



FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**EFFECTOS DE LA INCORPORACIÓN DE VINAZA EN LA
ESTABILIZACIÓN DE LOS SUELOS COHESIVOS PARA
UNA SUBRASANTE EN LA CIUDAD DE SULLANA, 2023**

PRESENTADA POR

VICTOR CHRISTOPHER CORBERA CADENA

DANIEL ANDRÉ PALOMINO RAMOS-BORJAS

ASESOR

MARIO BRYAN ARAUJO MONTAÑO

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

**LIMA – PERÚ
2023**



CC BY-NC-ND

Reconocimiento – No comercial – Sin obra derivada

El autor sólo permite que se pueda descargar esta obra y compartirla con otras personas, siempre que se reconozca su autoría, pero no se puede cambiar de ninguna manera ni se puede utilizar comercialmente.

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>



USMP
UNIVERSIDAD DE
SAN MARTÍN DE PORRES

Facultad de
Ingeniería y
Arquitectura

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

**EFFECTOS DE LA INCORPORACIÓN DE VINAZA EN LA
ESTABILIZACIÓN DE LOS SUELOS COHESIVOS PARA UNA
SUBRASANTE EN LA CIUDAD DE SULLANA, 2023**

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

PRESENTADA POR

**CORBERA CADENA, VICTOR CHRISTOPHER
PALOMINO RAMOS-BORJAS, DANIEL ANDRÉ**

ASESOR

MAG. MARIO BRYAN ARAUJO MONTAÑO

LIMA – PERÚ

2023

Dedico esta tesis a mis padres, Victor y Yolanda, gracias a su apoyo y sus enseñanzas me he convertido en el hombre que soy. Los amo mucho.

Corbera Cadena, Victor Christopher

Dedico esta tesis a Dios por darme la fuerza para salir adelante; a mis padres, Daniel e Inés, quienes me criaron para ser un hombre de bien, con principios y valores, me apoyan en la vida académica y me motivan a seguir adelante y cumplir mis objetivos. Muchas gracias.

Palomino Ramos-Borjas, Daniel André

Agradezco a los ingenieros que nos apoyaron con las entrevistas para conocer y validar la causa raíz de la problemática. Al asesor, Mag. Mario Araujo, por sus enseñanzas en esta etapa académica. A mis hermanas, Natalie y Geraldine, por todo el apoyo, optimismo y confianza que me brindaron. A todos, les estoy eternamente agradecido porque con su ayuda culminé una etapa importante de mi vida.

Corbera Cadena, Victor Christopher

Agradezco al Mag. Mario Araujo por brindarnos herramientas y el conocimiento necesario para la investigación; y, a todos los profesionales que nos ayudaron y enseñaron durante esta travesía académica de investigación, no lo hubiéramos logrado sin ellos.

Palomino Ramos-Borjas, Daniel André

ÍNDICE

	Pág.
RESUMEN	xiv
ABSTRACT	xvi
INTRODUCCIÓN	xix
CAPÍTULO I PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	1
1.1 Situación problemática	1
1.2 Definición del problema	8
1.3 Formulación del problema	9
1.4 Objetivo general y específicos	9
1.5 Importancia de la investigación	9
1.6 Viabilidad o presupuesto	11
1.7 Alcance y limitaciones	12
CAPÍTULO II MARCO TEÓRICO	14
2.1 Antecedentes de la investigación	14
2.2 Bases teóricas	29
2.3 Definición de términos básicos	64
2.4 Formulación de hipótesis	66
CAPÍTULO III METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	68
3.1 Diseño metodológico	68

3.2 Población y muestra	70
3.3 Definición de variables	77
3.4 Operacionalización de variables	78
3.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos	79
3.6 Técnicas e instrumentos de procesamiento de datos	80
CAPÍTULO IV DESARROLLO	82
4.1 Lugar de investigación	82
4.2 Obtención de muestras	83
4.3 Ensayos	91
4.4 Comparación de costos	102
CAPÍTULO V RESULTADOS	103
5.1 Caracterización del suelo	103
5.2 Capacidad de soporte del suelo	112
5.3 Comparativa de costos	122
CAPÍTULO VI DISCUSIÓN	128
6.1 Respecto a los objetivos específicos	128
6.2 Respecto al objetivo general	130
CONCLUSIONES	133
RECOMENDACIONES	135
FUENTES DE INFORMACIÓN	136
ANEXOS	148

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1 Tasa de crecimiento anual según el INEI en el departamento de Piura entre los años 2007 al 2017.....	4
Tabla 2 Determinación del índice de grupo.....	37
Tabla 3 Relación entre el potencial de hinchamiento de las arcillas y el índice de plasticidad.....	44
Tabla 4 Relación entre el potencial de hinchamiento de las arcillas y el límite líquido.....	45
Tabla 5 Clasificación basada en el método del buró de reclamación.....	45
Tabla 6 Relación entre la actividad de la arcilla y el potencial de hinchamiento.....	48
Tabla 7 Valores de la tabla de números aleatorios.....	73
Tabla 8 Selección de progresivas para las diferentes calicatas.....	74
Tabla 9 Distancias del borde izquierdo según el ancho por columna.....	74
Tabla 10 Distancias del borde izquierdo según los puntos.....	75
Tabla 11 Cantidad de material de muestra que será necesario en su totalidad para la presente investigación según el tipo de ensayo.....	77
Tabla 12 Operacionalización de las variables.....	78
Tabla 13 Determinación de suelo predominante según mallas.....	92
Tabla 14 Cálculos del porcentaje del contenido de humedad.....	93
Tabla 15 Cálculos del diámetro de las partículas de los finos.....	94
Tabla 16 Fórmula del índice de plasticidad IP.....	97
Tabla 17 Fórmulas para la gráfica de la curva de compactación.....	100
Tabla 18 Porcentajes que se retienen por tipo de malla.....	103

Tabla 19 Contenido de humedad del suelo ensayado integral.....	106
Tabla 20 Límite Líquido de los diferentes suelos ensayados en las calicatas de la Av. Los Tallanes – Sullana.....	107
Tabla 21 Límite Plástico de los diferentes suelos ensayados en las calicatas de la Av. Los Tallanes – Sullana.....	108
Tabla 22 Índice de Plasticidad de los diferentes suelos ensayados en las calicatas de la Av. Los Tallanes – Sullana.....	108
Tabla 23 Clasificación de suelos según índice de plasticidad de las muestras.	109
Tabla 24 Límite de Retracción de forma indirecta de los diferentes suelos ensayados en las calicatas de la Av. Los Tallanes – Sullana.	109
Tabla 25 Clasificación de las muestras de suelo según el método AASHTO.	112
Tabla 26 Porcentajes óptimos de humedad.	113
Tabla 27 Valores de Densidad Máxima Seca.....	113
Tabla 28 Porcentajes de expansión del suelo integral y las inclusiones de vinaza.	118
Tabla 29 Índices de CBR del suelo integral y las inclusiones de vinaza. ..	118
Tabla 30 Caracterización del suelo cohesivo (materia integral) y los porcentajes de inclusión de vinaza.	131

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1 Diameters of cohesive soils.	2
Figura 2 Áreas de Expansión de la ciudad de Sullana en el año 2018.	5
Figura 3 Mapa de probabilidad de licuación de suelos en la ciudad de Sullana.	6
Figura 4 Damnificados y viviendas afectadas por lluvias intensas en Sullana.	7
Figura 5 Diagrama del árbol de problemas.	8
Figura 6 Límites de Atterberg de suelos arcillosos con las combinaciones de suelo, arena y vinaza.	15
Figura 7 Variaciones de la densidad máxima seca del suelo.	15
Figura 8 Las resistencias de los suelos al ser combinados con la vinaza y la arena.	16
Figura 9 Límites de Atterberg con distintos porcentajes de vinaza de caña de azúcar.	17
Figura 10 CBR antes de la inmersión y después de la inmersión con diferentes porcentajes de vinaza de caña de azúcar.	18
Figura 11 Valores de CBR vs Nro. de Calicatas según porcentajes de vinaza.	27
Figura 12 Conformación de las capas de un pavimento flexible.	30
Figura 13 Límites de Atterberg.	32
Figura 14 Clasificación de suelos según índices de plasticidad.	32
Figura 15 Carta de plasticidad de Casagrande.	33
Figura 16 Símbolos gráficos para suelos – Clasificación SUCS.	35

Figura 17 Cuadro para la clasificación de suelos en la metodología ASSHTO.	36
Figura 18 Cuadro para la clasificación del tipo de subrasante en función del Índice de Grupo.	38
Figura 19 Clasificación de suelos según tamaño de sus partículas.	40
Figura 20 Potencia de expansión de la caolinita, illita y montmorillonita.	41
Figura 21 Suelo arcilloso saturado, contraído y expandido.	43
Figura 22 Ecuación para la determinación de la actividad.	46
Figura 23 Gráfico de clasificación del potencial de hinchamiento.	47
Figura 24 Ecuación para la determinación de la actividad.	47
Figura 25 Categoría de subrasante.	51
Figura 26 Mapa de zonificación de suelos expansivos de la región norte y nororiente del Perú.	54
Figura 27 Maquinaria de esparcidor de estabilización.	57
Figura 28 Elementos de un camión distribuidor de asfalto.	58
Figura 29 Compuestos químicos de la vinaza.	61
Figura 30 Caracterización de la vinaza.	62
Figura 31 Trazo de la Av. Los Tallanes en Sullana - Piura - Perú.	70
Figura 32 Cruce entre la Av. Los Tallanes y la Av. El Niño en Sullana - Piura-Perú.	71
Figura 33 Selección de cantidad de calicatas según el tipo de carretera.	72
Figura 34 Selección de números aleatorios según el número de columna.	73
Figura 35 Cantidad de ensayos del tipo Mr y CBR según el tipo de carretera.	76
Figura 36 Mapa de zona geográfica del distrito de Sullana.	82
Figura 37 Ubicación de las calicatas en la Ciudad de Sullana, provincia de Sullana en la Av. Los Tallanes.	83
Figura 38 Obtención de las muestras en la calicata uno en la ciudad de Sullana en la Av. Los Tallanes.	84
Figura 39 Obtención de muestras de las calicatas dos y tres en la ciudad de Sullana en la Av. Los Tallanes.	85
Figura 40 Coordenadas UTM de la calicata C-01.	86
Figura 41 Coordenadas UTM de la calicata C-02.	86
Figura 42 Coordenadas UTM de la calicata C-03.	87

Figura 43 Sacos de suelos extraídos en el distrito de Sullana.....	88
Figura 44 Muestro de suelo en el laboratorio según MTC E 101.	88
Figura 45 Características de la vinaza de Caña Brava.	89
Figura 46 Galoneras de vinaza de Caña Brava.	90
Figura 47 Galoneras de vinaza en el laboratorio.....	91
Figura 48 Muestras de partículas de suelo finos para análisis granulométrico por medio del hidrómetro.	95
Figura 49 Preparación de las muestras para la realización del límite líquido.	96
Figura 50 Fórmula para el cálculo del límite de contracción.	98
Figura 51 Preparación de la muestra en molde en ensayo de Proctor modificado.....	99
Figura 52 Prueba de penetración al molde del suelo.	101
Figura 53 Curva granulométrica del suelo matriz promedio.....	105
Figura 54 Curva granulométrica del suelo matriz con incidencia en los finos.	107
Figura 55 Límites de consistencia por los ensayos de laboratorio.	110
Figura 56 Carta de Plasticidad de Casagrande.....	111
Figura 57 Contenido de humedad óptima para la muestra de material integral.	114
Figura 58 Contenido de humedad óptima para la muestra de suelo + 30% de vinaza.	114
Figura 59 Contenido de humedad óptima para la muestra de suelo + 45% de vinaza.	115
Figura 60 Contenido de humedad óptima para la muestra de suelo + 60% de vinaza.	115
Figura 61 Contenido de humedad óptima para la muestra de suelo + 75% de vinaza.	116
Figura 62 Contenido de humedad óptima para la muestra de suelo + 90% de vinaza.	116
Figura 63 Relación entre la máxima densidad seca y las muestras.....	117
Figura 64 Valores de CBR de la muestra de suelo integral (izquierda) y el de suelo + 30% de vinaza (derecha).	119

Figura 65 Valores de CBR de la muestra de suelo + 45% de vinaza (izquierda) y el de suelo + 60% de vinaza (derecha)	120
Figura 66 Valores de CBR de la muestra de suelo + 75% de vinaza (izquierda) y el de suelo + 90% de vinaza (derecha)	120
Figura 67 Porcentajes de expansión del suelo en las diferentes muestras.	121
Figura 68 Índices de CBR en las diferentes muestras de suelo con la clasificación de la subrasante según el MTC.	122
Figura 69 Análisis de Precios Unitarios para la estabilización de subrasante con adición de cal al 3%.	123
Figura 70 Análisis de Precios Unitarios para la estabilización de subrasante con adición de vinaza al 30%.	123
Figura 71 Análisis de Precios Unitarios para la estabilización de subrasante con adición de vinaza al 45%.	124
Figura 72 Análisis de Precios Unitarios para la estabilización de subrasante con adición de vinaza al 60%.	124
Figura 73 Análisis de Precios Unitarios para la estabilización de subrasante con adición de vinaza al 75%.	125
Figura 74 Análisis de Precios Unitarios para la estabilización de subrasante con adición de vinaza al 90%.	125
Figura 75 Precio de estabilización de suelo por cada m ²	126

RESUMEN

Esta tesis tiene como objetivo el análisis de los efectos de la incorporación de vinaza en la estabilización de los suelos cohesivos para una subrasante en la ciudad de Sullana en el 2023, con la finalidad de presentar conocimientos nuevos en la utilización de residuos provenientes de industrias de la zona.

