



**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

**ESTABILIZACIÓN DE SUELO ARCILLOSOS PLÁSTICOS
UTILIZANDO LA VIRUTA DE MADERA RECICLADA DE
ENCOFRADO, CAUCHO RECICLADO, CENIZA VOLCÁNICA
PARA UNA CARRETERA EN LA SUBRASANTE**

TUTOR

MSC. ING. KAREN STHEPANIE CANSIONG GUERRA

AUTORES

JAIME LEANDRO BLACIO ROMERO

GUAYAQUIL

2022



REPOSITARIO NACIONAL EN CIENCIA Y TECNOLOGÍA

FICHA DE REGISTRO DE TESIS

TÍTULO Y SUBTÍTULO:

ESTABILIZACIÓN DE SUELO ARCILLOSOS PLÁSTICOS UTILIZANDO LA VIRUTA DE MADERA RECICLADA DE ENCOFRADO, CAUCHO RECICLADO, CENIZA VOLCÁNICA PARA UNA CARRETERA EN LA SUBRASANTE

AUTOR/ES:

JAIME LEANDRO BLACIO
ROMERO

REVISORES O TUTORES:

MSC. ING. KARENG CANSIONG GUERRA

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:

88

ÁREAS TEMÁTICAS:

Arquitectura y Construcción

PALABRAS CLAVE:

Estabilización de suelos, viruta de madera, caucho reciclado, ceniza volcánica.

RESUMEN:

Mediante distintas pruebas y ensayos para este proyecto se determina la estabilización de suelos arcillosos plásticos utilizando aditivos como viruta de madera, caucho reciclado y ceniza volcánica para mejorar la resistencia.

Estos desechos generan contaminación al medio ambiente ya que tardan muchos años en descomponerse, el caucho reciclado tarda aproximadamente unos cien años en

descomponerse y por su elasticidad elevada impide que sea compactada o triturada como es el caso de elementos como, vidrio, botellas plásticas, etc.

Por ende también como un método de mitigación ambiental se añade este tipo de aditivos para mejorar la resistencia de suelos, materiales, elementos constructivos, mediante procesos innovadores, los cuales se han venido mejorando con el pasar de los años dando soluciones prácticas a los diferentes requerimientos.

Una vez que obtuvimos los diferentes aditivos se procede seleccionar las mejores muestras para luego realizar los ensayos tales como: Ensayo de CBR, proctor, clasificación, peso unitario, contenido de humedad, granulometría, para determinar las características del suelo y mejorar su composición.

Se repite los ensayos para obtener resultados más aproximados y tener una idea más clara del comportamiento de estos materiales y escoger los más adecuados e idóneos referentes a lo que queremos obtener.

Luego de esto sacamos conclusiones favorables y recomendaciones que podrían servir para futuras investigaciones referidas.

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: JAIME LEANDRO BLACIO ROMERO	Teléfono: +593981576928	E-mail: jblacioromero@ulvr.edu.ec
--	-----------------------------------	---

CONTACTO EN LA INSTITUCIÓN:	MSC. Ing. Milton Andrade Decano de la Facultad de Ingeniería, Industria y Construcción. Teléfono (04) 259 6500 Ext. 241 E-mail: mandradel@ulvr.edu.ec
------------------------------------	--

CERTIFICADO DE ORIGINALIDAD ACADÉMICA

BLACIO ROMERO

INFORME DE ORIGINALIDAD

5%

INDICE DE SIMILITUD

5%

FUENTES DE INTERNET

0%

PUBLICACIONES

0%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

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

1%

★ redsocial56.com

Fuente de Internet

Excluir citas

Apagado

Excluir coincidencias < 1%

Excluir bibliografía

Apagado



DECLARACIÓN DE AUTORÍA Y CESIÓN DE DERECHOS PATRIMONIALES

El estudiante egresado JAIME LEANDRO BLACIO ROMERO, declara bajo juramento, que la autoría del presente proyecto de investigación, estabilización de suelo arcillosos plásticos utilizando la viruta de madera reciclada de encofrado, caucho reciclado, ceniza volcánica para una carretera en la sub rasante, corresponde totalmente a el suscrito y me responsabilizo con los criterios y opiniones científicas que en el mismo se declaran, como producto de la investigación realizada.

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

Autor: JAIME LEANDRO BLACIO ROMERO



Firma:

C.I.: 0705402097

CERTIFICACIÓN DE ACEPTACIÓN DEL TUTOR

En mi calidad de Tutor del Proyecto de Investigación Estabilización de suelos arcillosos plásticos utilizando la viruta de madera reciclada de encofrado, caucho reciclado, ceniza volcánica para una carretera en la sub rasante, designado(a) por el Consejo Directivo de la Facultad de Ingeniería, Industria y Construcción de la Universidad Laica VICENTE ROCAFUERTE de Guayaquil.

CERTIFICO:

Haber dirigido, revisado y aprobado en todas sus partes el Proyecto de Investigación titulado: Estabilización de suelos arcillosos plásticos utilizando la viruta de madera reciclada de encofrado, caucho reciclado, ceniza volcánica para una carretera en la sub rasante presentado por el estudiante JAIME LEANDRO BLACIO ROMERO como requisito previo, para optar al Título de INGENIERO CIVIL, encontrándose apto para su sustentación.



Firma:

MSC. ING. KAREN STEHPANIE CANSIONG GUERA

C.C.

AGRADECIMIENTO

Agradezco primeramente a Dios por sus bendiciones y por ser mi guía de superación.

A la Universidad Laica Vicente Rocafuerte De Guayaquil por sus enseñanzas, valores y el aprendizaje obtenido.

A todos los docentes que fueron parte de esta travesía compartiendo sus conocimientos y por su abnegada labor para la formación de profesionales capacitados.

A mi docente tutora Msc. Ing. Karen Cansiong Guerra por su asesoramiento atento, constante e incondicional.

Y a mis padres, hermanos y familiares que siempre estuvieron dándome consejos, motivándome para cumplir este proyecto de tesis y con ello mi meta profesional.

DEDICATORIA

Dedico el presente proyecto de tesis a mis padres, especialmente a mi madre que ha sido mi motor y pilar fundamental con sus sabios consejos e incansable apoyo, por inculcarme valores y formarme como persona de bien.

A mi hermana y hermanos que siempre han estado junto a mí en todo momento así mismo con su apoyo incondicional.

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO I	2
1. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN	2
1.1. Tema	2
1.2. Planteamiento del Problema	2
1.3. Formulación del Problema	2
1.4. Objetivo General	3
1.5. Objetivos Específicos	3
1.6. Hipótesis.....	3
1.7. Línea de investigación Institución/Facultad.....	4
CAPITULO II	5
2. MARCO TEORICO	5
2.1. Marco teórico.....	5
2.1.1. Antecedente.....	5
2.1.2. Referencial	7
2.1.3. Mecánica de suelos.....	23
2.1.4. Viruta de madera.	32
2.1.5. Caucho reciclado.....	33
2.1.6. Ceniza volcánica.....	34
2.1.7. ¿Qué es el CBR?	36
2.2. MARCO LEGAL.....	39
CAPÍTULO III	43
3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	43
3.1. Enfoque de la investigación	43
3.2. Alcance de la investigación	43
3.3. Técnica e instrumentos para obtener los datos	44
3.3.1. Técnica.	44
3.3.2. Instrumento	45
3.4. Población y muestra.....	45
3.4.1. Población.....	45
3.4.2. Muestra.....	46
3.5. Presentación y análisis de resultados	46
3.5.1. Ensayos de clasificación, proctor y C.B.R al material existente	46
3.5.2. Ensayos de Humedad y peso unitario de la viruta de madera.....	51

3.5.3.	Ensayos de peso unitario del caucho reciclado.	53
3.5.4.	Ensayos de clasificación de la ceniza volcánica.....	54
3.5.5.	Ensayos de clasificación, mezcla: Arcilla 85%, ceniza volcánica 10% y viruta de madera 5%.	56
3.5.6.	Ensayos de clasificación, mezcla: Arcilla 70%, ceniza volcánica 20% y viruta de madera 10%.	57
3.5.7.	Ensayos de clasificación, mezcla: Arcilla 60%, ceniza volcánica 30% y viruta de madera 10%.	58
3.5.8.	Ensayos de clasificación, mezcla: Arcilla 50%, ceniza volcánica 40% y viruta de madera 10%.	59
3.5.9.	Ensayos de proctor, mezcla: Arcilla 50%, ceniza volcánica 40% y viruta de madera 10%.	60
3.5.10.	Ensayos C.B.R., mezcla: Arcilla 50%, ceniza volcánica 40% y viruta de madera 10% 61	
	CONCLUSIÓN.....	51
	RECOMENDACIÓN.....	53
	Bibliografía	54

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1:	Línea de investigación Institución/Facultad	4
-----------------	---	---

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1:	Figura: Perfil de suelo residual.....	26
Figura 2:	Suelo arcilloso	30
Figura 3:	C.B.R.....	37
Figura 4:	C.B.R.....	39
Figura 5:	Ensayo de clasificación	47
Figura 6:	Ensayo de proctor	48
Figura 7:	Ensayo de C.B.R.	49
Figura 8:	Ensayo de C.B.R.	50
Figura 9::	Ensayo de C.B.R.	51
Figura 10:	Ensayo de C.B.R.....	52
Figura 11:	Ensayo de C.B.R.....	50
Figura 12:	Ensayo de contenido de humedad	51

Figura 13: Ensayo de peso unitario.....	52
Figura 14: Ensayo de peso unitario.....	53
Figura 15: Ensayo de contenido de humedad	54
Figura 16: Ensayo de granulometría.....	55
Figura 17: Ensayo de clasificación	56
Figura 18: Ensayo de clasificación	57
Figura 19: Ensayo de clasificación	58
Figura 20: Ensayo de clasificación	59
Figura 21: Ensayo de proctor.....	60
Figura 22: Ensayo de C.B.R.	61
Figura 23: Ensayo de C.B.R.	62
Figura 24: Ensayo de C.B.R.....	63
Figura 25: Ensayo de C.B.R.	64
Figura 26: Ensayo de C.B.R.....	51

INTRODUCCIÓN

El presente proyecto previo a la obtención del Título de Ingeniero Civil tiene como objetivo la estabilización de suelos arcillosos plásticos mediante la utilización de aditivos como viruta de madera, caucho reciclado y ceniza volcánica para mejorar la resistencia de estos.

Este tipo de componentes generan contaminación en nuestro ambiente por lo que estamos contribuyendo en parte a la solución del problema ambiental.

Previamente a los ensayos de laboratorio se procedió a la recolección de muestras de los diferentes materiales para la realización de los ensayos como: clasificación, proctor, CBR, contenido de humedad, peso unitario, granulometría.

CAPÍTULO I

1. DISEÑO DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. Tema.

Estabilización de suelos arcillosos plásticos utilizando la viruta de madera reciclada de encofrado, caucho reciclado, ceniza volcánica para una carretera en la sub rasante

1.2. Planteamiento del Problema

En el proceso de construcción de una carretera cuando se realizan los estudios de suelo nos encontramos con diferentes estratos de suelos. En especial con la arcilla plástica la cual genera problema por su índice plástico elevado (Blacio, 2022).

Un segundo problema es la viruta de la madera, la cual genera contaminación del medio ambiente (Blacio, 2022).

Un tercer problema es el caucho como desecho el cual genera contaminación.

Un cuarto problema es la ceniza volcánica emitida por los volcanes activos del Ecuador generando contaminación y malestar a la población (Blacio, 2022).

Este proyecto de tesis analizará la adición de la viruta de madera, caucho reciclado, ceniza volcánica como estabilizador de suelos arcillosos plásticos al mismo tiempo dar como solución los problemas planteados, como son la contaminación de los tres elementos y la plasticidad de la arcilla (Blacio, 2022).

1.3. Formulación del Problema

¿De qué manera influye el uso de la viruta de madera, caucho reciclado, ceniza volcánica como estabilizador de suelo?

1.4. Objetivo General

Diseñar un suelo utilizando la viruta de madera, caucho reciclado, ceniza volcánica como estabilizadores de la arcilla plástica.

1.5. Objetivos Específicos

1.- Diseñar una mezcla de suelo utilizando la viruta de madera, caucho reciclado, ceniza volcánica.

2.- Definir las características técnicas del suelo utilizando la viruta de madera, caucho reciclado, ceniza volcánica.

3.- Contrastar las características técnicas de las mezclas de suelo utilizando la viruta de madera, caucho reciclado, ceniza volcánica con respecto a la arcilla plástica.

1.6. Hipótesis

Utilizando la viruta de madera, caucho reciclado, ceniza volcánica se estabilizará la arcilla plástica y se mitigará los impactos ambientales.

1.7. Línea de investigación Institución/Facultad

Tabla 1: Línea de investigación Institución/Facultad

<i>Línea de Investigación Institucional/Facultad</i>		
Dominio	Línea de investigación institucional	Sub línea
Urbanismo y ordenamiento territorial aplicando tecnología de construcción eco-amigable, industria y desarrollo de energías renovables	Materiales innovadores para la construcción	Materiales de construcción

Fuente: (universidad laica vicente rocafuerte, 2019)

CAPITULO II

2. MARCO TEORICO

2.1. Marco teórico.

2.1.1. Antecedentes.

Es necesario remontarse al **4000 AC para ubicarse en la construcción de los primeros caminos en las civilizaciones; luego de ello, por mucho tiempo**, el transporte fluvial se mantuvo como una opción mucho más rápida y sencilla que el transporte por carreteras, de origen egipcio y chino. Después, se estarían construyendo de las primeras carreteras pavimentadas de piedra al norte de África y Europa buscando apoyar sus operaciones militares, por parte de los romanos. Más tarde aparecerían finalmente las primeras carreteras cubiertas de alquitrán, gracias a los árabes (Arkiplus, 2016).

En la actualidad, la construcción de carreteras se base en: eliminación de obstáculos geográficos, por ejemplo, la tierra y roca son eliminadas mediante excavación o explosivos; y la utilización de nuevos y mejorados materiales de construcción. Se construyen puentes, diques y túneles; se elimina vegetación si se requiere; y luego el pavimento es colocado con ayuda de los variados equipos de construcción de carreteras (Arkiplus, 2016).

La estructura básica de un pavimento ya sea flexible o rígido está compuesto por, sub rasante o material de mejoramiento, base, sub- base, hormigón asfáltico (flexible), hormigón hidráulico (rígido), la sub-rasante es el suelo natural con el que se encuentra una vía ,de acuerdo a la clasificación del suelo se puede determinar si es apto o no para su uso ,esto depende de la capacidad portante que tenga dicho suelo, el cual se lo puede determinas por medio de los en sayos de laboratorio como es el C.B.R. (Arkiplus, 2016).

2.1.1.1. Vías romanas

Según Tillson [1900], Los primeros en construir y mantener un sistema de carreteras fueron los cartagineses. Los romanos eventualmente al consideraron a sus vecinos del otro lado del Mediterráneo como una amenaza para su imperio, por lo que decidieron construir Cártago en el año 146 a.C.; ubicándose hoy sus ruinas en Túnez, África del Norte, entre Argelia y Libia. Posterior a ello, adoptaron la práctica de un sistema de carreteras militares de los cartagineses; se calcula que construyeron 87.000 kilómetros de carreteras dentro de su imperio, aproximadamente la longitud del sistema estadounidense interestatal. (REDSOCIAL56, 2015).

El diseño que se empleaba en Reino Unido era el diseño de los romanos el cual consistía en cuatro capas distribuidas de la siguiente manera:

Summa Crusta (superficie): Suave, bloques poligonales acostados en la capa subyacente (REDSOCIAL56, 2015).

Núcleo: Una especie de capa base compuesta de grava y arena con cemento de cal.

Rudus: La tercera capa se compone de mampostería y piedras más pequeñas también establecidas en mortero de cal (REDSOCIAL56, 2015).

Statumen: Dos o tres hileras de piedras planas establecidos en mortero de cal.

El espesor total de la carretera era de hasta 0,9 m y un ancho de 4,3 metros o menos. Un ejemplo de estructura de pavimento romano cerca de Radstock, Inglaterra. En algunos países las vías romanas tienen un espesor de hasta 2,4 m. Estas estructuras la realizaban un poco inclinada su superficie para mejorar el drenaje e incorporado zanjas y / o desagües subterráneos. (REDSOCIAL56, 2015).

Como era de esperar, la construcción de carreteras romana se modificó hasta adaptarse a las condiciones y materiales locales. Los romanos emigraron al Reino Unido alrededor del año 406. El diseño de carreteras y su construcción decayó cerca de 1.200 años (REDSOCIAL56, 2015).

La construcción de la calzada romana no era barata. Su estimación de construcción actualizadas en la Vía Apia en Italia son alrededor de \$ 2.000.000 por km (estimaciones actualizadas Rose [1935] y Leger [1875]). El camino más antiguo conocido en el Reino Unido se encuentra cerca del río Brue en el suroeste de Inglaterra [Coles, 1989]. En realidad, el “camino” es una pasarela de 6.000 años de edad que fue descubierto en 1970 en una turbera. La construcción del camino coincide con la llegada de los primeros agricultores en el Reino Unido sobre 4.000 aC (REDSOCIAL56, 2015).

2.1.2. Marco Referencial

En este capítulo se ha creado un marco de referencia con trabajos de autores en los temas de interés para este estudio, que forma parte del conocimiento técnico de información, para la elaboración de nuestro tema de estudio, todas estas recopilaciones las obtenemos por medio de la herramienta informática del internet. (Ayala, 2017).

Según Ayala, Autor ecuatoriano, de la tesis “Estabilización y control de suelos expansivos utilizando polímeros” de la Universidad de Especialidades Espíritu Santo Facultad de Arquitectura e Ingeniería Civil, la tesis mencionada tiene la finalidad de poder determinar parámetros óptimos de utilización de polímeros para su correcta estabilización (Ayala, 2017).

Según Ayala, Como lo mencionan varios Autores, entre ellos Márquez, 2006, los suelos expansivos están formados por muchos minerales de arcilla que tienen propiedades de gran absorción de agua y retención de la misma, produciendo un incremento de volumen en el mineral que disminuye drásticamente cuando se seca (retracción). Este fenómeno puede ser perjudicial para la construcción porque no es constante el incremento de volumen, originando distintos empujes relativos, por hundimiento y generan asentamientos importantes cuando se produce la retracción (Ayala, 2017).

Como complemento con lo anterior dicen Patrone & Prefumo, s.f. que muchos fenómenos atribuidos a asentamientos del suelo u otros problemas en realidad eran debidos a procesos de hinchamiento por parte de los suelos expansivos. Se realizó un

procedimiento completo para la obtención de resultados comenzando por el muestreo de suelos y clasificación, para de esta manera tener definidas las características del mismo.

Adicionalmente, después de haber caracterizado al material expansivo se procedió a estabilizarlo químicamente con polímeros, realizando una vez más ensayos de clasificación y caracterización con suelo mezclado con estos elementos. Finalmente, se llegó a obtener las conclusiones y recomendaciones en base a los resultados obtenidos para el correcto uso y dosificación del polímero con la finalidad de obtener resultados técnicos y económicos favorables (Ayala, 2017).

Conclusión.

Debido a las condiciones del suelo y a las condiciones climáticas que se presentaron cuando se precedió con el muestreo se pudo obtener únicamente muestras alteradas, por lo que no se procedió la realización del ensayo de Lambe, puesto que este requiere muestras inalteradas para moldearlas para poder proceder. Por esta razón se realizaron los ensayos de expansión libre y expansión controlada. La influencia del polímero alteró de manera significativa en las condiciones físico – mecánicas del mismo (Ayala, 2017).

