasante de la Estructura del Pavimento.

Modelos de Fatiga Utilizados en la Verificación Mecanicista. Para el dimensionamiento del pavimento flexible debe hacerse un análisis de los daños para determinar el agrietamiento por fatiga y deformación permanente. Los modelos de fatiga más utilizados permiten prever un número de repeticiones de carga para prevenir la fatiga (Nf), en función de la tensión o deformación. Estos modelos también definen los valores límites para la deflexión recuperable en la superficie del pavimento (D0); deformación horizontal de tracción, en la última fibra inferior, de la carpeta asfáltica (et) y deformación vertical en la parte superior de la subrasante (ev). Para el estudio se utilizaron modelos constantes en los manuales de proyectos.

Parámetros de Diseño Adoptados en el Estudio de Caso. Para iniciar el dimensionamiento del pavimento se parte del parámetro número N, o sea, el tráfico convertido en cargas equivalentes al eje estándar o eje padrón a través del número equivalente de solicitudes del eje estándar de 80kN. Los números N's para este estudio son $1,34 \times 10^7$ (USACE) y $4,70 \times 10^6$ (AASHTO) para un período de proyecto de 10 años. Otro parámetro es la caracterización de la subrasante, determinada por CBR o Módulos de Resiliencia (E), obtenidos en ensayos.

Otro parámetro es la clasificación, que puede ser MCT para identificar peculiaridades de suelos finos, sobre el comportamiento laterítico o saprolítico;

otra clasificación es la Resiliencia, que posibilita calificar los suelos finos en cuanto al comportamiento mecánico en términos de deformación elástica.

Tabla 3.
Clasificación de los suelos finos según su resiliencia

CBR (%)	S (%)		
	≤ 35	35 a 65	>65
≥ 10	I	II	III
6 a 9	II	II	III
2 a 5	III	III	III

Fuente: (Massenlli & de Paiva, 2019)

Elaborado: Mendoza y Ponce (2022).

- Para subrasante débiles con $CBR \leq 5\%$ ($E_{sl} \leq 50$ MPa) es evidente la necesidad de protección, una capa adicional de suelo más calificado, es decir, por encima de la subrasante original. Por tanto, disipar las tensiones y deformaciones con espesores de capas que ejerzan esa función;
- Los espesores HREF obtenidos directamente por el método de la Resiliencia son mayores que los del método de DNER (2006). Esta diferencia puede ser explicada porque el método de la Resiliencia considera tanto el comportamiento del suelo como también a la deformación del mismo.
- Subrasantes con $CBR > 12\%$ ($E_{sl} > 100$ MPa) no necesitan de HREF;
- En la verificación mecanicista se hizo necesario el uso de HREF para subrasante con CBR igual a 10% ($E_{sl} = 80$ MPa);
- La deflexión actuante en la superficie del pavimento (D_0) evidencia una reducción acentuada en la subrasante $CBR = 5\%$ (50 MPa).

Estructura de Referencia. El pavimento flexible estudiado fue proyectado para 10 años, según el método empírico de DNER se utilizaron ecuaciones de previsión de fatiga, presentadas anteriormente. Se utilizó para este estudio el programa computacional de diferencias finitas, basado en la teoría de la elasticidad lineal,

denominada Elsym 5, para subsidiar los cálculos y obtener las respuestas estructurales del pavimento analizado. Los datos de entrada utilizados en este programa fueron: las propiedades de las capas (espesor, módulo de resiliencia y coeficiente de Poisson), localización y magnitud de las cargas y las coordenadas de los puntos de análisis de las respuestas estructurales del pavimento. Presenta el modelo elástico y los espesores resultantes de la estructura de pavimento después de la verificación mecanicista.

De los materiales recomendados en los guías e instrucciones de proyecto brasileños. De esta forma, los valores de los esfuerzos actuantes, obtenidos por el programa Elsym 5 fueron: $D_0 = 64$ ($\times 10^{-2}$ mm), $e_t = 1,88$ ($\times 10^{-4}$) e $e_v = 2,92$ ($\times 10^{-4}$). Por lo tanto, de acuerdo con los procedimientos vigentes en Brasil, la estructura de pavimento dimensionada está apta para iniciar su vida en servicio y atender un período de proyecto de 10 años (Massenlli & de Paiva, 2019).

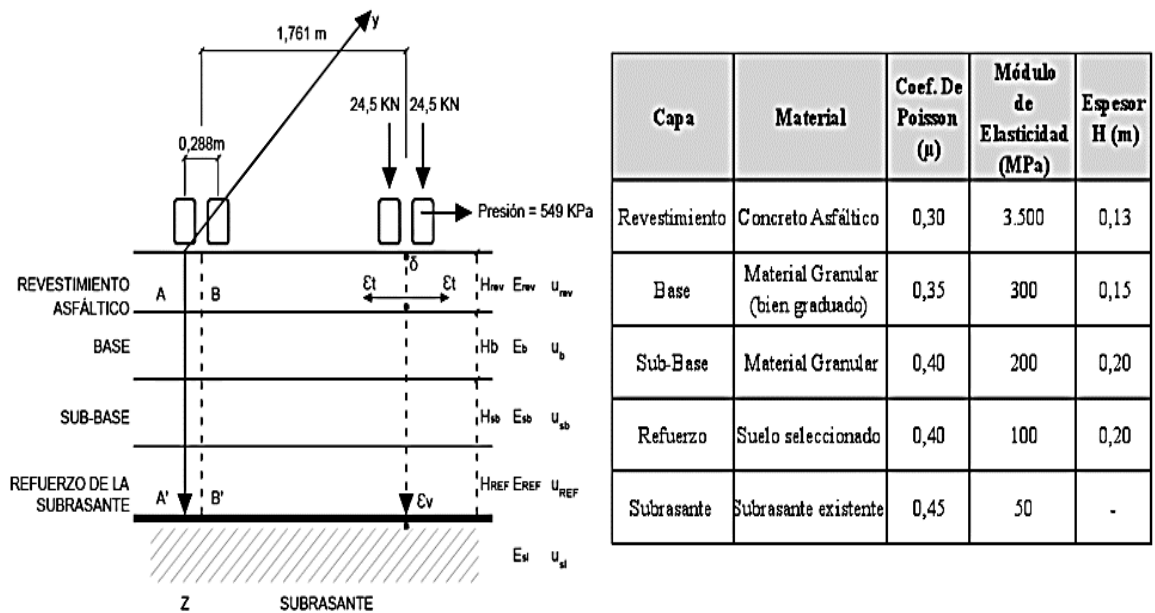


Figura 7. Datos de entrada y estructura del pavimento dimensionada

Fuente: (Massenlli & de Paiva, 2019).

Elaborado: Mendoza y Ponce (2022).

Análisis de Sensibilidad de la Reducción Estructural de las Capas del Pavimento. Las pérdidas de integridad de las capas del pavimento se representaron por la reducción o disminución de las espesuras efectivas (H) y de los módulos elásticos con contribución estructural (E), como se muestra.

La variación de los esfuerzos actuantes, en función de cada parámetro modificado, fue expresada en porcentaje, como fue propuesto por Mallick y ElKorchi. Así se compararon los análisis de sensibilidad de cada esfuerzo en relación con los cambios de espesor y el módulo de resiliencia de las capas y de la subrasante.

Tabla 4.
Plan de pérdida de integridad

Capa	Material	Espesor (m)	Módulo de Elasticidad (MPa)	Coef. de Poisson (μ)
Revestimiento	Concreto Asfáltico	0,13 a 0,04	3500 a 1100	0,3
Base	Granular bien graduada (BGS)	0,15 a 0,10	300 a 100	0,35
Sub-Base	Granular (CBR \geq 20%)	0,20 a 0,10	200 a 100	0,4
Refuerzo	Suelo seleccionado (CBR \geq 10%)	0,2	100	0,4
Subrasante	Subrasante existente (CBR \geq 5%)	∞	50 a 20	0,45

Fuente: (Massenlli & de Paiva, 2019).

Elaborado: Mendoza y Ponce (2022).

La comparación de las respuestas estructurales, indicadas, presenta dos situaciones relevantes en la parte superior de la subrasante (en la profundidad de 0,68 m):

Reducción acentuada en la deflexión, cuando el HREF pasó de 0,20 m a 0,40 m, es decir, la deflexión de 242,50 (x 10⁻² mm) alcanzó 185,10 (x 10⁻² mm). La guía SETRA establece 200 (x 10⁻² mm) para el control de ejecución cuando el módulo del soporte de la fundación corresponde a 50 MPa, pero el manual direcciona que para alcanzar ese valor es necesario la ejecución del refuerzo en la subrasante. El refuerzo de la subrasante igual a 0,60m resulta en un ϵ_v igual a 2,01 (x 10⁻⁴), valor

próximo al límite establecido en experimentos internacionales para pavimentos de larga duración ($ev = 2,00 \times 10^{-4}$). La condición de refuerzo estructural, también puede ser verificada en el efecto de la deformación elástica, o sea, la deflexión en todo el pavimento (Massenlli & de Paiva, 2019).

En esta variable también ocupamos el artículo científico denominado pavimento flexible (partes que componen su estructura). fue publicado el 3 de octubre del 2018 por la revista cueva del ingeniero civil.

Pavimento Flexible. Se muestra esquemáticamente, los componentes principales de un pavimento asfáltico (Estructural de un Pavimento Flexible). Se puede considerar que la estructura de un pavimento está formada por una superestructura encima de una fundación, esta última debe ser el resultado de un estudio geotécnico adecuado. En los pavimentos camineros, la superestructura está constituida por la capa de revestimiento y la capa base; la fundación está formada por las capas de sub-base y suelo compactado (Cueva del Ingeniero Civil, 2018).

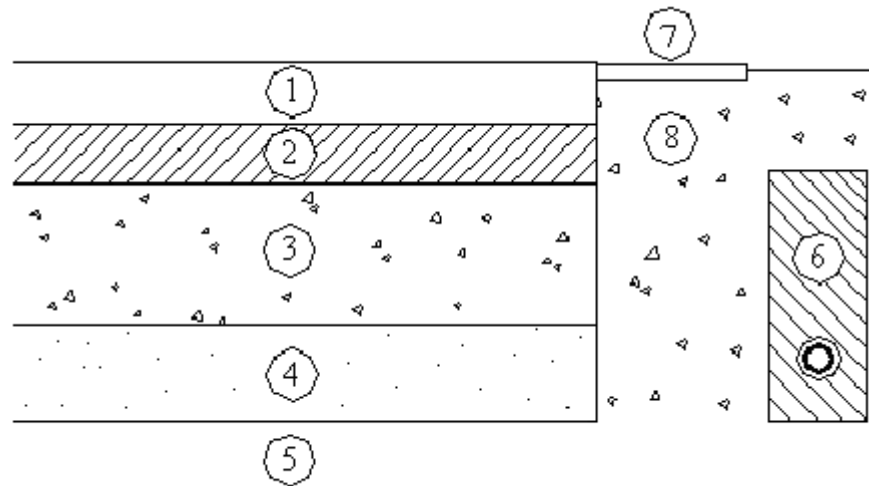


Figura 8. Componentes de la estructura de un pavimento flexible: 1) Capa de Rodadura; 2) Capa Base; 3) Capa Sub-base; 4) Suelo Compactado (Terraplén o Subrasante mejorada); 5) Subrasante; 6) Sub-drenaje longitudinal; 7) Revestimiento de Hombreras; 8) Sub-base de Hombreras

Fuente: (Cueva del Ingeniero Civil, 2018)

Elaborado: Mendoza y Ponce (2022).

Sección Típica de un Pavimento Flexible ¿Qué Capas Componen la Estructura de un Pavimento Flexible? Las capas y elementos que componen la estructura de un pavimento flexible son los siguientes: capa de Rodadura, capa Base, capa sub-base, suelo Compactado (Terraplén o Subrasante mejorada), subrasante, Subdrenaje longitudinal, revestimiento de Hombreras, sub-base de Hombreras

Funciones de la Capa de Rodadura. La capa de rodadura o revestimiento asfáltico tiene las siguientes funciones:

- Impermeabilizar el pavimento, para que las capas subyacentes puedan mantener su capacidad de soporte.
- Proveer una superficie resistente al deslizamiento, aún húmeda.
- Reducir las tensiones verticales que la carga por eje ejerce sobre la capa base, para poder controlar la acumulación de deformaciones plásticas en dicha capa (Cueva del Ingeniero Civil, 2018).

Funciones de la Capa Base. La capa base tiene las siguientes funciones:

- Reducir las tensiones verticales que las cargas por eje ejercen sobre las capas sub-base y suelo natural.
- Reducir las deformaciones de tracción que las cargas por eje ejercen a la capa de revestimiento asfáltico.
- Permitir el drenaje del agua que se infiltra en el pavimento, a través de drenajes laterales longitudinales.

Funciones de la Capa Sub Base. La capa sub-base está constituida por un material de capacidad de soporte superior a la del suelo compactado y se utiliza para permitir la reducción del espesor de la capa base. La capa de suelo reforzado, puede estar presente en una estructura de pavimento, para poder reducir el espesor de la capa sub-base.

2.2. Marco Legal

2.2.1. Normativa Nacional

CONSTITUCIÓN DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR 2008, Decreto Legislativo 0 Registro oficial 449 de 20-oct-2018 Última actualización: 01-ago-2018: Reformado

Art. 30 y 31.- nos indica el derecho de contar con una vivienda de manera segura, así como el respeto a cualquier ideología que puede tener el ser humano.