La vinaza es un subproducto residuo de la industria en la elaboración de etanol, mientras que los suelos cohesivos son aquellos que presentan cambios volumétricos importantes y por ello un gran daño a la estructura de ingeniería, en especial en las carreteras construidas sobre estos materiales.

El diseño metodológico partió de un enfoque cuantitativo, de tipo descriptivo, nivel aplicativo y diseño experimental, prospectivo y longitudinal, a partir de la revisión de la literatura y la realización de ensayos para obtener información primaria. Se realizó los ensayos en las muestras de suelo con los diferentes porcentajes de vinaza para comparar el nivel de mejora y poder seleccionar el porcentaje que presentó un mayor aumento de sus propiedades.

Las conclusiones del proyecto indican que la vinaza como agente estabilizador mejora las propiedades físicomecánicas de los suelos cohesivos y es una alternativa más accesible económicamente si se compara con la cal. Por lo tanto, se corroboró que, al incorporar la vinaza a la subrasante, esta mejora porque se disminuye su índice de plasticidad y se incrementa su capacidad de soporte, por lo que es válido que el Ministerio de Transportes y

Comunicaciones lo catalogue como una subrasante mejorada buena a casi excelente.

Palabras clave: suelos cohesivos, estabilización de los suelos, subrasante, vinaza y CBR.

ABSTRACT

This thesis aims to analyze the effects of incorporating vinasse in the stabilization of cohesive soils for a subgrade in the city of Sullana in 2023, with the purpose of presenting new knowledge in the use of waste from industries in the area.

Vinasse is a byproduct waste of the ethanol production industry, while cohesive soils are those that undergo significant volumetric changes, thus posing a substantial challenge to engineering structures, especially in roads constructed on these materials.

The methodological design was based on a quantitative, descriptive approach, with an applied level and an experimental, prospective, and longitudinal design, starting from a review of the literature and conducting experiments to gather primary information. Tests were conducted on soil samples with varying percentages of vinasse to compare the level of improvement and select the percentage that showed the greatest enhancement of its properties.

The project's conclusions indicate that vinasse, as a stabilizing agent, improves the physical-mechanical properties of cohesive soils and represents a more economically accessible alternative when compared to lime. Therefore, it was confirmed that by incorporating vinasse into the subgrade, improvement occurs as its plasticity index decreases, and its load-bearing capacity increases. Hence, it is valid for the Ministry of Transportation and

Communications to classify it as a subgrade improved from good to nearly excellent.

Keywords: cohesive soils, soil stabilization, subgrade, vinasse, and CBR.

NOMBRE DEL TRABAJO

EFFECTOS DE LA INCORPORACIÓN DE VINAZA EN LA ESTABILIZACIÓN DE LOS SUELOS COHESIVOS PARA UNA SUBSTRAN

AUTOR

VICTOR CHRISTOPHER CORBERA CAD DANIÉL ANDRÉ PALOMINO RAMOS-BORJAS

RECUENTO DE PALABRAS

33588 Words

RECUENTO DE CARACTERES

175251 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

201 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

15.4MB

FECHA DE ENTREGA

Oct 12, 2023 11:28 AM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Oct 12, 2023 11:31 AM GMT-5

● **12% de similitud general**

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos

- 10% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 8% Base de datos de trabajos entregados
- 2% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● **Excluir del Reporte de Similitud**

- Material bibliográfico
- Material citado
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 10 palabras)



INTRODUCCIÓN

Existen regiones en el mundo que se caracterizan por poseer suelos cohesivos, y que estos mismos se presentan con desafíos geotécnicos debido a los cambios volumétricos y baja resistencias en las carreteras. Según Taye et al. (2015) estos cambios deforman las vías al ser expuestos a grandes cargas y a la intemperie (precipitaciones), generando una necesidad de mejoramiento del suelo cohesivo por medio de la estabilización. Valle (2018) afirma que, al estabilizar el suelo, se modifica de manera positiva la caracterización y la capacidad de soporte del suelo; sin embargo, para poder modificar las características del suelo, se deben emplear tipos de estabilizaciones. Estos estabilizadores según Venkatesh et al. (2017), están compuestos por materiales alternativos que, según estudios, mejoran las características del suelo y es viable económicamente. Estos aditivos alternativos están clasificados como estabilizadores químicos y biológicos, en donde destaca principalmente el uso de materiales orgánicos (bioenzimas, semillas de vegetación, así como la vinaza). La vinaza es un subproducto residuo contaminante del proceso de elaboración del etanol, pero que estudios como el presentado por Bustamante et al. (2022) explica que su incorporación en los suelos cohesivos mejora las capacidades fisicomecánicas de los suelos.

Debido a lo explicado, se busca analizar los efectos de la incorporación de vinaza en la estabilización de los suelos cohesivos para una subrasante en la ciudad de Sullana, que se investigará por medio de los ensayos y con el

pensamiento crítico, se ahonda en los resultados obtenidos en los costos, que permita seleccionar el suelo con el porcentaje óptimo de vinaza.

De forma específica, se necesita identificar los efectos de la incorporación de vinaza en la caracterización del suelo para una subrasante en la ciudad de Sullana, se evalúa los efectos de la incorporación de vinaza en la capacidad de soporte para una subrasante en la ciudad de Sullana, así como se contrasta los efectos de la incorporación de vinaza en la comparativa de costos para una subrasante en la ciudad de Sullana que, en conjunto, permita determinar el nivel de mejora de esta.

Se presenta su importancia de forma técnica, ya que los suelos presentes en las zonas de expansión de la ciudad de Sullana, tanto al este como oeste, presentan unas bajas propiedades físicomecánicas, según los estudios de mecánica de suelos del Instituto Geofísico del Perú (2019) y es necesario la estabilización del suelo con resistencias que bordean entre 1 a 1.5 kg/cm²; económica, debido a que el poder seleccionar el estabilizador alternativo que viene a ser desperdicio de una industria, es decir, con un valor inherentemente bajo, al igual que encontrarse en una zona geográfica cercana, 30km, siendo los costos de fletes en muchos proyectos, los que inciden de forma importante en los presupuestos finales para obras viales, puede disminuir el valor de inversión que se necesitaría para contemplar la vinaza como una alternativa a usar; social, ya que la Av. Los Tallanes es catalogado según la Municipalidad Provincial de Sullana como una vía principal, debido a que une de forma longitudinal la parte norte del sur, en la zona oeste de la ciudad, que presenten una propuesta para mejorar la vía principal no solo mejora la calidad de vida de los pobladores, debido a que se disminuye la cantidad de contaminación por polvo al ser una vía de trocha carrozable, sino que además aumenta el valor de las viviendas colindantes; y medio ambiental, ya que al reutilizar material de una industria correspondería a disminuir la huella de carbono de la región, al igual que no atentar contra la calidad del suelo.

Esta tesis tiene la siguiente estructura: En el Capítulo I se presenta el planteamiento de la investigación (problemas, objetivos, justificación, etc.), las razones para usar un estabilizador alternativo y cómo este podría ayudar a mejorar las propiedades de los suelos cohesivos. En el Capítulo II se abordan las bases teóricas, se entregan las definiciones de términos básicos y se presentan los antecedentes nacionales e internacionales, cuyas conclusiones serán confrontadas con los resultados de esta investigación. Asimismo, se formulan las hipótesis. En el Capítulo III se establece la población y la muestra, se explica el diseño metodológico, las técnicas de recolección de datos y el procesamiento de datos. En el Capítulo IV se desarrolla el proyecto en sí, aquí resaltan la toma de muestras y los noventa y seis ensayos realizados, pues el resultado de estos permitió realizar la comparación con las mejoras obtenidas para su selección y comparación de costos respecto a la cal. En el Capítulo V se presentan los resultados y en el Capítulo VI se discuten los resultados. Finalmente, se entregan cuatro conclusiones, cuatro recomendaciones, las fuentes de información y los anexos.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Situación problemática

En las diversas regiones del mundo, existen territorios que se caracterizan por poseer suelos cohesivos y que, por su naturaleza presentan desafíos geotécnicos. Por la caracterización de los suelos cohesivos, se conoce que son propensos a importantes cambios volumétricos, que son desencadenados por un aumento del porcentaje de contenido de humedad en los suelos, principalmente por las precipitaciones, que conlleva un gran daño a la estructura de ingeniería, en especial a carreteras construidas sobre estos suelos. (Taye et al., 2015)

Los suelos cohesivos en Asia y África no se suelen reemplazar por otro tipo de material con mejores características en carreteras, según Venkatesh et al. (2017) esto ocurre porque los tipos de métodos de estabilización tradicionales requieren mucho tiempo, incluso de acuerdo con Taye et al. (2015), en las áreas donde abundan estos tipos de suelos, escasea el material de relleno adecuado para realizar el reemplazo o mejoramiento de la subrasante, y debido a la gran demanda mundial de energía, el costo de material para la fabricación de estos agregados se habría encarecido por lo que no serían viables económicamente. Por otra parte, Taye et al. también indicaron que utilizar los estabilizadores convencionales en países en desarrollo es demasiado costoso y su proceso genera un impacto ambiental

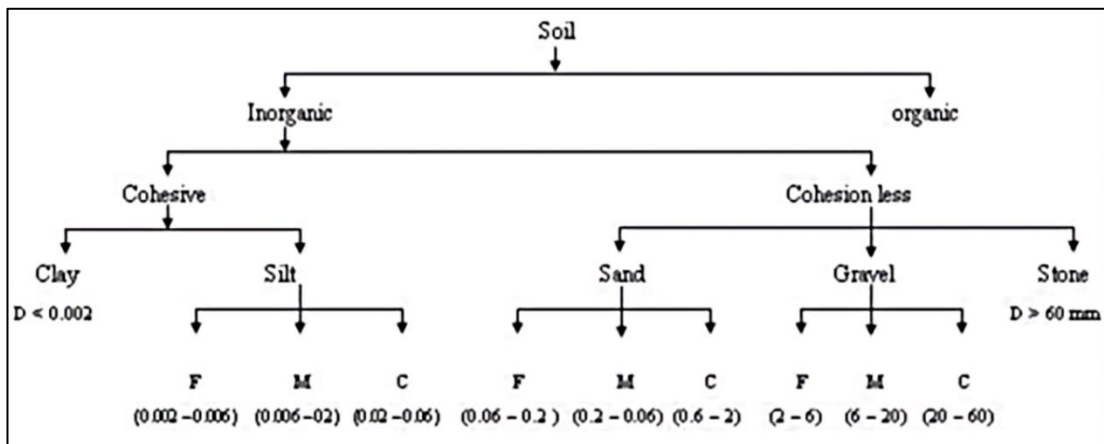
negativo que trae como consecuencia la necesidad de utilizar otros tipos de estabilizadores, que sí beneficien económica y técnicamente.

Como solución a los problemas identificados en Asia y África, Taye et al. (2015) sostuvieron que utilizar productos locales adquiridos en las mismas zonas de estudios (denominado estabilizadores alternativos) son más económicos. Al respecto, Venkatesh et al. (2017) indicó que los productos locales también pueden funcionar como estabilizadores químicos y biológicos, en la medida que pueden lograr mejoras en las características de los suelos cohesivos.

Los suelos cohesivos son los suelos con altos contenidos de limos y arcillas, o suelos de grano fino con un tamaño de partículas menor al 0.075mm (Jackson, 2020), como se puede observar en la Figura 1.

Figura 1

Diameters of cohesive soils



Nota. Información que muestra los diámetros de suelos cohesivos en milímetros.

Fuente: Jackson, 2020

Según Andina (2010), la ventaja principal en los suelos cohesivos es que aparecen en zonas con un clima que cambia drásticamente en el día, de 19°C a 7°C, y una precipitación anual de 120mm, que brindan las características ideales para la plantación de Caña de Azúcar,

sobre todo en el norte del país, es decir, en el departamento de Piura, con la empresa Caña Brava y su extensión de cultivos de 9500ha, ubicada a 6km del centro poblado Ignacio Escudero, y 30km de la ciudad de Sullana. Dicha empresa se encarga de la plantación de caña de azúcar, y que, a su vez, usan como material base para la elaboración del combustible etanol.

Según las memorias de cumplimiento anual del EIA (Estudio de Impacto Ambiental) de la empresa Caña Brava (2017 y 2018), para el cultivo de la caña, hacen uso del agua del río Chira, y se complementa con el uso del riego tecnificado automatizado (por goteo) por medio del software Agronic. En el proceso productivo, se generan 40L/s de vinaza y 30L/s de efluentes industriales, siendo la primera unas 16 veces respecto a la cantidad de etanol producido.

La vinaza es un líquido espeso que se almacena después de la fermentación y destilación de la caña de azúcar para la elaboración de etanol, químicamente está compuesto en su mayoría por materia orgánica y nutrientes como el potasio y que en su estado de efluente es altamente contaminante, por lo que se procesa para convertirlo en un líquido con alto valor fertilizante.