En los ensayos de límites de Atterberg se produjeron cambios tanto en el límite líquido, límite de plasticidad y por consiguiente en el índice de plasticidad. El límite líquido decreció en todos los casos, a razón de 21.43, 36.69 y 30.69 % en las muestras M-1, M-2 y M-3, respectivamente. Para el caso del límite plástico en las muestras M-2 y M-3 se obtuvieron decrecimientos de 35.68 y 27.14 respectivamente mientras que para la muestra M-1 se obtuvo un crecimiento de 27.13 %. El índice de plasticidad sufrió variaciones del 50.72, 39.25 y 32.27 % para las muestras M-1, M-2 y M-3, respectivamente (Ayala, 2017).

La prueba proctor modificada, que es un indicador de la resistencia al corte de los suelos, también sufrió alteraciones debido a la utilización del polímero. La compactación es conflictiva y complicada cuando se trata de suelos con alta plasticidad, como son los suelos parte del presente trabajo, siendo prácticamente suelos que no se prestan para compactarse. Durante los ensayos de laboratorio al suelo sin estabilizar, se produjeron diferentes problemas para poder obtener los puntos para graficar las curvas de

compactación. Sin embargo, al aplicar los productos químicos el suelo de entrada se volvió más manejable, y al haberse reducido sus problemas de consistencia se pudo realizar con mayor facilidad los ensayos. La densidad seca máxima tuvo tasas de crecimiento en las muestras M-1, M-2 y M3 de 4.02, 6.56 y 3.93 respectivamente, con el consecuente incremento de la resistencia al corte en la misma proporción. Sin embargo, un parámetro que llamó mucho la atención fue el de humedad óptima, puesto que a groso modo se pensaba que iba a disminuir en el material estabilizado, pero las tasas de variación fueron de 0.0 para la muestra M-1, decreciente de 40.54 % para la muestra M-2 y creciente de 25.0 % para la muestra M-3. Dados los valores indicados, se concluye una vez más y se coincide con la mayoría de autores en temas geotécnicos que los suelos expansivos, aunque hayan sido estabilizados, tienen un comportamiento impredecible. Los ensayos de expansión libre resultan ser un gran indicador en cuanto a la capacidad de aumentar el volumen de los suelos y a su vez la capacidad que tienen los polímeros para evitar que esto suceda (Ayala, 2017).

Recomendación.

Se recomienda usar polímero para la estabilización de suelos expansivos por las siguientes razones: Facilidad de trabajo (Ayala, 2017).

El procedimiento para utilizar este tipo de estabilización en obra es sencillo a comparación de otros tipos de estabilización. No se necesita una gran cantidad de máquinas ni una gran cantidad de personal. Menor impacto ambiental (Ayala, 2017).

Con los métodos tradicionales, se necesita gran cantidad de maquinaria y además una gran cantidad de materiales, los cuales necesitan ser conseguidos en canteras o minas o a su vez necesitan grandes cantidades de energía para ser producidos, como el caso del cemento. Con respecto al costo, la estabilización con polímero es un poco más costosa que el resto de estabilizaciones. Sin embargo, al tener una mayor facilidad de trabajo y al poderse realizar en menor tiempo representa una mejor relación en cuanto al costo y a beneficio (Ayala, 2017).

Según Pérez & Orjuela, Autores colombianos de la tesis “Análisis experimental de la expansividad en suelos bentónicos” de la Universidad Católica de Colombia Facultad de

Ingeniería Programa de Ingeniería Civil, la tesis mencionada tiene por objetivo el estudio de la actividad fisicoquímica de las arcillas para determinar su comportamiento en una masa de suelo ya que este puede influir de forma eficaz o inadecuada de acuerdo al uso ingenieril que se le vaya a dar al suelo, información indispensable para los estudios geotécnicos en cualquier proyecto de construcción civil. La presente investigación, basada en estudios bibliográficos analiza experimentalmente la expansividad de suelos con diferente contenido de montmorillonita conocida comercialmente como Bentonita. Para esto se realizaron ensayos petrográficos, ensayos índices y microestructura mediante imágenes SEM, (Scanning Electron Microscope). De los cuales se obtuvieron importantes resultados del potencial de expansión de este tipo de suelos con un alto porcentaje en contenido de la partícula de la montmorillonita. Los ensayos índices, indican que, a mayor índice plástico y límite de contracción, el suelo posee un potencial de expansión alto. El potencial de cambio de volumen arroja un peligro de expansión crítico, cuando este es mayor a seis. De ahí la importancia en este tipo de estudios para lograr una detección a tiempo de la presencia de este tipo de suelos en los estudios previos a un proyecto de ingeniería (Perez & Orjuela, 2018).

Conclusión.

Por la predicción de la expansión, los valores de límite líquido que se obtuvieron por medio del estudio, para el 25 % de Bentonita, el límite líquido arroja un grado de expansión muy alto, y revisando el valor del índice de plasticidad, el índice de expansión es muy alto. Para el porcentaje de 50% continua la tendencia de muy alto para estas privas índice. Para los valores de 75% y 100% continua con un índice de expansión muy alto, ya que a mayor bentonita mayor Límite líquido e índice de plasticidad. Estos resultados fueron los esperados, ya que acorde a los resultados de límites e Índice de plasticidad ya se puede manifestar un suelo expansivo, sin ser una prueba determinante para clasificar un suelo con estos ensayos. Los resultados obtenidos de Cambio Volumétrico Potencial y la expansión libre, se puede concluir que el ensayo de Lambe se debe correlacionar y revisar con resultados de otros ensayos para poder clasificar con este ensayo si el suelo es potencialmente expansivo o levemente expansivo, con base en el ensayo de expansión y de consolidómetro se encontraron datos de mayor confiabilidad ya que son de carácter

cualitativo, lo que nos permite concluir si se tienen este tipo de suelos en un proyecto (Perez & Orjuela, 2018).

Teniendo en cuenta que tanto los límites de Atterberg como el índice de plasticidad son ensayos base y típicos para el desarrollo de una construcción civil, sumado a estos, el límite de contracción. A través de ciertas propiedades de estos ensayos es posible determinar un grado de potencial de expansión del suelo. A pesar de que estos ensayos son de relativa facilidad su realización y de equipos disponibles en la mayoría (Perez & Orjuela, 2018).

Además de esto los límites de Atterberg e índice de plasticidad indican valores de medida cualitativos categorizados. Por lo cual se hace necesario realizar ensayos que brinden información cuantitativa de preferencia mayor a uno y poder realizar comparaciones más certeras; ensayos como la expansión libre con ensayos como potencial de expansión por el método de Lambe y ensayos de Consolidómetro pueden llegar a tener esa certeza que busca la posible presencia de un suelo potencialmente expansivo. De acuerdo con el análisis de resultados obtenidos en el método de Lambe donde ninguna de las muestras se encuentra en rango de crítico o muy crítico, se procedió a una revisión del procedimiento ejecutado y nuevamente a un análisis de los resultados los cuales se encuentran dentro de los parámetros normales del desarrollo del ensayo; sin embargo se encontró que la muestra no se satura por completo (Perez & Orjuela, 2018).

Por lo anterior se recomienda que, en el momento de realizar el ensayo, la lectura se tome transcurrida más tiempo de dos horas, ya que durante este tiempo la muestra no logra su frente de saturación total. Conforme con los resultados y posterior análisis del ensayo de Consolidómetro en sus etapas de expansión o hinchamiento y consolidación o asentamiento de la masa de suelo, se evidenció que esta metodología brinda información certera en cuanto a valores de esfuerzo en términos de presión del suelo respecto a su relación de vacíos; con información de este tipo en los proyectos de construcciones livianas, (como por ejemplo los proyectos viales), es posible determinar la presión en términos de empuje del suelo a la estructura (Perez & Orjuela, 2018).

En la actualidad este tipo de ensayos comercialmente son de fácil acceso y de equipamiento accesible donde no se provocaría una afectación considerable al presupuesto de una obra de construcción civil ni un retraso en la programación, por el contrario la información que brindaría puede llegar a evitar a largo plazo posibles daños a construcciones livianas que se traducen en costos que como se mencionó en este documento pueden llegar a ser mayores a costos propiciados por huracanes, tornados y terremotos impactando en cualquier economía, pública o privada (Perez & Orjuela, 2018).

Recomendación.

Debido a la importancia ya descrita referente a la detección temprana de suelos expansivos, es recomendable se pueda continuar con la investigación por otros autores considerando otro tipo de masa de suelo con contenido arcilloso de diferente mineralogía, de preferencia que se caracterice por contar con una doble capa difusa, y realizarle a esta masa los ensayos desarrollados en este documento, de ser posible, incluir otros como: Análisis termo diferencial, capacidad de intercambio catiónico (CEC) y/o coeficiente de expansión lineal (COLE) con el fin de continuar realizando comparaciones y metodologías que continúen brindando información a la detección veraz de los suelos potencialmente expansivos (Perez & Orjuela, 2018).

Según Licuy y Román, Autores ecuatorianos en la tesis “Estudio de la estabilización de arcillas expansivas utilizando el 10, 20 y 30% en peso, de puzolanas de ceniza del volcán Tungurahua y ceniza de la cascarilla de arroz” en composiciones iguales de la Universidad Escuela Politécnica Nacional Facultad de Ingeniería y Ambiental, la tesis mencionada tiene por objetivo. El proyecto técnico-experimental muestra la estabilización de suelos de alto potencial expansivo, mediante el uso de dos puzolanas naturales provenientes de la ceniza volcánica y de la ceniza de la cascarilla de arroz. Para este estudio fueron seleccionadas tres diferentes muestras de suelo originarias de la provincia de Manabí con las cuales se obtuvieron resultados muy satisfactorios. Con la utilización de estas dos puzolanas naturales se logró disminuir el potencial de cambio volumétrico de arcillas expansivas. Para llevar a cabo este análisis, se llevaron a cabo ensayos físicos y mecánicos de laboratorio: contenido de humedad, clasificación SUCS, gravedad

específica, compactación de suelos, permeabilidad, índice de expansión, consolidación y corte directo en muestras en estado natural y con dosificaciones al 10%,20% y 30% de puzolanas de ceniza volcánica y ceniza de la cascarilla de arroz en composiciones iguales. Además, se realizó un análisis de la estructura del suelo con el microscopio electrónico de barrido (SEM), para evidenciar la morfología de las arcillas.

Según (Licuy & Roman, 2020), Las partículas de puzolana en contacto agua funcionan como un cementante, y que, adicionalmente con la compactación permiten reducir el efecto de cambio volumétrico que poseen los suelos con características expansivas. Acorde con los resultados conseguidos en todos los ensayos se ha podido constatar que con el 20% de reemplazo de puzolanas se alcanza los resultados óptimos de estabilización. Con el empleo de estas puzolanas naturales se puede reducir entre 34% al 62% el valor del índice de expansión. Finalmente, el uso de estas puzolanas naturales puede estabilizar suelos que posean características expansivas (Licuy & Roman, 2020).

Conclusión.

Se evidenció que al reemplazar el 10, 20 y 30% de composición en peso de suelo por puzolana proveniente de la ceniza de la cascarilla de arroz y puzolana de ceniza volcánica, varios parámetros físicos y mecánicos cambiaron en las muestras de arcilla, reduciendo su límite líquido y plástico, menor expansión volumétrica, gravedad específica, densidad seca máxima; e incrementando su resistencia a la deformación y al deslizamiento, dando como resultado la estabilización de estas arcillas con comportamiento expansivo. Experimentalmente se observó que la reutilización de muestras dosificadas para otros ensayos no es posible realizar, ya que, con la influencia de agua y temperatura, la puzolana pierde sus propiedades y los resultados obtenidos difieren significativamente (Licuy & Roman, 2020).

Respecto al análisis del límite líquido se pudo encontrar que, incrementando la dosificación de las puzolanas en las muestras de arcillas expansivas, el valor del límite líquido se reduce con respecto a las muestras naturales. En donde cabe destacar que en los reemplazos de puzolanas al 20% y 30% se logra obtener mayores porcentajes de reducción los cuales varían entre 16% hasta un 32%. Al analizar los resultados del límite plástico se

pudo encontrar que, incrementando la dosificación de las puzolanas en las muestras de arcillas expansivas, la tendencia del porcentaje de reducción del límite plástico se reduce, es decir que con mayor reemplazo el cambio en el límite plástico será menor. La variación de gravedad específica indica que conforme aumenta la dosificación de las puzolanas en las muestras de arcillas el valor gravedad específica disminuye, debido a que las puzolanas tienen un menor valor de gravedad específica modificando así la gravedad específica de las arcillas. El mayor porcentaje de reducción ocurre cuando se realiza el reemplazo con un 30% de puzolanas, cuyos valores están entre el 5% y 8% (Licuy & Roman, 2020).

En el ensayo de compactación Proctor los resultados de densidad seca máxima en todas las muestras dosificadas, el porcentaje de reducción presenta una relación parabólica, en donde se aprecia un mayor porcentaje de reducción de la densidad seca máxima con el 20% de reemplazo. Con el 20% de reemplazo se puede reducir la densidad seca máxima entre aproximadamente un 21% hasta un 41%. En el ensayo de índice de expansión de las arcillas se pudo encontrar que el reemplazo de puzolanas en las arcillas permite reducir este índice conforme se aumente el porcentaje de reemplazo. Sin embargo, también se pudo examinar que esta reducción tiene un límite ya que entre los intervalos de porcentaje de reemplazo de 20% y 30% la tendencia de esta reducción cambia de pendiente demostrando que con un porcentaje de reemplazo mayor al 30% la eficacia del uso de estas puzolanas se mínima (Licuy & Roman, 2020).

Recomendación-

Se obtuvieron resultados de estabilización satisfactorios para las muestras de suelo empleados, sin embargo, debido a la heterogeneidad y a la gran variedad existente en nuestro país se recomienda ampliar el estudio para suelos expansivos de otras provincias y regiones. Para la estabilización de arcillas con puzolanas es necesario que se utilice únicamente el material que pase el tamiz N°200 con el objetivo de obtener una muestra homogénea en relación con el tamaño de partículas y consistencia del mismo, de lo contrario, no se obtendrá la misma eficiencia del método propuesto (Licuy & Roman, 2020).

Extender el estudio de extracción de puzolanas de elementos naturales que en nuestro país se desechan en considerables cantidades como: bagazo de caña, estopa de coco, residuos de palma africana etc. Realizar un estudio de la permanencia de las propiedades estabilizantes y de resistencia en el suelo y de esta forma también estimar la eficiencia del método propuesto. Los porcentajes de humedad óptima obtenidos en los ensayos de compactación Proctor, se encuentran en los rangos de 18% a 21% aproximadamente, valores muy cercanos al contenido de humedad natural con el que se extrajeron las muestras, por lo que, se recomienda realizar la mezcla de puzolanas y suelo realizando un control de humedad que fluctúe en esos rangos (Licuy & Roman, 2020).

Según Gavilanes, Autor de nacionalidad ecuatoriana, de la tesis “Estabilización y Mejoramiento de Sub-Rasante Mediante Cal Y Cemento Para Una Obra Vial en el Sector de Santos Pamba Barrio Colinas del Sur de la Universidad Internacional del Ecuador Escuela de Ingeniería Civil. La tesis mencionada tiene por objetivo estudiar el suelo de algunas partes de la ciudad de Quito tiene alto grado de humedad así que presentan características negativas relacionadas a la presencia de agua en la sub-rasante. El propósito de estabilizar el suelo es alterar sus propiedades físicas y así mejorar las condiciones de plasticidad e incrementar su resistencia y durabilidad con el fin de obtener un material de cimentación satisfactorio para cualquier uso de obra civil. Los materiales más utilizados con el fin de estabilizar los suelos o subrasantes son: el cemento, la cal, el asfalto y arena (Gavilanes, 2015).

La eficiencia de los procesos de estabilización utilizando los materiales antes indicados depende de diferentes factores, como tipo de suelo, parámetros de resistencia, materiales disponibles en el entorno de la obra a realizarse y las condiciones climatológicas en la ciudad. Las técnicas de estabilización de suelos han experimentado un gran desarrollo en el mundo durante los últimos años en Europa es la técnica más empleada para el mejoramiento de suelos. Esto se ha debido a varios factores: necesidad de reutilización de los materiales del pavimento, por motivos ambientales elevar la capacidad de resistencia ante los tráficos que cada vez son mayores y al desarrollo del equipo y maquinaria disponibles para la ejecución de obras civiles (Gavilanes, 2015).

Las capas estabilizadas han demostrado una mayor fiabilidad y durabilidad ante el tráfico y la climatología, debido a su mayor capacidad de resistencia y a su menor susceptibilidad de agua. Todo ello ha motivado que las normas establecidas para carreteras contemplen de forma principal las capas estabilizadas dentro de las 2 posibles soluciones para la construcción de rellenos y la formación de las explanadas. Por características geológicas y climatológicas en la parte sur de Quito los suelos de subrasante poseen alto límite de plasticidad. El funcionamiento a largo plazo de cualquier proyecto de obra civil depende de la calidad de los suelos subyacentes. Los suelos inestables pueden crear problemas significativos en las estructuras y pavimentos. La utilización de técnicas de estabilización y mejoramiento de suelos en construcciones apropiadas para el tratamiento de suelo de sub-rasante con el uso de algún conglomerante, transforma químicamente el material inestable en utilizables. Para esto es importante realizar los estudios necesarios que permitan la correcta elección del aditivo cementante pues de ello dependerá la obtención de los resultados esperados. Hay que tener muy en cuenta que los suelos y materiales disponibles en cada obra civil no serán diversos en diferente sitio, por lo tanto, debe realizarse un estudio que analice todos los tipos de suelos y materiales que van a ser utilizados, estabilizados y mejorados (Gavilanes, 2015).

Conclusión.

Para formular y plantear estas conclusiones y recomendaciones partimos de los resultados arrojados de los ensayos de laboratorio realizados a las muestras de suelos de la calle A del barrio colinas del sur en la ciudad de Quito (Gavilanes, 2015).

La calle en estudio, tiene como material de sub-rasante un suelo de tipo limo arenoso, con pómez y de color café claro, por lo cual, siguiendo las normas internacionales de estabilización de suelos y a partir de los ensayos de laboratorio realizados, se ha recomendado efectuar una estabilización con cemento (Gavilanes, 2015).

El índice de plasticidad para cada tipo de suelo estabilizado cemento disminuye, en relación al suelo natural (Gavilanes, 2015).

La relación entre el porcentaje que pase en masa en la malla N° 200 al que pase la malla N° 40, no será mayor en 0.65. Realizando esta simple operación tenemos: el porcentaje

que pasa en la malla N° 40 es de 98% y el pasante de la malla N° 200 es de 62%. Entonces, $62/98 = 0.632$, este 77 resultado es conveniente porque no pasa lo requerido de la especificación, por lo tanto, el suelo del lugar satisface para realizar estabilización (Gavilanes, 2015).

Se analizó que existe una reducción significativa del índice de Plasticidad con el incremento del porcentaje de cemento; provocando un ligero aumento del límite de Plasticidad y decrecimiento del límite Líquido (Gavilanes, 2015).

Las características de compactación para los suelos naturales o estabilizados con cemento, son similares, debido a que existe un incremento en la densidad seca máxima y una disminución en el contenido óptimo de humedad (Gavilanes, 2015).

El uso de cemento para estabilizar el suelo es ventajoso, ya que, al dimensionar la estructura de rodadura, se logra disminuir el espesor de la estructura de rodadura ya sea hormigón rígido o asfalto, en relación a su estado natural. En este aspecto constructivo esto nos favorece en una disminución de los costos de construcción (Gavilanes, 2015).