Art. 264. 7 y 281. 8. Nos habla sobre los implementos de salud, educación, los espacios públicos deportivos y el desarrollo de la investigación científica y de la innovación tecnológica que debemos contar.

Art. 350 y 385.- la educación superior será una formación académica superior con visión científica, tecnológica, humanista e impulsar la producción nacional que sea eficiente y productiva.

2.2.2. Reglamento de Titulación de la Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil.

Que la unidad de titulación es la unidad curricular que incluye las asignaturas, cursos o sus equivalentes, que permiten la validación académica de los conocimientos, habilidades y desempeños adquiridos en la carrera para la resolución de problemas, dilemas o desafíos de una profesión (Universidad Laica Vicente Rocafuerte, 2019).

Que el resultado final de esta unidad curricular es:

- a) el desarrollo de un trabajo de titulación, o,
- b) la preparación y aprobación de un examen de grado de carácter complejo, con los cuales se realiza la validación académica de los conocimientos, habilidades y desempeños adquiridos en la carrera por los estudiantes (Universidad Laica Vicente Rocafuerte, 2019).

Que en ambas modalidades el estudiante deberá demostrar el manejo integral de los conocimientos adquiridos a lo largo de su formación profesional, así como las destrezas

alcanzadas al término de la misma, sin que le sea permitido realizar otra unidad curricular distinta a las señaladas en la Ley (Universidad Laica Vicente Rocafuerte, 2019)

Que en ejercicio de la autonomía universitaria establecida en el Art. 351 de la Constitución de la República y al amparo de la potestad reglamentaria ejercida por el Órgano Colegiado Superior (OCAS) de la Universidad Laica Vicente Rocafuerte de Guayaquil.

Art.17.-Proyecto de Investigación. - Es una propuesta que pretende encontrar resultados que den respuesta a un problema que surja de las prácticas pre-profesionales, vinculación con la sociedad o de su experiencia laboral. En esta opción se puede hacer uso de cualquiera de los métodos y tipos de investigación existentes que apliquen al tema motivo de la propuesta, una investigación exploratoria y diagnóstica, la base conceptual, conclusiones y fuentes de consulta (Universidad Laica Vicente Rocafuerte, 2019).

2.2.3. Plan Nacional de Desarrollo 2017-2021 Toda una Vida

Incentivar la producción y consumo ambientalmente responsable, con base en los principios de la economía circular y bio-economía, fomentando el reciclaje y combatiendo la obsolescencia programada.

Incentivar la investigación, la formación, la capacitación, el desarrollo y la transferencia tecnológica, la innovación y el emprendimiento, la protección de la propiedad intelectual, impulsar el cambio mediante la vinculación entre el sector público, productivo y las universidades.

Implementar sistemas constructivos seguros y energéticamente eficientes en zonas de alta exposición a amenazas de origen natural y antrópico.

2.2.4. Normas del Proceso para Realizar los Diversos Ensayos para el Tema Investigativo.

En el presente tema investigativo las tareas a realizar, regirá la normativa establecida en la Especificaciones del Ministerio de Transporte y Obras Públicas de acuerdo MOP - 001-F 2002 en el Capítulo 400 (Estructura del pavimento): Sección 404 (Bases), en la que

se establecen lineamientos de uso, procedimientos y materiales, acorde a las consideraciones de diseño según lo remarcado para el presente estudio.

La totalidad de los ensayos han de realizarse bajo los requerimientos de la manera adecuada de realizarlo como indica en la Norma A.S.T.M. (Asociación Americana de Ensayos de Materiales), AASHTO (Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transportes), INV (Instituto Nacional de Vías) y NLT (No Les Tan):

MTOP en sus capítulos.

- SECCION 402 Mejoramiento de la sub-rasante IV-16
- SECCION 404 Bases IV-50

Normas de los ensayos a estudiar

Los ensayos del presente trabajo serán realizados bajo las respectivas normas: Norma A.S.T.M., AASHTO, NLT e INV:

Toma de muestras superficiales de suelo inalterado **N.L.T. 203 - 77, INV E 112**

Contenido de humedad **A.S.T.M. D 2216, INV E 122**

Granulometría **A.S.T.M. D 422 - 77, INV E 123**

Limite Liquido **A.A.S.H.T.O. T 89, INV E 125**

Limite plástico **A.A.S.H.T.O. T 90, INV E 126**

También consideramos las normas **N.E.C. (Norma Ecuatoriana de la Construcción)**, en su capítulo NEC – SE – GC: Geotecnia y Cimentaciones, todas estas NORMAS estará en los anexos de este estudio

CAPÍTULO III

3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Enfoque de la Investigación: (Cuantitativo, Cualitativo o Mixto)

Cuando hablamos de enfoque de investigación, nos referimos a la naturaleza del estudio, la cual se clasifica como cuantitativa, cualitativa o mixta; y abarca el proceso investigativo en todas sus etapas: desde la definición del tema y el planteamiento del problema de investigación, hasta el desarrollo de la perspectiva teórica, la definición de la estrategia metodológica, y la recolección, análisis e interpretación de los datos. De esta forma, la selección del enfoque de investigación nunca se reduce a un asunto de azar o capricho, sino, a decisiones de quien investiga, en función de la construcción del problema y las metas del estudio (Mata, 2019).

La investigación el enfoque es cuantitativo, porque se realizará una amplia recolección, toma de muestras, datos (ensayos respectivos para el análisis de la estabilización de suelos expansivos y magnitudes numéricas entre las cuales podemos determinar el C.B.R. para determinar la capacidad portante del estrato y saber su porcentaje de hinchamiento que tendría este material y este dentro de los parámetros requeridos en las especificaciones del ministerio de transporte y obras públicas. Al final se medirán las variables y se analizarán los datos obtenidos en la investigación, todo este proceso se debe realizar de conformidad a lo establecido en las normas y procedimientos.

3.2. Alcance de la Investigación: (Exploratorio, Descriptivo o Correlacional)

La investigación con alcance descriptivo es aquella donde, ya conociéndose las características del fenómeno a estudiar, se busca detallar sus dimensiones de forma precisa. En este alcance es posible, pero no obligatorio, plantear una hipótesis que busque caracterizar el fenómeno del estudio (Ramos Galarza, 2020).

Por tanto, es posible definir el alcance del presente trabajo de investigación como Descriptivo, ya que el investigador definirá el análisis y el proceso que tendrá el tema investigativo, analizando el comportamiento de los suelos plásticos expansivos y las características de cada material innovador para que beneficie la mezcla a utilizar en la estabilización de estos suelos dándole una mejor estructura a la sub rasante de una vía.

3.3. Técnica e Instrumentos para Obtener los Datos

Las técnicas de investigación son unos procesos de instrumentos que se utilizan al iniciar el estudio de un fenómeno determinado. Estos métodos permiten recopilar, examinar y exponer la información, de esta forma se logra el principal objetivo de toda investigación, que es adquirir nuevos conocimientos. La elección de la técnica de investigación más adecuada depende del problema que se desea resolver y de los objetivos planteados, motivo por el cual esta elección resulta ser un punto fundamental en todos los procesos investigativos. (lifeder, 2020).

Las técnicas que se utilizara son los ensayos de clasificación, proctor y C.B.R. que este dentro de lo requerido para su utilización como parte de la estructura de pavimento. Una vez definida las proporciones adecuadas que permitan disminuir la expansión se realizará los ensayos complementarios para determinar la expansión obtenida al utilizar la mezcla que cumple con los ensayos de plasticidad.

3.4. Población y Muestra

3.4.1. Población

Según Hernández, Fernández y Baptista (2014), la población es: “el conjunto de todos los casos que concuerdan con determinadas especificaciones”

Para Arias (2012) define como “...población un conjunto finito o infinito de elementos con características comunes para las cuales serán extensivas las conclusiones de la investigación...”

Expuesto lo anterior, los autores concuerdan que la Población es la totalidad del fenómeno a estudiar, donde las unidades de esta poseen una característica común, la que se estudia y da origen a los datos de la investigación (Rojas, 2017).

Para esta investigación la población será toda la extensión de terreno del que se tomarán las muestras a estudiar, el cual presenta un tipo de suelo arcilloso negro. A las muestras obtenidas del mismo se le realizarán los distintos ensayos de clasificación.

3.4.2. Muestra

El muestreo es indispensable para el investigador ya que es imposible entrevistar a todos. La muestra es un subconjunto fielmente representativo de la población. Hay diferentes tipos de muestreo. El tipo de muestra que se seleccione dependerá de la calidad y cuán representativo se quiera sea el estudio de la población.

Aleatoria: Se selecciona al azar, todos los miembros tienen misma posibilidad.

Estratificada: cuando se subdivide en estratos o subgrupos según las variables o características a investigar. Cada estrato ha de corresponder en proporción a la población.

Sistemática: cuando se establece un patrón o criterio al seleccionar la muestra.

El muestreo se da por la imposibilidad de entrevistar a todos los miembros de una población, se selecciona la muestra que sea muy representativa de la población para luego generalizar con seguridad. El tamaño de la muestra depende de la precisión del estudio,

pero por regla general se debe usar una muestra tan grande como sea posible. Entre más grande la muestra mayor posibilidad de ser más representativa de la población. En la investigación descriptiva se emplean muestras grandes y algunas veces se recomienda seleccionar de un 10-20% de la población.

Para la presente investigación, a las muestras obtenidas se les aplicarán los ensayos de clasificación (humedad, granulometría, límite líquido y plástico) en diversos porcentajes utilizando los materiales innovadores, mezclada con la arcilla expansiva hasta que los ensayos de clasificación cumplan con las normas especificadas en el MTOP, para ser utilizado como material de mejoramiento; y a esta mezcla se le realizarán los ensayos correspondientes de proctor y C.B.R. para verificar su expansión. El número de ensayos a realizar en la presente investigación para cada muestra se presenta a continuación:

Cuadro 1.

Detalle de los ensayos a realizar en cada muestra

MUESTRA	E N S A Y O S						
	HUMEDAD	LIMITES	GRANULOMETRIA	PROCTOR	C.B.R.	EXPANSION	PESO UNITARIO
Suelo Plastico	√	√	√	√	√	√	
Cascara de Arroz	√						√
Ceramica Reciclada	√	√	√				√
Mezcla 1	√	√	√				
Mezcla 2	√	√	√				
Mezcla 3	√	√	√				
Mezcla 4	√	√	√				
Mezcla 5	√	√	√	√	√	√	

Elaborado por: Mendoza y Ponce (2022)

La muestra es no estadística, y fue tomada por los autores del presente trabajo por los altos costos de la realización de los ensayos. Dado que se realizarán 6 ensayos al suelo plástico, 2 a la cáscara de arroz, 4 a la cerámica reciclada y 18 a las mezclas, se determina la necesidad de un total de 30 muestras, especímenes del suelo y materiales innovadores.

3.5. Presentación y Análisis de Resultados

Se determinará cada ensayo en tablas comparativas, dando los correspondientes resultados con sus respectivas mezclas, cada procedimiento estará detallado para su respectivo análisis, se incluyen también las fotos de los ensayos y procedimiento realizados. Se procederá a dar un criterio de la mezcla que cumpla con el tema investigativo propuesto para estabilizar los suelos de baja capacidad portante.

Habiendo recogido las muestras de suelo plástico arcilloso en terreno a un lado del campamento de la Prefectura de los Ríos, en el sector Kimberly a la entrada del cantón Babahoyo, se las trasladó al laboratorio. Se trabajará, pues, con las muestras del material existente (arcilla limosa negra) y con los materiales innovadores propuestos (cerámica triturada y cáscara de arroz).



Foto 1: arcilla limosa plástica
Elaborado por: Mendoza y Ponce (2022)



Foto 2: Cáscara de arroz
Elaborado por: Mendoza y Ponce (2022)



Foto 3: Cerámica triturada
Elaborado por: Mendoza y Ponce (2022)

Posterior a ello, se realizaron los ensayos sobre los materiales innovadores. Se comenzó por realizar el ensayo de peso unitario a la cáscara de arroz.



Foto 4: Peso unitario a la cáscara de arroz
Elaborado por: Mendoza y Ponce (2022)



Foto 5: Peso unitario a la cáscara de arroz
Elaborado por: Mendoza y Ponce (2022)

Seguido, se realizó el ensayo de peso unitario al otro material innovador, la cerámica triturada.



Foto 6: Peso unitario cerámica triturada
Elaborado por: Mendoza y Ponce (2022)



Foto 7: Peso unitario cerámica triturada
Elaborado por: Mendoza y Ponce (2022)

Obtenidos los valores de peso unitario de los materiales innovadores mediante los ensayos mencionados, y habiendo realizado los ensayos respectivos para conocer las características del suelo arcilloso. Se realizaron 3 mezclas a diferentes proporciones, cumpliendo la última con las normas especificadas por el MTOP.

A la tercera y última muestra elaborada se le aplicaron los ensayos respectivos, incluidos el límite líquido, ensayo proctor y el C.B.R.



Foto 8: Límite líquido a la mezcla con arcilla cáscara de arroz y cerámica triturada
Elaborado por: Mendoza y Ponce (2022)



Foto 9: Mezcla para el ensayo de proctor
Elaborado por: Mendoza y Ponce (2022)



Foto 10: Ensayo de proctor
Elaborado por: Mendoza y Ponce (2022).