Para su reutilización y aplicación de la vinaza en los suelos como fertilizante, se necesita hacer un tratamiento con bacterias anaeróbicas y aeróbicas los cuales eliminan el olor y el contenido de glicerol (aceite) para disminuir la viscosidad de la vinaza y evitar atorar los goteros (Caña Brava, 2017)

En el caso del agua utilizada, la empresa Caña Brava en su informe anual de cumplimiento del Estudio de Impacto Ambiental (2018) se utilizaron 1.40L/s de agua por ha de cultivo, conllevando a un uso de más de 13,250L/s en toda su operación, siendo los 40L/s de vinaza como reemplazo del agua solo un 0.3% del mismo, un reemplazo ínfimo, sin contar con la capacidad de 5'000,000L del reservorio para lograr fermentar la vinaza, luego el llenado de este reservorio se cumple en un día y medio, pero que el periodo de fermentado conlleva unos cinco días y los excedentes son vendidos según informes de la misma empresa.

Al explicarse anteriormente que la empresa se encuentra a 30km de la ciudad de Sullana, ya existe un mercado de la melaza como un fertilizante para los agricultores con extensión de fundos mucho menores.

La ciudad de Sullana se encuentra ubicado en la provincia de Sullana en la región Piura, la cual es conocida con nombres como "La Perla del Chira" en donde está compuesto actualmente según datos del Instituto Nacional de Estadística e Informática (INEI) por 311,454 hab. como lo mostrado en la Tabla 1.

Tabla 1

Tasa de crecimiento anual según el INEI en el departamento de Piura del 2007 al 2017

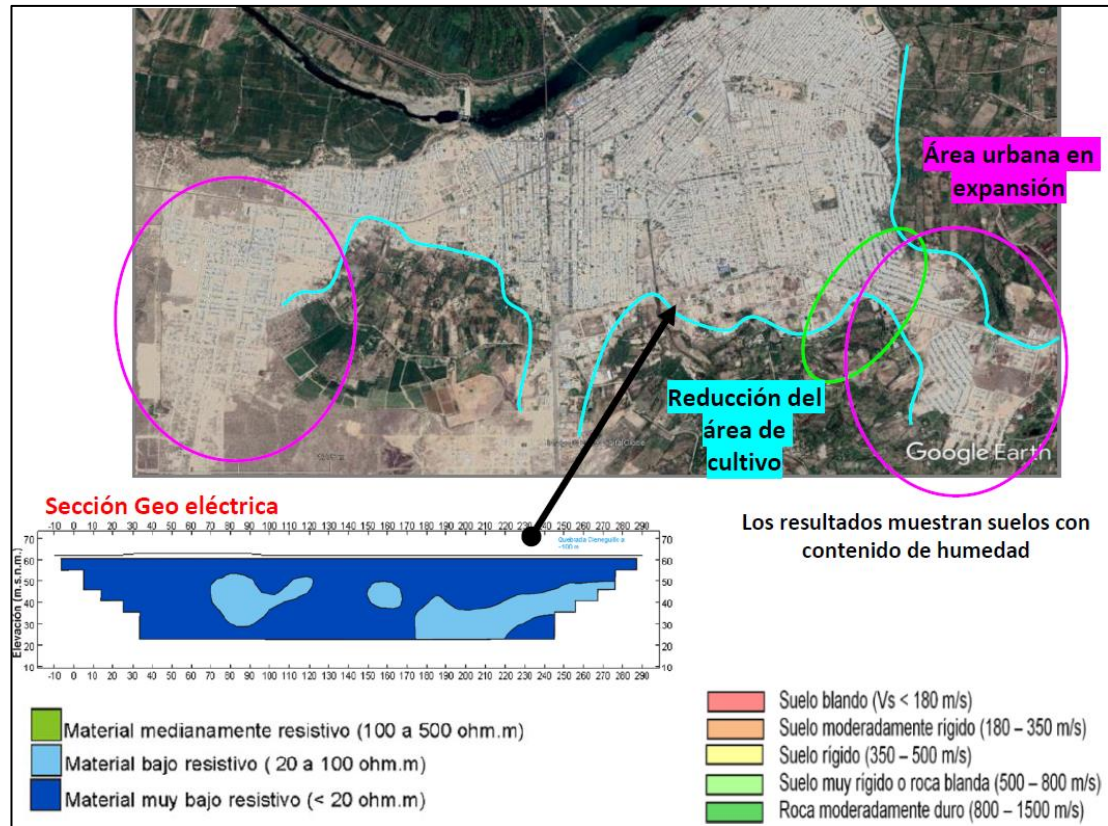
Provincia	2007		2017		Variación intercensal 2007 - 2017		Tasa de crecimiento promedio anual
	Absoluto	%	Absoluto	%	Absoluto	%	%
Total	1'676,315	100.00	1'856,809	100.00	180,494	10.80	1.00
Piura	665,991	39.70	799,321	43.00	133,330	20.00	1.80
Ayabaca	138,403	8.30	119,287	6.40	-19,116	-13.80	-1.50
Huancabamba	124,298	7.40	111,501	6.00	-12,797	-10.30	-1.10
Morropón	159,693	9.50	162,027	8.70	2,334	1.50	0.10
Paita	108,535	6.50	129,892	7.00	21,357	19.70	1.80
Sullana	287,680	17.20	311,454	16.80	23,774	8.30	0.80
Talara	129,396	7.70	144,150	7.80	14,754	11.40	1.10
Sechura	62,319	3.70	79,177	4.30	16,858	27.10	2.40

Fuente: Instituto Nacional de Estadística e Informática, 2018

Como se logró observar en la tabla antes mencionada, el crecimiento anual de la ciudad fue el sexto más importante dentro del departamento de Piura, con un crecimiento en los últimos diez años de 8.30%, es decir, con un crecimiento anual de 0.80%. Este crecimiento poblacional conllevó a disminuir las áreas de cultivo e incrementar las zonas de área urbana, como se observa en la Figura 2.

Figura 2

Áreas de expansión de la ciudad de Sullana en el 2018



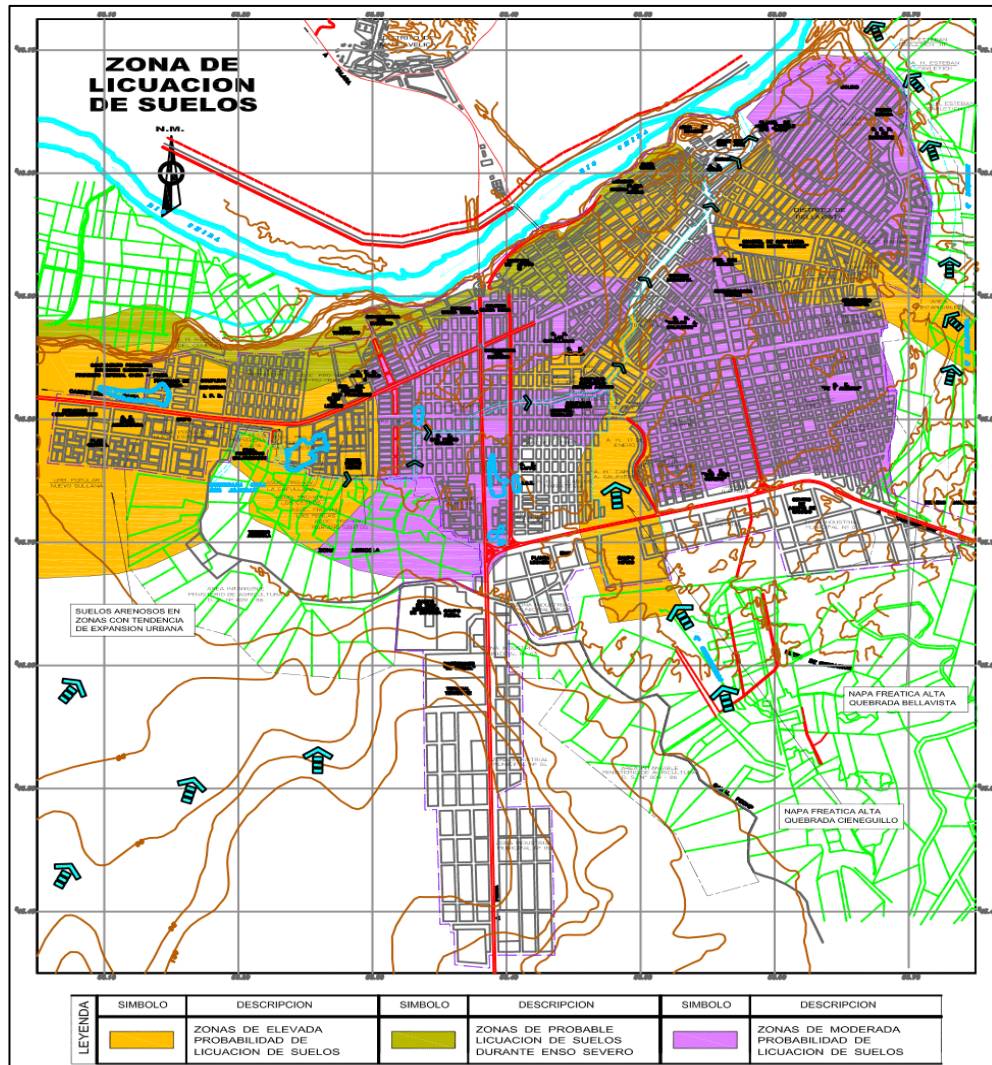
Nota. Plano que muestra cómo en las zonas suroeste y sureste de la ciudad, empieza a existir un crecimiento urbano que reduce las áreas de cultivo.

Fuente: Instituto Geofísico del Perú, 2019

En la zona oeste de la ciudad, con una utilización de suelo de tipo RDM (Residencial de Densidad Media) se puede observar que, al existir un crecimiento tan rápido, con un erario de la municipalidad provincial limitado, y un IMDA (índice medio diario anual) muy bajo para justificar unas carreteras asfaltadas, además de mencionar la tendencia del suelo a presentar el fenómeno de licuefacción de suelo como se muestra en la Figura 3.

Figura 3

Mapa de probabilidad de licuación de suelos en la ciudad de Sullana



Nota. La figura muestra las probabilidades de las zonas de licuación de suelos en la ciudad de Sullana.

Fuente: Instituto Nacional de Desarrollo Urbano, 1999

Se menciona además que la calidad de las vías se encuentran deficientes, debido a que se encuentran a nivel de trochas carrozables, sin embargo, los problemas para estas vías son aún mayores cuando ocurren fenómenos como el del Niño, aniegos, así como avenidas del río Chira o lluvias, fenómenos cada vez más recurrentes todos los años, y al ser diseñadas con un CBR (Californian Bearing Ratio) del mismo suelo sin ser

estabilizado o reemplazado, da como resultado, unas vías cada año más desgastadas e intransitables, como se observa en la Figura 4.

Figura 4

Damnificados y viviendas afectadas por lluvias intensas en Sullana



Nota. La figura muestra el nivel de daño que se produce en la ciudad de Sullana por las intensas lluvias de la zona.

Fuente: Andina, 2016

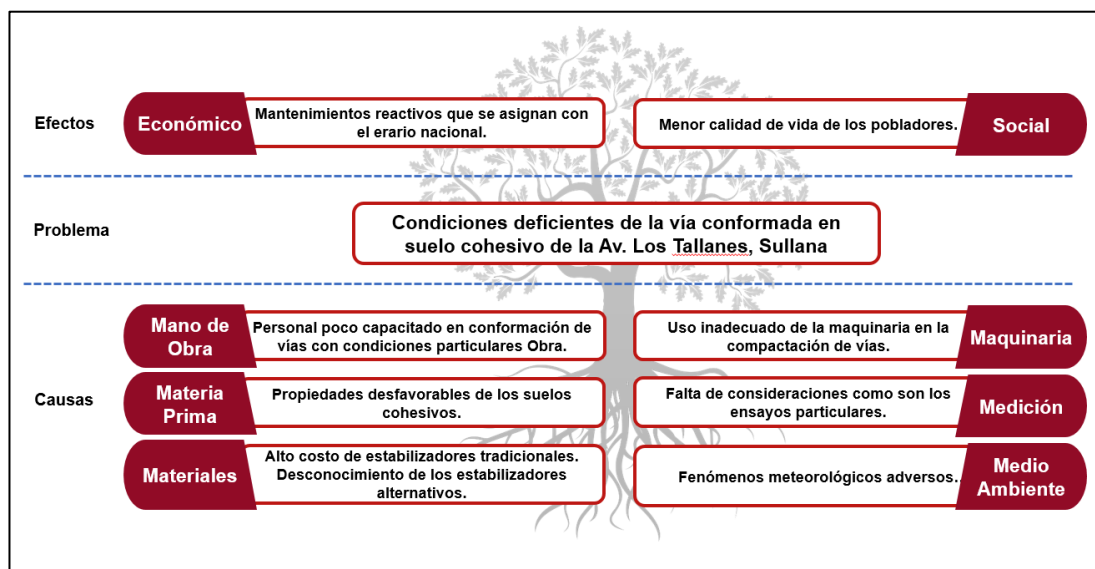
La vinaza no solo cumple con altos niveles de potasio que le da las propiedades de fertilizante, sino que según autores nacionales como López & Aguilar (2016) o Córdova (2018), o autores internacionales como Goncalves (2013) y Amunza (2020) estos mismos nutrientes permiten un incremento como estabilizador de los suelos.