Los suelos tratados con cemento incrementan su capacidad soportante a valores mayores a los que especifica el MOP en su normativa para mejoramiento de sub-rasante (Gavilanes, 2015).

Es importante analizar un estudio hidrológico e hidráulico del área en estudio para ubicar los drenajes como cunetas, alcantarillas, etc. Y de esta manera evitar que los suelos estabilizados tengan contacto con la humedad (Gavilanes, 2015).

Recomendación.

La estabilización de los suelos de sub-rasante con los conglomerantes más adecuados, que resulten más adecuados para llegar al estudio detallado del suelo a estabilizar (Gavilanes, 2015).

Seguir investigando la estabilización de los suelos de las calles de la ciudad de Quito con cal o cemento aplicando variantes en cuanto al porcentaje de los conglomerados (Gavilanes, 2015).

Es recomendable que las vías del país sean estabilizadas dependiendo al suelo que posee ya que económicamente tendremos un ahorro significativo en el mantenimiento (Gavilanes, 2015).

Incentivar a la inversión económica a las instituciones municipales que están relacionadas con el diseño y construcción de vías urbanas para fomentar un banco de datos sobre propiedades físicas y mecánicas con varios tipos de estabilizadores (Gavilanes, 2015).

Considerar el presente trabajo como alternativa para la implementación de nuevos procesos de construcción y reconstrucción de las calles urbanas de la ciudad de Quito (Gavilanes, 2015).

Según Fernández, Autor de nacionalidad peruana, de la tesis “Estabilización de subrasante con material de demolición en avenida Malecón Checa de la Universidad Cesar Vallejo”. La tesis mencionada tiene por objetivo de mejorar la estabilización de la subrasante con material de demoliciones en la avenida malecón checa, en san juan de Lurigancho, de tal manera que donde las teorías relacionadas al tema nos habla de los tipos de suelos, propiedades física y mecánicas de la estabilización, de tal manera enmarcar los ensayos de laboratorio que delimita el proyecto de investigación como es el caso del análisis granulométrico, límite de Atterberg, clasificación de suelos por SUCS Y AASHTO, coeficientes de curvatura y uniformidad, ensayo de Proctor modificado, ensayo de CBR (Fernandez, 2018).

El método a utilizar es científico, el tipo de investigación aplicada, el nivel descriptiva-explicativa, en cuanto al diseño es no experimental de corte transversal. La población y la muestra son consideradas el área del terreno a investigar en la zona de brisas de Campoy del distrito de san juan de Lurigancho. Los instrumentos para tal caso son protocolos estandarizados de manera directa y confiable para recoger los resultados el cual se detalla en los siguientes ensayos: Análisis granulométrico por tamizado (ASTM D 422, MTC E1090 – 200), límites de consistencia (ASTM D 4318, MTC E115 – 2000), contenido de humedad (ASTM D 2216), Proctor modificado (ASTMD 1557, MTC E132-2000), y ensayo de CBR (ASTM D 1883), de esta manera se concluye que si es posible estabilizar

la subrasante del suelo, arena limosa con grava y mal graduado, aplicando la dosificación de materiales reciclados de demoliciones, ya que mediante los ensayos realizados en laboratorio y gabinete con las muestras del suelo del tramo de un kilómetro en la Avenida Malecón Checa. Concluyendo de esta manera que la estabilización de subrasante ha mejorado obteniendo buenos resultados (Fernandez, 2018).

Conclusiones:

1. Se concluye, que las demoliciones de pavimentos influyen significativamente con respecto a la estabilización de subrasante, Los ensayos que se realizaron fueron para estimar su influencia del suelo natural mediante la dosificación de material de demoliciones en 10%, 20% y 30%, el cual se obtuvo resultados óptimos que cumplen con los estándares de subrasante del MTC, por lo que resulta su capacidad portante aceptable, de esta manera que se pretende estabilizar en este proyecto y además para ser aplicado en proyectos futuros (Fernandez, 2018).

2. Se concluye, que las demoliciones de concreto intervienen significativamente en estabilizar la subrasante, de acuerdo a los resultados obtenidos de Cada ensayo, el material de demolición de concreto es el más óptimo, ya que tiene un CBR excelente y es recomendable usar en la dosificación del 20%, por su elevado resultado. Además de ello todos los ensayos de dosificación de concreto cumplen con lo establecido por el MTC (Fernandez, 2018).

3. Se concluye, que las demoliciones de cerámico inciden significativamente en estabilizar la subrasante, de tal manera que se realizaron ensayos para la incidencia de estos materiales realizando su dosificación en 10%, 20% y 30%, se obtuvieron resultados que, si cumplen con lo establecido, fundamental para determinar la capacidad portante de la subrasante, y su estabilidad (Fernandez, 2018).

4. Finalmente se concluye, que el material de demoliciones determina la estabilidad de la subrasante, aplicando materiales de demoliciones, ya que resulta ser un suelo de baja capacidad portante, para ello se obtuvieron resultados de CBR al 95% de penetración por ser el más crítico, según análisis de mejor resultado de CBR, la dosificación de material de asfalto al 10% su CBR (95% MDS) 0.1"=32.90%, en la dosificación de concreto el

más óptimo de todo lo demás al 20% de CBR (95% MDS) 0.1" =78.30%, en comparación con la base del suelo natural que su CBR (95% MDS) 0.1" =48.00%, y finalmente en la dosificación de material cerámico su CBR (95% MDS) 0.1" =30.00%, estos resultados son aceptables por que cumplen con lo establecido según la norma del MTC en la clasificación de categorías de CBR (Fernandez, 2018).

Recomendaciones:

1. El uso de materiales de demoliciones, como es el caso de pavimentos, concreto y cerámicos, aplicándose la dosificación de suelo natural con demoliciones en 10%, 20% y 30%, se ha evidenciado que si es posible estabilizar la subrasante. Sin embargo, se recomienda seguir dichas investigaciones en otras zonas de la Región Lima, con respecto a estos problemas de deterioro o hundimiento de sus vías, utilizando materiales de demoliciones en variedad a fin de verificar la incidencia y sus diferentes características (Fernandez, 2018).

2. Se recomienda complementar el presente estudio realizando pruebas con mayor porcentaje de dosificación de material de demoliciones, con el fin de determinar los niveles óptimos de incorporación para estabilizar subrogantes debido a problemas de inestabilidad (Fernandez, 2018).

3. Se recomienda investigar el comportamiento de estos materiales de demolición como un estabilizador en otros tipos de suelos, aplicando los mismos porcentajes para verificar cuanto intervienen o inciden en sus resultados óptimos con respecto a esta investigación (Fernandez, 2018).

4. Se recomienda extender el presente estudio realizando investigaciones con respecto a otros materiales que permitan estabilizar, aplicando mezclas de dosificadores como cal, cemento, polímeros, etc. Con dosificaciones en diferentes porcentajes. 5. Finalmente se recomienda a los tesisistas a seguir investigando con temas de estabilidad de subrogantes en carreteras de diferentes niveles de tráfico para verificar su comportamiento de resistencia con respecto al CBR obtenido en esta investigación (Fernandez, 2018).

Según : Landa, Jacques; Torres, Feliciano, autores de nacionalidad peruana, de la tesis “Mejoramiento de Suelos Arcillosos en Subrasante mediante el uso de Cenizas Volantes de Bagazo de Caña de Azúcar y Cal de la Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas Programa académico de Ingeniería Civil (Landa & Torres, 2019).

La tesis mencionada tiene por objetivo la rehabilitación o construcción de una carretera, en general, conlleva la implementación de múltiples etapas de trabajo. Estas se pueden clasificar desde la propia producción de la vía, como el perfilado, compactación y asfaltado; hasta la estabilización del suelo de soporte o subrasante, por deficiencias geotécnicas; los cuales suelen ser incidentes en zonas con alta presencia de arcilla. El criterio más directo de aceptación de un suelo como subrasante de carretera suele elaborarse a partir del ensayo de Relación de Soporte de California (CBR por sus siglas en inglés). Así pues, si el material posee un CBR mayor al 6%, puede aceptarse; caso contrario se hará necesario la aplicación de un método de estabilización efectivo que mejore esta condición desfavorable (Landa & Torres, 2019).

El método de estabilización convencional suele ser la físico mecánica, por su simplicidad, pues consiste en el reemplazo del material natural de la subrasante por uno granular como la grava (Landa & Torres, 2019).

Habitualmente, la obtención de grava en zonas con presencia de suelos finos se realiza en canteras ubicadas en los cauces de ríos. La extracción de material en estos espacios provoca impactos negativos en el ecosistema, pues ocasionan la aniquilación de la flora y fauna existente alrededor del río y la belleza del paisaje, así como la erosión del suelo (Landa & Torres, 2019).

Por tal motivo, se hace evidente la necesidad de implementar métodos no convencionales de estabilización, que más allá de su efectividad geotécnica, posibilite el mínimo impacto ambiental posible. La estabilización con Cal es una de las técnicas químicas más adoptadas para el mejoramiento de suelos arcillosos. Sin embargo, la producción comercial de este material involucra la calcinación a altas temperaturas de Carbonato de Calcio (CaCO_3), produciendo la liberación de altas concentraciones de CO_2

al ambiente; por lo que es necesario reducir su incidencia de uso para desacelerar su producción masiva (Landa & Torres, 2019).

La arcilla está constituida por grupo minerales, denominados caolinita, illita y montmorillonita, de composición tetraédrica y octaédrica (Landa & Torres, 2019).

Las arcillas montmorillonitas son consideradas la más inestable, debido a la débil unión de la lámina alumínica con la sílice, que a su vez permiten la penetración del agua a la matriz y el cambio volumétrico del suelo (Landa & Torres, 2019).

Conclusiones:

A partir del estudio realizado a las propiedades químicas del suelo arcilloso, usando como referencia la composición química de un suelo de subgrupo A-6 (7) [7], posee un porcentaje de Sílice y Alúmina de 40.54% y 15.7% respectivamente. Esto nos indica que un suelo en similares características físicas y mecánicas, relacionadas en el índice de grupo, presenta un alto contenido de este par de compuestos químicos reactivos con la capacidad puzolánica de la Cal y la CBCA. En el caso de la CBCA, en base a diversas fuentes y resaltando la referencia [10], se relata los porcentajes de 67.52% de Sílice, 3.5% de Alúmina y 7.6% de cal libre o CaO, los cuales en conjunto con la Cal hidratada Ca (OH)₂ producen un material cementoso. Esto, debido que la CBCA y la Cal, al hidratarse y acentuar el nivel de Ca (OH)₂ en el compuesto, intensifican el intercambio catiónico y la floculación-aglomeración del compuesto con el SiO₂ y el Al₂O₃ presentes en el suelo arcilloso, propiciando la formación de partículas de arcillas más grandes que permiten la reducción del LL y propician la interacción friccionante de las partículas. Finalmente, se produce la mejora las propiedades mecánicas del suelo en escalas superiores a las obtenidas por el uso de la Cal o CBCA de manera independiente (Landa & Torres, 2019).

La proporción óptima de Contenido global es del 5% de Material Estabilizante, siendo la combinación particular de 50% de Cal y 50% de CBCA. Esto, para mejorar la máxima densidad seca de 1.34 g/cm³ a 2.034 g/cm³, aumentando el CBR de 3.7% a 7.8% y reduciendo el porcentaje de Expansión de 5.9% a 4.9%. Entonces, recategorizando la subrasante pobre por el aumento de CBR>6%, esta se adjudica como regular según el

Manual de Carreteras del MTC, (2014), situándose por encima del mínimo porcentaje establecido para estabilizar para una subrasante (Landa & Torres, 2019).

El valor máximo registrado se dio con la Combinación de 75% de Cal y 25% de CBCA, en una proporción de 25% de Material Estabilizante, logrando un CBR de 8.7%. Sin embargo, dada la cantidad de Cal no resulta factible con esta combinación por un aspecto económico. Por ello, se presenta la Combinación de 50% Cal y 50% CBCA con una proporción global como Material Estabilizante de 5%, dando como resultado un CBR de 7.8%, la cual resulta más factible de implementar, siendo la CBCA la mitad del Material Estabilizante reduciendo costos al ser un Residuo de Plantas Azucareras (Landa & Torres, 2019).

La estabilización con Cal del Suelo Arcilloso tipo CL o A-6(8), presenta un incremento sustancial de CBR a 7.5% para la aplicación de 5% de Material Estabilizante. Sin embargo, para la aplicación de 15% y 25% resulta un CBR de 7.8% y 8.2% respectivamente. El poco incremento se debe a que el $\text{Ca}(\text{OH})_2$ en altas proporciones no puede reaccionar de forma rápida con el suelo. Entonces, al reemplazar la Cal en un 50% por CBCA, esta última aporta un buen porcentaje de Sílice; de modo que la Cal Hidratada tiene más material con el cual reaccionar. Por ello, para la mitad de Cal Hidratada en combinación con la CBCA se puede obtener un CBR mayor a la inicial (Landa & Torres, 2019).

2.1.3. Mecánica de suelos

Todas las obras de ingeniería civil descansan, de una u otra forma, sobre el suelo, y muchas de ellas, además, utilizan la tierra como elemento de construcción para terraplenes, diques y rellenos en general; por lo que, en consecuencia, su estabilidad y comportamiento funcional y estético estarán regidos, entre otros factores, por la conducta del material de asiento situado dentro de las profundidades de influencia de los esfuerzos que se generan, o por la del suelo utilizado para conformar los rellenos (García, 2019).

Si se sobrepasan los límites de la capacidad resistente del suelo, o si aún sin llegar a ellos las deformaciones son considerables, se pueden producir esfuerzos secundarios en

los miembros estructurales, quizás no tomados en consideración en el diseño, deformaciones como fisuras, grietas, desplomos que pueden producir, en casos extremos, el colapso de la obra (Garcia, 2019).

En consecuencia, las condiciones del suelo como elemento de sustentación y construcción y las del cimiento como dispositivo de transición entre aquél y la estructura, han de ser siempre observadas, aunque esto se haga en proyectos pequeños fundados sobre suelos normales a la vista de datos estadísticos y experiencias locales, y en proyectos de mediana a gran importancia (Garcia, 2019).

Durante los últimos años se han empleado cada vez más los vocablos geotecnia y geomecánica para considerar las disciplinas que estudian la corteza terrestre desde el interés de la ingeniería civil, concurriendo ciencias como la geología con sus diversas ramas y la geofísica con su división, la sismología (Garcia, 2019).

Ardua tarea, distinta a la que realizamos en otros materiales de construcción tales como el acero y el hormigón, donde las cualidades físicas son impresas a voluntad, con relativa facilidad a través de procesos metalúrgicos que ofrecen una amplia gama de productos finales, en el primer caso, y mediante diseños de mezclas en el segundo, todo en armonía con las necesidades de un proyecto dado (Garcia, 2019).

2.1.3.1. Suelo

La tierra o suelo se define como cualquier material no consolidado compuesto de distintas partículas sólidas con gases o líquidos incluidos. El tamaño máximo de las partículas que pueden clasificarse como suelo no es fijo, pero determina la función en que ellas están implicadas. Los suelos pueden ser mezclas bien definidas de unos cuantos minerales específicos o mezclas heterogéneas de cualquier cosa (Garcia, 2019).

El suelo contiene una amplia variedad de materiales tales como la grava, la arena y las mezclas arcillosas depositadas por glaciares, las arenas aluviales y limos y arcillas de los depósitos aluviales de los ríos, las arcillas marinas blandas y las arenas de las playas de la

costa, las rocas muy meteorizadas de los trópicos, y hasta las escorias, los bastidores de camas, las latas y las cenizas de los vertederos de las ciudades (García, 2019).

Se denomina suelo o tierra a la parte superficial de la corteza terrestre, biológicamente activa, que proviene de la desintegración o alteración física y química de las rocas y de los residuos de las actividades de seres vivos que se asientan sobre él. Son muchos los procesos que pueden contribuir a crear un suelo particular, algunos de estos son: la deposición eólica, sedimentación en cursos de agua, meteorización, y deposición de material orgánico (García, 2019).

De un modo simplificado puede decirse que las etapas implicadas en la formación del suelo son las siguientes: Instalación de los seres vivos (microorganismos, líquenes, musgos, etc.) sobre ese sustrato inorgánico. Esta es la fase más significativa, con sus procesos vitales y metabólicos, continúan la meteorización de los minerales, iniciada por mecanismos inorgánicos. Además, los restos vegetales y animales a través de la fermentación y la putrefacción enriquecen ese sustrato. Mezcla de todos estos elementos entre sí, y con agua y aire intersticiales. Inicialmente, se da la alteración de factores físicos y químicos de las rocas, realizada, fundamentalmente, por la acción geológica del agua y otros agentes geológicos externos, y posteriormente por la influencia de los seres vivos, que es fundamental en este proceso de formación (García, 2019).

Se desarrolla así una estructura en niveles superpuestos, conocida como el perfil de un suelo, y una composición química y biológica definida. Las características locales de los sistemas implicados, litología y relieve, clima y biota y sus interacciones dan lugar a los diferentes tipos de suelo (García, 2019).

Los procesos de alteración mecánica y meteorización química de las rocas, determinan la formación de un manto de alteración o aluvión que cuando, por la acción de los mecanismos de transporte de laderas, es desplazado de su posición de origen, se denomina coluvión (García, 2019).

Sobre los materiales del coluvión puede desarrollarse lo que comúnmente se conoce como suelo; el suelo es el resultado de la dinámica física, química y biológica de los materiales alterados del coluvión, originándose en su seno una diferenciación vertical en

niveles horizontales. En estos procesos, los de carácter biológico y bioquímico llegan a adquirir una gran importancia, ya sea por la descomposición de los productos vegetales y su metabolismo, por los microorganismos y los animales zapadores (Garcia, 2019).

El conjunto de disciplinas que se acercan al estudio del suelo se engloban en el conjunto denominado Ciencias del suelo, aunque entre ellas predomina la edafología e incluso se usa el adjetivo edáfico para todo lo relativo al suelo. El estudio del suelo implica el análisis de su mineralogía, su física, su química y su biología (Garcia, 2019).

El suelo es un recurso no renovable, pues el proceso de formación es extremadamente lento, y se necesitan miles de años para formar una delgada capa evolucionada y fértil. Aunque todas las Islas del archipiélago canario tengan el mismo origen, los materiales que las han formado cuentan con distinta composición y naturaleza físico-química, hecho que afecta al proceso de formación del suelo. La edad del sustrato, las características climáticas y la colonización vegetal son factores que han determinado el desarrollo de suelos, en algunos casos moderadamente profundos y en otros, inexistentes (roca). En condiciones áridas o semiáridas (caso de las islas orientales), los suelos están poco desarrollados. Por el contrario, en condiciones ambientales más húmedas la transformación del material volcánico se ha producido de forma más rápida, intensa y evidente (Gobierno de Canarias, 2022).