Foto 11: Ensayo CBR toma lectura expansión
Elaborado por: Mendoza y Ponce (2022).



Foto 12: Ensayo CBR
Elaborado por: Mendoza y Ponce (2022).

Habiendo realizado todos los ensayos respectivos, es oportuna la presentación de sus resultados para análisis. Se presentan los ensayos realizados a la arcilla negra (clasificación, proctor y C.B.R.); los ensayos de clasificación a las mezclas realizadas con diversos porcentajes del material propuesto; y ensayos completos a la mezcla que cumple con las especificaciones de material de mejoramiento del MTOP.

3.5.1. Ensayos de Clasificación, Proctor y C.B.R al Material Existente

Ensayo de clasificación

Tabla 5.

Ensayo de clasificación del material existente (suelo arcilloso)

REGISTRO DE ENSAYOS

**ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN PARA PROPÓSITOS DE INGENIERÍA
(SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS) SUCS**

NORMAS ASTM D 2487, D 2216, D 4318, D 422

PROYECTO:	ESTABILIZACIÓN DE SUELOS PLÁSTICOS UTILIZANDO CASCARA DE ARROZ MOLIDA Y CERÁMICA TRITURADA PARA MEJORAR LA SUB RASANTE DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTOS.	CALICATA:	1
UBICACIÓN:		MUESTRA:	1
FECHA DE TOMA: 10-Jun-22		PROFUND (m):	0,00 - 1,40
		FECHA ENSAYO:	11-Jun-22

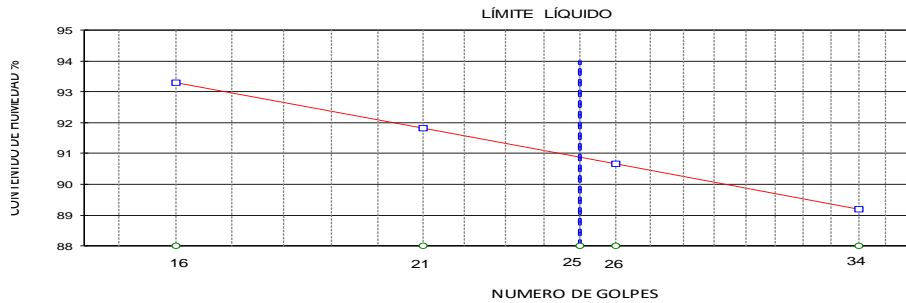
ESPECIFICACIONES PARA MEJORAMIENTO: Límite Líquido ≤ 36 Índice de Plasticidad ≤ 9

Valor de:	P. Húmedo + cápsula	P. Seco + cápsula	Peso cápsula	W%
1. Contenido de agua	824.15	698.57	272.00	29.44
Golpes				
34	22.87	16.69	9.76	89.18
26	23.20	16.88	9.91	90.67
2. Límite Líquido	21	17.82	9.87	91.82
16	24.98	17.48	9.44	93.28
3. Límite Plástico	18.10	15.86	9.89	37.52
	17.84	15.74	10.13	37.43
	16.87	14.93	9.84	38.11

4. Granulometría	5. Resumen
Peso inicial húmedo para cálculos = 552.15	% de Grava = 0
Peso inicial seco para cálculos = 426.57	% de Arena = 5
	% de Finos = 95
	Límite Líquido LL = 91
	Límite Plástico LP = 38
	Índice Plástico IP = 53
	% Humedad w = 29
	6. Clasificación
	SUCS: CH
	AASHTO: A-7-5
	IG(86): 62
	IG(45): 20

Tamiz	Pes. Ret. parcial	% Retenido acumulado	% que pasa	Especificaciones MEJORAMIENTO
4"		0.0	100.0	100
1 1/2"				
1"				
3/4"				
3/8"				
No. 4	1.58	0.4	99.6	
No. 10				
No. 40				
No. 200	19.25	4.9	95.1	2 - 20

7. Descripción: Arcilla limosa negra



8. Observaciones:

Emite:

Laboratorista

Aprueba:

Ing. Gonzalo Velasco Cerezo

Elaborado por: Mendoza y Ponce (2022).

Ensayo proctor

Tabla 6.
Ensayo de proctor del material existente (suelo arcilloso)

CARACTERÍSTICAS DE COMPACTACIÓN EN LABORATORIO DE SUELOS USANDO ESFUERZO MODIFICADO (56.000 pie-lbf/pie ³ (2.700 kN/m ³))										
ASTM D 1557										
PROYECTO:	ESTABILIZACIÓN DE SUELOS PLÁSTICOS UTILIZANDO CASCARA DE ARROZ MOLIDA Y CERÁMICA TRITURADA PARA MEJORAR LA SUB RASANTE DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTOS					CALICATA:	1			
UBICACIÓN:						MUESTRA:	1			
FECHA TOMA:	10-Jun-22					PROFUND (m):	0,00 - 1,40			
						FECHA ENSAYO:	11-Jun-22			
1. Norma y ensayo:	Procedimiento A					2. Datos del molde:				
Golpe/capa:	25					Diámetro:	10.16		cm.	
No. De capas:	5					Volumen:	932		cm ³	
Material pasa el tamiz:	# 4					Peso:	3,080		gr	
Peso del martillo:	4.5		kg.		3. Descripción/SUCS:	Arcilla limosa negra				
Altura de caída:	45.7		cm.			CH				
4. Datos para la curva:										
Punto No.	1	2	3	4	5					
Peso suelo+molde	4,523	4,687	4,722	4,697						
Peso suelo	1,443	1,607	1,642	1,617						
Densidad húmeda	1,548	1,724	1,761	1,734						
5. Contenidos de agua:										
P. Suelo hum+cap	99.94	99.94	96.63	96.63	92.22	92.22	98.34	98.34		
P. Suelo seco+cap	87.81	87.81	83.21	83.21	78.35	78.35	82.56	82.56		
P. Cápsula	17.44	17.44	17.33	17.33	17.14	17.14	17.83	17.83		
w (%)	17.24	17.24	20.37	20.37	22.66	22.66	24.38	24.38		
w Promedio (%)	17.24		20.37		22.66		24.38			
Peso Unit. Seco	1,320		1,432		1,436		1,394			
6. Resultados:						Peso unitario seco =	1,442		kg/m ³	
						Contenido de agua óptimo =	21.6		%	
<p style="text-align: center;">Curva de Compactación</p>										
Emite:					Aprueba:					
	Laboratorista					Ing. Gonzalo Velasco Cerezo				

Elaborado por: Mendoza y Ponce (2022).

Ensayo C.B.R.

Tabla 7.

Ensayo de C.B.R. del suelo arcilloso (A)

PROYECTO : ESTABILIZACION DE SUELOS PLASTICOS UTILIZANDO CASCARA DE ARROZ MOLIDA Y CERAMICA TRITURADA PARA MEJORAR LA SUB RASANTE DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTOS										
DATOS DE COMPACTACION DEL SUELO PARA ENSAYOS DE C. B. R.:										
ASTM	D 1557	SOBRE CARGA		4.54	Kgr	HUMEDAD DE LA MUESTRA : 13,18%				
HUMEDAD OPTIMA:		21.60%	Densidad Máxima Seca		1442	Kgr/m3	Calicata Nº:	1	Muestra No.:	1
LL= 91		LP= 38	IP= 53				Profundidad:	0,00 - 1,40		
CONTENIDO DE HUMEDAD Y PESO UNITARIO DE LA MUESTRA DE ENSAYO										
Molde No.			5		V		L			
No. De Capas			5		5		5			
No. De Golpes por Capas			56		25		12			
ESTADO DE LA MUESTRA			ANTES DE SUMERGIR	DESPUES DE SUMERGIR	ANTES DE SUMERGIR	DESPUES DE SUMERGIR	ANTES DE SUMERGIR	DESPUES DE SUMERGIR		
Peso muestra humeda + molde (gr)			11132	11485	11694	12032	10416	10735		
Peso del molde (gr)			7026		7834		6945			
Peso de muestra humeda (gr)			4106	4459	3860	4198	3471	3790		
Volumen muestra (cm3)			2362.19	2517.69	2374.57	2535.79	2332.81	2492.89		
Peso unitario humedo (gr/cm3)			1.738	1.771	1.626	1.655	1.488	1.520		
CONTENIDO DE HUMEDAD DE LA MUESTRA			HUMEDAD INICIAL	HUMEDAD FINAL	HUMEDAD INICIAL	HUMEDAD FINAL	HUMEDAD INICIAL	HUMEDAD FINAL		
Recipiente No.			F	G	C	A	V	R		
Peso muestra humeda + tarro (gs)			83.46	84.54	76.56	74.65	77.45	85.02		
Peso de la muestra seca + tarro (gs)			71.87	69.59	66.07	61.92	66.95	70.07		
Peso del agua (gs)			11.59	14.95	10.49	12.73	10.50	14.95		
Peso del tarro (gs)			17.08	17.40	16.83	17.34	17.60	17.09		
Peso de la muestra seca (gs)			54.79	52.19	49.24	44.58	49.35	52.98		
Contenido de humedad promedio (%)			21.15%	28.65%	21.30%	28.56%	21.28%	28.22%		
Peso unitario seco (gr/cm3)			1434.72	1376.70	1340.07	1287.77	1226.87	1185.73		
Porcentaje de Compactación:			99.50%	95.47%	92.93%	89.30%	85.08%	82.23%		
DATOS DEL ESPONJAMIENTO (HINCHAMIENTO)										
DIA DEL MES	HORA DEL DIA	INTER. DE TIEMPO EN HORA	MOLDE No. 5		MOLDE No. V		MOLDE No. L			
			ESPONJAMIENTO		ESPONJAMIENTO		ESPONJAMIENTO			
			Lectura del Indicador (pulg)	%	Lectura del Indicador	%	Lectura del Indicador (pulg)	%		
12/6/2022	09H00	0	0.0000	0.0%	0.0000	0.0%	0.0000	0.0%		
	10H00	1		0.0%		0.0%		0.0%		
	11H00	2		0.0%		0.0%		0.0%		
	13H00	4		0.0%		0.0%		0.0%		
	17H00	8		0.0%		0.0%		0.0%		
13/6/2022	09H00	24		0.0%		0.0%		0.0%		
	21H00	36		0.0%		0.0%		0.0%		
14/6/2022	09H00	48		0.0%		0.0%		0.0%		
15/6/2022	09H00	72		0.0%		0.0%		0.0%		
16/6/2022	09H00	96	0.3017	6.6%	0.3112	6.8%	0.3145	6.9%		
Emite:					Aprueba:					
Laboratorista					Ing. Gonzalo Velasco Cerezo					

Elaborado por: Mendoza y Ponce (2022).

Tabla 8.
Ensayo de C.B.R. del suelo arcilloso (B).

C.B.R. PENETRACION							
PROYECTO : "ESTABILIZACION DE SUELOS PLASTICOS UTILIZANDO CASCARA DE ARROZ MOLIDA Y CERAMICA TRITURADA PARA MEJORAR LA SUB RASANTE DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTOS"							
FECHA: 16/06/2022							
Localizacion: _____		Calicata: 1		Muestra: 1			
MOLDE No : 5		Peso del Molde: 7.03 Kg.		Volumen del Molde (V): 2362,19 cm ³			
No Golpes por Capa: 56		No. Capas : 5		Peso del Martillo: 4.54 Kg.		Altura de caída: 45.7 cm	
NUMERO DE ENSAYO		1	2	3	1	2	3
		CARGA DE PENETRACION EN LIBRAS			CARGA DE PENETRACION EN Kg.		
0.635 mm.	(0.025")	46.57			21.17		
1.27 mm.	(0.05")	113.37			51.53		
2.54 mm.	(0.10")	199.98			90.90		
3.81 mm.	(0.15")	277.54			126.15		
5.08 mm.	(0.20")	345.21			156.91		
7.62 mm.	(0.30")	486.37			221.08		
10.16 mm.	(0.40")	611.90			278.13		
12.70 mm.	(0.50")	710.19			322.81		
		CARGA UNITARIA EN Lb/pulg ²			CARGA UNITARIA EN kg/cm ²		
0.635 mm.	(0.025")	15.52			1.09		
1.27 mm.	(0.05")	37.79			2.66		
2.54 mm.	(0.10")	66.66			4.69		
3.81 mm.	(0.15")	92.51			6.50		
5.08 mm.	(0.20")	115.07			8.09		
7.62 mm.	(0.30")	162.12			11.40		
10.16 mm.	(0.40")	203.97			14.34		
12.70 mm.	(0.50")	236.73			16.64		

C.B.R.: 7.80 %

HINCHAMIENTO: 6.58 %

PARA: 2.54 mm. De penetración

Observaciones:

Operador:

Calculado por:

Verificado por:

Elaborado por: Mendoza y Ponce (2022).