Para la validación de la problemática y la posible solución que se buscó para el trabajo de investigación, se realizó una entrevista a expertos relacionados con la carrera de ingeniería civil, en donde se les hizo diversas preguntas para encontrar las diferentes causas de las condiciones deficientes actuales de la vía conformada en suelo cohesivo de

la Av. Los Tallanes, Sullana junto con sus efectos, como se aprecia en la Figura 5.

Figura 5

Diagrama del árbol de problemas



Nota. Se relaciona las causas con la problemática y sus efectos a partir de las encuestas a expertos.

Elaborado por: los autores

Es por todo lo expuesto que la vinaza en ciertos porcentajes reemplazando el agua del suelo se puede considerar un estabilizador con propiedades favorables de los suelos cohesivos para la subrasante en la ciudad de Sullana.

1.2 Definición del problema

Se necesita conocer cuáles son los efectos que tendrá la incorporación de vinaza en la estabilización de los suelos cohesivos para una subrasante en la ciudad de Sullana, desde averiguar, como influye en la caracterización del suelo, en su capacidad de soporte, y en una comparativa de costos respecto al producto estabilizador más utilizado en la zona, la cal.

1.3 Formulación del problema

1.3.1 Problema general

¿Qué efectos tendrá la incorporación de vinaza en la estabilización de los suelos cohesivos para una subrasante en la ciudad de Sullana?

1.3.2 Problemas específicos

- a) ¿En qué medida influye la incorporación de vinaza en la caracterización del suelo para una subrasante en la ciudad de Sullana?
- b) ¿En qué medida influye la incorporación de vinaza en la capacidad de soporte para una subrasante en la ciudad de Sullana?
- c) ¿En qué medida influye la incorporación de vinaza en la comparativa de costos para una subrasante en la ciudad de Sullana?

1.4 Objetivo general y específicos

1.4.1 Objetivo general

Analizar los efectos de la incorporación de vinaza en la estabilización de los suelos cohesivos para una subrasante en la ciudad de Sullana.

1.4.2 Objetivos específicos

- a) Identificar los efectos de la incorporación de vinaza en la caracterización del suelo para una subrasante en la ciudad de Sullana.
- b) Evaluar los efectos de la incorporación de vinaza en la capacidad de soporte para una subrasante en la ciudad de Sullana.
- c) Contrastar los efectos de la incorporación de vinaza en la comparativa de costos para una subrasante en la ciudad de Sullana.

1.5 Importancia de la investigación

Para el trabajo de investigación, poder explicar el por qué se decide escoger el tema al igual que las variables que influyen, son

el eje principal de esta misma, por lo que se especifica en diferentes temas de la siguiente manera:

- **Importancia técnica:** Los suelos presentes en las zonas de expansión de la ciudad de Sullana, tanto al este como oeste, presentan unas bajas propiedades físicomecánicas, según los estudios de mecánica de suelos del Instituto Geofísico del Perú (2019), las capacidades admisibles se encuentran entre los rangos de 0.75 a 1.05 kg/cm² y un promedio de CBR (Californian Bearing Ratio) del 4%, resultados que se pueden contrastar con los manuales del MTC (Ministerio de Transportes y Comunicaciones) y determinar que suelos con esas capacidades técnicas, están en el rango de necesidad de estabilizar. Para el caso de la Av. Los Tallanes en Sullana, al encontrarse emplazada como una vía principal, pero ser aun así una trocha carrozable con fallas y que repercute en las constantes rehabilitaciones, poder estabilizarlo mejoraría sus características y resistencia a los fenómenos que la afectan (avenidas, lluvias intensas o aniegos), además de presentarse como una alternativa para la estabilización de los suelos cohesivos en el norte del país.
- **Importancia económica:** Existen muchos agentes estabilizadores en el mercado, pero poder seleccionar uno que viene a ser desperdicio de una industria, es decir, con un valor inherentemente bajo, al igual que encontrarse en una zona geográfica cercana, 30km, siendo los costos de fletes en muchos proyectos, los que inciden de forma importante en los presupuestos finales para obras viales, puede disminuir el valor de inversión que se necesitaría para contemplar la vinaza como una alternativa a usar. Esta alternativa, puede presentarse por su bajo costo respecto a los estabilizadores más comunes, y siendo una propuesta en reemplazo de estabilizaciones físicas o mecánicas.
- **Importancia social:** La vía que corresponde a la Av. Los Tallanes, es catalogado según la Municipalidad Provincial de Sullana como una vía principal, puesto que une de forma longitudinal la parte norte del sur, en la zona oeste de la ciudad, que presenten una propuesta para mejorar la vía principal no solo mejora la calidad de vida de los pobladores, puesto que se disminuye la cantidad de contaminación por polvo al ser una vía de

trocha carrozable, sino que además aumenta el valor de las viviendas colindantes.

- **Importancia medio ambiental:** La vinaza como subproducto de la elaboración de etanol es un efluente contaminante, es por ello que se necesita procesar para poder obtener los beneficios como fertilizante, debido a ello, el poder reutilizar el material de una industria correspondería a disminuir la huella de carbono de la región, al igual que no atentar contra la calidad del suelo, no solo de la ciudad de Sullana, sino de cualquier zona de construcción que se desee emplear este residuo.

1.6 Viabilidad o presupuesto

La propuesta se encontró factible gracias al apoyo del alcalde de la Municipalidad Provincial de Sullana el Sr. Edwar Power Saldaña Sánchez, cuya carta de solicitud para la elaboración de las calicatas se adjuntó en los anexos como Anexo 2 del presente trabajo, y con respecto a los diferentes factores:

- **Viabilidad técnica:** El realizar la propuesta de estabilización de una vía principal, se conoció los diferentes métodos de estudio e investigación, al igual que existe información bibliográfica respecto al tema que abordan no solo nacional sino internacional, se concluye que fue factible técnicamente una mejora de la vía con vinaza.
- **Viabilidad social:** El presentar una propuesta a la Municipalidad de Sullana de una vía principal, incentiva tanto a los trabajadores dentro de la municipalidad, así como a los estudiantes de la carrera de Ing. Civil de la zona, a darles énfasis a poder reutilizar materiales desperdicios, y que genera a su vez una mentalidad de reciclaje y cuidado del medio ambiente.
- **Viabilidad económica:** En el tema de los ensayos en laboratorio, se consideró factible económicamente debido a que se logró cubrir en su totalidad los traslados, obtención de muestras y resultados de ensayos del alcance presentado en el trabajo de investigación.

1.7 Alcance y limitaciones

1.7.1 Alcance

Corresponde a delimitar los puntos a tratar dentro de la investigación al igual que entender hasta dónde investigar, como:

- a) La zona de estudio solo corresponde geográficamente a Av. Los Tallanes en la ciudad de Sullana en la zona oeste de la ciudad, la vía tiene una extensión de 3km.
- b) Se tomó en cuenta a la vinaza en su estado procesado, es decir, luego de haberse tratado y no ser un agente contaminante.
- c) Se realizó los diferentes ensayos para determinar las propiedades físicomecánicas en función de las normativas vigentes nacionales y clasificaciones aceptadas internacionalmente:
 - Análisis granulométrico de suelo por tamizado – *MTC E 107*.
 - Determinación del contenido de humedad de un suelo – *MTC E 108*.
 - Análisis granulométrico por medio del hidrómetro – *MTC E 109*.
 - Determinación del límite líquido de los suelos – *MTC 110*.
 - Determinación del límite plástico (L.P.) de los suelos e índice de plasticidad (I.P.) – *MTC E 111*.
 - Clasificación del tipo de suelo según SUCS y AASHTO.
 - Compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (Proctor modificado) – *MTC E 115*.
 - CBR de suelos (laboratorio) – *MTC E 132*.

1.7.2 Limitaciones

Dentro de las limitaciones con las que se contó, fueron las siguientes:

- a) Se contó con la información internacional del producto a utilizar en su estado procesado (vinaza), sin embargo, para la información nacional, no se cuentan en su mayoría con antecedentes de incorporación única del material, ya que se contó con mezclas con otros estabilizadores, como son la cal, el cemento, cenizas de bagazo, etc.

- b) Los ensayos indicados se realizaron en un laboratorio independiente llamado Ingeniería y Geotecnia SAC para poder determinar las características y cambios, ya que debido al COVID-19, los laboratorios en las universidades se encontraron cerrados temporalmente acatando los reglamentos y normativas expuestas por el gobierno.
- c) Los tipos y cantidades de ensayos que se realizó a las muestras no fueron en su totalidad las que abarcan las propiedades físicomecánicas de los suelos cohesivos, ya que cuentan con un presupuesto propio limitado.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

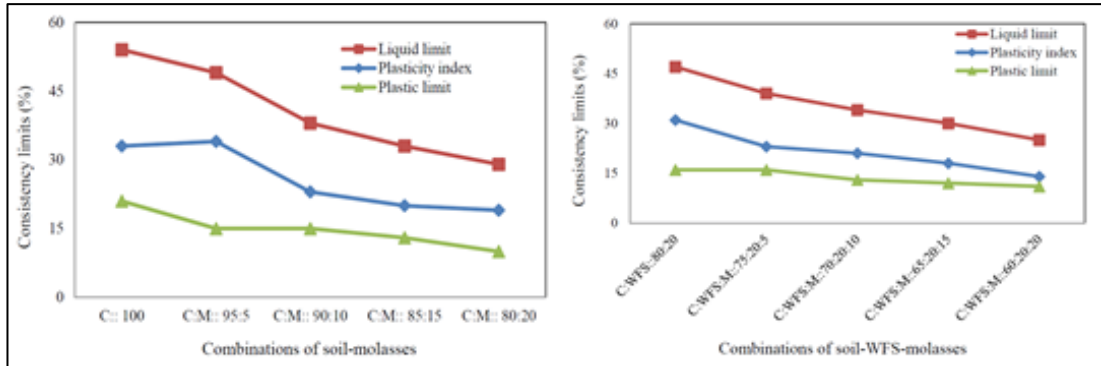
2.1 Antecedentes de la investigación

2.1.1 Antecedentes internacionales

En Singapur, en el artículo científico “Estabilización de suelos arcillosos utilizando arenas de residuos de fundición y Vinaza”, se planteó la necesidad de mejorar la estabilización del suelo debido a que presentaron problemas de asentamiento en estructuras fundadas sobre suelos arcillosos lo cual conllevó a cambios volumétricos al estar expuesto a precipitaciones, además de buscar estabilizadores alternativos como la vinaza y la arena de residuos de fundición. Es por esto que el autor estableció como objetivo mejorar las propiedades geotécnicas del suelo realizando las mezclas de suelos en combinación del 5%, 10%, 15% y 20% de vinaza, al igual que la combinación con las arenas residuos de fundición en una ratio de suelo, arena y vinaza: 75:20:5, 70:20:10, 65:20:15 y 60:20:20 para un mejoramiento en la estabilización del suelo, en donde concluyó que la adición de WFS y vinaza solos y combinados entre sí disminuye el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad del suelo cohesivo (Bhardwaj et al., 2021) como se muestra en las Figuras 6 y 7.

Figura 6

Límites de Atterberg de suelos arcillosos con las combinaciones de suelo, arena y vinaza

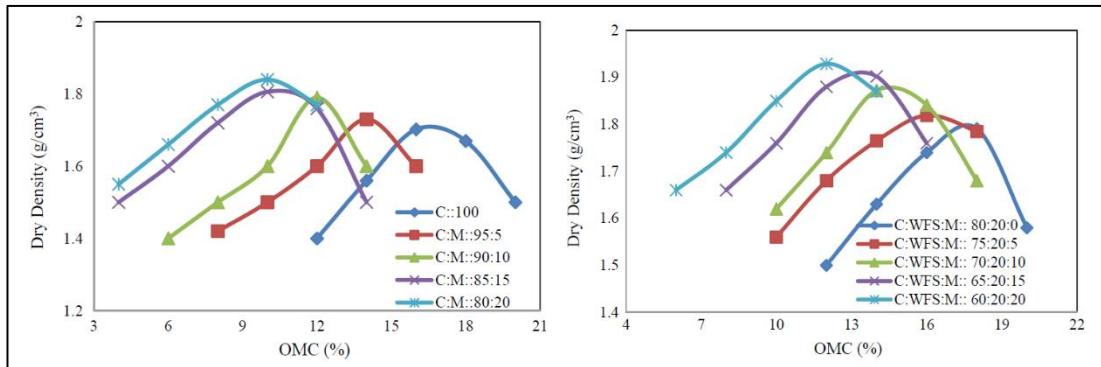


Nota. Las figuras muestran la disminución de los valores de plasticidad del suelo con las combinaciones presentadas, mejorando sus propiedades físicas.