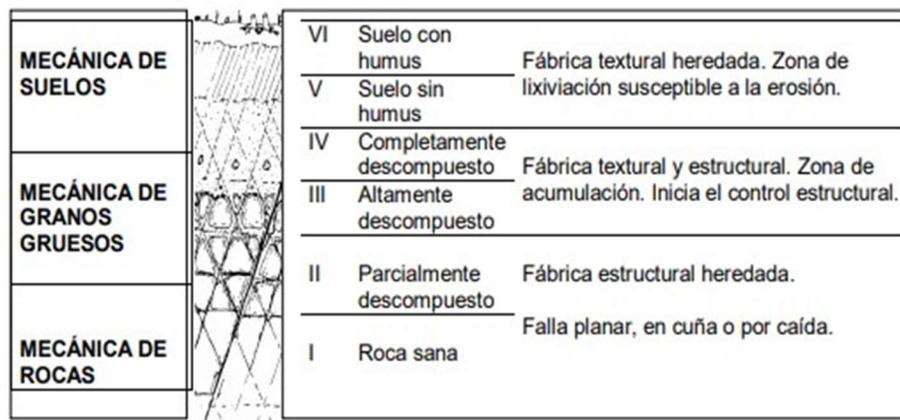


Figura 1: Figura: Perfil de suelo residual
Fuente: (Duque, 2016)

2.1.3.2. Tipos de suelo

Se pueden identificar diversos tipos de suelos, entre ellos se encuentran algunos muy problemáticos en cuanto a su manejo por sus características de deformabilidad, de baja resistencia, expansividad y sensibilidad. Esto trae consigo problemas constructivos (García, 2019).

Existen dos clasificaciones para los tipos de suelo, una según su estructura y otra de acuerdo a sus formas físicas (Ecología verde, 2019).

Por estructura

Suelos arenosos: No retienen el agua, tienen muy poca materia orgánica y no son aptos para la agricultura (Ecología verde, 2019).

Suelos calizos: Tienen abundancia de sales calcáreas, son de color blanco o pardo y, en lugares secos y áridos, no son buenos para la agricultura (Ecología verde, 2019).

Suelos húmíferos (tierra negra): Tienen abundante materia orgánica en descomposición, de color oscuro, retienen bien el agua y son excelentes para el cultivo (Ecología verde, 2019).

Suelos arcillosos: Están formados por granos finos de color amarillento o rojizo y retienen el agua formando charcos. Si se mezclan con el humus, que es la sustancia compuesta por ciertos productos orgánicos, pueden ser buenos para cultivar (Ecología verde, 2019).

Suelos pedregosos: Formados por rocas de todos los tamaños, no retienen el agua y no son buenos para el cultivo (Ecología verde, 2019).

Suelos mixtos: Tiene características intermedias entre los suelos arenosos y los suelos arcillosos mezclados (Ecología verde, 2019).

Por su característica físicas

Litsoles: Se consideran un tipo de suelo que aparece en escarpas y afloramientos rocosos, su espesor es menor a 10 cm y sostienen una vegetación baja. Se conocen también como

leptosoles, palabra que viene del griego leptos, que significa "delgado" (Ecología verde, 2019).

Cambisoles: Son suelos jóvenes con proceso inicial de acumulación de arcilla. Se divide en vértigos, gleycos, eutrícos y crómicos.

Luvisoles: Presentan un horizonte de acumulación de arcilla con saturación superior al 50%.

Acrisoles: Presentan un marcado horizonte de acumulación de arcilla y bajo saturación de bases al 50%.

Gleysoles: Presentan agua en forma permanente o semipermanente con fluctuaciones de nivel freático en los primeros 50 cm (Ecología verde, 2019).

Fluvisoles: Son suelos jóvenes formados por depósitos fluviales, la mayoría son ricos en calcio.

Rendzina: Presenta un horizonte de aproximadamente 50 cm de profundidad. Es un suelo rico en materia orgánica sobre roca caliza.

Vertisoles: Son suelos arcillosos de color negro, presentan procesos de contracción y expansión, se localizan en superficies de poca pendiente y cercanos escurrimientos superficiales (Ecología verde, 2019).

2.1.3.3. Componentes del suelo

El aire y el agua son elementos constitutivos del suelo, además de los sólidos y los gases. Los guijarros son fragmentos de roca con diámetros (∞) > 2 cm. Las gravas tienen dimensiones entre 2 mm y 2 cm. La arena gruesa desde $0,2\text{mm} < \infty < 0,2$ cm; la arena fina entre $0,005 \text{ mm} < \infty < 0,2$ mm. Se denomina limos a las partículas con diámetro aparente entre 0,005 mm y 0,05 mm. Con los análisis granulométricos, las arcillas son los constituyentes de diámetro aparente inferior a 0,002 mm (o 2∞), pero el término arcilla tiene otro sentido, adicionalmente, no granulométrico (Sanchez, 2019).

2.1.3.4. Clasificación de suelos

Un sistema de clasificación de suelos proporciona un lenguaje común para expresar en forma concisa las características generales de los suelos, que son infinitamente variadas sin una descripción detallada; consiste en categorizar y agrupar a los suelos junto con otros que posean características semejantes en cuanto a propiedades físicas, mecánicas e hidráulicas similares (Sanchez, 2019).

Según el tamaño de las partículas, podemos distinguir los siguientes tipos de suelos:

- Gravas
- Arenas
- Limos
- Arcillas

2.1.3.5. La Arcilla.

Son grupos minerales definidos, como caolinita, illita y montmorillonita, donde participan estructuras octaédricas y tetraédricas. La arcilla, como el humus, posee propiedades coloidales. Las arcillas, en el sentido mineralógico, son cristales microscópicos cuyos átomos están dispuestos en planos. Al interior de una trama de átomos de oxígeno, cuyas esferas iónicas son voluminosas, se encuentran cationes de sílice (Si) y aluminio (Al). Si el volumen lo permite, los cationes de hierro (Fe), magnesio (Mg), calcio (Ca) o potasio (K) reemplazan al sílice (Si) y al aluminio (Al). Las arcillas tienen una capacidad de intercambio iónico grande. Otros iones diferentes a los enunciados pueden completar las capas y unirlos, y también, las cargas eléctricas libres pueden ser equilibradas por iones intercambiables (Duque, 2016).

2.1.3.6. Suelo arcilloso.

Los suelos arcillosos son aquellos en cuya composición de partículas (textura) predominan las partículas menores a un diámetro de 0,002 mm (denominadas arcillas). Cuando el predominio de arcillas es muy alto, se consideran suelos pesados, por su alta densidad. Las arcillas son muy importantes en la fertilidad del suelo. Retienen las sales

minerales al formar agregados con el humus (fracción coloidal de materia orgánica descompuesta) y son buenas en la retención de humedad (Gomez, 2018).

Por otra parte, los suelos extremadamente arcillosos representan un problema para la agricultura debido a su infiltración deficiente. Los suelos arcillosos más característicos son los del orden Vertisoles (arcillas expansibles). Este tipo de suelos se encuentran distribuidos por todo el planeta. Entre las especies que más se cultivan en estos destaca el arroz. Otros como la piña y el caucho también tienen buena producción (Gomez, 2018).



Figura 2: Suelo arcilloso
Fuente: (Gomez, 2018)

2.1.3.7. Características de los suelos arcillosos

2.1.3.7.1. Propiedades de las arcillas

La gran superficie activa y la alta capacidad de intercambio de las arcillas son sus propiedades más relevantes desde el punto de vista edafológico. Estas propiedades vienen dadas por su pequeño tamaño, su carga eléctrica negativa y por su conductividad eléctrica (Gomez, 2018).

Las arcillas confieren al suelo baja permeabilidad, alta capacidad de retención de agua y de almacenamiento de nutrientes. Esto hace que su fertilidad potencial sea alta. Por otra parte, confieren una pobre aireación y tienen una susceptibilidad de baja a media a la erosión. Las propiedades físico-químicas del suelo arcilloso dependen de la composición

mineralógica del mismo, particularmente del tipo de arcilla predominante. Así, por ejemplo, la alofana favorece la capacidad de intercambio catiónico, la porosidad, la retención de humedad y la estructura. Mientras que la caolinita tiene una baja capacidad de intercambio catiónico, baja retención de elementos y una estructuración regular (Gomez, 2018).

2.1.3.7.2. Textura

La categoría clave para que un suelo sea definido como arcillosos es la textura. Esta se refiere a la proporción de arena, limo y arcilla en el suelo. Cada una de estos elementos son categorías de tamaño de partículas (Gomez, 2018).

Si las partículas de arcilla representan del 25% al 45% del total de partículas presentes en el suelo, puede considerarse arcillo-arenoso, arcilloso de arcilla gruesa o arcillo-limoso. Si las arcillas superan el 45% de la composición total, estamos en presencia de un suelo arcilloso de arcilla fina (Gomez, 2018).

2.1.3.7.3. Porosidad: permeabilidad y aireación

En la medida que el contenido de arcilla determina la textura y la estructura del suelo, incide en su porosidad (Gomez, 2018).

Debido a su pequeño diámetro las partículas de arcilla dejan poros muy pequeños. Esto dificulta la circulación de agua y aire en la matriz del suelo. Estas condiciones generan la saturación del suelo, que puede llevar al estancamiento del agua superficialmente al no ocurrir la infiltración (Gomez, 2018).

Si los poros del suelo están saturados de agua, la rizósfera se vuelve anóxica (con falta de oxígeno). En estas condiciones la mayoría de las plantas cultivadas se ven en serias dificultades para desarrollarse (Gomez, 2018).

En presencia de humus, la arcilla expresa su dimensión positiva. Se conforma el complejo arcilloso húmico y los agregados son de mayor tamaño. Por lo tanto, los poros también son mayores y mejora la permeabilidad y la aireación (Gomez, 2018).

2.1.4. Viruta de madera.

2.1.4.1. ¿Qué son las virutas?

Las virutas de madera son virutas, más grandes que el aserrín, producidas por raspadores y / u otras herramientas de carpintería, generalmente salen en forma de espiral (Fortex, 2020).

2.1.4.2. ¿Cuál es tu materia prima?

Se puede utilizar todo tipo de madera, aunque el pino y el eucalipto son los más adecuados, sobrantes de madera, ramas de árboles, troncos de madera, palanques, siempre que se respete el tamaño de las cajas de las máquinas de viruta de madera, y que estas maderas libre de clavos, planchas y otros materiales que puedan dañar la máquina (Fortex, 2020).

2.1.4.3. Ventajas del uso de la madera:

Reutilización de materiales: la producción de virutas de madera permitió el uso de materiales (madera), dando un retorno económico donde antes no se hubiera producido (Fortex, 2020).

Independencia de terceros: con producción propia, el productor ya no dependerá de terceros para obtener virutas de madera.

Reducción de costos: con su propia producción, el productor puede reducir el costo de producción de virutas de madera en más del 50% (Fortex, 2020).

Salud Animal: un lecho de virutas de madera puede eliminar muchos de los microorganismos que causan enfermedades a los animales, llegando hasta el 90%, según el caso.

Retorno de la inversión a corto plazo: a corto plazo, el productor puede tener un retorno de la inversión y también convertirse en proveedor de virutas de madera, no solo produciendo para sí mismo, garantizando un retorno extra (Fortex, 2020).

Múltiples aplicaciones: las virutas de madera se pueden utilizar para diversos usos y aplicaciones, tanto en ganadería como en agricultura.

Alta disponibilidad de materia prima: las virutas de madera se pueden producir a partir de muchos tipos de madera, ya sean ramas, árboles caídos, troncos de madera y diversas especies de madera, como pino, eucalipto, costero y otras (Fortex, 2020).

2.1.5. Caucho reciclado

Alrededor del mundo y México se emplea de sobre manera el caucho, ya que es uno de los materiales más utilizados; en zapatos, ropa o en neumáticos; sus características permiten ser un material altamente resistente y flexible (ESCUDERO, 2019).

Cuando se acumulan se colocan en un depósito ya que se han “desgastado” o no son útiles. Lo preocupante es que puede de ser dañino para el medio ambiente debido a que su degradación puede provocar (a largo plazo) problemas en el oxígeno; o de ser quemado, provoca emisiones de gases dañinos: ninguna de las opciones es agradable para el medio ambiente (ESCUDERO, 2019).

Reciclar neumáticos usados puede ser una buena manera de ayudar al medio ambiente de una manera alternativa. Esto puede significar la creación de materiales de construcción ecológica, ya sea para edificios o inclusive el asfalto (ESCUDERO, 2019).

2.1.5.1. Asfalto con neumáticos reciclados

La solución para emplear el caucho en las mezclas de asfalto es añadir polvo de este mismo material, obtenido de neumáticos reciclados; con añadir entre 0.2 y 0.5% (del total de la mezcla) será suficiente. Su aprovechamiento sería proporcional a usar el material de un neumático por cada cuatro metros de asfalto que se utiliza (ESCUDERO, 2019).

De la misma manera, el caucho para la construcción empleado en el asfalto incorpora una serie de ceras de material orgánico que tienen la capacidad de disminuir viscosidades de la mezcla; ejerciendo una disminución de 30 grados Celsius la temperatura de fabricación (ESCUDERO, 2019).

Con procesos tan sencillos como reciclar y verter en la mezcla se obtiene beneficios y ventajas de emplear el caucho en el asfalto al momento de hacer vías de comunicación seguras. Tales como; carreteras, autopistas, o puentes de una manera más ecológica y resistente (ESCUDERO, 2019).

2.1.5.2. Ventajas del caucho en construcción

Lo que es el caucho en el asfalto se resume en varias ventajas que se verán desde el momento que se hace la mezcla con la maquinaria más ideal:

Significa una mayor seguridad en las vías de comunicación que se hacen con asfalto pues brinda mayor adherencia (ESCUDERO, 2019).

Menos susceptibilidad a que las mezclas de alta o baja temperaturas se desgaten o quiebren en comparación a carreteras convencionales.

(ESCUDERO, 2019).

Reduce el impacto acústico en los caminos debido a que el sonido del rodaje de los carros en los caminos se reduce entre 3 y 5 decibelios.

Reducción de impuestos gracias a la resistencia que las carreteras van a presentar por el caucho.

El caucho entonces se vuelve una estrategia de optimización y apoyo ecológico auditivo y ambiental. Sin duda una práctica que, con la maquinaria adecuada, puede ser una ventaja para la construcción (ESCUDERO, 2019).

2.1.6. Ceniza volcánica

2.1.6.1. ¿Qué es la Ceniza Volcánica?

La ceniza se compone de finas partículas de roca volcánica fragmentada (de menos de 2 mm de diámetro), es áspera, abrasiva (puede desgastar las superficies al limpiarlas frotando o cepillando), algunas veces corrosiva e irritante (esta contiene sílice, y puede contener gases ácidos y metales tóxicos) es por eso que debe evitarse su aspiración e ingesta. El color puede ir desde un tono gris claro hasta el negro, y pueden variar en

tamaño: desde ser como arenilla hasta ser tan finas como los polvos de talco. Es insoluble en agua. Por ser tan fino el viento lo desplaza fácilmente y lo distribuye en una gran área (Guía ceniza volcánica, 2017).

2.1.6.2. Posibles efectos:

Efectos directos en la salud de las personas trabajadoras:

- Efectos respiratorios.
- La ceniza no es altamente tóxica, pero puede significar un problema para personas trabajadoras con problemas respiratorios (asma, rinitis alérgica).
- Las personas trabajadoras sanas si tienen una exposición prolongada pueden experimentar molestias en el pecho, irritación y dolor de garganta, algunas veces acompañados de tos seca. Respiración dificultosa, e irritación y secreción nasal (Guía ceniza volcánica, 2017).
- Síntomas oculares.
- Irritación.
- Sensación de cuerpo extraño en los ojos.
- Abrusiones en la córnea o rasguños.
- Secreción pegajosa o lagrimeo; puede presentarse conjuntivitis.
- Irritación cutánea.
- Aunque no es muy común, las cenizas volcánicas pueden producir irritación en la piel a algunas personas, especialmente si la ceniza es ácida.
- Infecciones secundarias derivadas de rascarse (Guía ceniza volcánica, 2017).

Efectos indirectos:

- Edificios.
- La ceniza se puede depositar en gran cantidad en techos.
- Se obstruyen canoas, drenajes y alcantarillas, el lodo de la ceniza se puede endurecer como el concreto.

- Los sistemas de ventilación pueden agravar la suspensión de partículas de ceniza o inyectar aire contaminado con estas.
- Maquinaria, equipo, aire acondicionado.
- Puede desgastar y atascar la maquinaria y el equipo.
- Bloquea los mecanismos de seguridad (mecánicos o eléctricos).
- Puede ocasionar paros eléctricos.
- En los vehículos puede causar desperfectos en los motores. (Guía ceniza volcánica, 2017).
- En el tratamiento y suministro de agua.
- Puede contaminar las fuentes de agua y dañar los equipos de tratamiento.
- Sobre carreteras.
- Reducción de visibilidad por las partículas en suspensión.
- Las que se depositan en carretera dificultan que se puedan leer las indicaciones horizontales de tránsito.
- Hace que la carretera se torne resbaladiza (Guía ceniza volcánica, 2017).

2.1.7. ¿Qué es el CBR?

El CBR es un ensayo para evaluar la calidad de un material de suelo con base en su resistencia, medida a través de un ensayo de placa a escala (Freddy, 2020).

CBR significa en español relación de soporte California, por las siglas en inglés de «California Bearing Ratio», aunque en países como México se conoce también este ensayo por las siglas VRS, de Valor Relativo del Soporte (Freddy, 2020).

Aunque fue desarrollado en 1925, el ensayo comienza a aparecer en los estándares norteamericanos ASTM (por American Standards for Testing and Materials) desde 1964, en su versión para laboratorio (ASTM D 1883), y en su versión para campo (ASTM D 4429). A pesar de sus múltiples limitaciones, como se indicarán más adelante en este artículo, hoy por hoy, el CBR es uno de los ensayos más extendidos y aceptados en el mundo debido al relativo bajo costo de ejecución (si se compara con ensayos triaxiales),

y a que está asociado a un número de correlaciones y métodos semi-empíricos de diseño de pavimento (Freddy, 2020).

Según la norma ASTM D 1883-07, el CBR es un ensayo de carga que usa un pistón metálico, de 0.5 pulgadas cuadradas de área, para penetrar desde la superficie de un suelo compactado en un molde metálico a una velocidad constante de penetración. Se define CBR, el parámetro del ensayo, como la relación entre la carga unitaria en el pistón requerida para penetrar 0.1" (0.25 cm) y 0.2" (0.5 cm) en el suelo ensayado, y la carga unitaria requerida para penetrar la misma cantidad en una piedra picada bien gradada estándar; esta relación se expresa en porcentaje (Freddy, 2020).

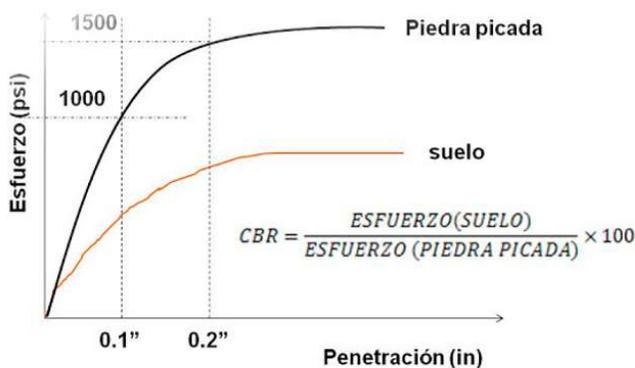


Figura 3: C.B.R.
Fuente: (Freddy, 2020)

Por cada espécimen de suelo se calculan dos valores de CBR, uno a 0.1" de penetración, y el otro a 0.2" de penetración. La pregunta de siempre es ¿cuál de los dos es el CBR que se reporta? ASTM dice que el que se reporta es el de 0.1" mientras este sea menor que el de 0.2". En el caso en el que el valor de CBR para 0.1" fuera mayor que el de 0.2" habría que repetir el ensayo para ese espécimen (La norma en inglés dice «rerun», que traducimos como volver a hacer el ensayo, pero no aclara si hay que volver a fabricar el espécimen o si se puede utilizar la opción de voltearlo y ensayarlo por el otro extremo (Freddy, 2020).