Tabla 9.
Ensayo de C.B.R. del suelo arcilloso (C)

C.B.R. PENETRACION									
PROYECTO : "ESTABILIZACION DE SUELOS PLASTICOS UTILIZANDO CASCARA DE ARROZ MOLIDA Y CERAMICA TRITURADA PARA MEJORAR LA SUB RASANTE DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTOS"									
FECHA: 16/06/2022									
Localizacion: _____			Calicata: 1			Muestra: 1			
MOLDE No : V		Peso del Molde: 7.85 Kg.		Volumen del Molde (V): 2374,57 cm ³					
No Golpes por Capa: 25		No. Capas : 5		Peso del Martillo: 4.54 Kg.		Altura de caída: 45.7 cm			
NUMERO DE ENSAYO			1	2	3	1	2	3	
			CARGA DE PENETRACION EN LIBRAS			CARGA DE PENETRACION EN Kg.			
0.635 mm. (0.025")		33.38				15.17			
1.27 mm. (0.05")		72.96				33.16			
2.54 mm. (0.10")		134.81				61.28			
3.81 mm. (0.15")		208.23				94.65			
5.08 mm. (0.20")		270.11				122.78			
7.62 mm. (0.30")		344.39				156.54			
10.16 mm. (0.40")		399.69				181.68			
12.70 mm. (0.50")		451.70				205.32			
			CARGA UNITARIA EN Lb/pulg²			CARGA UNITARIA EN kg/cm²			
0.635 mm. (0.025")		11.13				0.78			
1.27 mm. (0.05")		24.32				1.71			
2.54 mm. (0.10")		44.94				3.16			
3.81 mm. (0.15")		69.41				4.88			
5.08 mm. (0.20")		90.04				6.33			
7.62 mm. (0.30")		114.80				8.07			
10.16 mm. (0.40")		133.23				9.36			
12.70 mm. (0.50")		150.57				10.58			

Penetration (inches)	CBR Value
0.025	33.38
0.05	72.96
0.10	134.81
0.15	208.23
0.20	270.11
0.30	344.39
0.40	399.69
0.50	451.70

C.B.R.: 6.27 %

HINCHAMIENTO: 6.79 %

PARA: 5.08 mm. De penetración

Observaciones:

Operador:

Calculado por:

Verificado por:

Elaborado por: Mendoza y Ponce (2022).

Tabla 10.
Ensayo de C.B.R. del suelo arcilloso (D)

C.B.R. PENETRACION							
PROYECTO : "ESTABILIZACION DE SUELOS PLASTICOS UTILIZANDO CASCARA DE ARROZ MOLIDA Y CERAMICA TRITURADA PARA MEJORAR LA SUB RASANTE DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTOS"							
FECHA: 16/06/2022							
Localizacion: _____		Calicata: 1		Muestra: 1			
MOLDE No : L		Peso del Molde: 6.95 Kg.		Volumen del Molde (V): 2332,81 cm ³			
No Golpes por Capa: 12		No. Capas : 5		Peso del Martillo: 4.54 Kg.		Altura de caída: 45.7 cm	
NUMERO DE ENSAYO		1	2	3	1	2	3
		CARGA DE PENETRACION EN LIBRAS			CARGA DE PENETRACION EN Kg.		
0.635 mm.	(0.025")	21.84			9.93		
1.27 mm.	(0.05")	55.64			25.29		
2.54 mm.	(0.10")	105.95			48.16		
3.81 mm.	(0.15")	152.14			69.15		
5.08 mm.	(0.20")	186.78			84.90		
7.62 mm.	(0.30")	252.78			114.90		
10.16 mm.	(0.40")	293.22			133.28		
12.70 mm.	(0.50")	320.45			145.66		
		CARGA UNITARIA EN Lb/pulg ²			CARGA UNITARIA EN kg/cm ²		
0.635 mm.	(0.025")	7.28			0.51		
1.27 mm.	(0.05")	18.55			1.30		
2.54 mm.	(0.10")	35.32			2.48		
3.81 mm.	(0.15")	50.71			3.56		
5.08 mm.	(0.20")	62.26			4.38		
7.62 mm.	(0.30")	84.26			5.92		
10.16 mm.	(0.40")	97.74			6.87		
12.70 mm.	(0.50")	106.82			7.51		

C.B.R.: 4.23 %

HINCHAMIENTO: 6.86 %

PARA: 5.08 mm. De penetración

Observaciones:

Operador:

Calculado por:

Verificado por:

Elaborado por: Mendoza y Ponce (2022).

Tabla 11.
Ensayo de C.B.R. del suelo arcilloso (E)

PROYECTO : ESTABILIZACION DE SUELOS PLASTICOS UTILIZANDO CASCARA DE ARROZ MOLIDA Y CERAMICA TRITURADA PARA MEJORAR LA SUB RASANTE DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTOS

Calicata : 1
Muestra : 1

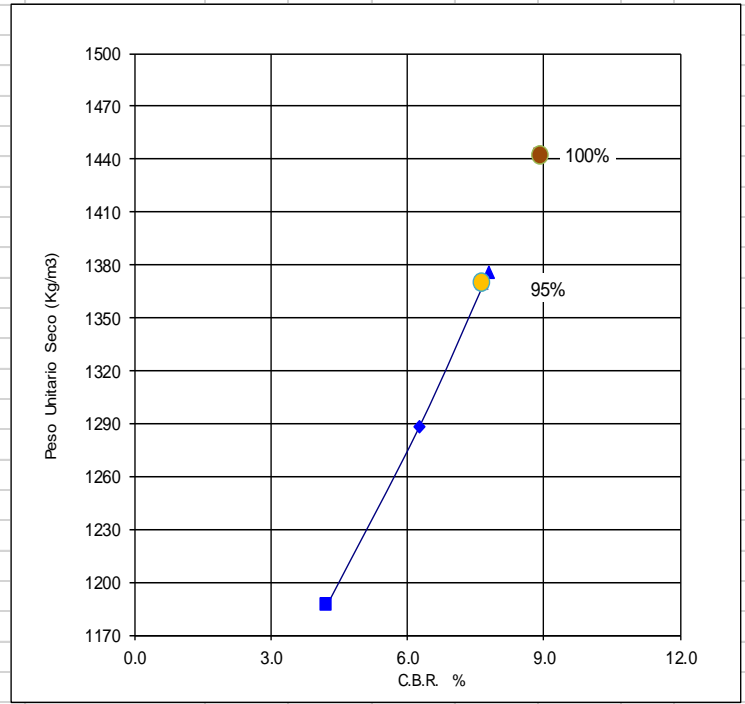
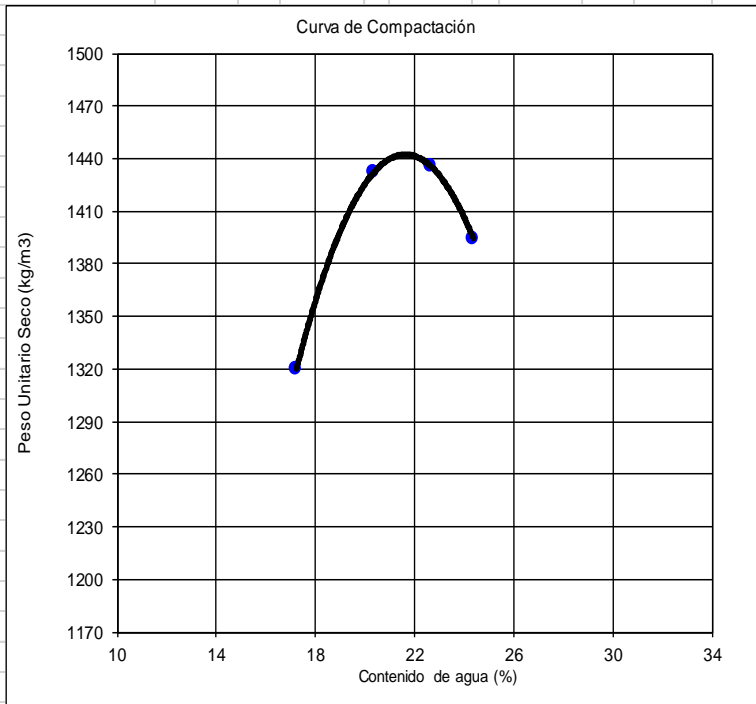
Fecha : 17/06/2022

Abscisa :

w Promedio (%)	17.24	20.37	22.66	24.38	
Peso Unit. Seco Kg/m ³	1,320	1,432	1,436	1,394	

Numero de Golpes	12	25	56	95%	100%
Peso Unit. Seco Kg/m ³	1,187	1,288	1,376	1,370	1,442
C.B.R. (%)	4.23	6.27	7.80	7.65	8.92

Resultados: ASTM D 1557
Peso unitario seco = 1,442 kg/m³
Contenido de agua óptimo = 21.6 %



Emite:

Laboratorista

Aprueba:

Ing. Gonzalo Velasco Cerezo

Elaborado por: Mendoza y Ponce (2022).

3.5.2. Ensayos de Humedad y Peso Unitario de la Cáscara de Arroz

Tabla 12.

Ensayo de contenido de humedad de la cáscara de arroz

GONZALO VELASCO INGENIERO CIVIL		CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO TRITURADO	
NORMA ASTM C 566			
Proyecto:	ESTABILIZACION DE SUELOS PLASTICOS UTILIZANDO CASCARA DE ARROZ MOLIDA Y CERAMICA TRITURADA PARA MEJORAR LA SUB RASANTE DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTOS	Muestra:	Cascara de arroz
		Ensayado:	
Para:	tema de tesis	Calculado:	G.V.
Fecha:	10 de junio del 2022	Informe N°	
Tamaño máximo nominal:			mm
Masa de la muestra original (ver tabla)		500.0	g
Masa de la muestra seca		497.0	g
Contenido de humedad		0.6	%
Tamaño máximo nominal del agregado		Masa mínima	
(mm)	Tamiz No.	(kg)	
4.75	4	0.5	
9.5	3/8"	1.5	
12.5	1/2"	2	
19.0	3/4"	3	
25.0	1"	4	
37.5	1 1/2"	6	
50.0	2"	8	
Laboratorista			

Elaborado por: Mendoza y Ponce (2022).

Tabla 13.*Ensayo de peso unitario de la cáscara de arroz.*

GONZALO VELASCO INGENIERO CIVIL		PESO UNITARIO EN AGREGADO TRITURADO	
NORMA ASTM C 29			
Proyecto:	ESTABILIZACION DE SUELOS PLASTICOS UTILIZANDO CASCARA DE ARROZ MOLIDA Y CERAMICA TRITURADA PARA MEJORAR LA SUB RASANTE DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTOS	Muestra:	Cascara de arroz
		Ensayado:	
Para:	tema de tesis	Calculado:	G.V.
Fecha:	10 de junio del 2022	Informe N°	
Descripción:	cascara de arroz		
V: volumen del recipiente, ver tabla	2,795	cm ³	
T: masa del recipiente	1,867	g	
Msr: masa agregado suelto + recipiente	3,878	g	
Mcr: masa agregado compactado + recipiente	3,922	g	
Ms: masa agregado suelto Msr - T	2,011	g	
Mc: masa agregado compactado Mcr - T	2,055	g	
Peso unitario suelto	719	kg/m³	
Peso unitario compactado	735	kg/m³	
		Tamaño máximo nominal mm (plg)	Capacidad del recipiente pie ³ (lt)
		< = a 12.5 (1/2)	1/10 (2.8)
		25.0 (1)	1/3 (9.3)
		37.5 (1 1/2)	1/2 (14.0)
		75.0 (3)	1 (28.0)
Laboratorista			

Elaborado por: Mendoza y Ponce (2022).

3.5.3. Ensayos de Clasificación y Peso Unitario de la Cerámica Reciclada

Tabla 14.

Ensayo de clasificación de la cerámica triturada

REGISTRO DE ENSAYOS						
ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN PARA PROPÓSITOS DE INGENIERÍA (SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS) SUCS						
NORMAS ASTM D 2487, D 2216, D 4318, D 422				Marzo - 2008		
PROYECTO:	ESTABILIZACION DE SUELOS PLASTICOS UTILIZANDO CASCARA DE ARROZ MOLIDA Y CERAMICA TRITURADA PARA MEJORAR LA SUB RASANTE DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTOS			CALICATA:	1	
UBICACIÓN:				MUESTRA:	1	
FECHA DE TOM:	10-Jun-22			PROFUND (m):		
				FECHA ENSAYO:	11-Jun-22	
Valor de:	P. Húmedo + cápsula	P. Seco + cápsula	Peso cápsula	W%	Resultados	
1. Contenido de agua	101.29	100.68	17.16	0.73	1	
2. Límite Líquido	NO PLASTIC				NP	
3. Límite Plástico	NO PLASTIC				NP	
4. Granulometría	5. Resumen					
Peso Inic. Húm. =	1,500.00			% de Grava =	34	
Peso inicial seco para cálculos:	1,489.12			% de Arena =	59	
				% de Finos =	7	
Tamiz	Pes. Ret. parcial	% Retenido acumulado	% que pasa	Mejoramiento rango %	L. Líquido LL =	
4"				100	0	
2"					L. Plástico LP =	
11/2"					0	
1"					Índice Plástico IP =	
3/4"					0	
3/8"					% Humedad w =	
No. 4	507.00	34.05	66.0		1	
No. 10					6. Clasificación	
No. 40					SUCS:	SP/SM
No. 200	882.00	93.28	6.7	0 - 20	AASHTO:	A-1-a
					IG(86):	0
					IG(45):	0
7. Descripción:	Arena limosa color café					
8. Observacion:						

Emite:

Aprueba:

Laboratorista

Ing. Gonzalo Velasco Cerezo

Elaborado por: Mendoza y Ponce (2022).

Tabla 15.