Fuente: Bhardwaj et al, 2021

Figura 7

Variaciones de la densidad máxima seca del suelo



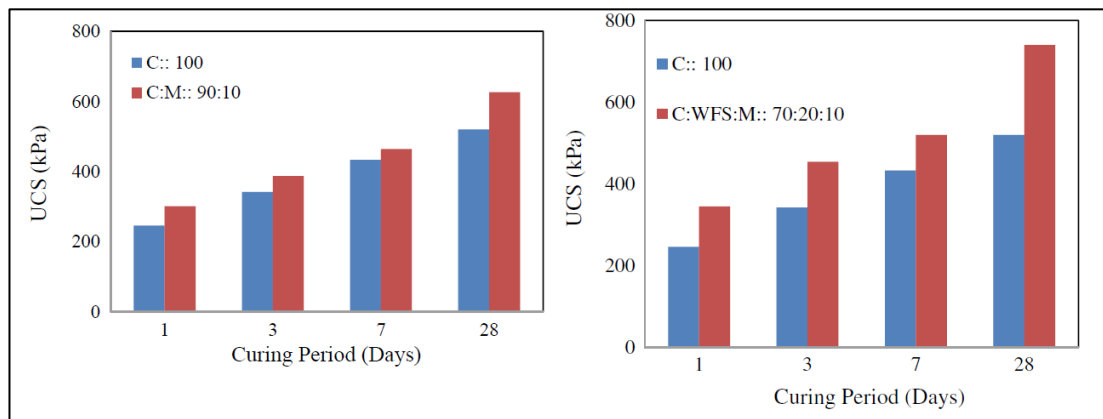
Nota. Las figuras presentan las variaciones en las densidades máxima secas de los suelos combinados con las diferentes ratios de suelo, arena y vinaza aumentando la máxima densidad seca y reduciendo el contenido de humedad.

Fuente: Bhardwaj et al, 2021

El aumento de la resistencia del suelo (kPa) con el ensayo de compresión no confinada (UCS), se presentó con el mayor aumento al ser combinado el suelo arcilloso con la arena de residuos de fundación y la vinaza en la ratio de 70:20:10, en un 52% como se explica en la Figura 8.

Figura 8

Las resistencias de los suelos al ser combinados con la vinaza y la arena



Nota. Las figuras presentan los cambios de resistencia del suelo (kPa) sometido a una mezcla del suelo arcilloso con arena y vinaza.

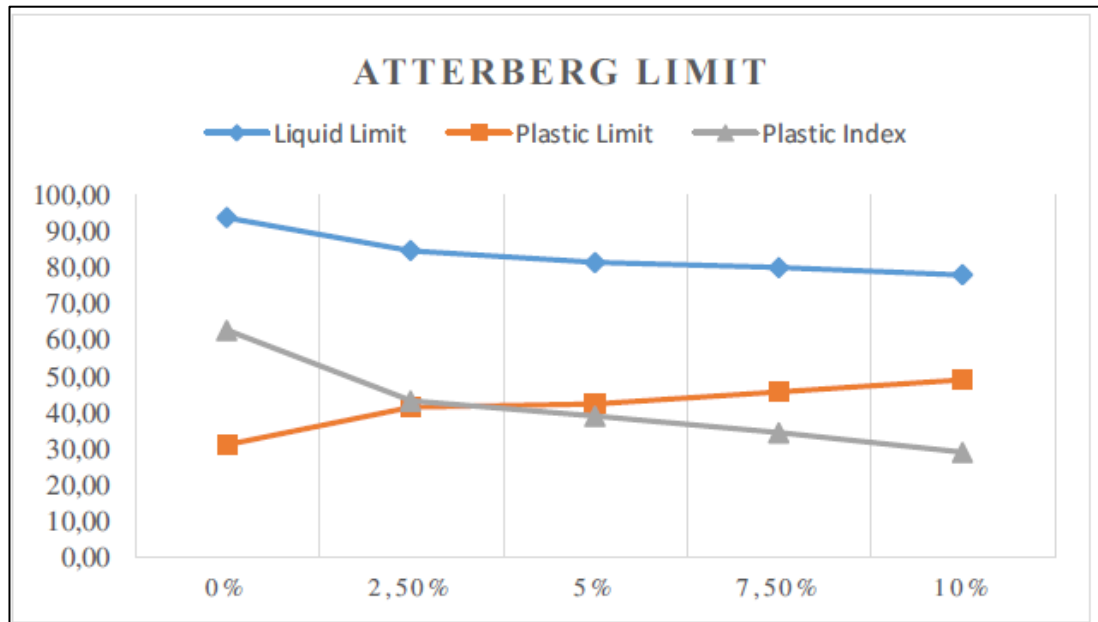
Fuente: Bhardwaj et al, 2021

En Indonesia, Wardani et al. (2020) en su artículo científico “Estabilización de suelos expansivos utilizando vinaza de caña de azúcar y Concreto SikaCim”, mencionó que la arcilla expansiva se encuentra a menudo en las carreteras de este país y para superar estos problemas se utilizan varias alternativas para la estabilización, como la reducción del valor del índice plástico y el aumento del CBR, a su vez explicó que la vinaza posee un elemento importante que es el sílice que funciona para unir el agua con el suelo arcilloso reduciendo el límite plástico y aumentando la capacidad portante; por lo cual su objetivo fue determinar el porcentaje óptimo de mezclas de suelos con vinaza y concreto con V:0%, V:2.5%+C:1%, V:5%+C:1%, V:7.5%+C:1% y V:10%+C:1% con respecto al suelo para la estabilización., en donde resultados indicaron que las partículas

del suelo aumentaron haciendo que el índice de plasticidad disminuya, mejorando su propiedad física y siendo menos deformable.

Figura 9

Límites de Atterberg con distintos porcentajes de vinaza de caña de azúcar



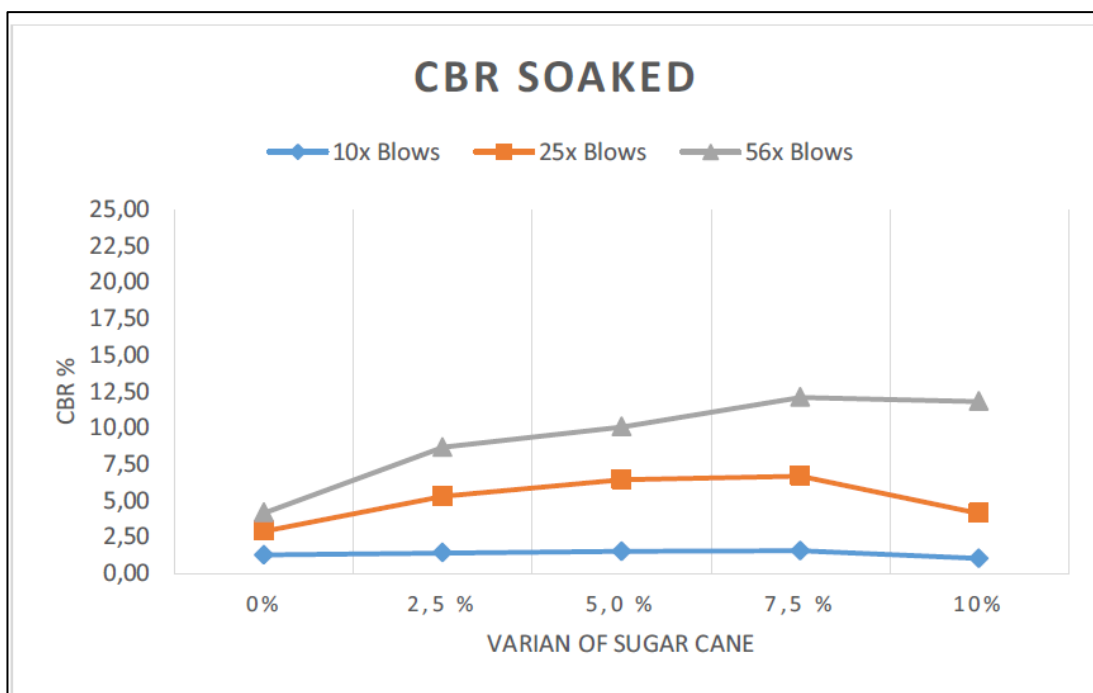
Nota. La figura muestra la relación que se obtiene con los diferentes porcentajes de vinaza de caña de azúcar en los suelos.

Fuente: Wardani et al, 2020

Para la máxima densidad seca, al añadirle V:7.5%+C:1% sale un valor de 1.86% y la capacidad de soporte (CBR), aumenta en su punto máximo al arrojar un valor de 12% y baja si se le añade V:10%+C:1% con aditivo de concreto Sikacim con valores de 1.80% y 11.3% luego de la inmersión, como se indican en la Figura 10.

Figura 10

CBR antes de la inmersión y después de la inmersión con diferentes porcentajes de vinaza de caña de azúcar



Nota. La figura muestra como la variación del CBR con las diferentes cantidades de golpes ejercidas por el ensayo de Proctor donde se puede apreciar que el punto máximo fue del 7.5% de vinaza.

Fuente: Wardani et al, 2020

En Kenia, en la tesis de maestría “Estabilización de suelos lateríticos para rutas sin pavimentar usando la vinaza en los subcondados de Butere y Momias”, se encontró que los caminos sin pavimentar se desgastan demasiado rápido, ocasionando una menor resistencia y cambios volumétricos por los vehículos y las lluvias, entonces para solucionar este problema se optó por la vinaza debido a que contenía algunos compuestos que reaccionan con el suelo de laterita y cambian características del suelo, por lo que el autor propuso analizar la combinación de 1%, 2%, 3% y 4% del suelo con la vinaza, lo cual mejora las propiedades físicas del suelo, siendo el porcentaje de 2% el óptimo, aumentando el CBR original de 19.4% a 62.3% por lo que se concluyó que la vinaza de caña de

azúcar mejora la calidades de ingeniería del suelo, es decir, el CBR, la densidad y disminuyó el contenido óptimo de humedad y el índice de plasticidad del suelo. (Amunza, 2020)

En Etiopía, Melese et al. (2018) en su tesis de maestría “Revisión de estabilización de suelos limosos con cenizas de bagazo y vinaza con cemento”, mencionó con el aumento de la población y la escasez de tierras disponibles, la mayoría de las tierras agrícolas se convierten en sitios de construcción donde estos suelos de algodón negro que tiene una gran propiedad de dilatación y contracción cuando se expone a cambios en el contenido de humedad y baja capacidad de soporte por lo que se busca emplear combinaciones de estabilizadores para mejorar la estabilización del suelo y que estas sean económicas. Para esto, el objetivo fue registrar dos combinaciones diferentes, la de ceniza de bagazo con porcentajes de 2%, 4%, 6% y 8%, y de cemento con vinaza con porcentajes de 4%:4%, 8%:4% y 12%:4% para la estabilización. Comparando ambos resultados, el porcentaje óptimo de CBR del suelo con 1.3%, es superado por la combinación de cemento con vinaza, con dosificación de 4%:4%, obteniendo un CBR de 63.5%, y que permite la mejor relación costo-beneficio.

También en Etiopía, en el artículo científico “Estabilización de suelos arcillosos expansivos con vinaza de caña de azúcar y cemento”, se encontró suelos arcillosos que causan problemas geotécnicos, generando cambios volumétricos, siendo un problema en los caminos construidos sobre estos suelos por lo que se desea mejorar sus propiedades aplicando una estabilización química. Entonces para solucionar esta necesidad, el autor propuso como objetivo investigar la idoneidad y eficacia de la vinaza de caña de azúcar, cemento y su combinación para estabilizar suelos arcillosos expansivos con fines de ingeniería en donde concluyó que la adición de un 4 % de vinaza y un 4 % de cemento aumentó el valor de CBR en un 1 % del suelo nativo a 64%, redujo 53% el valor de PI del suelo nativo a 19% y redujo de 10.4% mejorando la estabilización del suelo arcilloso expansivo. (Taye et al., 2015)

En Irán, Nasiri et al. (2021) en su artículo científico “Estabilización simple pero rápida de arcilla utilizando un subproducto de desecho”, afirmó que las arcillas pueden sufrir una deformación excesiva en condiciones normales y cargas de trabajo de las estructuras suprayacentes debido a su baja resistencia al corte y alta susceptibilidad al cambio de humedad generando preocupación por las infraestructuras de ingeniería civil y también en los últimos años, muchos investigadores indagaron los beneficios de la industria residuos orgánicos específicos para su uso en proyectos de construcción de ingeniería debido a las preocupaciones ambientales hacia los residuos acumulados en los vertederos como es la vinaza. El objetivo fue analizar el comportamiento del arcilloso con adicción de la vinaza con una dosificación del 15% con respecto al suelo en donde se concluyó que reduce el índice de plasticidad haciendo que sus partículas se aglomeren formando agregados más grandes asemejándose a las partículas del limo conduciendo a una reducción del hinchamiento del suelo si se somete el ingreso del agua producto de las lluvias y con el ensayo de UCS, a los 28 días arroja un valor de 220.7 KPa siendo el doble del suelo natural, haciéndose más resistente a las cargas axiales.