Los valores de CBR cercanos a 0% representan a suelos de pobre calidad, mientras que los más cercanos a 100% son indicativos de la mejor calidad. Es posible obtener registros de CBR mayores que 100%, típicamente en suelos ensayados en condición «en seco» o «tal como se compactó» (Freddy, 2020).

En la versión de CBR de laboratorio, los especímenes de suelo se compactan con el equipamiento del ensayo Proctor, utilizando moldes de 6" de diámetro y martillo grande. La velocidad de penetración del pistón durante el ensayo es constante e igual a 1.27 mm/min. (Freddy, 2020).

Variantes del ensayo de laboratorio

Según ASTM, para la versión de laboratorio del ensayo CBR existen dos variantes, una llamada «CBR para humedad óptima», y la otra llamada «CBR para un rango de contenidos de agua» (Freddy, 2020).

El CBR para humedad óptima es la variante más popular y es conocida también como «CBR de tres puntos». Consiste en elaborar tres especímenes compactando el suelo con energías de compactación de 12, 25 y 56 golpes por capa. La humedad de mezclado del suelo es la humedad óptima del Proctor Modificado. Para obtener el CBR del suelo se prepara una gráfica con los resultados del ensayo de los tres especímenes poniendo en las abscisas al grado de compactación o la densidad y en las ordenadas al valor de CBR, y se unen los puntos a través de una curva. El CBR del suelo se define como el intercepto correspondiente al grado mínimo de compactación establecido por la especificación del proyecto o agencia solicitante. Aunque ASTM explica que esta variante está destinada a suelos que no son susceptibles al humedecimiento (por ejemplo, suelos granulares limpios), es práctica común utilizarla para todo tipo de suelos (corriendo el riesgo de no evaluar la influencia de la humedad en un suelo susceptible a la humedad) (Freddy, 2020).

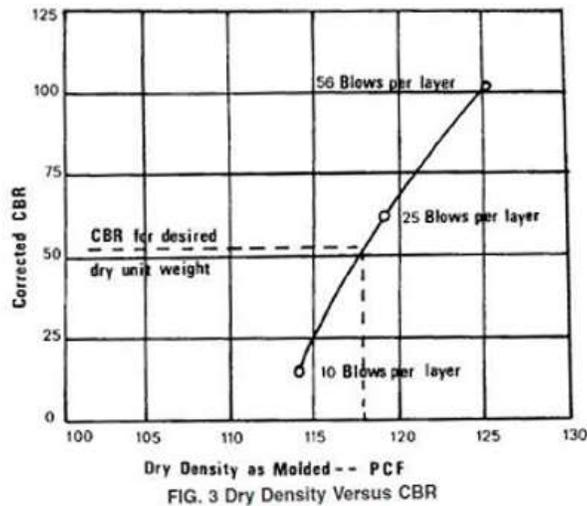


Figura 4: C.B.R.
Fuente: (Freddy, 2020)

El CBR para un rango de humedad es conocido también como «CBR de 15 puntos» y ASTM lo recomienda para suelos susceptibles a la humedad (suelos cohesivos o todos los suelos no limpios) o en los que se quiera evaluar el efecto de la humedad en la resistencia. ASTM dice que se preparan varios especímenes de suelo compactándolos en un rango de contenidos de agua similares a los que se piensa estará sometido en campo, y a varios niveles de energía de compactación, típicamente 12, 25 y 56 golpes por capa. Aunque antes el procedimiento ASTM proponía un método gráfico para definir el CBR, a partir de la versión 2005 de la norma D 1883 dicho procedimiento fue suprimido luego de la actualización de 2005. La variante de CBR para un rango de humedad es propicia para elaborar experimentos factoriales e interpretarlos con mapas de resistencia al estilo RAMCODES (Freddy, 2020).

2.2. MARCO LEGAL

Reglamento general a la ley orgánica de educación superior.

Estado garantizar sin discriminación alguna el efectivo goce de los derechos establecidos en la Constitución y en los instrumentos internacionales (decreto ejecutivo 742, 2019).

Artículo 26 establece que la educación es un derecho de las personas a lo largo de su vida y constituye un área prioritaria de la política pública y de la inversión estatal.

Artículo 27 establece que la educación es el marco del respeto a los derechos humanos, al medio ambiente y a la democracia.

Artículo 28 nos indica que la educación responderá al interés público, y no estará al servicio de intereses individuales y corporativos 5 y 13 del **artículo 147**, establecen que corresponde al Presidente de la República dirigir la administración pública en forma descentrada y expedir los decretos necesarios para su organización (decreto ejecutivo 742, 2019).

Artículo 344 es sobre el Régimen del Buen Vivir, determina que el sistema nacional de educación, así como acciones en los niveles de educación inicial, básica y bachillerato, y estará articulado con el Sistema de Educación Superior.

Artículo 350 señala que el Sistema de Educación Superior tiene como finalidad la formación académica y profesional con visión científica y humanista; la investigación científica y tecnológica; la innovación, promoción y desarrollo.

Artículo 351 el Sistema de Educación Superior estará articulado al sistema nacional de educación y al Plan Nacional de Desarrollo; la ley establecerá los mecanismos de coordinación del Sistema de Educación Superior REGLAMENTO GENERAL A LA LEY ORGANICA DE EDUCACION SUPERIOR (decreto ejecutivo 742, 2019).

Artículo 352 el Sistema de Educación Superior estará integrado por universidades y escuelas politécnicas; institutos superiores técnicos, tecnológicos y pedagógicos; y conservatorios superiores de música y artes, debidamente acreditados y evaluados.

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 Rocaфуerte 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).

En este estudio y trabajo a realizar emplearemos los criterios emitidos por MTOP Ministerio de Transporte y Obras Publicas de acuerdo MOP - 001-F 2002 ESPECIFICACIONES GENERALES ESPECIFICACIONES GENERALES PARA LA CONSTRUCCION PARA LA CONSTRUCCION DE CAMINOS Y PUENTES en el capítulo 400 estructura del pavimento, sección 404 bases, donde se emiten los lineamientos en cuanto al uso, procedimientos de trabajos, tipo de materiales a emplearse, de acuerdo a la medida considerada para obtener un diseño acorde a las normas establecidas para esta investigación.

Todos los ensayos se los realizará, mediante sus normas respectivas como son la Norma A.S.T.M. (Asociación Americana de Ensayos de Materiales), AASHTO (La Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transportes), NLT (No Less Than, no menor a) y INV (Instituto Nacional de Vías) Ministerio y Transporte de Obras Públicas en sus capítulos. • SECCION 404 Bases IV-50 Normas Técnicas Ecuatorianas.

Asociación Americana de Ensayo de Materiales (ASTM) Todos los ensayos se los realizará, mediante sus normas respectivas como son la Norma A.S.T.M. (Asociación Americana de Ensayos de Materiales), AASHTO (La Asociación Americana de Oficiales de Carreteras Estatales y Transportes), NLT (No Less Than, no menor a) y INV (Instituto Nacional de Vías).

CAPÍTULO III

3. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. Enfoque de la investigación

El enfoque cuantitativo (que representa, como dijimos, un conjunto de procesos) es secuencial y probatorio. Cada etapa precede a la siguiente y no podemos “brincar” o eludir pasos. El orden es riguroso, aunque desde luego, podemos redefinir alguna fase. Parte de una idea que va acotándose y, una vez delimitada, se derivan objetivos y preguntas de investigación, se revisa la literatura y se construye un marco o una perspectiva teórica. De las preguntas se establecen hipótesis y determinan variables; se traza un plan para probarlas (diseño); se miden las variables en un determinado contexto; se analizan las mediciones obtenidas utilizando métodos estadísticos, y se extrae una serie de conclusiones respecto de la o las hipótesis. 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).

En esta investigación el enfoque es cuantitativo, dado que se realizará una amplia recolección, toma de información, 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 el porcentaje de hinchamiento que tendrá la muestra. 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 (Mata, 2019).

3.2. Alcance de la investigación

El alcance de una investigación indica el resultado lo que se obtendrá a partir de ella y condiciona el método que se seguirá para obtener dichos resultados, por lo que es muy importante identificar acertadamente dicho alcance antes de empezar a desarrollar la

investigación. A continuación se presentan los cuatro tipos de alcance que puede tener una investigación, explicando cuándo es conveniente aplicar cada uno (barchitec, 2017).

Un proyecto de investigación nace con una idea que tiene el investigador de estudiar un tema de su interés, y que al revisar la literatura disponible encuentra un problema o área de oportunidad a atender. Y cuando se define el problema de investigación, es momento también de establecer el alcance de la misma (barchitec, 2017).

- Estudio exploratorio: información general respecto a un fenómeno o problema poco conocido, incluyendo la identificación de posibles variables.
- Estudio descriptivo: información detallada respecto un fenómeno o problema para describir sus dimensiones con precisión (barchitec, 2017).
- Estudio correlacional: información respecto a la relación actual entre dos o más variables.
- Estudio explicativo: causas de los eventos, sucesos o fenómenos estudiados, explicando las condiciones en las que se manifiesta (barchitec, 2017).

El tema a investigar será de carácter Exploratorio y Descriptivo, exploratorio porque son materiales innovadores como son la viruta de madera, caucho reciclado y ceniza volcánica, y este estudio nos permitirá utilizar estos materiales innovadores para estabilizar suelos expansivos (barchitec, 2017).

3.3. Técnica e instrumentos para obtener los datos

3.3.1. Técnica.

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 utilizan en esta investigación son los ensayos de clasificación, proctor y C.B.R. que este dentro de lo requerido. Una vez definida las mezclas adecuadas que nos permita disminuir la expansión (lifeder, 2020).

Aquí recopilamos todos los datos respectivos de cada ensayo.

3.3.2. Instrumento

Para esta investigación, la primera etapa seria la ubicación de un suelo arcilloso con baja resistencia portante. Luego se tomaron muestras para saber las propiedades del material, lo cual nos permitió escoger el material idóneo para estabilizarlo (lifeder, 2020).

Se realizaran ensayos a los materiales innovadores de humedad y peso unitario y clasificación.

Los instrumentos usados en el proyecto fueron:

- Prensa hidráulica
- Formatos realizados por Autores del Proyecto.
- Fichas de resultados.
- Equipos usados en el laboratorio RUFILIN (lifeder, 2020).

3.4. Población y muestra

3.4.1. Población

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 el tema investigativo la población será la realización de los ensayos de clasificación en diversos porcentajes utilizando la viruta de madera, caucho reciclado y ceniza volcánica las cuales se la mezclara con la arcilla expansiva hasta que los ensayos de clasificación cumpla con las normas para ser utilizado como material de mejoramiento

y a esta mezcla se le hará los ensayos de proctor y C.B.R. para verificar su expansión (Rojas, 2017).

Cabe indicar que la mezcla para determinar la clasificación se realizara al material pasante del tamiz # 40 para determinar la plasticidad, este sería entre la viruta de madera, ceniza volcánica y la arcilla expansiva (Rojas, 2017).

3.4.2. Muestra

En el libro Metodología de la investigación mencionan que la Muestra se relaciona con la población, es decir, es un subconjunto de piezas que pertenecen a ese conjunto definido en su composición al que le llamamos población. El tamaño de la muestra depende de la precisión con que el investigador desea llevar a cabo su estudio, pero por regla general se debe usar una muestra tan grande como sea posible de acuerdo a los recursos que haya disponibles. Entre más grande la muestra mayor posibilidad de ser más representativa de la población. En la investigación experimental, por su naturaleza y por la necesidad de tener control sobre las variables, se recomienda muestras pequeñas que suelen ser de por lo menos 20 sujetos. La cantidad de muestras serán los ensayos de clasificación, proctor y C.B.R. a los materiales que utilizaremos para estabilizar los suelos expansivos (Rojas, 2017).

3.5. Presentación y análisis de resultados

Se presentan los ensayos realizados a la arcilla negra su clasificación, proctor y C.B.R., ensayos de clasificación a las mezclas realizadas con diversos porcentajes del material propuesto, además los ensayos a los materiales innovadores como son su humedad y peso unitario, en el tema investigativo y ensayos completos a la mezcla que cumple con los límites para material de mejoramiento considerado en las especificaciones del ministerio de transporte y obras públicas como material de mejoramiento (Rojas, 2017).

3.5.1. Ensayos de clasificación, proctor y C.B.R al material existente.

Ensayo de clasificación

REGISTRO DE ENSAYOS

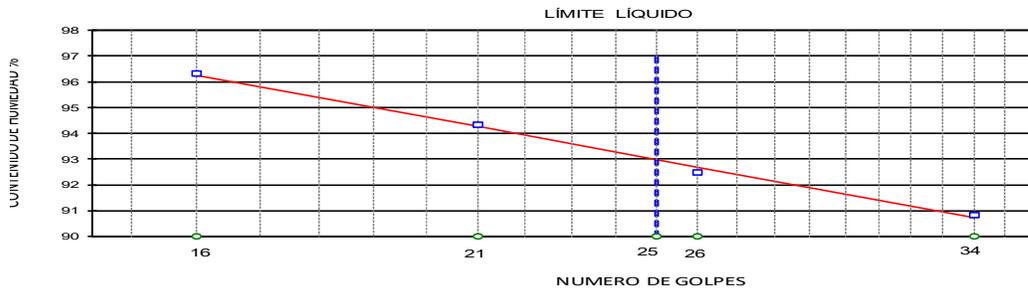
ENSAYOS DE CLASIFICACIÓN PARA PROPÓSITOS DE INGENIERÍA (SISTEMA UNIFICADO DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS) SUCS

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

PROYECTO:	Estabilización de suelo arcillosos plásticos utilizando la viruta de madera reciclada de encofrado, caucho reciclado, ceniza volcánica para una carretera en la sub rasante	CALICATA:	1
UBICACIÓN:		MUESTRA:	1
FECHA DE TOMA:	9-Jun-22	PROFUND (m):	0,00 - 1,50
		FECHA ENSAYO:	10-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		745.23	659.37	303.00	24.09
	Golpes				
	34	19.45	14.69	9.45	90.84
	26	18.74	13.74	8.33	92.47
2. Limite Líquido		21	15.05	9.23	94.33
	16	19.28	14.59	9.72	96.30
		17.34	15.16	9.33	37.39
3. Limite Plástico		18.43	16.14	10.13	38.10
		18.39	15.93	9.56	38.62
				8.56	
4. Granulometría					5. Resumen
Peso inicial húmedo para cálculos =	442.23				% de Grava = 0
Peso inicial seco para cálculos =	356.37				% de Arena = 5
					% de Finos = 95
Tamiz	Pes. Ret. parcial	% Retenido acumulado	% que pasa	Especificaciones MEJORAMIENTO	Limite Líquido LL = 93
4"		0.0	100.0	100	Limite Plástico LP = 38
1 1/2"					Indice Plástico IP = 55
1"					% Humedad w = 24
3/4"					
3/8"					6. Clasificación
No. 4	0.64	0.2	99.8		SUCS: CH
No. 10					AASHTO: A-7-5
No. 40					IG(86): 64
No. 200	18.25	5.3	94.7	2 - 20	IG(45): 20

7. Descripción: Arcilla limosa negra



8. Observaciones:

Emite:

Laboratorista

Aprueba:

Ing. Gonzalo Velasco Cerezo

Figura 5: Ensayo de clasificación
Elaborado por: (Blacio, 2022).

Ensayo proctor

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 suelo arcillosos plásticos utilizando la viruta de madera reciclada de encofrado, caucho reciclado, ceniza volcánica para una carretera en la sub rasante					CALICATA:	1		
UBICACIÓN:						MUESTRA:	1		
FECHA TOMA:	9-Jun-22					PROFUND (m):	0,00 - 1,50		
						FECHA ENSAYO:	10-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	4,632	4,820	4,893	4,852					
Peso suelo	1,552	1,740	1,813	1,772					
Densidad húmeda	1,665	1,866	1,945	1,901					
5. Contenidos de agua:									
P. Suelo hum+cap	148.17	148.17	147.34	147.34	136.88	136.88	140.33	140.33	
P. Suelo seco+cap	134.53	134.53	130.99	130.99	119.86	119.86	120.28	120.28	
P. Cápsula	30.69	30.69	30.40	30.40	30.02	30.02	30.78	30.78	
w (%)	13.13	13.13	16.25	16.25	18.94	18.94	22.40	22.40	
w Promedio (%)	13.13		16.25		18.94		22.40		
Peso Unit. Seco	1,471		1,605		1,635		1,553		
6. Resultados:						Peso unitario seco =	1,635	kg/m ³	
						Contenido de agua óptimo =	18.6	%	
Curva de Compactación									
Emite:					Aprueba:				
	Laboratorista					Ing. Gonzalo Velasco Cerezo			

*Figura 6: Ensayo de proctor
Elaborado por: (Blacio, 2022).*

Ensayo C.B.R.

PROYECTO :		Estabilización de suelo arcillosos plásticos utilizando la viruta de madera reciclada de encofrado, caucho reciclado, ceniza volcánica para una carretera en la sub rasante						
DATOS DE COMPACTACION DEL SUELO PARA ENSAYOS DE C. B. R.:								
ASTM	D 1557	SOBRE CARGA		4.54 Kgr	HUMEDAD DE LA MUESTRA : 14.49%			
HUMEDAD OPTIMA:		18.60%	Densidad Máxima Seca	1635 Kgr/m3	Calicata Nº:	1	Muestra No.: 1	
LL= 93	LP= 38	IP= 55		Profundidad:			0,00 - 1,50	
CONTENIDO DE HUMEDAD Y PESO UNITARIO DE LA MUESTRA DE ENSAYO								
Molde No.		T		Z	J			
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)	12118	12912	12179	12528	12482	12741		
Peso del molde (gr)	7617		7749		8309			
Peso de muestra humeda (gr)	4501	5295	4430	4779	4173	4432		
Volumen muestra (cm3)	2374.09	2636.73	2384.73	2536.72	2374.09	2529.70		
Peso unitario humedo (gr/cm3)	1.896	2.008	1.858	1.884	1.758	1.752		
CONTENIDO DE HUMEDAD DE LA MUESTRA	HUMEDAD INICIAL	HUMEDAD FINAL	HUMEDAD INICIAL	HUMEDAD FINAL	HUMEDAD INICIAL	HUMEDAD FINAL		
Recipiente No.	V	B1	G	E	C	N		
Peso muestra humeda + tarro (gs)	119.04	97.79	86.47	123.48	136.25	173.58		
Peso de la muestra seca + tarro (gs)	103.13	82.33	75.39	103.21	117.46	141.68		
Peso del agua (gs)	15.91	15.46	11.08	20.27	18.79	31.90		
Peso del tarro (gs)	17.08	17.40	16.83	17.34	17.60	17.09		
Peso de la muestra seca (gs)	86.05	64.93	58.56	85.87	99.86	124.59		
Contenido de humedad promedio (%)	18.49%	23.81%	18.92%	23.61%	18.82%	25.60%		
Peso unitario seco (gr/cm3)	1600.05	1621.98	1562.09	1524.15	1479.36	1394.85		
Porcentaje de Compactación:	97.86%	99.20%	95.54%	93.22%	90.48%	85.31%		
DATOS DEL ESPONJAMIENTO (HINCHAMIENTO)								
DIA DEL MES	HORA DEL DIA	INTER. DE TIEMPO EN HORA	MOLDE No. T		MOLDE No. Z		MOLDE No. J	
			ESPONJAMIENTO		ESPONJAMIENTO		ESPONJAMIENTO	
			Lectura del Indicador (pulg)	%	Lectura del Indicador	%	Lectura del Indicador (pulg)	%
10/6/2022	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%
11/6/2022	09H00	24		0.0%		0.0%		0.0%
	21H00	36		0.0%		0.0%		0.0%
12/6/2022	09H00	48		0.0%		0.0%		0.0%
13/6/2022	09H00	72		0.0%		0.0%		0.0%
14/6/2022	09H00	96	0.5070	11.1%	0.2921	6.4%	0.3004	6.6%
Emite:			Aprueba:					
Laboratorista			Ing. Gonzalo Velasco Cerezo					

Figura 7: Ensayo de C.B.R.
Elaborado por: (Blacio, 2022).