Ensayo de peso unitario de la cerámica triturada

GONZALO VELASCO INGENIERO CIVIL		PESO UNITARIO EN AGREGADO TRITURADO	
NORMA ASTM C 29			
Proyecto:	ESTABILIZACION DE SUELOS PLASTICOS UTILIZANDO CASCARA DE ARROZ MOLIDA Y CERAMICA TRITURADA PARA MEJORAR LA SUB RASANTE DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTOS		Muestra: Ceramica triturada
Para:	tema de tesis		Ensayado:
Fecha:	10 de junio del 2022		Calculado: G.V.
Informe N°			
Descripción:	Ceramica triturada		
V: volumen del recipiente, ver tabla	2,795	cm ³	
T: masa del recipiente	1,867	g	
Msr: masa agregado suelto + recipiente	5,305	g	
Mcr: masa agregado compactado + recipiente	5,410	g	
Ms: masa agregado suelto Msr - T	3,438	g	
Mc: masa agregado compactado Mcr - T	3,543	g	
Peso unitario suelto	1,230	kg/m ³	
Peso unitario compactado	1,268	kg/m ³	
		Tamaño máximo nominal mm (plg)	Capacidad del recipiente pie ³ (lt)
		< = a 12.5 (1/2)	1/10 (2.8)
		25.0 (1)	1/3 (9.3)
		37.5 (1 1/2)	1/2 (14.0)
		75.0 (3)	1 (28.0)
Laboratorista			

Elaborado por: Mendoza y Ponce (2022).

3.5.4. Ensayos de Clasificación, Mezcla #1: Arcilla 90%, Cáscara de Arroz 5% y Cerámica Reciclada 5%

Tabla 16.

Ensayo de clasificación de la mezcla #1

REGISTRO DE ENSAYOS

**ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN PARA PROPÓSITOS DE INGENIERÍA
(SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS) SUCS**

NORMAS ASTM D 2487, D 2216, D 4318, D 422

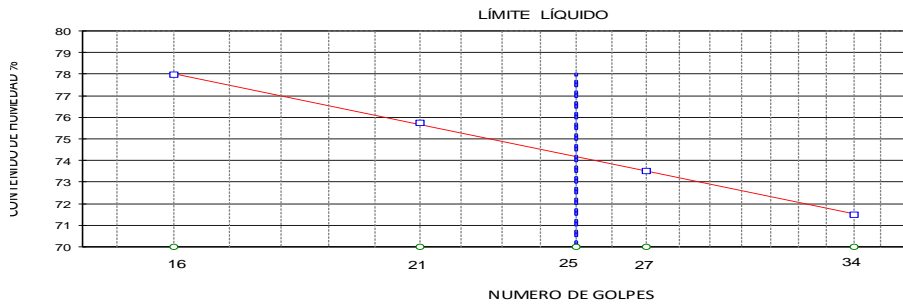
PROYECTO:	ESTABILIZACION DE SUELOS PLASTICOS UTILIZANDO CASCARA DE ARROZ MOLIDA Y CERAMICA TRITURADA PARA MEJORAR LA SUB RASANTE DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTOS	SONDEO:	1
UBICACIÓN:	Arcilla 90%, cascara de arroz 5% y ceramica reciclada 5%	MUESTRA:	1
FECHA DE TOMA:	10-Jun-22	PROFUND (m):	
ESPECIFICACIONES PARA MEJORAMIENTO:	Limite Liquido ≤ 36	Indice de Plasticidad ≤ 9	FECHA ENSAYO: 12-Jun-22

Valor de:	P. Húmedo + cápsula	P. Seco + cápsula	Peso cápsula	W%
1. Contenido de agua	4,568.00	4,032.00	266.00	14.23
Golpes				
34	24.19	17.95	9.22	71.48
27	22.56	17.34	10.24	73.52
2. Límite Líquido	21	23.18	9.56	75.74
16	20.58	15.41	8.78	77.98
3. Límite Plástico	17.54	15.44	9.35	34.48
17.68	15.54	9.18	33.65	
18.42	16.00	8.74	33.33	

4. Granulometría	5. Resumen
Peso inicial húmedo para cálculos = 4,302.00	% de Grava = 9
Peso inicial seco para cálculos = 3,766.00	% de Arena = 12
	% de Finos = 79
	Limite Líquido LL = 74
	Limite Plástico LP = 34
	Indice Plástico IP = 40
	% Humedad w = 14
	6. Clasificación
	SUCS: CH
	AASHTO: A-7-5
	IG(86): 36
	IG(45): 20

Tamiz	Pes. Ret. parcial	% Retenido acumulado	% que pasa	Especificaciones MEJORAMIENTO
4"		0.0	100.0	100
1 1/2"				
1"				
3/4"				
3/8"				
No. 4	327.00	8.7	91.3	
No. 10				
No. 40				
No. 200	456.20	20.8	79.2	2 - 20

7. Descripción: Arcilla limosa con ceramica reciclado, color negra con pintas cafe y restos de materia organica



8. Observaciones:

Emita:

Laboratorista

Aprueba:

Ing. Gonzalo Velasco Cerezo

Elaborado por: Mendoza y Ponce (2022).

3.5.5. *Ensayos de Clasificación, Mezcla #2: Arcilla 80%, Cáscara de Arroz 10% y Cerámica Reciclada 10%*

Tabla 17.

Ensayo de clasificación de la mezcla #2

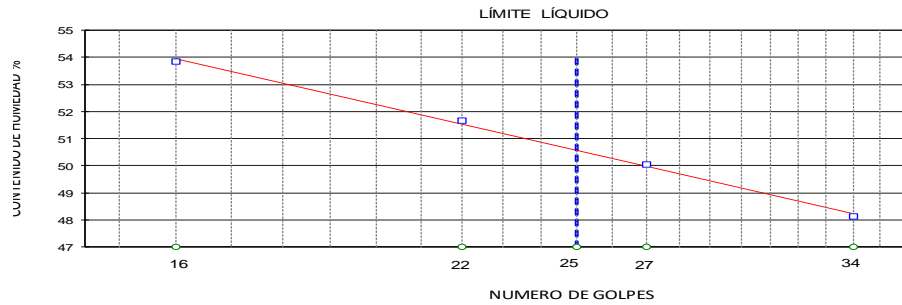
REGISTRO DE ENSAYOS

**ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN PARA PROPÓSITOS DE INGENIERÍA
(SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS) SUCS**

NORMAS ASTM D 2487, D 2216, D 4318, D 422

PROYECTO:	ESTABILIZACION DE SUELOS PLASTICOS UTILIZANDO CASCARA DE ARROZ MOLIDA Y CERAMICA TRITURADA PARA MEJORAR LA SUB RASANTE DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTOS		SONDEO:	2
UBICACIÓN:	Arcilla 80%, cascara de arroz 10% y ceramica reciclada 10%		MUESTRA:	1
FECHA DE TOMA:	10-Jun-22		PROFUND (m):	
			FECHA ENSAYO:	12-Jun-22
ESPECIFICACIONES PARA MEJORAMIENTO: Limite Liquido ≤ 36 Índice de Plasticidad ≤ 9				
Valor de:	P. Húmedo + cápsula	P. Seco + cápsula	Peso cápsula	W%
1. Contenido de agua	4,278.00	3,873.00	266.00	11.23
	Golpes			
	34	23.47	18.85	9.25
	27	24.18	19.22	9.31
2. Limite Liquido	22	22.18	17.85	9.47
	16	23.56	18.66	9.56
		18.22	16.11	9.25
3. Limite Plástico		17.35	15.32	8.75
		17.69	15.75	9.33
4. Granulometría	5. Resumen			
Peso inicial húmedo para cálculos =	4,012.00		% de Grava = 15	
Peso inicial seco para cálculos =	3,607.00		% de Arena = 23	
			% de Finos = 62	
			Limite Liquido LL = 51	
			Limite Plástico LP = 31	
			Índice Plástico IP = 20	
			% Humedad w = 11	
			6. Clasificación	
			SUCS: MH	
			AASHTO: A-7-5	
			IG(86): 11	
			IG(45): 11	

7. Descripción: Limo arcilloso con ceramica reciclado, color negra con pintas cafe y restos de materia organica



8. Observaciones:

Emite:

Laboratorista

Aprueba:

Ing. Gonzalo Velasco Cerezo

Elaborado por: Mendoza y Ponce (2022).

3.5.6. Ensayos de Clasificación, Mezcla #3: Arcilla 70%, Cáscara de Arroz 10% y Cerámica Reciclada 20%

Tabla 18.

Ensayo de clasificación de la mezcla #3

REGISTRO DE ENSAYOS

**ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN PARA PROPÓSITOS DE INGENIERÍA
(SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS) SUCS**

NORMAS ASTM D 2487, D 2216, D 4318, D 422

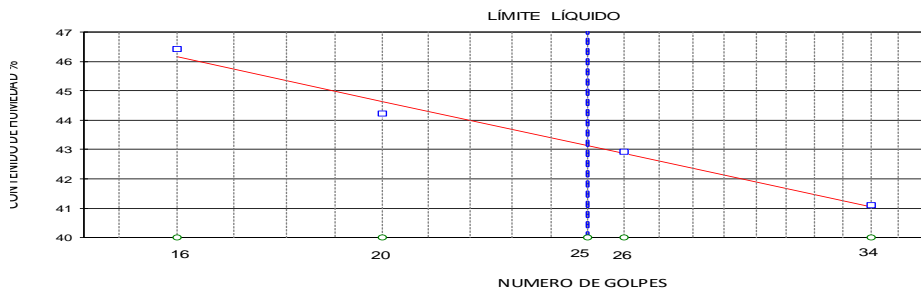
PROYECTO:	ESTABILIZACIÓN DE SUELOS PLÁSTICOS UTILIZANDO CÁSCARA DE ARROZ MOLIDA Y CERÁMICA TRITURADA PARA MEJORAR LA SUB RASANTE DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTOS		SONDEO:	3
UBICACIÓN:	Arcilla 70%, cáscara de arroz 10% y cerámica reciclada 20%		MUESTRA:	1
FECHA DE TOMA:	10-Jun-22		PROFUND (m):	
			FECHA ENSAYO:	13-Jun-22
ESPECIFICACIONES PARA MEJORAMIENTO:			Límite Líquido	≤ 36
			Índice de Plasticidad	≤ 9

Valor de:	P. Húmedo + cápsula	P. Seco + cápsula	Peso cápsula	W%
1. Contenido de agua				
Golpes				
34	20.44	17.04	8.77	41.11
26	21.45	17.78	9.23	42.92
2. Límite Líquido	20	19.56	16.12	8.34
	16	23.48	18.81	8.75
3. Límite Plástico		18.37	16.45	9.22
		18.72	16.84	9.65
		17.64	15.95	9.38

4. Granulometría	5. Resumen
Peso inicial húmedo para cálculos = 4,307.00	% de Grava = 34
Peso inicial seco para cálculos = 4,024.36	% de Arena = 30
	% de Finos = 36
	Límite Líquido LL = 43
	Límite Plástico LP = 26
	Índice Plástico IP = 17
	% Humedad w = 7
	6. Clasificación
	SUCS: GC
	AASHTO: A-7-6
	IG(86): 2
	IG(45): 2

Tamiz	Pes. Ret. parcial	% Retenido acumulado	% que pasa	Especificaciones MEJORAMIENTO
4"	0.00	0.0	100.0	100
1 1/2"				
1"				
3/4"				
3/8"				
No. 4	1,356.00	33.7	66.3	
No. 10				
No. 40				
No. 200	1,216.00	63.9	36.1	2 - 20

7. Descripción: Arena arcillosa con cerámica reciclado, color negra con pintas café y restos de materia orgánica



8. Observaciones:

Emite: _____
Laboratorista

Aprueba: _____
Ing. Gonzalo Velasco Cerezo

Elaborado por: Mendoza y Ponce (2022).

3.5.7. *Ensayos de Clasificación, Mezcla #4: Arcilla 60%, Cáscara de Arroz 10% y Cerámica Reciclada 30%*

Tabla 19.