En Japón, en el artículo científico “Compactación de arcilla caolinita usando vinaza, ácido acético y óxido de calcio”, se presentó el problema de mejorar el suelo con cal o cemento, que, si bien es cierto, mejorar de manera rápida la estabilización del suelo, sin embargo, puede producir una contaminación por agua alcalina de la cal o emisión del dióxido de carbono por parte de la producción del cemento por lo que se requiere estabilizadores alternativos que mitiguen el impacto ambiental a la hora de aplicarse en las vías. El autor propuso evaluar la dosificación de la vinaza al 10%, ácido acético al 0.9% y óxido de calcio al 0.1% al suelo arcilloso con caolinita a los 1, 3, 7 y 28 días de curado en donde se determinó que reduce el índice de plasticidad a un 8.5 y aumenta su resistencia con el ensayo brasileño o ensayo de tracción indirecta aumentado el doble del suelo arcilloso. (Takashi et al., 2022)

En la India, Ravi et al. (2015) en su artículo científico “Estudio sobre el efecto de la vinaza en la resistencia del suelo”

mencionó que, debido a la creciente urbanización, la tierra para la construcción fue cada vez más escasa por lo que fue importante utilizar la tierra limitada adecuada y que proporcione una base sólida para la estructura, caso contrario, buscar alternativas para mejorar las propiedades del suelo, denominándose este proceso como estabilización para mejorar la resistencia y disminuir los cambios volumétricos. El fin de esta investigación fue estudiar la efectividad de los usos de estabilizador de suelo líquido no convencional, es decir, la vinaza para mejorar a resistencia al corte y el valor CBR de dos tipos de suelos de grano fino (arcilla compresible intermedia con dosificaciones de 5%, 6%, 7%, 8% de vinaza y arcilla altamente compresible con ratios de 9%, 10%, 11% y 12% de vinaza) en donde la resistencia a la compresión no confinada del suelo aumentó con una relación de incremento en el rango de 1.57-2.01 para ambos tipos de suelos y el valor CBR antes de la inmersión, CBR con curado de tres días, y CBR luego de inmersión de cuatro días para el suelo con arcilla compresible intermedia con una dosificación del 8% de vinaza arroja valores de 14.08%, 20.98% y 2.17% respectivamente y para el suelo con arcilla altamente compresible arroja con dosificación del 11% valores de 11.62%, 16.95% y 3.48% y se tuvo una relación de incremento de 2 a 3,5 en ambos tipos de suelos mejorando en la estabilización.

También en la India, en el artículo científico “Estudio sistemático para el reforzamiento de la subrasante del pavimento mediante la estabilización de suelos expansivos con vinaza y fibra de yute” se presentó el suelo BC o el suelo negro que es un suelo expansivo lo cual son particularmente útiles para desarrollar algodón, sin embargo debido a la expansión de la población, se requiere construir sobre esos tipos de suelos que presentan problemas como su baja capacidad de soportes y alta plasticidad. Se buscó mejorar el CBR del suelo expansivo mediante la mezcla de fibra de yute y mezcla de vinaza mediante ratios de vinaza al 5%, 8%, 12% y 15% y mezcla de ambos aditivos al V:12%-F:0.5%, V:12%-F:1%, V:12%-F:1.5% y V:12%-F:2% en donde el índice de plasticidad, máxima densidad seca y CBR del suelo patrón salen 45%, 1.399 gr/cm³ y 1.98% respectivamente y al añadirle 12% vinaza los 3 indicadores arrojan valores de

39%, 1.435 gr/cm³ y 4.09% en donde según IRC 37-2001 y 37-2012 de la normativa de la India, el suelo de subrasante debe poseer el valor mínimo de CBR del 6 %. por lo que no fue suficiente para la subrasante de pavimento flexible para carreteras de bajo volumen y al añadirle V:12%-F:1.5%, el índice de plasticidad, máxima densidad seca y CBR salen 37.89%, 1.596 gr/cm³ y 6.11% respectivamente, para concluir que este suelo expansivo tratado fue adecuado como subrasante para pavimentos flexibles según los códigos de práctica IRC 37-2001 y 37-2012. (Sadique et al., 2023)

De igual manera, en la India, Venkatesh et al. (2017) en su artículo científico “Estudio de suelo BC utilizado como subrasante y tratado con terrazyme como bioenzima” en donde los autores indicaron que el área de estudio fue ocupada por suelo de algodón negro que contiene arcilla como constituyente principal que se caracterizan por tener una mínima capacidad de carga y baja resistencia y se hinchan cuando entran en contacto con el agua y se encogen a medida que se secan y utilizar estabilizadores tradicionales demandan tiempo, lo que conlleva a utilizar aditivos de la zona para el mejoramiento de la estabilización del suelo, por lo que se requiere utilizar aditivos Terrazyme que es un extracto de la melaza y vinaza. Los autores proponen estudiar el efecto de terrazyme sobre el cizallamiento resistencia y valor CBR del suelo de algodón negro (BC) en la cual se realizaron pruebas de laboratorio en varias dosis, reemplazando el 1%,2%,3%,4% del agua óptima del contenido del suelo de algodón negro. Con el aumento del porcentaje de 4% de terrazyme sin sumergir, el valor de CBR se incrementó de 3.93% a 8.03%. El porcentaje de aumento fue de 104.32% y sumergido a cuatro días y su porcentaje pasa de 2.48% a 6.39% siendo adecuado como subrasante.

Asimismo, en la India, en el artículo científico “Estabilización de suelos con terrazyme para la construcción de carreteras” en expresaron una necesidad urgente en el desarrollo de una nueva técnica para mejorar la propiedades geotécnicas del suelo de la subbase siendo los suelos lateríticos como objetivo de estudio y aunque este suelo exhibe una resistencia y permeabilidad satisfactorias, pueden sufrir cambios de propiedad durante construcción, entonces se intenta estabilizar el suelo con bioenzima

para el mejoramiento de la estabilización. El propósito de la investigación fue estabilizar efectivamente el material de suelo laterítico de la manera más económica con terrazyme para el mejoramiento de sus propiedades mecánicas, en donde mencionó que este estabilizador químico es una bioenzima que mejora drásticamente las propiedades del suelo, es ecológico y económico a largo plazo. Se concluyó que la máxima densidad seca y CBR del suelo patrón arroja un valor de 1.17 gr/cm³ y 2.141% respectivamente y al añadirle terrazyme aumenta a 1.902 gr/cm³ y 5.124% aumentando estos indicadores y siendo un aumento del 139.32% del CBR con respecto al suelo patrón. (Safana et al., 2017)

Igualmente, en la India, Sushil et al. (2019) en su artículo científico “Estabilización de suelos utilizando terrazyme para la construcción de carreteras”, el requisito más importante de cualquier proyecto después de los criterios de rendimiento es su economía, viabilidad y capacidad de servicio. Los métodos tradicionales no son económicamente viables y consumen mucho tiempo por lo que se busca optar por la estabilización química y biológica para la estabilización del suelo. El objetivo de este artículo fue estudiar el cambio en las propiedades mediante la estabilización con enzima en el suelo de algodón negro y suelo rojo a 0.01 ml, 0,02 ml y 0.03 ml. Para el BCS su índice de plasticidad y CBR salen 24.13% y 2.50% y el RS sale 29.50% y 2.62% en donde concluyó que en el caso del IP para el suelo de BCS y RS agregándole terrazyme, salen valores promedio de 24.64% y 22.13% siendo catalogado como baja plasticidad mejorando su propiedad física en ambos suelos y en el CBR con adición de 0.02 ml del aditivo, para el suelo de algodón negro y suelo rojo salen 6.96% y 2.98%, indicando que mejora su propiedad mecánica para el BCS, en cambio para el RS, no mejora ya que no fue un suelo cohesivo.

Del mismo modo, en la India, en el artículo científico “Estabilización de suelos mediante el uso de terrazyme”, se afirmó que el aspecto más importante de cualquier proyecto es su costo, rendimiento, durabilidad y tiempo y los métodos utilizados convencionalmente son muy poco económicos y requieren mucho tiempo, por lo cual existe una necesidad urgente de desarrollar nuevas técnicas que mejoren las propiedades

geotécnicas del suelo para mejorar la resistencia y plasticidad, denominándose como estabilización, y es por esto que se estudia la bioenzima como material que mejora drásticamente las propiedades del suelo, siendo ecológico y económico a largo plazo. Los autores buscaron estudiar el efecto de terrazyme sobre el suelo de Dehradun utilizando dosificación de 3.0 m³/200ml, 2.5 m³/200ml, 2.0 m³/200ml, 1.5 m³/200ml en la cual al añadir el 2.0 m³/200ml a la muestra patrón, reduce el índice de plasticidad en 3.50%, aumenta la máxima densidad seca en 1.88 gr/cm³ y CBR de 7.09% a comparación del suelo integral con índice plasticidad de 3.79%, máxima densidad seca de 1.83 gr/cm³ y CBR de 2.36% concluyendo que la enzima es un líquido orgánico, de naturaleza biodegradable y no tiene ningún efecto nocivo sobre el medio ambiente y reduce los vacíos entre las partículas del suelo y minimiza la cantidad de agua absorbida en el suelo para que la compactación causada por las enzimas pueda ser máxima. (Saini et al., 2015)

En esa misma línea, en la India, Kumar et al. (2020) en su artículo científico “Una investigación experimental sobre la estabilización de Suelos usando terrazyme”, el suelo de algodón negro es arcilloso y permeable, se expande y se vuelve pegajoso durante la estación lluviosa y se contrae durante la estación seca generando grietas profundas y para superar el problema de la baja resistencia y capacidad de carga del suelo disponible y para estabilizar el suelo de las construcciones, se necesita emplear estabilizadores económicos que mejoren la estabilización. Se propuso como objetivo estabilizar el BCS (suelo de algodón negro) con enzyme (terrazyme) con los ensayos de prueba de límite de consistencia, pruebas de compactación y CBR se llevan a cabo en el laboratorio para diferentes mezclas con proporciones de 0.2, 0.4, 0.6, 0.8, 1, 1.2, 1.4, 1.6, 1.8, y 2 ml de Bio-enzima con BCS. Los valores del índice de plasticidad, máxima densidad seca y CBR del suelo BCS arrojaron datos de 43%, 1.61 gr/cm³ y 2.04% y al añadirle terrazyme, aumenta en todas las dosificaciones siendo el más óptimo el 0.8 ml con índice de plasticidad de 39.11%, máxima densidad seca de 2.34 gr/cm³ y CBR de 7.69 % ganándole al de 2 ml con índice de plasticidad de 34.19%, máxima densidad seca de 1.45 gr/cm³ y CBR de 18.43% por lo que se concluyó que el suelo se volvió más estable para

soportar una mayor esperanza de vida y más fortalecidos cuando se aplica terrazyme.

Para finalizar con el sector de la India, en el artículo científico “Investigación experimental en suelo de algodón negro utilizando bioenzimas como estabilizador del suelo en la construcción de carreteras”, los autores indicaron que las carreteras rentables son vitales para el crecimiento económico de cualquier país y existe una necesidad urgente de identificar nuevos materiales y mejorar las técnicas de construcción de carreteras para ampliar la red vial debido a que los materiales de uso común se agotan rápidamente y esto conllevó a un aumento en el costo de la construcción, por lo que se busca nuevos materiales locales y mejores técnicas, las cuales incluyen los productos tanto inorgánicos como orgánicos como las bioenzimas para la estabilización del suelo. El objetivo fue estudiar el efecto de las bioenzimas en la calidad de las capas de la subrasante/base y su influencia en el sistema de pavimento con dosis de dosis de enzimas 1%, 2%, 3% y 4%. En este estudio, se probó el suelo de algodón negro con propiedades de índice variable para el proceso de estabilización ya que el CBR del suelo patrón arroja un valor de 0.74% y agregándole 1%, 2%, 3% y 4% de bio enzimante sale CBR de 9.28%, 9.81%, 11.44% y 17.35% siendo el óptimo el de 4% para la estabilización. (Kanniyappan et al., 2019)

En Colombia, Jiménez et al. (2022) en su artículo científico “Suelo arcilloso compuesto de caolinita compuesto con fibra de caucho de llantas de desechos y vinaza de caña de azúcar”, los autores afirmaron que el uso de diferentes aditivos químicos y biológicos para mejorar la estabilización del suelo fue una práctica común en la ingeniería geotécnica durante décadas debido a que los residuos se botan en vertederos o ríos, ocasionando un impacto ambiental negativo, por lo que se necesita emplear estos residuos como estabilizadores en las carreteras. El objetivo principal fue explicar los efectos del suelo arcilloso mezclado con vinaza y RTPF con una dosificación de M2%:F0.1% , M4%:F0.1%, M6%:F0.1%, M8%:F0.1%, M10%:F0.1% y M12%:F0.1% realizando el ensayo de compresión no confinada en donde los resultados mostraron que la resistencia a la compresión no confinada mejoró de alrededor de 1,42 MPa para muestras no

estabilizadas, a 2,04 MPa para muestras con 0,1% en peso de fibras, y 2,0% en peso de vinaza con respecto al peso seco del suelo siendo óptima en el mejoramiento de la estabilización del suelo arcilloso.