C.B.R. PENETRACION									
PROYECTO : Estabilización de suelo arcillosos plásticos utilizando la viruta de madera reciclada de encofrado, caucho reciclado, ceniza volcánica para una carretera en la sub rasante									
FECHA: 14/06/2022									
Localización: _____		Calicata: 1		Muestra: 1					
MOLDE No : T		Peso del Molde: 7.03 Kg.		Volumen del Molde (V): 2374,09 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		
				CARGA DE PENETRACION EN LIBRAS		CARGA DE PENETRACION EN Kg.			
0.635 mm. (0.025")		12.77				5.80			
1.27 mm. (0.05")		29.26				13.30			
2.54 mm. (0.10")		68.01				30.91			
3.81 mm. (0.15")		99.35				45.16			
5.08 mm. (0.20")		119.97				54.53			
7.62 mm. (0.30")		147.19				66.90			
10.16 mm. (0.40")		164.51				74.78			
12.70 mm. (0.50")		177.71				80.78			
				CARGA UNITARIA EN Lb/pulg²		CARGA UNITARIA EN kg/cm²			
0.635 mm. (0.025")		4.26				0.30			
1.27 mm. (0.05")		9.75				0.69			
2.54 mm. (0.10")		22.67				1.59			
3.81 mm. (0.15")		33.12				2.33			
5.08 mm. (0.20")		39.99				2.81			
7.62 mm. (0.30")		49.06				3.45			
10.16 mm. (0.40")		54.84				3.85			
12.70 mm. (0.50")		59.24				4.16			
				C.B.R.: 2.71 %					
				HINCHAMIENTO: 11.06 %					
				PARA: 2.54 mm. De penetración					
				Observaciones:					
				Operador:					
				Calculado por:					
Verificado por:									

Figura 8: Ensayo de C.B.R.
Elaborado por: (Blacio, 2022).

C.B.R. PENETRACION						
PROYECTO : Estabilización de suelo arcillosos plásticos utilizando la viruta de madera reciclada de encofrado, caucho reciclado, ceniza volcánica para una carretera en la sub rasante						
FECHA: 14/06/2022						
Localización: _____		Calicata: 1		Muestra: 1		
MOLDE No : Z		Peso del Molde: 7.85 Kg.		Volumen del Molde (V): 2384,73 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
					2	3
		CARGA DE PENETRACION EN LIBRAS			CARGA DE PENETRACION EN Kg.	
0.635 mm.	(0.025")	12.77			5.80	
1.27 mm.	(0.05")	21.01			9.55	
2.54 mm.	(0.10")	45.75			20.79	
3.81 mm.	(0.15")	68.84			31.29	
5.08 mm.	(0.20")	91.93			41.79	
7.62 mm.	(0.30")	114.19			51.91	
10.16 mm.	(0.40")	128.22			58.28	
12.70 mm.	(0.50")	136.46			62.03	
		CARGA UNITARIA EN Lb/pulg ²			CARGA UNITARIA EN kg/cm ²	
0.635 mm.	(0.025")	4.26			0.30	
1.27 mm.	(0.05")	7.00			0.49	
2.54 mm.	(0.10")	15.25			1.07	
3.81 mm.	(0.15")	22.95			1.61	
5.08 mm.	(0.20")	30.64			2.15	
7.62 mm.	(0.30")	38.06			2.68	
10.16 mm.	(0.40")	42.74			3.00	
12.70 mm.	(0.50")	45.49			3.20	

		C.B.R.: 2.08 %
		HINCHAMIENTO: 6.37 %
		PARA: 5.08 mm. De penetración
Observaciones:		
Operator:		
Calculado por:		
Verificado por:		

Figura 9: Ensayo de C.B.R.
 Elaborado por: (Blacio, 2022).

C.B.R. PENETRACION						
PROYECTO : Estabilización de suelo arcillosos plásticos utilizando la viruta de madera reciclada de encofrado, caucho reciclado, ceniza volcánica para una carretera en la sub rasante						
FECHA: 14/06/2022						
Localización: _____		Calicata: 1		Muestra: 1		
MOLDE No : J		Peso del Molde: 6.95 Kg.		Volumen del Molde (V): 2374,09 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")	6.17			2.81	
1.27 mm.	(0.05")	16.89			7.68	
2.54 mm.	(0.10")	30.91			14.05	
3.81 mm.	(0.15")	45.75			20.79	
5.08 mm.	(0.20")	58.94			26.79	
7.62 mm.	(0.30")	76.26			34.66	
10.16 mm.	(0.40")	85.33			38.79	
12.70 mm.	(0.50")	91.93			41.79	
			CARGA UNITARIA EN Lb/pulg ²		CARGA UNITARIA EN kg/cm ²	
0.635 mm.	(0.025")	2.06			0.14	
1.27 mm.	(0.05")	5.63			0.40	
2.54 mm.	(0.10")	10.30			0.72	
3.81 mm.	(0.15")	15.25			1.07	
5.08 mm.	(0.20")	19.65			1.38	
7.62 mm.	(0.30")	25.42			1.79	
10.16 mm.	(0.40")	28.44			2.00	
12.70 mm.	(0.50")	30.64			2.15	

	<p>C.B.R.: 1.34 %</p> <p>HINCHAMIENTO: 6.55 %</p> <p>PARA: 5.08 mm. De penetración</p> <p>Observaciones:</p> <p>Operador:</p> <p>Calculado por:</p> <p>Verificado por:</p>
--	--

Figura 10: Ensayo de C.B.R.
 Elaborado por: (Blacio, 2022).

PROYECTO : Estabilización de suelo arcillosos plásticos utilizando la viruta de madera reciclada de encofrado, caucho reciclado, ceniza volcánica para una carretera en la sub rasante

Calicata : 1
Muestra : 1

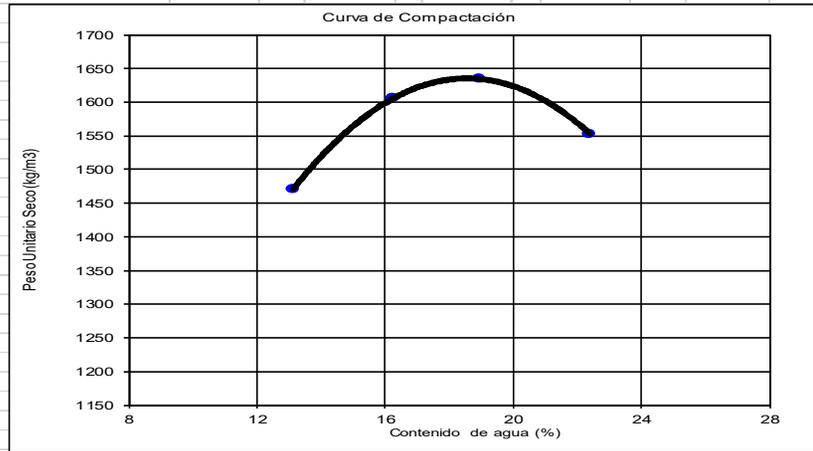
Fecha : 15/06/2022
Abscisa :

w Promedio (%)	13.13	16.25	18.94	22.40
Peso Unit. Seco Kg/m ³	1,471	1,605	1,635	1,553

Numero de Golpes	12	25	56	95%	100%
Peso Unit. Seco Kg/m ³	1,395	1,524	1,622	1,553	1,635
C.B.R. (%)	1.34	2.08	2.71	2.33	2.82

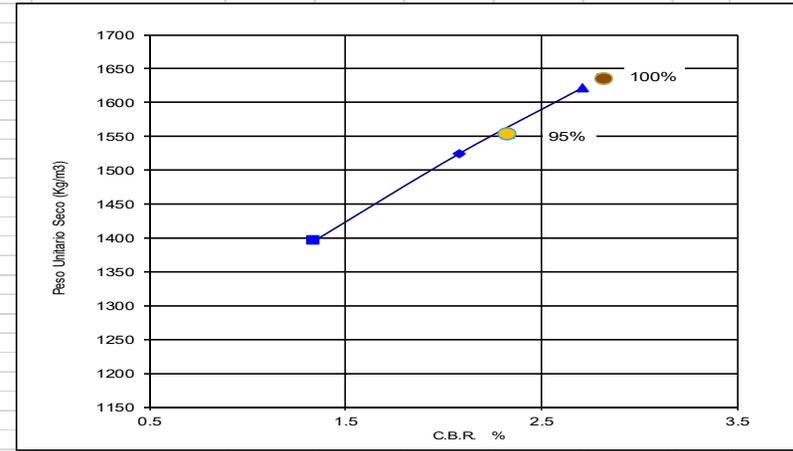
Resultados: ASTM D 1557

Peso unitario seco = 1,635 kg/m³
Contenido de agua óptimo = 18.6 %



Emite:

Laboratorista



Aprueba:

Ing. Gonzalo Velasco Cerezo

Figura 11: Ensayo de C.B.R.
Elaborado por: (Blacio, 2022).

3.5.2. Ensayos de Humedad y peso unitario de la viruta de madera.

GONZALO VELASCO INGENIERO CIVIL		CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO TRITURADO		
NORMA ASTM C 566				
Proyecto:	Estabilización de suelo arcillosos plásticos utilizando la viruta de madera reciclada de encofrado, caucho reciclado, ceniza volcánica para una carretera en la sub rasante		Muestra:	Viruta de madera
			Ensayado:	
Para:	tema de tesis		Calculado:	G.V.
Fecha:	11 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		494.0	g	
Contenido de humedad		1.2	%	
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				

Figura 12: Ensayo de contenido de humedad

Elaborado por: (Blacio, 2022).)

GONZALO VELASCO INGENIERO CIVIL		PESO UNITARIO EN AGREGADO TRITURADO			
NORMA ASTM C 29					
Proyecto:	Estabilización de suelo arcillosos plásticos utilizando la viruta de madera reciclada de encofrado, caucho reciclado, ceniza volcánica para una carretera en la sub rasante			Muestra:	Viruta de madera
				Ensayado:	
Para:	tema de tesis			Calculado:	G.V.
Fecha:	11 de junio del 2022			Informe N°	
Descripción:	Viruta de madera				
V: volumen del recipiente, ver tabla		2,795		cm ³	
T: masa del recipiente		1,867		g	
Msr: masa agregado suelto + recipiente		3,844		g	
Mcr: masa agregado compactado + recipiente		3,852		g	
Ms: masa agregado suelto Msr - T		1,977		g	
Mc: masa agregado compactado Mcr - T		1,985		g	
Peso unitario suelto		707		kg/m ³	
Peso unitario compactado		710		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					

Figura 13. Ensayo de peso unitario
Elaborado por: (Blacio, 2022).

3.5.3. Ensayos de peso unitario del caucho reciclado.

GONZALO VELASCO INGENIERO CIVIL		PESO UNITARIO EN AGREGADO TRITURADO			
NORMA ASTM C 29					
Proyecto:	Estabilización de suelo arcillosos plásticos utilizando la viruta de madera reciclada de encofrado, caucho reciclado, ceniza volcánica para una carretera en la sub rasante			Muestra:	Caucho reciclado
				Ensayado:	
Para:	tema de tesis			Calculado:	G.V.
Fecha:	11 de junio del 2022			Informe N°	
Descripción:	Caucho reciclado				
V: volumen del recipiente, ver tabla		2,795		cm ³	
T: masa del recipiente		1,867		g	
Msr: masa agregado suelto + recipiente		4,324		g	
Mcr: masa agregado compactado + recipiente		4,454		g	
Ms: masa agregado suelto Msr - T		2,457		g	
Mc: masa agregado compactado Mcr - T		2,587		g	
Peso unitario suelto		879		kg/m ³	
Peso unitario compactado		926		kg/m ³	
			Tamaño máximo nominal	Capacidad del recipiente	
			mm (plg)	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					

*Figura 14: Ensayo de peso unitaria
Elaborado por: (Blacio, 2022).*

3.5.4. Ensayos de clasificación de la ceniza volcánica

GONZALO VELASCO INGENIERO CIVIL		CONTENIDO DE HUMEDAD AGREGADO FINO	
NORMA ASTM C 566			
Proyecto:	Estabilización de suelo arcillosos plásticos utilizando la viruta de madera reciclada de encofrado, caucho reciclado, ceniza volcánica para una carretera en la sub rasante	Muestra:	Ceniza volcánica
Para:	tema de tesis	Ensayado:	
Fecha:	11 de junio del 2022	Calculado:	G.V.
Informe N°			
Tamaño máximo nominal:		mm	
Masa de la muestra original (ver tabla)	500.0	g	
Masa de la muestra seca	473.0	g	
Contenido de humedad	5.4	%	
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			

Figura 15: Ensayo de contenido de humedad
Elaborado por: (Blacio, 2022).

GONZALO VELASCO INGENIERO CIVIL		ANÁLISIS POR TAMIZADO DE AGREGADOS FINOS			
NORMA ASTM C 136					
Proyecto:	Estabilización de suelo arcillosos plásticos utilizando la viruta de madera reciclada de encofrado, caucho reciclado, ceniza volcánica para una carretera en la sub rasante			Muestra:	Ceniza volcánica
Para:	tema de tesis			Ensayado:	
Fecha:	11 de junio del 2022			Calculado:	G.V.
				Informe N°	
Descripción:				Peso seco inicial (g), ver tabla:	1897.5
Tamiz N°	Abertura (mm)	Ret. Parcial (gr)	Ret. Acumulado (gr)	% Retenido	% Que pasa
3/8"	9.50		0.0	0	100
N° 4	4.75	0.0	0.0	0	100
N° 8	2.36	88.0	88.0	5	95
N° 16	1.18	264.0	352.0	19	81
N° 30	0.60	328.0	680.0	36	64
N° 50	0.30	335.0	1015.0	53	47
N° 100	0.15	328.0	1343.0	71	29
BANDEJA		554.5	1897.5	100	0
Módulo de finura:				1.83	
Tamaño de la muestra agregado con:		Peso mínimo (g)			
Al menos el 95% pasa 2.36 mm (tamiz No. 8)		100			
Al menos el 85% pasa 4.75 mm (tamiz No. 4) y más del 5% es retenido en 2.36 mm (tamiz No. 8)		500			

Curva Granulométrica

Malla N°	% Que Pasa (Agregado fino)	Límite Superior ASTM C 33	Límite Inferior ASTM C 33
3/8"	100	100	100
N° 4	100	100	95
N° 8	95	100	80
N° 16	81	100	50
N° 30	64	100	30
N° 50	47	100	15
N° 100	29	100	5

Laboratorista				
---------------	--	--	--	--

Figura 16: Ensayo de granulometría
 Elaborado por: (Blacio, 2022).

3.5.5. Ensayos de clasificación, mezcla: Arcilla 85%, ceniza volcánica 10% y viruta de madera 5%.

REGISTRO DE ENSAYOS

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

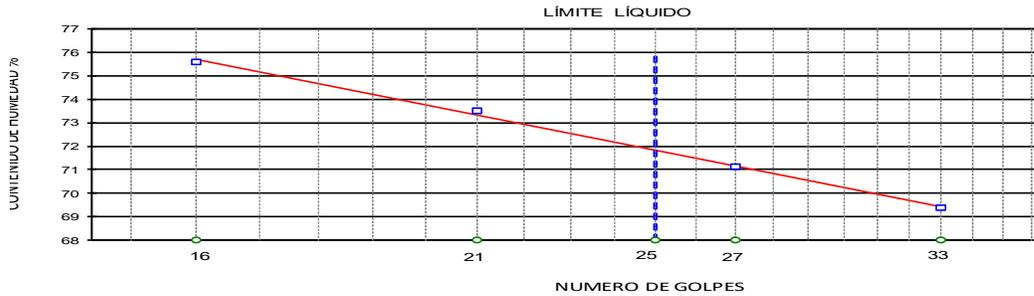
NORMAS ASTM D 2487, D 2216, D 4318, D 422

PROYECTO:	Estabilización de suelo arcillosos plásticos utilizando la viruta de madera reciclada de encofrado, caucho reciclado, ceniza volcánica para una carretera en la sub rasante	SONDEO:	1
UBICACIÓN:	Arcilla 85%, ceniza volcánica 10% y viruta de madera 5%	MUESTRA:	1
FECHA DE TOMA:	9-Jun-22	PROFUND (m):	
		FECHA ENSAYO:	11-Jun-22

Valor de:	Límite Líquido ≤ 36		Índice de Plasticidad ≤ 9	
	P. Húmedo + cápsula	P. Seco + cápsula	Peso cápsula	W%
1. Contenido de agua	5,000.00	4,328.00	266.00	16.54
	Golpes			
	33	23.09	17.45	9.32
	27	22.56	17.44	10.24
2. Límite Líquido	21	23.18	17.41	9.56
	16	20.58	15.50	8.78
		17.54	15.44	9.35
3. Límite Plástico		17.68	15.54	9.18
		18.42	16.00	8.74

4. Granulometría					5. Resumen	
Peso inicial húmedo para cálculos =		4,734.00			% de Grava = 19	
Peso inicial seco para cálculos =		4,062.00			% de Arena = 8	
Tamiz	Pes. Ret. parcial	% Retenido acumulado	% que pasa	Especificaciones MEJORAMIENTO	Límite Líquido LL = 72	
4"	0.00	0.0	100.0	100	Límite Plástico LP = 34	
1 1/2"					Índice Plástico IP = 38	
1"					% Humedad w = 17	
3/4"						
3/8"						
No. 4	783.00	19.3	80.7			
No. 10						
No. 40						
No. 200	321.00	27.2	72.8	2 - 20		
					6. Clasificación	
					SUCS: CH	
					AASHTO: A-7-5	
					IG(86): 30	
					IG(45): 19	

7. Descripción: Arcilla limosa con fragmento de caucho, de color negra con pintas gris y restos de materia orgánica



8. Observaciones:

Emite: _____
Laboratorista

Aprueba: _____
Ing. Gonzalo Velasco Cerezo

Figura 17. Ensayo de clasificación
Elaborado por: (Blacio, 2022).