Ensayo de clasificación de la mezcla #4

REGISTRO DE ENSAYOS

**ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN PARA PROPÓSITOS DE INGENIERÍA
(SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS) SUCS**

NORMAS ASTM D 2487, D 2216, D 4318, D 422

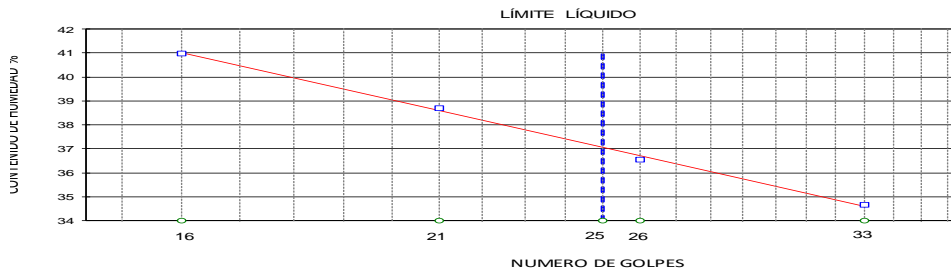
PROYECTO:	ESTABILIZACION DE SUELOS PLASTICOS UTILIZANDO CASCARA DE ARROZ MOLIDA Y CERAMICA TRITURADA PARA MEJORAR LA SUB RASANTE DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTOS	SONDEO:	4
UBICACIÓN:	Arcilla 60%, cascara de arroz 10% y ceramica reciclada 30%	MUESTRA:	1
FECHA DE TOMA:	10-Jun-22	PROFUND (m):	
ESPECIFICACIONES PARA MEJORAMIENTO:	Límite Líquido ≤ 36	Índice de Plasticidad ≤ 9	FECHA ENSAYO: 13-Jun-22

Valor de:	P. Húmedo + cápsula	P. Seco + cápsula	Peso cápsula	W%
1. Contenido de agua	4,792.00	4,618.00	254.00	3.99
Golpes				
	33	21.56	18.44	9.44
	26	21.45	18.18	9.23
2. Límite Líquido	21	18.73	15.94	8.73
	16	22.56	18.31	7.94
		18.27	16.45	9.22
3. Límite Plástico		18.72	16.84	9.65
		17.64	15.95	9.38

4. Granulometría	5. Resumen
Peso inicial húmedo para cálculos = 4,538.00	% de Grava = 36
Peso inicial seco para cálculos = 4,364.00	% de Arena = 36
	% de Finos = 28
	Límite Líquido LL = 37
	Límite Plástico LP = 26
	Índice Plástico IP = 11
	% Humedad w = 4
	6. Clasificación
	SUCS: GM
	AASHTO: A-2-6
	IG(86): 0
	IG(45): 0

Tamiz	Pes. Ret. parcial	% Retenido acumulado	% que pasa	Especificaciones MEJORAMIENTO
4"	0.00	0.0	100.0	100
1 1/2"				
1"				
3/4"				
3/8"				
No. 4	1,579.00	36.2	63.8	
No. 10				
No. 40				
No. 200	1,565.00	72.0	28.0	2 - 20

7. Descripción: Grava arena limosa con ceramica reciclado, color negra con pintas cafe y restos de materia organica



8. Observaciones:

Emite:

Laboratorista

Aprueba:

Ing. Gonzalo Velasco Cerezo

Elaborado por: Mendoza y Ponce (2022).

3.5.8. *Ensayos de Clasificación, Mezcla #5: Arcilla 50%, Cáscara de Arroz 10% y Cerámica Reciclada 40%*

Tabla 20.

Ensayo de clasificación de la mezcla #5

REGISTRO DE ENSAYOS

**ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN PARA PROPÓSITOS DE INGENIERÍA
(SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS) SUCS**

NORMAS ASTM D 2487, D 2216, D 4318, D 422

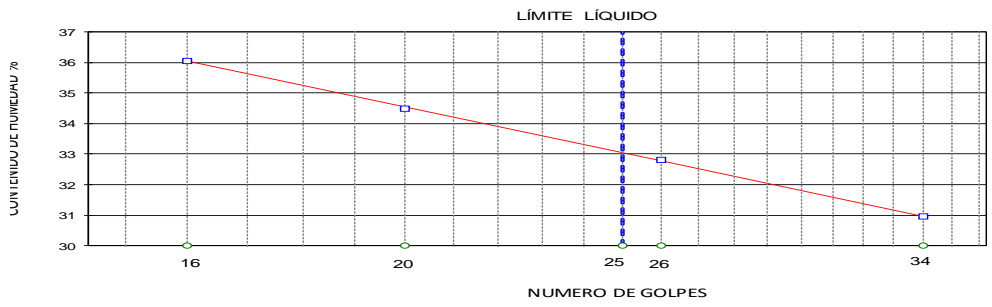
PROYECTO:	ESTABILIZACIÓN DE SUELOS PLÁSTICOS UTILIZANDO CÁSCARA DE ARROZ MOLIDA Y CERÁMICA TRITURADA PARA MEJORAR LA SUB RASANTE DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTOS	SONDEO:	5
UBICACIÓN:	Arcilla 50%, cáscara de arroz 10% y cerámica reciclada 40%	MUESTRA:	1
FECHA DE TOMA:	10-Jun-22	PROFUND (m):	
		FECHA ENSAYO:	14-Jun-22

ESPECIFICACIONES PARA MEJORAMIENTO:	Limite Líquido ≤ 36	Indice de Plasticidad ≤ 9
Valor de:	P. Húmedo + cápsula	P. Seco + cápsula
Peso cápsula	W%	
1. Contenido de agua	4,284.00	4,157.00
Golpes		
	34	20.24
	26	18.99
2. Limite Líquido	20	20.38
	16	19.24
	9.22	30.94
	9.36	32.81
	9.45	34.49
	9.78	36.05
	19.25	17.22
3. Limite Plástico	18.65	16.82
	19.57	17.45
	9.21	25.34
	9.56	25.21
	9.37	26.24

4. Granulometría	5. Resumen
Peso inicial húmedo para cálculos =	4,037.00
Peso inicial seco para cálculos =	3,910.00
Tamiz	Pes. Ret. parcial
4"	0.00
1 1/2"	0.0
1"	0.0
3/4"	0.0
3/8"	0.0
No. 4	1,965.00
No. 10	1,965.00
No. 40	1,477.00
No. 200	1,477.00
% Retenido acumulado	% que pasa
0.0	100.0
50.3	49.7
88.0	12.0
Especificaciones MEJORAMIENTO	Especificaciones MEJORAMIENTO
100	100
2 - 20	2 - 20
	Limite Líquido LL =
	Limite Plástico LP =
	Indice Plástico IP =
	% Humedad w =
	50
	38
	12
	33
	26
	7
	3

6. Clasificación	SUCS: GP/GM AASHTO: A-2-4 IG(86): 0 IG(45): 0
-------------------------	--

7. Descripción: Grava arena limosa con cerámica reciclado, color negra con pintas café y restos de materia orgánica



8. Observaciones:

Emite:

Laboratorista

Aprueba:

Ing. Gonzalo Velasco Cerezo

Elaborado por: Mendoza y Ponce (2022).

3.5.9. Ensayos de Proctor, Mezcla #5: Arcilla 50%, Cáscara de Arroz 10% y Cerámica Reciclada 40%

Tabla 21.

Ensayo de proctor de la mezcla #5 (definitiva)

CARACTERÍSTICAS DE COMPACTACIÓN EN LABORATORIO DE SUELOS USANDO ESFUERZO MODIFICADO (56.000 pie-lbf/pie ³ (2.700 kN/m ³))										
ASTM D 1557										
PROYECTO:	ESTABILIZACION DE SUELOS PLASTICOS UTILIZANDO CASCARA DE ARROZ MOLIDA Y CERAMICA TRITURADA PARA MEJORAR LA SUB RASANTE DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTOS					SONDEO:	5			
UBICACIÓN:	Arcilla 50%, cascara de arroz 10% y ceramica reciclada 40%					MUESTRA:	1			
FECHA TOMA:	10-Jun-22					PROFUND (m):				
						FECHA ENSAYO:	15-Jun-22			
1. Norma y ensayo:	Procedimiento A					2. Datos del molde:				
Golpe/capa:	25					Diámetro:	10.16	cm.		
No. De capas:	5					Volumen:	932	cm ³		
Material pasa el tamiz:	# 4					Peso:	3,080	gr		
Peso del martillo:	4.5	kg.				3. Descripción/SUCS:	Grava arena limosa con ceramica reciclado, color negra			
Altura de caída:	45.7	cm.				con pintas café y restos de materia organica GP-GM				
4. Datos para la curva:										
Punto No.	1	2	3	4	5					
Peso suelo+molde	4,611	4,935	5,124	5,105	4,922					
Peso suelo	1,531	1,855	2,044	2,025	1,842					
Densidad húmeda	1,642	1,990	2,192	2,172	1,976					
5. Contenidos de agua:										
P. Suelo hum+cap	94.32	94.32	84.55	84.55	94.82	94.82	78.49	78.49	103.52	103.52
P. Suelo seco+cap	89.22	89.22	78.94	78.94	86.95	86.95	71.35	71.35	92.17	92.17
P. Cápsula	18.33	18.33	17.58	17.58	18.39	18.39	18.26	18.26	18.33	18.33
w (%)	7.19	7.19	9.14	9.14	11.48	11.48	13.45	13.45	15.37	15.37
w Promedio (%)	7.19		9.14		11.48		13.45		15.37	
Peso Unit. Seco	1,532		1,823		1,967		1,914		1,712	
6. Resultados:						Peso unitario seco =	1,969	kg/m³		
						Contenido de agua óptimo =	11.8	%		
Emite:						Aprueba:				
	Laboratorista						Ing. Gonzalo Velasco Cerezo			

Elaborado por: Mendoza y Ponce (2022).

3.5.10. Ensayos de C.B.R., Mezcla: Arcilla 50%, Cáscara de Arroz 10% y Cerámica Reciclada 40%

Tabla 22.

Ensayo de C.B.R. de la mezcla #5 (definitiva) (A)

PROYECTO :		ESTABILIZACION DE SUELOS PLASTICOS UTILIZANDO CASCARA DE ARROZ MOLIDA Y CERAMICA TRITURADA PARA MEJORAR LA SUB RASANTE DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTOS						
DATOS DE COMPACTACION DEL SUELO PARA ENSAYOS DE C. B. R.:								
ASTM	D 1557	SOBRE CARGA	4.54	Kgr	HUMEDAD DE LA MUESTRA : 2,27%			
HUMEDAD OPTIMA:	11.80%	Densidad Máxima Seca	1969	Kgr/m ³	Calicata Nº:	5	Muestra No.:	1
LL=	33	LP=	26	IP=	7	Profundidad:		
CONTENIDO DE HUMEDAD Y PESO UNITARIO DE LA MUESTRA DE ENSAYO								
Molde No.			5		V		L	
No. De Capas			5		5		5	
No. De Golpes por Capas			56		25		12	
ESTADO DE LA MUESTRA	ANTES DE SUMERGIR	DESPUES DE SUMERGIR	ANTES DE SUMERGIR	DESPUES DE SUMERGIR	ANTES DE SUMERGIR	DESPUES DE SUMERGIR	ANTES DE SUMERGIR	DESPUES DE SUMERGIR
Peso muestra humeda + molde (gr)	12273	12534	12775	12941	11353	11505		
Peso del molde (gr)	7026		7834		6945			
Peso de muestra humeda (gr)	5247	5508	4941	5107	4408	4560		
Volumen muestra (cm ³)	2362.19	2417.08	2374.57	2430.16	2332.81	2388.09		
Peso unitario humedo (gr/cm ³)	2.221	2.279	2.081	2.102	1.890	1.909		
CONTENIDO DE HUMEDAD DE LA MUESTRA	HUMEDAD INICIAL	HUMEDAD FINAL	HUMEDAD INICIAL	HUMEDAD FINAL	HUMEDAD INICIAL	HUMEDAD FINAL		
Recipiente No.	q	h	t	A	f	g		
Peso muestra humeda + tarro (gs)	66.21	76.71	98.43	76.65	89.94	88.73		
Peso de la muestra seca + tarro (gs)	60.95	66.76	90.12	66.86	81.66	77.07		
Peso del agua (gs)	5.26	9.95	8.31	9.79	7.28	11.66		
Peso del tarro (gs)	17.63	17.32	17.63	17.34	17.54	17.43		
Peso de la muestra seca (gs)	43.32	49.44	72.49	49.52	64.12	59.64		
Contenido de humedad promedio (%)	12.14%	20.13%	11.46%	19.77%	11.35%	19.55%		
Peso unitario seco (gr/cm ³)	1980.74	1897.00	1866.79	1754.62	1696.90	1597.21		
Porcentaje de Compactación:	100.60%	96.34%	94.81%	89.11%	86.18%	81.12%		
DATOS DEL ESPONJAMIENTO (HINCHAMIENTO)								
DIA DEL MES	HORA DEL DIA	INTER. DE TIEMPO EN HORA	MOLDE No. 5 ESPONJAMIENTO		MOLDE No. V ESPONJAMIENTO		MOLDE No. L ESPONJAMIENTO	
			Lectura del Indicador (pulg)	%	Lectura del Indicador	%	Lectura del Indicador (pulg)	%
16/6/2022	09H00	0	0.0000	0.0%	0.0000	0.0%	0.0000	0.0%
	10H00	1		0.0%		0.0%		0.0%
	11H00	2		0.0%		0.0%		0.0%
	13H00	4		0.0%		0.0%		0.0%
	17H00	8		0.0%		0.0%		0.0%
17/6/2022	09H00	24		0.0%		0.0%		0.0%
	21H00	36		0.0%		0.0%		0.0%
18/6/2022	09H00	48		0.0%		0.0%		0.0%
19/6/2022	09H00	72		0.0%		0.0%		0.0%
20/6/2022	09H00	96	0.1065	2.3%	0.1073	2.3%	0.1086	2.4%
Emite:			Aprueba:					
Laboratorista			Ing. Gonzalo Velasco Cerezo					

Elaborado por: Mendoza y Ponce (2022).