Finalmente, en Ecuador, en la tesis de pregrado “Mejoramiento de suelos GP con vinaza”, el autor indica que las zonas rurales son denominados como cuarto orden en donde la mayoría son suelos GP que no son aptos y no se pueden mejorar con estabilizadores tradicionales debido a que la mayoría de los recursos se aplican a carreteras de primer orden, por lo que se busca emplear otro tipo de estabilizadores como la vinaza para emplearse en las carreteras que no están asfaltadas. Se buscó mejorar la capacidad de soporte de los suelos mal graduados, incorporando como estabilizador la vinaza a la subrasante en donde se usaron dosificaciones de 25% y 50% del aditivo, en la cual concluyó que utilizando el 50% del residuo de caña de azúcar su CBR sale 26.3% siendo 10% más resistentes a las cargas de los vehículos que el de 25% de vinaza, la adición de la vinaza, mejoró la capacidad de soporte de los suelos GP debido al contacto de la mezcla con el agua. (Loaiza, 2017)

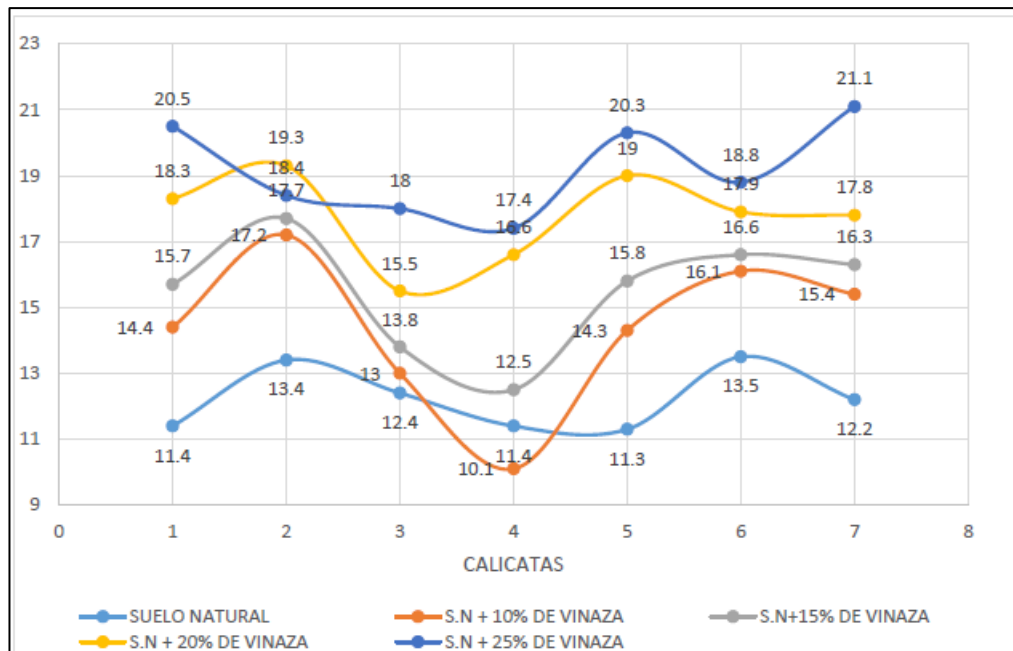
2.1.2 Antecedentes nacionales

En Chiclayo, Bustamante (2021) en su tesis de pregrado “Estabilización de suelos cohesivos mediante incorporación de vinaza de *Saccharum Officinarum*, carretera Rayme km. 0+000 al km. 5+010, Cutervo, Cajamarca”, las trochas carrozables en el sector son muy significativas debido a su baja capacidad de soporte de la subrasante, ocasionando el deterioro de estos caminos vecinales provocados por las lluvias. El objetivo de esta investigación fue determinar la estabilización de suelos cohesivos con la incorporación de vinaza de *Saccharum officinarum*, carretera Rayme km.0+000 al km. 5+010, por lo cual usa porcentajes de vinaza de *Saccharum Officinarum* con el suelo natural a 0%, 10%, 15%, 20% y 25% para 7 calicatas en donde se concluyó de que el CBR con 25% al 100% de la máxima densidad seca oscila de valores de 12.2%, 15.4%, 16.3%, 17.8% y 21.1%, aumentando su capacidad portante, sin embargo se escogerá la dosificación de 25% con 21.1% de CBR siendo una subrasante buena, ya que

su máxima densidad seca arroja 1.677 gr/cm³ a comparación del suelo patrón que arroja valores de máxima densidad seca y CBR de 1.621 gr/cm³ y 12.2% por lo que se concluyó que la vinaza de *Saccharum Officinarum* influyó positivamente en la estabilización de suelos cohesivos.

Figura 11

Valores de CBR vs Nro. de Calicatas según porcentajes de vinaza.



Nota. La figura muestra los valores de CBR y de cómo afectan los diferentes porcentajes de vinaza en los suelos.

Fuente: Bustamante, 2021

En Moyobamba, en la tesis de pregrado “Diseño de la capa de rodadura con material romerillo y la adición de vinaza de caña para su uso en la vía baños sulfurosos - Shucshuyacu, distrito de Jepelacio, Moyobamba – 2020”, el autor manifestó que, en el distrito de Jepelacio, los caminos a nivel de afirmado poseen baja capacidad de soporte debido a la baja cohesión entre materiales finos y gruesos, por lo que se necesita un adhesivo como la vinaza para trabajar de manera fluida. El objetivo fue determinar la influencia en el material romerillo y vinaza en la capa de rodadura utilizando de porcentajes de 1%, 3% y 4.5%, en donde el

porcentaje óptimo obtenido para la dosificación resultó el de 3%, aumentando las características principales, como fue su CBR al 95% de 15.4% a 23.30%, por lo tanto, influyó de manera positiva en la estabilización del suelo. (Tuesta, 2020)

En Cajamarca, Becerra et al. (2019) en su tesis de pregrado “Adición de miel de caña sobre el CBR del afirmado de la cantera el Gavilán, Cajamarca 2017”, el autor mencionó que el problema de Cajamarca, fueron sus caminos que están deteriorados debido a una baja capacidad de soporte y alta plasticidad, y no se cuenta con canteras cercanas con material de calidad para reemplazar o mezclar con el suelo existente, por lo que se busca adicionar la vinaza que funciona como ligante y adhesivo para poder facilitar el trabajo de la estabilización. El fin de la investigación fue determinar qué influencia produce el adicionar miel de caña sobre el CBR del afirmado de la cantera El Gavilán con los porcentajes de 2%, 5% y 10%, dando como resultado un aumento de las densidades secas del suelo, como sus capacidades plásticas y de resistencia, con un CBR que aumentó del 100% a 144% por lo que se pudo concluir que la adición de vinaza incrementó el CBR del afirmado.

Así también en Huancayo, en la investigación de la tesis de pregrado “Utilización de vinaza para estabilizar suelos cohesivos”, la necesidad de este estudio fue debido a la existencia de suelos cohesivos en la zona, que generaron asentamientos y deformaciones en los caminos de suelos cohesivos, por lo que se empleó estabilizadores alternativos como la vinaza. El autor propuso analizar los efectos de la vinaza en el suelo de la subrasante utilizando porcentajes de 75% de agua y 25% de vinaza, 50% de agua y 50% de vinaza y 25% de agua y 75% de vinaza en donde la mezcla última favoreció en las propiedades física como el índice de plasticidad ya que lo redujo a 18.06%, siendo un material arcilloso con plasticidad media, aumentando su máxima densidad seca 1.741 gr/cm³, CBR a 10.3% y un costo de S/. 7.31/m² siendo apto para carreteras clasificándose como una subrasante buena concluyendo que la adición de vinaza en suelos cohesivos mejora en las propiedades físicas y mecánicas del suelo siendo aceptados por la norma técnica y logrando una ventaja económica a

comparación del suelo patrón cuyos valores del índice de plasticidad, máxima densidad seca y CBR salieron 22.82, 1.722 gr/cm³, 4.30% y costo de S/. 11.84/m² con cal. (Córdova, 2018)

Finalmente, en Huaraz, Cahuana (2016) en su tesis de investigación de la tesis de pregrado “Dosificación óptima del cloruro de calcio y la vinaza de caña para la estabilización de suelos en caminos vecinales no pavimentadas del distrito de Barranca 2016”, el autor afirmó que las estabilizaciones tradicionales en este tipo de suelos, conlleva a una corta durabilidad, ocasionando baches y ahuellamientos por lo que se busca una dosificación óptima en la mezcla del cloruro de calcio y vinaza. El objetivo fue determinar la dosificación óptima de ambos estabilizadores mencionados en los caminos vecinales no pavimentados en donde se tiene porcentajes diferentes, como es el cloruro de calcio al 1%, 4% y 6%, y la vinaza de caña de azúcar con unos 2%, 4% y 6%, resultando en un peso unitario seco compactado superior a los suelos sin tratar, y con unos CBR óptimos al utilizarse el 1% de cloruro de sodio, aumentando de 40% a 52.10% y al utilizarse el 6% de la meza de caña, se obtuvo un 43.40%, con tendencia a que siga creciendo la curva, por lo que recomienda que los porcentajes deban ser aumentados para futuras referencias.

2.2 Bases teóricas

2.2.1 Pavimentos

Orejón (2018) mencionó que los pavimentos son estructuras compactadas capaz de resistir cargas generadas por los vehículos que transitan en ella, que con sus conjuntos de capas por encima del terreno natural que integran la estructura, distribuyen en cargas uniformes, evitando las deformaciones del pavimento.

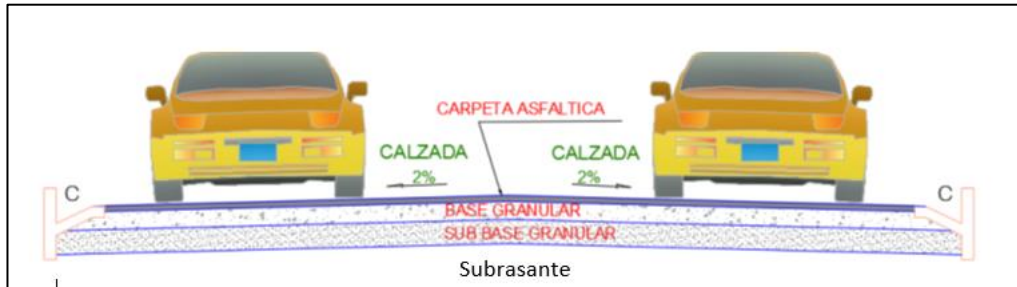
Los pavimentos están clasificados en pavimentos flexibles, pavimentos rígidos y pavimentos semirrígidos. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014)

En el caso de los pavimentos flexibles, Orejón (2018) indicó que las capas conformantes son, la subrasante, subbase

granular, base granular y carpeta asfáltica como se puede visualizar en la Figura 12.

Figura 12

Conformación de las capas de un pavimento flexible



Nota. La figura muestra un corte transversal con las partes de un pavimento flexible.

Fuente: Orejon, 2018

A continuación, se hablará de las capas que conforman el pavimento flexible con sus debidas funciones según Choque (2018):

- Carpeta asfáltica: Es la capa superior en donde se construye por encima de las demás capas elaborada por una mezcla asfáltica en donde se colocará encima de la subbase granular y tendrán como función de soportar el tránsito.
- Base granular: Es la capa debajo de la capa asfáltica y la parte superior del subsuelo granular que soporta, distribuye y transmite las cargas generadas por los neumáticos de los vehículos. Esta capa podría desarrollarse a partir de material granular ($\text{CBR} \geq 80\%$) o tratado con cualquier estabilizador y debe tener una granulometría mejor que la subbase.
- Subbase Granular: Es una capa que se construye por encima de la subrasante y soporta a la base y carpeta asfáltica que tiene como finalidad de drenar el agua para reducir la humedad del pavimento y funciona como un controlador capilar de agua. Puede estar hecho de materiales granulares ($\text{CBR} \geq 40\%$) o tratado con cualquier estabilizante.

- Subrasante: Es el terreno natural y la capa más profunda de la estructura del pavimento. Dichos suelos deben tener un CBR igual o mayor al 6%, de lo contrario se deben realizar procedimientos de estabilización para el mejoramiento del suelo e investigar las alternativas de suelo más viables.

2.2.2 Caracterización de suelos

Como mencionó Quispe (2020), la caracterización del suelo corresponde a realizar dos tipologías de cuantificaciones acreditadas respecto a su naturaleza y estado las cuales son el análisis de granulometría y límites de consistencia.

La granulometría del suelo es la cuantificación de las partículas pertenecientes a la composición del suelo que las caracteriza. En su estructura, el suelo presenta propiedades físicas y mecánicas ya que una vez clasificados estos suelos, es fundamental cuantificar su comportamiento físico y mecánico cuando se someten a esfuerzos de carga. (Quispe, 2020)

Los límites de consistencia o límites de Atterberg se utilizan para describir el comportamiento de los suelos de grano fino y clasificar a este mismo. Hay varias fases que pasa el suelo fino debido al contenido de humedad formada por el agua. El suelo fino al estar en contacto con el agua, este se halla en estado líquido en donde se puede chorrear con facilidad, pero a medida que se maneja el suelo, se va volatilizando el agua contenida en la muestra, volviéndose algo plástica logrando deformarse sin agrietarse, por lo tanto, el intervalo del suelo fino del estado líquido y estado plástico se denomina límite líquido. Si el agua se sigue disipando de la muestra, se va disminuyendo su plasticidad hasta secarse logrando una forma semisólida que se deforma presentando grietas, lo cual este proceso entre el estado plástico y estado semisólido se le denomina límite plástico. Seguidamente el suelo fino se puede contraer hasta resquebrajarse al deformarse logrando un suelo sólido lo cual este proceso entre el estado semisólido y estado sólido se le denomina límite de contracción o límite de retracción. (Quispe, 2020)

Figura 13

Límites de Atterberg

Aumento del % de agua ↑	Estado	Aspecto y comportamiento	
	Líquido	Líquido viscoso	Límite Líquido
	Plástico	Se deforma sin agrietarse	Límite Plástico
	Semisólido	Se deforma pero se agrieta	Límite de Contracción
	Sólido	Se resquebraja al deformarse	

Nota. La figura contiene los estados del suelo fino con sus correspondientes límites.