3.5.6. Ensayos de clasificación, mezcla: Arcilla 70%, ceniza volcánica 20% y viruta de madera 10%.

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

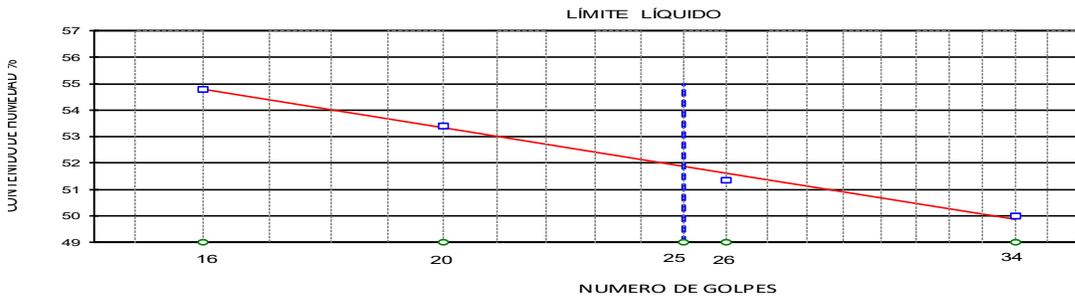
PROYECTO:	Estabilización de suelo arcillosos plásticos utilizando la viruta de madera reciclada de encofrado, caucho reciclado, ceniza volcánica para una carretera en la sub rasante	SONDEO:	2
UBICACIÓN:	Arcilla 70%, ceniza volcánica 20% y viruta de madera 10%	MUESTRA:	1
FECHA DE TOMA:	9-Jun-22	PROFUND (m):	
ESPECIFICACIONES PARA MEJORAMIENTO:	Límite Líquido ≤ 36	Índice de Plasticidad ≤ 9	FECHA ENSAYO: 11-Jun-22

Valor de:	P. Húmedo + cápsula	P. Seco + cápsula	Peso cápsula	W%
1. Contenido de agua				
Golpes				
34	20.45	16.45	8.45	50.00
26	18.56	15.49	9.51	51.34
2. Límite Líquido	20	22.37	17.91	9.56
	16	20.45	16.00	7.88
		17.29	15.44	9.35
3. Límite Plástico		17.68	15.61	9.18
		18.42	16.12	8.74
4. Granulometría				
Peso inicial húmedo para cálculos =	4,734.00			
Peso inicial seco para cálculos =	4,199.00			
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	1,247.00	29.7	70.3	
No. 10				
No. 40				
No. 200	973.00	52.9	47.1	2 - 20

5. Resumen	
% de Grava =	30
% de Arena =	23
% de Finos =	47
Límite Líquido LL =	52
Límite Plástico LP =	31
Índice Plástico IP =	21
% Humedad w =	13

6. Clasificación	
SUCS:	GM
AASHTO:	A-7-5
IG(86):	7
IG(45):	7

7. Descripción: Grava arenosa limosa con fragmento de caucho, de color negra y restos de materia orgánica



8. Observaciones:

Emite:

Laboratorista

Aprueba:

Ing. Gonzalo Velasco Cerezo

*Figura 18: Ensayo de clasificación
Elaborado por: (Blacio, 2022).*

3.5.7. Ensayos de clasificación, mezcla: Arcilla 60%, ceniza volcánica 30% y viruta de madera 10%.

REGISTRO DE ENSAYOS

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

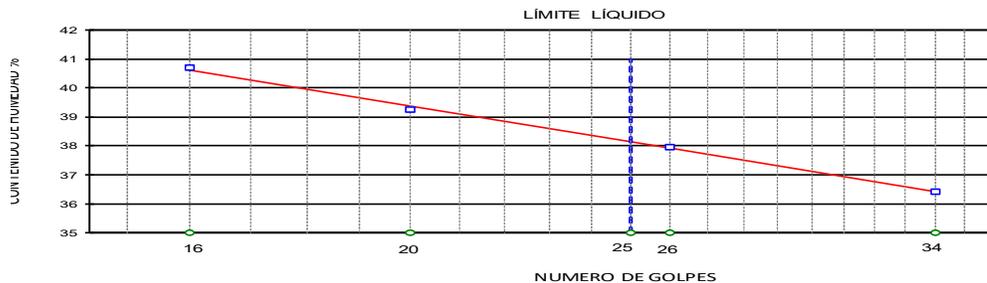
NORMAS ASTM D 2487, D 2216, D 4318, D 422

PROYECTO: Estabilización de suelo arcillosos plásticos utilizando la viruta de madera reciclada de encofrado, caucho reciclado, ceniza volcánica para una carretera en la sub rasante
UBICACIÓN: Arcilla 60%, ceniza volcánica 30% y viruta de madera 10%
FECHA DE TOMA: 9-Jun-22
SONDEO: _____
MUESTRA: 1
PROFUND (m): _____
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		5,000.00	4,537.00	266.00	10.84
	Golpes				
2. Límite Líquido	34	22.11	18.50	8.59	36.43
	26	23.63	19.52	8.69	37.95
	20	21.82	18.02	8.34	39.26
	16	22.78	18.71	8.71	40.70
3. Límite Plástico		18.22	16.45	9.22	24.48
		18.67	16.84	9.65	25.45
		17.54	15.95	9.38	24.20

4. Granulometría					5. Resumen	
Peso inicial húmedo para cálculos =		4,734.00			% de Grava = 42	
Peso inicial seco para cálculos =		4,271.00			% de Arena = 27	
Tamiz	Pes. Ret. parcial	% Retenido acumulado	% que pasa	Especificaciones MEJORAMIENTO	Límite Líquido LL = 38	
4"	0.00	0.0	100.0	100	Límite Plástico LP = 25	
1 1/2"					Índice Plástico IP = 13	
1"					% Humedad w = 11	
3/4"						
3/8"						
No. 4	1,783.00	41.7	58.3			
No. 10						
No. 40						
No. 200	1,168.00	69.1	30.9	2 - 20		
					6. Clasificación	
					SUCS:	GC
					AASHTO:	A-2-6
					IG(86):	1
					IG(45):	1

7. Descripción: Grava arenosa arcillosa con fragmento de caucho, de color negra y restos de materia orgánica



8. Observaciones:

Emite:
Laboratorista

Aprueba:
Ing. Gonzalo Velasco Cerezo

Figura 19: Ensayo de clasificación
Elaborado por: (Blacio, 2022).

3.5.8. Ensayos de clasificación, mezcla: Arcilla 50%, ceniza volcánica 40% y viruta de madera 10%.

REGISTRO DE ENSAYOS

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

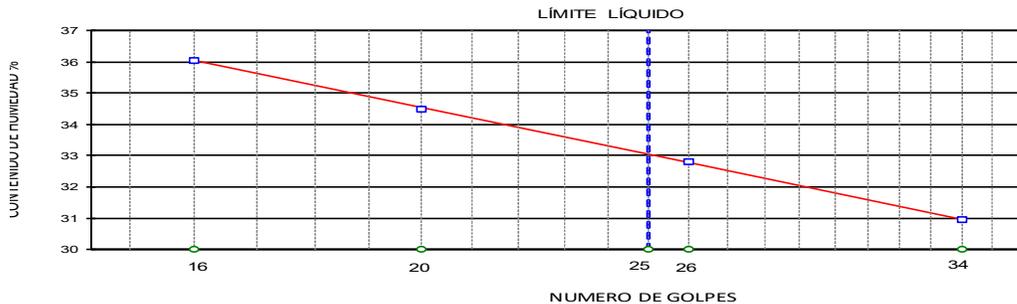
NORMAS ASTM D 2487, D 2216, D 4318, D 422

PROYECTO:	Estabilización de suelo arcillosos plásticos utilizando la viruta de madera reciclada de encofrado, caucho reciclado, ceniza volcánica para una carretera en la sub rasante	SONDEO:	1
UBICACIÓN:	Arcilla 50%, ceniza volcánica 40% y viruta de madera 10%	MUESTRA:	1
FECHA DE TOMA:	9-Jun-22	PROFUND (m):	
		FECHA ENSAYO:	11-Jun-22

ESPECIFICACIONES PARA MEJORAMIENTO:		Limite Liquido ≤ 36				Indice de Plasticidad ≤ 9	
Valor de:	Golpes	P. Húmedo + cápsula	P. Seco + cápsula	Peso cápsula	W%		
1. Contenido de agua		5,000.00	4,734.00	266.00	5.95		
	34	23.65	20.24	9.22	30.94		
	26	22.15	18.99	9.36	32.81		
2. Límite Líquido	20	24.15	20.38	9.45	34.49		
	16	22.65	19.24	9.78	36.05		
		19.25	17.25	9.21	24.88		
3. Límite Plástico		18.65	16.82	9.56	25.21		
		19.57	17.48	9.37	25.77		

4. Granulometría					5. Resumen	
Peso inicial húmedo para cálculos =		4,734.00			% de Grava = 53	
Peso inicial seco para cálculos =		4,468.00			% de Arena = 31	
Tamiz	Pes. Ret. parcial	% Retenido acumulado	% que pasa	Especificaciones MEJORAMIENTO	% de Finos = 16	
4"	0.00	0.0	100.0	100	Límite Líquido LL = 33	
1 1/2"					Límite Plástico LP = 25	
1"					Índice Plástico IP = 8	
3/4"					% Humedad w = 6	
3/8"						
No. 4	2,378.00	53.2	46.8			
No. 10						
No. 40						
No. 200	1,372.00	83.9	16.1	2 - 20		
					6. Clasificación	
					SUCS:	GM
					AASHTO:	A-2-4
					IG(86):	0
					IG(45):	0

7. Descripción: Grava arenosa limosa con fragmento de caucho, de color negra y restos de materia organica



8. Observaciones:

Emite: _____
Laboratorista

Aprueba: _____
Ing. Gonzalo Velasco Cerezo

Figura 20: Ensayo de clasificación
Elaborado por: (Blacio, 2022).

3.5.9. Ensayos de proctor, mezcla: Arcilla 50%, ceniza volcánica 40% y viruta de madera 10%.

REGISTRO DE ENSAYOS																												
CARACTERÍSTICAS DE COMPACTACIÓN EN LABORATORIO DE SUELOS USANDO ESFUERZO MODIFICADO (56.000 pie-lbf/pie ³ (2.700 kN/m ³))																												
ASTM D 1557						VERSION 1 - MARZO-2008																						
PROYECTO:	Estabilización de suelo arcillosos plásticos utilizando la viruta de madera reciclada de encofrado, caucho reciclado, ceniza volcánica para una carretera en la sub rasante					CALICATA:	4																					
UBICACIÓN:	Arcilla 50%, ceniza volcánica 40% y viruta de madera 10%					MUESTRA:	1																					
FECHA TOMA:	9-Jun-22					PROFUND (m):																						
FECHA ENSAYO:						FECHA ENSAYO:	10-Jun-22																					
1. Norma y ensayo:	Procedimiento C					2. Datos del molde:																						
Golpe/capa:	56					Diámetro:	15.26		cm.																			
No. De capas:	5					Volumen:	2,124.30		cm ³																			
Material pasa el tamiz:	3/4					Peso:	5,445		gr																			
Peso del martillo:	4.5		kg.		3. Descripción/SUCS:	Grava arenosa limosa con fragmento de caucho, de color negra y restos de materia orgánica GM																						
Altura de caída:	45.7		cm.		4. Datos para la curva:																							
Punto No.	1		2		3		4		5																			
Peso suelo+molde	9,366		9,612		9,818		9,876		9,786																			
Peso suelo	3,921		4,167		4,373		4,431		4,341																			
Densidad húmeda	1,846		1,962		2,059		2,086		2,043																			
5. Contenidos de agua:																												
P. Suelo hum+cap	147.74	147.74	156.54	156.54	167.68	167.68	170.14	170.14	181.00	181.00																		
P. Suelo seco+cap	138.69	138.69	145.06	145.06	152.62	152.62	152.17	152.17	159.24	159.24																		
P. Cápsula	30.40	30.40	30.68	30.68	30.53	30.53	30.54	30.54	30.99	30.99																		
w (%)	8.36	8.36	10.04	10.04	12.34	12.34	14.77	14.77	16.97	16.97																		
w Promedio (%)	8.36		10.04		12.34		14.77		16.97																			
Peso Unit. Seco	1,703		1,783		1,833		1,817		1,747																			
6. Resultados:							Peso unitario seco =	1,836		kg/m³																		
							Contenido de agua óptimo =	13.1		%																		
Curva de Compactación																												
<table border="1"> <caption>Datos para la Curva de Compactación</caption> <thead> <tr> <th>Punto No.</th> <th>w (%)</th> <th>Densidad húmeda (kg/m³)</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>8.36</td> <td>1846</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>10.04</td> <td>1962</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>12.34</td> <td>2059</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>14.77</td> <td>2086</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>16.97</td> <td>2043</td> </tr> </tbody> </table>											Punto No.	w (%)	Densidad húmeda (kg/m³)	1	8.36	1846	2	10.04	1962	3	12.34	2059	4	14.77	2086	5	16.97	2043
Punto No.	w (%)	Densidad húmeda (kg/m³)																										
1	8.36	1846																										
2	10.04	1962																										
3	12.34	2059																										
4	14.77	2086																										
5	16.97	2043																										
Emite:						Aprueba:																						
	Laboratorista						Jefe de Laboratorio																					

*Figura 21: Ensayo de proctor
Elaborado por: (Blacio, 2022).*

3.5.10. Ensayos C.B.R., mezcla: Arcilla 50%, ceniza volcánica 40% y viruta de madera 10%.

PROYECTO : Estabilización de suelo arcillosos plásticos utilizando la viruta de madera reciclada de encofrado, caucho reciclado, ceniza volcánica para una carretera en la sub rasante								
Av. Carlos Julio Arosemena Km 2.5 Teléfonos: 593-4-220'009 - 220162 - 2206766 Fax: 2204036								
DATOS DE COMPACTACION DEL SUELO PARA ENSAYOS DE C. B. R.:								
ASTM	D 1557		SOBRE CARGA	4.54 Kgr	HUMEDAD DE LA MUESTRA : 4.39%			
HUMEDAD OPTIMA:	13.10%	Densidad Máxima Seca	1836 Kgr/m ³	Calicata Nº:	4	Muestra No.: 1		
LL=	33	LP=	25	IP=	8	Profundidad:		
CONTENIDO DE HUMEDAD Y PESO UNITARIO DE LA MUESTRA DE ENSAYO								
Molde No.	XII		VI		IV			
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)	12634	12784	12354	12433	12348	12473		
Peso del molde (gr)	8049		7933		8135			
Peso de muestra humeda (gr)	4585	4735	4421	4500	4213	4338		
Volumen muestra (cm ³)	2245.33	2246.55	2307.81	2309.42	2363.41	2365.21		
Peso unitario humedo (gr/cm ³)	2.042	2.108	1.916	1.949	1.783	1.834		
CONTENIDO DE HUMEDAD DE LA MUESTRA	HUMEDAD INICIAL	HUMEDAD FINAL	HUMEDAD INICIAL	HUMEDAD FINAL	HUMEDAD INICIAL	HUMEDAD FINAL		
Recipiente No.	VII	A	P	U	M	GI		
Peso muestra humeda + tarro (gs)	110.07	137.45	105.36	126.58	145.11	132.68		
Peso de la muestra seca + tarro (gs)	101.18	120.5	96.72	112.33	132.26	116.11		
Peso del agua (gs)	8.89	16.95	8.64	14.25	12.85	16.57		
Peso del tarro (gs)	31.59	30.62	29.54	30.14	30.56	28.47		
Peso de la muestra seca (gs)	69.59	89.88	67.18	82.19	101.70	87.64		
Contenido de humedad promedio (%)	12.77%	18.86%	12.86%	17.34%	12.64%	18.91%		
Peso unitario seco (gr/cm ³)	1810.70	1773.26	1697.37	1660.62	1582.63	1542.45		
Porcentaje de Compactación:	98.62%	96.58%	92.45%	90.45%	86.20%	84.01%		
DATOS DEL ESPONJAMIENTO (HINCHAMIENTO)								
DIA DEL MES	HORA DEL DIA	INTER DE TIEMPO EN HORA	MOLDE No. XII ESPONJAMIENTO		MOLDE No. VI ESPONJAMIENTO		MOLDE No. IV 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	0.0025	0.1%	0.0032	0.1%	0.0035	0.1%

Figura 22: Ensayo de C.B.R.
Elaborado por: (Blacio, 2022).

C.B.R. PENETRACION								
PROYECTO : Estabilización de suelo arcillosos plásticos utilizando la viruta de madera reciclada de encofrado, caucho reciclado, ceniza volcánica para una carretera en la sub rasante								
FECHA: 20/06/2022								
Localización: Abscisa 1+500 lado izquierdo			Calicata: 4		Muestra: 1			
MOLDE No : XII		Peso del Molde: 8.05 Kg.		Volumen del Molde (V): 2245,33 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	
		CARGA DE PENETRACION EN LIBRAS			CARGA DE PENETRACION EN Kg.			
0.635 mm.	(0.025")	78.73			35.79			
1.27 mm.	(0.05")	194.21			88.28			
2.54 mm.	(0.10")	425.28			193.31			
3.81 mm.	(0.15")	606.94			275.88			
5.08 mm.	(0.20")	763.89			347.22			
7.62 mm.	(0.30")	1028.33			467.42			
10.16 mm.	(0.40")	1193.66			542.57			
12.70 mm.	(0.50")	1309.40			595.18			
		CARGA UNITARIA EN Lb/pulg ²			CARGA UNITARIA EN kg/cm ²			
0.635 mm.	(0.025")	26.24			1.84			
1.27 mm.	(0.05")	64.74			4.55			
2.54 mm.	(0.10")	141.76			9.96			
3.81 mm.	(0.15")	202.31			14.22			
5.08 mm.	(0.20")	254.63			17.90			
7.62 mm.	(0.30")	342.78			24.09			
10.16 mm.	(0.40")	397.89			27.97			
12.70 mm.	(0.50")	436.47			30.68			

The graph plots CBR (%) on the y-axis (0 to 600) against Penetration (mm) on the x-axis (0 to 0.6). A smooth curve starts at the origin and rises to approximately 430% at 0.6 mm penetration. Two specific points are marked: at 0.1 mm penetration, the CBR is 16.0%; at 0.2 mm penetration, the CBR is 17.9%.

C.B.R.: 17.9 %

HINCHAMIENTO: 0.1 %

PARA: 2.54 mm. De penetración

Observaciones:

Operador:

Calculado por:

Verificado por:

Figura 23: Ensayo de C.B.R.
 Elaborado por: (Blacio, 2022).

C.B.R. PENETRACION						
PROYECTO : Estabilización de suelo arcillosos plásticos utilizando la viruta de madera reciclada de encofrado, caucho reciclado, ceniza volcánica para una carretera en la sub rasante						
FECHA: 20/06/2022						
Localización: Abscisa 1+500 lado izquierdo			Calicata: 1		Muestra: 1	
MOLDE No : VI		Peso del Molde: 7.93 Kg.		Volumen del Molde (V): 2307,81 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	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")	95.23			43.28	
2.54 mm.	(0.10")	243.71			110.78	
3.81 mm.	(0.15")	367.50			167.04	
5.08 mm.	(0.20")	507.84			230.84	
7.62 mm.	(0.30")	755.63			343.47	
10.16 mm.	(0.40")	920.89			418.59	
12.70 mm.	(0.50")	1028.33			467.42	
			CARGA UNITARIA EN Lb/pulg²		CARGA UNITARIA EN kg/cm²	
0.635 mm.	(0.025")	15.25			1.07	
1.27 mm.	(0.05")	31.74			2.23	
2.54 mm.	(0.10")	81.24			5.71	
3.81 mm.	(0.15")	122.50			8.61	
5.08 mm.	(0.20")	169.28			11.90	
7.62 mm.	(0.30")	251.88			17.70	
10.16 mm.	(0.40")	306.96			21.58	
12.70 mm.	(0.50")	342.78			24.09	
				C.B.R.:	12.4 %	
				HINCHAMIENTO:	0.1 %	
				PARA:	5.08 mm. De penetración	
				Observaciones:		
				Operator:		
				Calculado por:		
				Verificado por:		

Figura 24. Ensayo de C.B.R.
Elaborado por: (Blacio, 2022).