Tabla 23.
Ensayo de C.B.R. de la mezcla #5 (definitiva) (B)

C.B.R. PENETRACION							
PROYECTO :		ESTABILIZACION DE SUELOS PLASTICOS UTILIZANDO CASCARA DE ARROZ MOLIDA Y CERAMICA TRITURADA PARA MEJORAR LA SUBRASANTE DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTOS					
FECHA:		20/06/2022					
Localizacion:		Calicata:		Muestra:		1	
MOLDE No :		Peso del Molde:		Volumen del Molde (V):		2362,19 cm ³	
No Golpes por Capa:		No. Capas :		Peso del Martillo:		Altura de caída:	
56		5		4.54 Kg.		45.7 cm	
NUMERO DE ENSAYO		1	2	3	1	2	3
		CARGA DE PENETRACION EN LIBRAS			CARGA DE PENETRACION EN Kg.		
0.635 mm.	(0.025")	21.01			9.55		
1.27 mm.	(0.05")	235.46			107.03		
2.54 mm.	(0.10")	722.58			328.45		
3.81 mm.	(0.15")	1102.72			501.24		
5.08 mm.	(0.20")	1408.62			640.28		
7.62 mm.	(0.30")	1739.36			790.62		
10.16 mm.	(0.40")	1970.86			895.85		
12.70 mm.	(0.50")	2111.40			959.73		
		CARGA UNITARIA EN Lb/pulg ²			CARGA UNITARIA EN kg/cm ²		
0.635 mm.	(0.025")	7.00			0.49		
1.27 mm.	(0.05")	78.49			5.52		
2.54 mm.	(0.10")	240.86			16.93		
3.81 mm.	(0.15")	367.57			25.84		
5.08 mm.	(0.20")	469.54			33.00		
7.62 mm.	(0.30")	579.79			40.75		
10.16 mm.	(0.40")	656.95			46.18		
12.70 mm.	(0.50")	703.80			49.47		

C.B.R.: 33.00 %

HINCHAMIENTO: 2.32 %

PARA: 2.54 mm. De penetración

Observaciones:

Operador:

Calculado por:

Verificado por:

Elaborado por: Mendoza y Ponce (2022).

Tabla 24.
Ensayo de C.B.R. de la mezcla #5 (definitiva) (C)

C.B.R. PENETRACION							
PROYECTO :		ESTABILIZACION DE SUELOS PLASTICOS UTILIZANDO CASCARA DE ARROZ MOLIDA Y CERAMICA TRITURADA PARA MEJORAR LA SUBRASANTE DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTOS					
FECHA:		20/06/2022					
Localizacion:		_____		Calicata:	5	Muestra: 1	
MOLDE No :	V	Peso del Molde:	7.85 Kg.	Volumen del Molde (V):	2374,57 cm ³		
No Golpes por Capa:	25	No. Capas :	5	Peso del Martillo:	4.54 Kg.	Altura de caída:	45.7 cm
NUMERO DE ENSAYO							
		1	2	3	1	2	3
		CARGA DE PENETRACION EN LIBRAS			CARGA DE PENETRACION EN Kg.		
0.635 mm.	(0.025")	45.75			20.79		
1.27 mm.	(0.05")	309.72			140.78		
2.54 mm.	(0.10")	681.28			309.67		
3.81 mm.	(0.15")	995.27			452.40		
5.08 mm.	(0.20")	1292.87			587.67		
7.62 mm.	(0.30")	1598.79			726.72		
10.16 mm.	(0.40")	1747.63			794.38		
12.70 mm.	(0.50")	1846.85			839.48		
		CARGA UNITARIA EN Lb/pulg ²			CARGA UNITARIA EN kg/cm ²		
0.635 mm.	(0.025")	15.25			1.07		
1.27 mm.	(0.05")	103.24			7.26		
2.54 mm.	(0.10")	227.09			15.96		
3.81 mm.	(0.15")	331.76			23.32		
5.08 mm.	(0.20")	430.96			30.29		
7.62 mm.	(0.30")	532.93			37.46		
10.16 mm.	(0.40")	582.54			40.95		
12.70 mm.	(0.50")	615.62			43.27		

	C.B.R.:	29.73 %
	HINCHAMIENTO:	2.34 %
	PARA:	5.08 mm. De penetración
	Observaciones:	
	Operador:	
Calculado por:		
Verificado por:		

Elaborado por: Mendoza y Ponce (2022).

Tabla 25.

Ensayo de C.B.R. de la mezcla #5 (definitiva) (D)

C.B.R. PENETRACION							
PROYECTO :		ESTABILIZACION DE SUELOS PLASTICOS UTILIZANDO CASCARA DE ARROZ MOLIDA Y CERAMICA TRITURADA PARA MEJORAR LA SUB RASANTE DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTOS					
FECHA:		20/06/2022					
Localizacion:		_____		Calicata: 5		Muestra: 1	
MOLDE No :		L		Peso del Molde: 6.95 Kg.		Volumen del Molde (V): 2332,81 cm ³	
No Golpes por Capa: 12		No. Capas : 5		Peso del Martillo: 4.54 Kg.		Altura de caída: 45.7 cm	
NUMERO DE ENSAYO				1	2	3	1
				2	3	1	2
				3			
		CARGA DE PENETRACION EN LIBRAS			CARGA DE PENETRACION EN Kg.		
0.635 mm. (0.025")		37.50			17.05		
1.27 mm. (0.05")		194.21			88.28		
2.54 mm. (0.10")		524.36			238.34		
3.81 mm. (0.15")		854.78			388.54		
5.08 mm. (0.20")		1102.72			501.24		
7.62 mm. (0.30")		1375.55			625.25		
10.16 mm. (0.40")		1524.38			692.90		
12.70 mm. (0.50")		1656.67			753.03		
		CARGA UNITARIA EN Lb/pulg²			CARGA UNITARIA EN kg/cm²		
0.635 mm. (0.025")		12.50			0.88		
1.27 mm. (0.05")		64.74			4.55		
2.54 mm. (0.10")		174.79			12.29		
3.81 mm. (0.15")		284.93			20.03		
5.08 mm. (0.20")		367.57			25.84		
7.62 mm. (0.30")		458.52			32.23		
10.16 mm. (0.40")		508.13			35.72		
12.70 mm. (0.50")		552.22			38.82		

The graph plots CBR (%) on the y-axis (0 to 600) against penetration in inches on the x-axis (0 to 0.6). A green curve shows the relationship. Key points are marked: at 0.1 inches penetration, CBR is 22.6%; at 0.2 inches penetration, CBR is 25.73%. A horizontal line at 386 lb/pulg² is also shown.

C.B.R.: 25.73 %

HINCHAMIENTO: 2.37 %

PARA: 5.08 mm. De penetración

Observaciones: _____

Operador: _____

Calculado por: _____

Verificado por: _____

Elaborado por: Mendoza y Ponce (2022).

Tabla 26.
Ensayo de C.B.R. de la mezcla #5 (definitiva) (E)

PROYECTO :		ESTABILIZACION DE SUELOS PLASTICOS UTILIZANDO CASCARA DE ARROZ MOLIDA Y CERAMICA TRITURADA PARA MEJORAR LA SUBRASANTE DE LA ESTRUCTURA DEL PAVIMENTOS									
Calicata :	5									Fecha :	21/06/2022
Muestra :	1									Abscisa :	
w Promedio (%)	7.19	9.14	11.48	13.45	15.37	Numero de Golpes	12	25	56	95%	100%
Peso Unit. Seco Kg/m³	1,532	1,823	1,967	1,914	1,712	Peso Unit. Seco Kg/m³	1,597	1,755	1,897	1,871	1,969
						C.B.R. (%)	25.73	29.73	33.00	32.30	34.60
Resultados: ASTM D 1557						Peso unitario seco = 1,969 kg/m³					
						Contenido de agua óptimo = 11.8 %					
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="width: 45%;"> <p style="text-align: center;">Curva de Compactación</p> </div> <div style="width: 45%;"> </div> </div>											
Emite:						Aprueba:					
<hr style="width: 100%;"/> Laboratorista						<hr style="width: 100%;"/> Ing. Gonzalo Velasco Cerezo					

Elaborado por: Mendoza y Ponce (2022).

3.5.11. Análisis de Resultados

De acuerdo al primer objetivo específico planteado “Identificar las características técnicas de los suelos plásticos expansivos”, se realizaron los ensayos respectivos para determinar las características de las muestras del suelo arcilloso plástico. Se detallan los resultados en el siguiente cuadro:

Cuadro 2.

Resultados de los ensayos aplicados al material existente (suelo arcilloso)

MUESTRA	E N S A Y O S						
	HUMEDAD %	LIMITES		GRANULOMETRIA pasante #200	PROCTOR Kg/m3	C.B.R. %	EXPANSION %
		LIQUIDO %	INDICE DE PLASTICIDAD %				
Suelo Plastico	29.44	91	53	95.1	1.442	8.92	6.8

Elaborado por: Mendoza y Ponce (2022).

De acuerdo al segundo objetivo específico planteado “Determinar las características técnicas de la cáscara de arroz molida”, se realizaron los ensayos para caracterización de la cáscara de arroz molida. Se detallan los resultados en el siguiente cuadro:

Cuadro 3.

Resultados de los ensayos aplicados la cáscara de arroz molida

MUESTRA	E N S A Y O S	
	HUMEDAD %	PESO UNITARIO Kg/m3
Cáscara de arroz	0.6	719

Elaborado por: Mendoza y Ponce (2022).

De acuerdo al tercer objetivo específico planteado “Definir las características técnicas de la cerámica triturada”, se realizaron los ensayos respectivos para determinar las características de la cerámica triturada. Se detallan los resultados en el siguiente cuadro:

Cuadro 4.

Resultados de los ensayos aplicados a la cerámica reciclada

MUESTRA	E N S A Y O S	
	HUMEDAD %	PESO UNITARIO Kg/m3
Ceramica Reciclada	0.7	1.230

Elaborado por: Mendoza y Ponce (2022).

De acuerdo al cuarto objetivo específico planteado “Diseñar las mezclas de suelo utilizando cascara de arroz molida y cerámica triturada para mejorar la sub rasante de la estructura del pavimento” y al quinto (último) objetivo planteado “Determinar las propiedades mecánicas de las mezclas de suelo utilizando cascara de arroz molida y cerámica triturada para mejorar la sub rasante de la estructura del pavimento”, se realizaron los ensayos para determinar las características de las distintas mezclas diseñadas. Se detallan los resultados en el siguiente cuadro:

Cuadro 5.

Resultados de los ensayos aplicados a las primeras 4 mezclas

MUESTRA	E N S A Y O S			
	HUMEDAD %	LIMITES		GRANULOMETRIA pasante #200
		LIQUIDO %	INDICE DE PLASTICIDAD %	
Mezcla 1	14.23	74	40	79.20
Mezcla 2	11.23	51	20	61.70
Mezcla 3	7.02	43	17	36.10
Mezcla 4	3.99	37	11	28.00

Elaborado por: Mendoza y Ponce (2022).

Se probaron 4 mezclas a diferentes proporciones previo a hallar una que cumpliera los límites del Ministerio de Transporte y Obras Públicas para materiales de mejoramiento. Conforme se diseñaba la siguiente mezcla, se reducía más la presencia de arcilla. La primera mezcla tuvo una proporción arcilla 90%, cáscara de arroz 5% y cerámica triturada 5%; la proporción de la segunda mezcla fue 80-10-10; la de la tercera mezcla fue 70-10-20; y la cuarta mezcla contó con una proporción de 60-10-30. A ninguna de estas mezclas (#1, #2, #3 y #4) se les realizaron pruebas de proctor, C.B.R. ni de expansión debido a que no alcanzaron los valores normativos del MTOP al obtener límites líquidos de 74%, 51%, 43% y 37% respectivamente, cuando no debían exceder el 36%; asimismo, obtuvieron índices de plasticidad de 40%, 20%, 17% y 11%, cuando no debían exceder el 4%.

La quinta y última mezcla realizada, diseñada con una proporción de arcilla al 50%, cáscara de arroz al 10% y cerámica triturada al 40%, fue aquella que cumplió con la normativa del Ministerio de Transporte y Obras Públicas para materiales de mejoramiento; alcanzando un límite líquido de 33% y un índice de plasticidad de 7%, cuando los valores normativos establecidos por el MTOP son de límite líquido 36% e índice plástico de 9%. Esta confirmación permitió proceder con los demás ensayos para esta mezcla para evaluar su efectividad como suelo estabilizado, por lo que se aplicaron pruebas de proctor, C.B.R. y de expansión consecutivamente.

Cuadro 6.

Resultados de los ensayos aplicados a la mezcla #5 (definitiva)

MUESTRA	E N S A Y O S						
	HUMEDAD %	LIMITES		GRANULOMETRIA pasante #200	PROCTOR Kg/m3	C.B.R. %	EXPANSION %
		LIQUIDO %	INDICE DE PLASTICIDAD %				
Mezcla 5 final	3.25	33	7	12.00	1969	34.6	2.4

Elaborado por: Mendoza y Ponce (2022).

Dado que con esta última mezcla se logró establecer un suelo con expansibilidad de solo 2.4%, y que las normas indican que un material se considera muy expansivo únicamente cuando posee una expansión >4%, se reconoce que con la proporción de la mezcla #5 se obtuvo el suelo estabilizado con los materiales innovadores propuestos que se buscaba.

La realización del ensayo de clasificación al material existente (suelo arcilloso) sirvió para determinar el porcentaje de plasticidad que tiene ese estrato con un SUCS (CH) arcilla limosa de color negra. Proctor: Para determinar la expansión que tiene este material existente es necesario realizar el ensayo de proctor para determinar densidad máxima y humedad óptima, ya que con estos valores, realizamos el ensayo del C.B.R. CBR: El hinchamiento se lo obtiene a los 4 días de estar sumergidos los especímenes. Una vez obtenida la densidad máxima y su humedad óptima procedemos a realizar el ensayo de CBR el cual se lo realiza en 3 especímenes con una energía variada que corresponde a 56, 25, 12 golpes. Una vez obtenido los valores de hinchamiento y los porcentajes de CBR de cada energía se realiza el diseño respectivo para determinar el CBR máximo al 100% y al 90% del proctor.