C.B.R. PENETRACION							
PROYECTO : Estabilización de suelo arcillosos plásticos utilizando la viruta de madera reciclada de encofrado, caucho reciclado, ceniza volcánica para una carretera en la sub rasante							
FECHA: 20/06/2022							
Localización: <u>Abscisa 1+500 lado izquierdo</u>			Calicata: <u>4</u>		Muestra: <u>1</u>		
MOLDE No : <u>IV</u>		Peso del Molde: <u>8.14 Kg.</u>		Volumen del Molde (V): <u>2363,41 cm³</u>			
No Golpes por Capa: <u>12</u>		No. Capas : <u>5</u>		Peso del Martillo: <u>4.54 Kg.</u>		Altura de caída: <u>45.7 cm</u>	
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")		29.26			13.30		
1.27 mm. (0.05")		62.24			28.29		
2.54 mm. (0.10")		136.46			62.03		
3.81 mm. (0.15")		210.71			95.78		
5.08 mm. (0.20")		284.97			129.53		
7.62 mm. (0.30")		392.26			178.30		
10.16 mm. (0.40")		474.81			215.82		
12.70 mm. (0.50")		532.61			242.10		
		CARGA UNITARIA EN Lb/pulg ²			CARGA UNITARIA EN kg/cm ²		
0.635 mm. (0.025")		9.75			0.69		
1.27 mm. (0.05")		20.75			1.46		
2.54 mm. (0.10")		45.49			3.20		
3.81 mm. (0.15")		70.24			4.94		
5.08 mm. (0.20")		94.99			6.68		
7.62 mm. (0.30")		130.75			9.19		
10.16 mm. (0.40")		158.27			11.12		
12.70 mm. (0.50")		177.54			12.48		
				C.B.R.: <u>6.73 %</u>			
				HINCHAMIENTO: <u>0.1 %</u>			
				PARA: <u>5.08 mm. De penetración</u>			
				Observaciones: _____			
				Observaciones: _____			
Operator: _____				Calculado por: _____			
Verificado por: _____				Verificado por: _____			

Figura 25: Ensayo de C.B.R.
Elaborado por: (Blacio, 2022).

PROYECTO : Estabilización de suelo arcillosos plásticos utilizando la viruta de madera reciclada de encofrado, caucho reciclado, ceniza volcánica para una carretera en la sub rasante

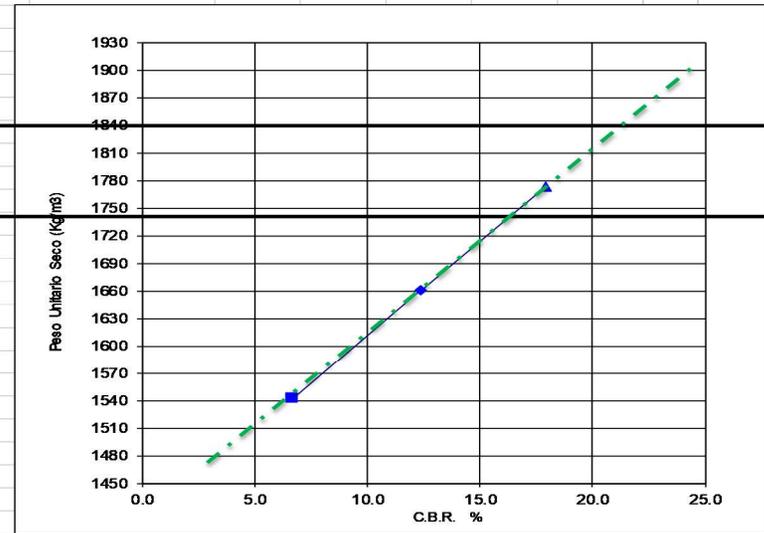
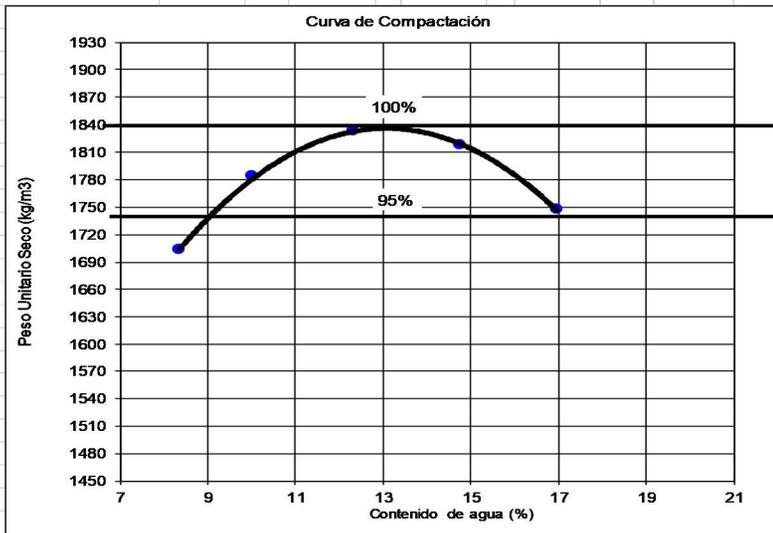
Calicata : 1
Muestra : 1

Fecha : 21/06/2022
Abscisa :

w Promedio (%)	8.36	10.04	12.34	14.77	16.97
Peso Unit. Seco Kg/m ³	1,703	1,783	1,833	1,817	1,747

Numero de Golpes	12	25	56	95%	100%
Peso Unit. Seco Kg/m ³	1,542	1,661	1,773	1,744	1,836
C.B.R. (%)	6.73	12.40	17.90	16.00	21.70

Resultados: ASTM D 1557 Peso unitario seco = 1,836 kg/m³
Contenido de agua óptimo = 13.1 %



Calculado por

Verificado por :

Figura 26: Ensayo de C.B.R.
Elaborado por: (Blacio, 2022).

CONCLUSIÓN

- Para la elaboración del primer objetivo, primeramente realizamos los ensayos de clasificación, proctor y C.B.R., del material para determinar su porcentaje de expansión y plasticidad que tiene ese estrato, la clasificación SUCS es una arcilla limosa negra de nomenclatura CH (A-7-5) índice de plasticidad 55%. Pasante del tamiz 200 95%, densidad máxima del proctor 1.635 Kg/m³, y una expansión del 11%, muy alta, ya que para ser considerado material de relleno su expansión debe ser menor al 4% especificaciones del MTOP, y los límites de plasticidad limite liquido menor a 35% e índice de plasticidad menor al 9%. con los materiales propuestos disminuimos esta expansión para poder utilizarlo (Blacio, 2022).
- Para la realización del segundo objetivo, se realizó los ensayos de humedad y peso unitario, la cual la viruta de madera tiene un peso unitario de 0.710 Kg/m³, el caucho reciclado su peso unitario es de 0.926 Kg/m³ y la ceniza volcánica se le realizo la curva granulométrica para ver el porcentaje de finura es 1.83 y no tiene plasticidad N-P, estos materiales se lo paso por el tamiz 40 para poder mezclarlo con la arcilla expansiva y poder realizar los ensayos de clasificación la idea disminuir la plasticidad hasta que cumple las especificaciones MTOP (Blacio, 2022).
- Para el tercer objetivo específico, realizamos 4 combinaciones para elaborar los ensayos de clasificación, para los ensayos de limites utilizamos la parte fina de la muestra de viruta de madera y ceniza volcánica pasante del tamiz # 40 para poder realizar una mezcla adecuada con la arcilla hasta obtener los limites recomendado en las normas de las especificaciones del ministerio de transporte y obras públicas, la primera mezcla realizada es de, arcilla 85%, viruta de madera 5% y ceniza volcánica 10% se obtuvo un límite liquido de 72% y un índice de plasticidad de 38%, en la segunda mezcla arcilla 70%, viruta de madera 10% y ceniza volcánica 20% se obtuvo un límite liquido de 52% y un índice de plasticidad de 21%, en la tercera mezcla arcilla 60%, viruta de madera 10% y ceniza volcánica 30% se obtuvo un límite liquido de 38% y un índice de plasticidad de 13%, y para cuarta

mezcla arcilla 50%, viruta de madera 10% y ceniza volcánica 40% se obtuvo un límite líquido de 33% y un índice de plasticidad de 8%, esta cuarta mezcla cumple con lo requerido la especificaciones para material de mejoramiento es límite líquido 35% y índice de plasticidad 9% (Blacio, 2022).

- La cuarta mezcla cumple con los límites planteados en las especificaciones del MTOOP se le realizó los ensayos comprobatorios como es el ensayo de proctor que nos dio 1.836 Kg/m³, su expansión del 0.1%, y un C.B.R. 21.7. cumpliendo con lo estipulado en las especificaciones del MTOOP para considerarlo como material de mejoramiento apto para relleno de sub rasante (Blacio, 2022).

Con los ensayos realizados y la mezcla adecuada mejoramos los suelos expansivos y le damos una utilidad a estos materiales que afecta al medio ambiente, cumpliendo con los objetivos planteados (Blacio, 2022).

RECOMENDACIÓN

- Se recomienda implementar el laboratorio de suelo de la universidad Laica para realizar más ensayos que permita llevar un mejor control de todas las mezclas realizadas, realizar trituración más finas a los materiales innovadores para mejorar la mezcla se haga más homogénea y así tenga una mejor consistencia para disminuir el porcentaje a utilizar en cada mezcla, cumpliendo con lo requerido pero con una proporción o porcentaje menor, con esto tendremos más datos que nos ayuden a tener un mejor control de este material innovador (Blacio, 2022).
- Se recomienda realizar varias tomas de muestras al material existente y determinar diversos ensayos de clasificación, Proctor y C.B.R. así obtendremos valores alternativos y podremos trabajar con los ensayos más críticos según la expansión obtenida en estas arcillas, con estos valores tendremos una idea más clara del comportamiento de este material expansivo y así podremos obtener un tratamiento o porcentaje de mezcla adecuado que se le puede dar para evitar su expansión y mejorar su capacidad portante según los resultados obtenidos (Blacio, 2022).
- Finalmente, se recomienda aparte de los ensayos de C.B.R- y realizar mezclas, tomar muestras inalteradas al material existente para realizar ensayos alternativos para tener un mejor control de la expansión, como por ejemplo realizar ensayo de expansión controlada por medio del aparato de consolidación el cual nos permitirá tener más datos y una mejor forma de seguridad para determinar el mejoramiento de estos suelos expansivos (Blacio, 2022).

Bibliografía

- Arkiplus. (3 de julio de 2016). *.arkiplus*. Recuperado el 2021, de arkiplus Web site: <https://www.arkiplus.com/historia-de-las-carreteras/>
- Ayala, G. (15 de septiembre de 2017). <http://repositorio.uees.edu.ec/bitstream/123456789/1945/1/TESIS%20GENESIS%20AYALA.pdf>. Recuperado el septiembre de 2020, de repositorio.uees.edu.ec Web site: <http://repositorio.uees.edu.ec/bitstream/123456789/1945/1/TESIS%20GENESIS%20AYALA.pdf>
- barchitec. (18 de diciembre de 2017). <https://barchitec.com/2017/12/18/definiendo-el-alcance-de-una-investigacion-exploratoria-descriptiva-correlacional-o-explicativa/>. Recuperado el 2021, de barchitec.com/.
- Boixader, D. (7 de noviembre de 2016). estructurando.net/. Recuperado el 28 de agosto de 2020, de <https://estructurando.net/2016/11/07/como-mitigar-los-efectos-de-las-arcillas-expansivas/>
- 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>
- decreto ejecutivo 742. (2019). *procuraduria.utpl.edu.ec*. Recuperado el 2021, de [procuraduria.utpl.edu.ec](https://procuraduria.utpl.edu.ec/sitios/documentos/NormativasPublicas/REGLAMENTO%20GENERAL%20A%20LA%20LEY%20ORGANICA%20DE%20EDUCACION%20SUPERIOR.pdf). web site: <https://procuraduria.utpl.edu.ec/sitios/documentos/NormativasPublicas/REGLAMENTO%20GENERAL%20A%20LA%20LEY%20ORGANICA%20DE%20EDUCACION%20SUPERIOR.pdf>
- Duque, G. (19 de enero de 2016). <http://bdigital.unal.edu.co/>. Recuperado el septiembre de 2020, de <http://bdigital.unal.edu.co/53252/85/introduccion.pdf>
- Ecología verde. (27 de mayo de 2019). <https://www.ecologiaverde.com/tipos-de-suelos-y-sus-principales-caracteristicas-1645.html>. Recuperado el junio de 2022, de [ecologiaverde.com](http://www.ecologiaverde.com) web site.
- Ecuador, R. d. (2008). *Constitución Del Ecuador*. Quito: Republica del Ecuador.
- Equipos y Laboratorio. (28 de mayo de 2020). *equiposylaboratorio*. Recuperado el 2021, de [equiposylaboratorio](https://www.equiposylaboratorio.com/portal/articulo-ampliado/todo-acerca-del-suelo) Web site: <https://www.equiposylaboratorio.com/portal/articulo-ampliado/todo-acerca-del-suelo>
- ESCUADERO. (13 de febrero de 2019). <https://escudero.com.mx/2019/02/13/que-es-el-caucho-para-la-construccion/>. Recuperado el junio de 2022, de escudero.com.mx Web site.
- Fernandez, N. (2018). *repositorio.ucv.edu*. Recuperado el 2020, de repositorio.ucv.edu. website:

https://repositorio.ucv.edu.pe/browse?rpp=55&sort_by=1&type=title&offset=21093&etal=1&order=ASC

Fortex. (21 de noviembre de 2020). <https://www.fortex.ind.br/es/todo-sobre-virutas-de-madera>. Recuperado el junio de 2022, de fortex.ind.br web site.

Freddy, S. (30 de diciembre de 2020). <https://www.geotechtips.com/post/que-es-el-cbr>. Recuperado el junio de 2022, de geotechtips.com Web site.

Garcia T, J. R. (Abril de 2019). *ESTUDIO DE LA TÉCNICA DE SUELO-CEMENTO PARA LA ESTABILIZACIÓN*. Obtenido de Universidad Catolica de Colombia: <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/23731/1/Suelo%20cimento-%20Tesis.pdf>

Garcia, J. (12 de Abril de 2019). *ESTUDIO DE LA TÉCNICA DE SUELO-CEMENTO PARA LA ESTABILIZACIÓN*. Obtenido de Universidad Catolica de Colombia: <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/23731/1/Suelo%20cimento-%20Tesis.pdf>

Gavilanes, E. (15 de noviembre de 2015). <repositorioacademico.upc.edu.pe/>. Recuperado el septiembre de 2020, de file:///C:/Users/Marcos/Downloads/T-UIDE-1243.pdf

GEOTECNIA ONLINE. (8 de JUNIO de 2020). geotecnia.online. Recuperado el 31 de agosto de 2020, de geotecnia.online web site: <https://www.diccionario.geotecnia.online/palabra/carta-de-plasticidad-de-casagrande/>

Gobierno de Canarias. (febrero de 2022). https://www.gobiernodecanarias.org/medioambiente/temas/calidad-del-suelo/el_suelo_en_canarias/que_es_el_suelo/. Recuperado el junio de 2022, de gobiernodecanarias.org web site.

Gomez, V. (2018). lifeder.com/. Recuperado el 2020, de lifeder.com website: <https://www.lifeder.com/suelos-arcillosos/>

Guia ceniza volcanica. (22 de febrero de 2017). • *La ceniza se puede depositar en gran cantidad en techos.* • *Se obstruyen canoas, drenajes y alcantarillas, el lodo de la ceniza se puede endurecer como el concreto.* • *Los sistemas de ventilación pueden agravar la suspensión de partículas de ceniza o i.* Recuperado el junio de 2022

InfoAgro. (28 de octubre de 2021). <https://infoagro.com.ar/el-uso-de-la-cascaras-de-arroz-y-de-mani-en-el-agro-sostenible/>. Recuperado el junio de 2022, de infoagro.com.ar.

Jacques, Torres. (22 de julio de 2019). <repositorioacademico.upc.edu>. Recuperado el 2021, de <repositorioacademico.upc.edu>: <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/626177>

Landa, J., & Torres, S. (22 de julio de 2019). <repositorioacademico.upc.edu.pe/>. Recuperado el septiembre de 2020, de

https://repositorioacademico.upc.edu.pe/bitstream/handle/10757/626177/LandaA_J.pdf?sequence=6&isAllowed=y

Licuy, C., & Roman, K. (15 de enero de 2020).

<https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/20630>. Recuperado el septiembre de 2020, de bibdigital.epn.edu.ec web site:

[file:///C:/Users/Marcos/Downloads/CD%2010133%20\(3\).pdf](file:///C:/Users/Marcos/Downloads/CD%2010133%20(3).pdf)

lifeder. (5 de mayo de 2020). *lifede*. Recuperado el mayo de 2020, de

<https://www.lifeder.com/tecnicas-de-investigacion/>

Mata, L. (7 de mayo de 2019). *investigalia*. Recuperado el 2021, de *investigalia* web site:

<https://investigaliacr.com/investigacion/el-enfoque-de-investigacion-la-naturaleza-del-estudio/>

Mendoza, Y. (2 de marzo de 2019). <https://deagronomia.com/agroecologia/fibra-de-coco/>.

Recuperado el junio de 2022, de deagronomia.com web site.

Perez, J., & Orjuela, J. (2018). *repository.ucatolica.edu*. Recuperado el 2020, de

repository.ucatolica.edu. web site:

<https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/22861/1/%281%29%20Tesis%20Analisis%20Experimental%20de%20la%20expansividad%20en%20suelos%20bentoniticos.pdf>

REDSOCIAL56. (28 de FEBRERO de 2015). redsocial56.wordpress.com/. Recuperado el 8 de

SEPTIEMBRE de 2020, de <https://redsocial56.wordpress.com/2015/02/28/historia-del-pavimento/>

Rimachi, I., & Sanchez, J. R. (2019). <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/40233>.

Recuperado el junio de 2022, de repositorio.ucv.edu.pe.

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%BAn%20Hern%C3%A1ndez%2C%20Fern%C3%A1ndez%20y%20Baptista,con%20determinadas%20especificaciones%20\(p.&text=poblaci%C3%B3n%20conjunto%20finito%](http://investigacionmetodologicaderojas.blogspot.com/2017/09/poblacion-y-muestra.html#:~:text=Seg%C3%BAn%20Hern%C3%A1ndez%2C%20Fern%C3%A1ndez%20y%20Baptista,con%20determinadas%20especificaciones%20(p.&text=poblaci%C3%B3n%20conjunto%20finito%20)

Sanchez, C. (12 de mayo de 2019).

https://www.academia.edu/39099343/ORIGEN_FORMACION_Y_CONSTITUCION_DEL_SUELO_FISICOQUIMICA_DE_LAS_ARCILLAS. Recuperado el junio de 2022, de [academia](http://www.academia.edu) web site.

tecnica de investigacion social. (12 de octubre de 2017). *tecnica de investigacion social*.

Recuperado el junio de 2020, de

<https://sites.google.com/site/tecninvestigacionsocial/temas-y-contenidos/tema-1-la-investigacion-social/fases-de-la-investigacion-social/analisis-e-interpretacion-de-resultados>

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

Web y Empresas. (6 de marzo de 2018). *webyempresas*. Recuperado el junio de 2020, de
<https://www.webyempresas.com/metodologia-de-la-investigacion/>

Zapata, R. (20 de agosto de 2018).
<https://www.fceia.unr.edu.ar/geologiaygeotecnia/TIPOS%20DE%20SUELO.pdf>.
Recuperado el septiembre de 2020, de fceia.unr.edu.ar Web site:
<https://www.fceia.unr.edu.ar/geologiaygeotecnia/TIPOS%20DE%20SUELO.pdf>

ANEXO 1

FOTOS DE LOS ENSAYOS