4. CONCLUSIONES

- Atendiendo al primer objetivo específico “Identificar las características técnicas de los suelos plásticos expansivos” de la presente investigación, se determinó mediante ensayos de clasificación, proctor y C.B.R. que el suelo del que se tomaron muestras tenía características muy plásticas, con un porcentaje no mayor de nueve 9% al permitido para poder ser utilizado como parte de la estructura de un pavimento y que por su pobre capacidad portante afectaría la carretera.
- Abordando el segundo objetivo específico “Determinar las características técnicas de la cascara de arroz molida”, se estableció que este material innovador no deja de ser orgánico y por tanto se descompondrá con el tiempo. Los ensayos realizados fueron de humedad y de peso unitario para que, conociendo su densidad, se determinara el porcentaje adecuado de este material a utilizar en la mezcla respectiva; porcentaje que tuvo que mantener en toda ocasión en menor cantidad para evitar su pronta degradación y afectación del suelo aspirante a subrasante.
- Sobre el tercer objetivo de esta investigación “Definir las características técnicas de la cerámica triturada”, se determinó que este material resultó ser no plástico, información obtenida al ser triturado y tamizado por el tamiz #40. De igual manera, se realizó el ensayo de peso unitario para determinar qué porcentaje se utilizaría de esta cerámica reciclada en las mezclas; dado que este material innovador resultó ser no plástico, fue el punto de apoyo principal para bajar el porcentaje de plasticidad del suelo arcilloso con el que se trabajó.
- Para el cumplimiento del cuarto objetivo de la presente tesis que corresponde a “Diseñar las mezclas de suelo utilizando cascara de arroz molida y cerámica triturada para mejorar la sub rasante de la estructura del pavimento”, se diseñó metódicamente las mezclas y se determinó que lo ideal fue mantener porcentajes que aseguraran bajar la plasticidad del material existente. Para esto, se realizaron mezclas en cinco proporciones diferentes manteniendo el porcentaje mínimo en la

cáscara de arroz, pero no así en la cerámica reciclada, puesto que al ser un material no plástico garantizaba mejor el cumplimiento de los objetivos planteados.

- Atendiendo lo requerido por el quinto objetivo específico del presente trabajo “Determinar las propiedades mecánicas de las mezclas de suelo utilizando cáscara de arroz molida y cerámica triturada para mejorar la sub rasante de la estructura del pavimento”, se determinó que, de las 5 diferentes mezclas realizadas, la mezcla de suelo que representó una verdadera alternativa estabilizado atendiendo a las normativas del MTOP fue aquella que contó con mayor porcentaje de cerámica, casi igualando al de arcilla. La primera mezcla tuvo una proporción de suelo plástico arcilloso 90%, cáscara de arroz 5% y cerámica triturada 5% con lo que permaneció en una plasticidad muy alta que no cumplió con lo requerido; por tanto se continuó a la segunda mezcla con proporción 80-10-10, que sí bajó la plasticidad aunque no mucho; por ello, con la tercera mezcla se mantuvo el porcentaje de la cáscara de arroz 10% , se aumentó el de la cerámica reciclada 20% Y con suelo plástico arcilloso al 70%, con lo que aún no se llegaba a la plasticidad requerida por las especificaciones para ser utilizado como estabilizador; por lo tanto, para la cuarta mezcla se utilizó un 60% de suelo plástico arcilloso , 30% de cerámica y 10% de cáscara de arroz, en este punto se observa una notable baja de la plasticidad aunque con un índice de plasticidad que no llega a lo permitido; por este motivo se realizó la quinta mezcla con suelo plástico arcilloso al 50%, cerámica al 40% y cáscara de arroz al 10%, mezcla que cumplió con las especificaciones del MTOP para ser utilizado como material de mejoramiento tanto en su plasticidad como en el porcentaje del tamiz #200. Cumplidos estos parámetros se realizaron los ensayos de proctor y C.B.R. Deberá tener un índice de plasticidad no mayor de nueve (9) y límite líquido hasta 35% siempre que el valor del CBR sea mayor al 20%, tal como se determina en el ensayo AASHO-T-91 respectivos, de acuerdo a estos parámetros dieron resultados favorables al obtener una expansión del 2.4% y cumpliendo con las normas del MTOP que indican que no debía pasar el 4% y que su densidad debía ser mayor a 1400 kg/m³.

- Habiendo cumpliendo con los objetivos específicos, resta atender la hipótesis del presente trabajo de investigación, que indica “La cáscara de arroz molida y la cerámica en la estabilización de suelos plásticos mejora la capacidad portante en su uso como sub-rasante de la estructura de pavimento cumpliendo con lo establecido en las Especificaciones del Ministerio de Transporte y Obras Públicas en el capítulo 400 sección 402 mejoramiento de la sub-rasante, dando un buen uso a estos materiales desalojados”, y se confirmó que sí se consiguieron los resultados esperados, estando estos dentro de los parámetros que indicados en las normas del Ministerio de Transporte y Obras Públicas; en otras palabras, con estos materiales se ha logrado mejorar este estrato.

5. RECOMENDACIONES

- Se recomienda al Ministerio de Transporte y Obras Públicas elaborar normas para la estabilización de suelos con otros tipos de materiales, preferentemente innovadores (materiales desechables) para darle una mejor utilidad y evitar el deterioro ambiental.
- Se recomienda a la Universidad Laica Vicente Rocafuerte implementar el laboratorio de suelos para que los estudiantes puedan realizar sus prácticas y tener un mejor control al trabajar con estos materiales innovadores ya que es muy importante su seguimiento para determinar el comportamiento al ser utilizados o mezclados con otro elemento.
- Se recomienda a los nuevos investigadores realizar otros tipos de ensayos a estos materiales expansivos. Como, por ejemplo, la expansión controlada, que se realiza en un consolidó metro pudiéndose determinar con más precisión el porcentaje real de su expansión.

BIBLIOGRAFÍA

- Alava, J. M. (mayo de 2017). <https://www.revistaespacios.com/a18v39n34/a18v39n34p12.pdf>. Recuperado el 2022, de revistaespacios.com Web site.
- Alvarado, P., Vega, L., & Porras, M. (Diciembre de 2018). Caracterización del subproducto cascarillas de arroz en búsqueda de posibles aplicaciones como materia prima en procesos. *Revista del Instituto de Investigaciones Químicas y Biológicas de la Universidad de San Carlos de Guatemala*, 86-101. Recuperado el junio de 2022, de researchgate.net Web site:
https://www.researchgate.net/publication/307631222_Caracterizacion_del_subproducto_cascarillas_de_arroz_en_busqueda_de_posibles_aplicaciones_como_materia_prima_en_procesos
- Andrade, O., & Jouve, A. (2021). <http://repositorio.ulvr.edu.ec/bitstream/44000/4528/1/T-ULVR-3684.pdf>. Recuperado el junio de 2022, de repositorio.ulvr.edu.ec.
- Canaria, A., & Martínez, A. (junio de 2020). *repository.udistrital.edu.co*. Recuperado el 27 de marzo de 2022, de repository.udistrital.edu.co Web site:
<https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/25230/CanariaPinedaAngelaGyneth2020.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Carro, H. (18 de Febrero de 2021). Revisión bibliográfica Estabilización de suelos con enzimas. *Revista de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de la República de Uruguay*. Recuperado el Julio de 2022, de
https://eva.fing.edu.uy/pluginfile.php/323541/mod_resource/content/1/Estabilizaci%C3%B3n%20de%20Suelos%20con%20Enzimas.pdf
- Contreras, Y., & Roa, M. (26 de abril de 2015). *tecnica e instrumento de investigacion*. Recuperado el 2020, de tecnica e instrumento de investigacion web site:
<http://tecnicasdeinvestigacion2015.blogspot.com/2015/04/bienvenidos-nuestro-blogger.html>
- coverlam. (17 de febrero de 2016). *ceramica en la construcción*. Recuperado el 2020, de ceramica en la construcción Web site: <https://www.promateriales.com/pdf/PM-95-6.pdf>
- Cueva del Ingeniero Civil. (3 de octubre de 2018). *Cueva del ingeniero civil*. Recuperado el junio de 2022, de Cueva del ingeniero civil Web site:
<https://www.cuevadelcivil.com/2010/06/componentes-de-un-pavimento.html>
- decreto ejecutivo 742. (2019). *procuraduria.utpl.edu.ec*. Recuperado el 2021, de procuraduria.utpl.edu. web site:
<https://procuraduria.utpl.edu.ec/sitios/documentos/NormativasPublicas/REGLAMENTO%20GENERAL%20A%20LA%20LEY%20ORGANICA%20DE%20EDUCACION%20SUPERIOR.pdf>
- Ecuador, R. d. (2008). *Constitución Del Ecuador*. Quito: Republica del Ecuador.
- Gallo, J. (2022). <http://repositorio.ulvr.edu.ec/bitstream/44000/4985/1/T-ULVR-4020.pdf>. Recuperado el junio de 2022, de repositorio.ulvr.edu.ec.

- Galvez, P., & Santoyo, J. (junio de 2019). *core.ac.uk*. Recuperado el 27 de marzo de 2022, de *core.ac.uk*/ Web site: <https://core.ac.uk/download/pdf/270319034.pdf>
- Jarre, C., Zamora, C., Puig, R., & Zamora, E. (1 de Enero de 2021). Caracterización preliminar de la ceniza de cáscara de arroz de la provincia Manabí, Ecuador, para su empleo en hormigones. *Revista Técnica de la Facultad de Ingeniería de la Universidad del Zulia*, XLIV(1), 44-50. doi:<https://doi.org/10.22209/rt.v44n1a06>
- Lazaro, ,. M. (abril de 2019). <https://www.vigilancer.es/index.php/2020/10/22/posicion-de-la-ceramica-espanola-en-el-mundo-en-2019/>. Recuperado el junio de 2022, de <https://www.vigilancer.es> web site.
- lifeder. (5 de mayo de 2020). *lifede*. Recuperado el mayo de 2020, de <https://www.lifeder.com/tecnicas-de-investigacion/>
- Lobato, S. (26 de octubre de 2019). *Bibliografía Educación Secundaria*. Recuperado el 2020, de Bibliografía Educación Secundaria Web site: <http://le000004.ferozo.com/lro/tecnologia.pdf>
- Marquez, D. (2019). <https://repositorio.unp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12676/2241/CIV-MAR-MAR-2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Recuperado el junio de 2022, de repositorio.unp.edu.pe.
- Massenli, G., & de Paiva, C. (2019). Influencia de la deflexión superficial en pavimentos. *Revista chilena de ingeniería*, XXVII(4), 613-624. Recuperado el Junio de 2022, de [scielo.cl](https://www.scielo.cl/pdf/ingeniare/v27n4/0718-3305-ingeniare-27-04-613.pdf): <https://www.scielo.cl/pdf/ingeniare/v27n4/0718-3305-ingeniare-27-04-613.pdf>
- Mata, L. (7 de mayo de 2019). *investigalia*. Recuperado el 2021, de [investigalia](https://investigaliacr.com/investigacion/el-enfoque-de-investigacion-la-naturaleza-del-estudio/) web site: <https://investigaliacr.com/investigacion/el-enfoque-de-investigacion-la-naturaleza-del-estudio/>
- Noriega, Y., Vives, J., & Muñoz, S. (8 de Marzo de 2022). Uso de estabilizadores de suelo: una revisión del impacto al corte y asentamiento. *Avances Investigación En Ingeniería*, XIX(1), 1-14. doi:<https://doi.org/10.18041/1794-4953/avances.1.6856>
- Ortiz, G. (5 de noviembre de 2015). *Procesos industriales*. Recuperado el 2020, de Procesos industriales blogspot: <http://procesosindustrialesgloriaortiz.blogspot.com/2015/11/ceramicos-sin-duda-alguna-la-industria.html>
- Ramos Galarza, C. A. (21 de Octubre de 2020). Los alcances de una investigación. *CienciAmérica*, IX(3). doi:<http://dx.doi.org/10.33210/ca.v9i3.336>
- Rojas, A. (septiembre de 2017). *Investigacion e inovacion metodologica*. Recuperado el 2021, de *Investigacion e inovacion metodologica* web site: [http://investigacionmetodologicaderojas.blogspot.com/2017/09/poblacion-y-muestra.html#:~:text=Seg%C3%BAAn%20Hern%C3%A1ndez%2C%20Fern%C3%A1ndez%20y%20Baptista,con%20determinadas%20especificaciones%E2%80%9D%20\(p.&text=poblaci%C3%B3n%20un%20conjunto%20finito%](http://investigacionmetodologicaderojas.blogspot.com/2017/09/poblacion-y-muestra.html#:~:text=Seg%C3%BAAn%20Hern%C3%A1ndez%2C%20Fern%C3%A1ndez%20y%20Baptista,con%20determinadas%20especificaciones%E2%80%9D%20(p.&text=poblaci%C3%B3n%20un%20conjunto%20finito%20)

Universidad Laica Vicente Rocafuerte. (10 de febrero de 2019). *universidad laica vicente rocafuerte*. Recuperado el 2020, de universidad laica vicente rocafuerte web site: https://www.ulvr.edu.ec/static/uploads/pdf/file_1556661631.pdf