Fuente: Quispe, 2020

Entonces, índice de plasticidad se puede determinar mediante una diferencia del índice líquido e índice plástico y a partir de ese parámetro describirlo mediante un cuadro elaborado por el Ministerio de Transportes y Comunicaciones.

Hay que resaltar que, si la subrasante a estudiar es un suelo arcilloso, se tendrá que considerar su magnitud ya que es un elemento muy riesgoso debido a su gran comportamiento al agua. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014)

Figura 14

Clasificación de suelos según índices de plasticidad

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

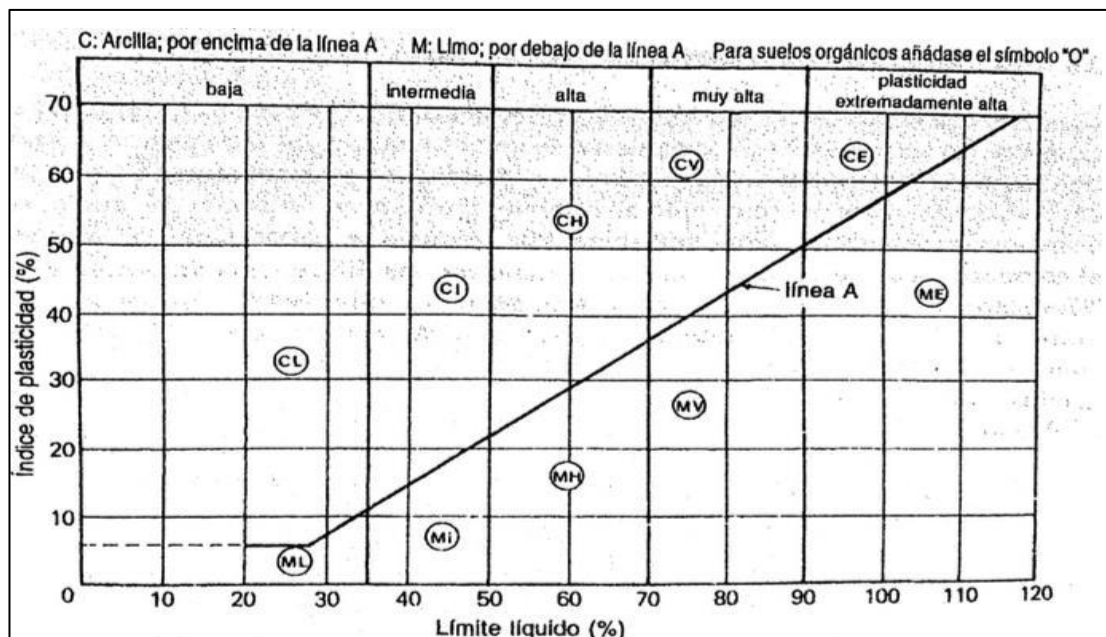
Nota. La figura presenta las características según el índice de plasticidad de los diferentes tipos de suelos.

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014

Para clasificar estos suelos, Lambe & Whitman (2016) indicaron que se debe realizar la clasificación SUCS mediante la carta de plasticidad de Casagrande obteniéndose los valores del límite líquido y límite plástico en donde se ubican las arcillas en la parte superior y los limos en la parte inferior.

Figura 15

Carta de plasticidad de Casagrande



Nota. Se aprecia en la figura la clasificación de finos según el límite líquido y el índice de plasticidad.

Fuente: Lambe & Whitman (2016) Mecánica de Suelos.

2.2.3 Clasificación de suelos

Los suelos se dividen en clasificación SUCS y ASSHTO para describir al suelo.

2.2.3.1 Clasificación SUCS

Esta clasificación es utilizada a menudo para clasificar la subrasante de una carretera (Villanueva, 2020).

Los suelos se clasifican en suelos de grano grueso (suelo granular), suelos de grano fino (suelo cohesivo) y suelos altamente orgánicos.

Los suelos de grano grueso se distribuyen en grupos de gravas (G) y arena (S), las partículas de las gravas se retienen en el tamiz N°4 (4.75 mm) y contiene un 50% mayor de la fracción gruesa, en cambio las partículas de las arenas pasan el tamiz N°4 (Villanueva, 2020). Estos suelos se dividen en 4 subgrupos, estos son:









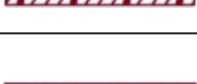
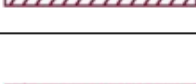
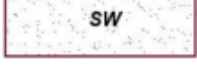



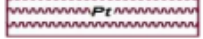
- GW, SW: Limpio de finos bien graduados.
- GP, SP: Limpio de finos mal graduados.
- GM, SM: Con cantidad apreciable de finos no plásticos.
- GC, SC: Con cantidad apreciables de finos plásticos.

Según Villanueva (2020), Los suelos finos se catalogan en grupos de limos (L) y arcillas (C), y se dividen en función a su plasticidad ya sea L (Baja - Low) o H (Alta - High) y que los suelos clasificados como orgánicos no tienen finalidad para la construcción por sus características por ser suelos compresibles, es decir con altos niveles de deformabilidad.

A continuación, se mostrará un cuadro de perfiles estratigráficos según la clasificación SUCS como se observa en la Figura 16.

Figura 16

Símbolos gráficos para suelos – Clasificación SUCS

	Grava bien graduada, mezcla de grava con poco o nada de materia fino, variación en tamaños granulares		Materiales finos sin plasticidad o con plasticidad muy bajo
	Grava mal granulada, mezcla de arena-grava con poco o nada de material fino		Arena arcillosa, mezcla de arena-arcillosa
	Grava limosa, mezcla de grava, arena limosa		Limo orgánico y arena muy fina, polvo de roca, arena fina limosa o arcillosa o limo arcilloso con ligera plasticidad
	Grava arcillosa, mezcla de grava-arena-arcilla; grava con material fino cantidad apreciable de material fino		Limo orgánico de plasticidad baja o mediana, arcilla grava, arcilla arenosa, arena limosa, arcilla magra
	Arena bien graduada, arena con grava, poco o nada de material fino. Arena limpia poco o nada de material fino, amplia variación en tamaños granulares y cantidades de partículas en tamaños intermedios		Limo orgánico y arcilla limosa orgánica, baja plasticidad
	Arena mal graduada con grava poco o nada de material fino. Un tamaño predominante o una serie de tamaños con ausencia de partículas intermedias		Limo inorgánico, suelo fino gravoso o limoso, micacea o diatometacea, limo elástico
	Arcilla inorgánica de elevada plasticidad, arcilla gravosa		
	Arcilla orgánica de mediana o elevada plasticidad, limo orgánico		
	Turba, suelo considerablemente orgánico		

Nota. La figura muestra las diferentes clasificaciones de los suelos según SUCS.

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016)

2.2.3.2 Clasificación AASHTO

Esta clasificación fue elaborada para determinar la idoneidad de los materiales en obras viales para hallar la calidad relativa de la subrasante, base, subbase y terraplén. Este sistema de clasificación se divide en 7 grupos de suelos inorgánicos, distribuidos en A-1 al grupo A-7 detallando que el A-1 es el mejor el mejor suelo con material bien graduado compuesto de arena y grava con pequeños porcentajes de arcillas

utilizados para la subrasante y el grupo A-8 es considerado como suelos orgánicos lo cual no es utilizado para la construcción de carreteras. (Universidad Tecnológica de Chile – Instituto Profesional Centro de Formación Técnica, 2018)

Para poder clasificar estos suelos, se distribuyen en una tabla para los 7 grupos de suelos inorgánicos tal y como se define en la Figura 17.

Figura 17

Cuadro para la clasificación de suelos en la metodología ASSHTO

Clasificación general	Suelos granulosos 35% máximo que pasa por tamiz de 0.08 mm							Suelos finos más de 35% pasa por el tamiz de 0.08 mm				
	A1		A3	A2				A4	A5	A6	A7	
	A1-a	A1-b		A2-4	A2-5	A2-6	A2-7				A7-5	A7-6
Análisis granulométrico												
% que pasa por el tamiz de:												
2 mm	máx. 50	máx. 50	mín. 50	máx. 35	Máx.35	máx. 35	máx. 35	mín. 35	mín. 35	mín. 35	mín. 35	mín. 35
0.5 mm	máx. 30	máx. 25	máx.10									
0.08 mm	máx. 15											
Límites Atterberg				máx. 40	mín. 40	máx. 40	mín.40	máx. 40	máx. 40	máx. 40	mín. 40	mín. 40
límite de liquido	máx. 6	máx. 6		máx. 10	máx. 10	mín. 10	mín. 10	máx. 10	máx. 10	mín. 10	mín. 10	mín. 10
índice de plasticidad											IP<LL-30	IP<LL-30
Índice de grupo	0	0	0	0	0	máx. 4	máx. 4	máx. 8	máx. 12	máx. 16	máx. 20	máx. 20
Tipo de material	Piedras, gravas y arena		Arena Fina	Gravas y arenas limosas o arcillosas				Suelos limosos		Suelos arcillos		
Estimación general del suelo como subrasante	De excedente a bueno						De pasable a malo					

Nota. Se puede observar en la figura los siete grupos de suelos inorgánicos con sus respectivas consideraciones para pertenecer a suelos granulosos o suelos finos.

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014

Estos suelos también se pueden clasificar en índice de grupos que es normado por AASHTO lo cual es una fórmula para clasificar el suelo y dependerá del límite líquido, índice de plasticidad y porcentaje de partículas del suelo.

Tabla 2

Determinación del índice de grupo

Fórmulas	Glosario
$IG = 0.2 (a) + 0.005 (ac) + 0.01(bd)$	Donde: a = F-35 (F = Fracción del porcentaje que pasa el tamiz N° 200 -74 micras) Expresado por un número entero positivo comprendido entre 1 y 40. b = F-15 (F = Fracción del porcentaje que pasa el tamiz N° 200 -74 micras) Expresado por un número entero positivo comprendido entre 1 y 40. c = LL - 40 (LL = límite líquido) Expresado por un número entero comprendido entre 0 y 20. d = IP-10 (IP = índice plástico) Expresado por un número entero comprendido entre 0 y 20 o más.

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014

Además, este índice de grupo se puede interpretar de acuerdo a los valores entre 0 a 20 a o más en donde indica que si el valor es negativo, se reporta como cero lo cual significa un suelo muy bueno y si el valor supera los 20, quiere decir que es un suelo no apto para caminos (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014)

Figura 18

Cuadro para la clasificación del tipo de subrasante en función del índice de grupo

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

Nota. Se puede analizar la clasificación de intervalos del índice de grupo con su respectiva caracterización.

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014

2.2.4 Suelos cohesivos

Estos suelos son caracterizados por poseer partículas pequeñas de arcillas, lo cual son fáciles de adherirse, y mientras los suelos que contengan más partículas de finos, son más cohesivos, por lo tanto, contendrán más arcilla (Córdova, 2018)

También Martínez (2019) explicó que estos suelos contienen pequeñas partículas de arcillas suficiente para que puedan adherirse a sí mismo experimentando cambios volumétricos provocado por el contenido de humedad, lo cual, a más partículas de arcillas, se le denomina como suelos expansivos capaz de sufrir asentamientos producido por las cargas de los neumáticos, y gran porcentaje de expansión al estar en contacto por las precipitaciones de las lluvias.

En este tipo de suelos, la distribución de sus partículas que contiene la malla N°200, su muestra es mayor al 50%, en donde están los suelos limosos y arcillosos (Ocampo, 2021)

Vergara (2018) detalló que la plasticidad del suelo cohesivo depende del contenido de humedad, ya que una plasticidad totalmente nula, puede tener la consistencia de un ladrillo y resquebrajarse y puede ser complicado para la estabilización al momento de ser compactado, y si un suelo tiene alta plasticidad, el suelo se convierte en un lodo líquido susceptible a la deformación.

Es por estas razones, que se debe también estudiar el comportamiento del suelo arcilloso para esta investigación.

2.2.5 Suelos arcillosos

Angulo y Zavaleta (2020), lo definieron como aluminosilicatos hidratados que se vuelven plásticos al entrar en contacto con el agua, que se vuelven quebradizos al secarse y, en general, tienen una enorme capacidad de absorción. Las características de este tipo de suelo es lo siguiente:

- Tiene la función del intercambio catiónico.
- Puede cambiar la estructura química interna.
- Las moléculas se pueden alojar dentro del espacio interlaminar.
- La superficie de la lámina exhibe una actividad química significativa.
- La variación química en su estructura laminar son reversibles.
- La afinidad con el agua es muy alta y produce hinchamientos de hasta 15 veces el volumen original.

En otras palabras, la arcilla al tener un alto contenido de humedad se comportará de manera plástica por lo que se puede modificar y moldear su caracterización física (Villanueva, 2020)

Cañar (2017) explicó los suelos con presencia de arcillas se encuentran en zonas de alta pluviosidad, con faltas de drenaje, la cual se caracteriza por su alto contenido de retención de agua y su baja resistencia in situ lo que provoca importantes cambios volumétricos.

Otra característica del suelo arcilloso es que contiene los siguientes minerales, que son la montmorillonita en grandes cantidades y la clorita y la vermiculita en pequeñas o menores cantidades en caso de que sean suelos con capacidad de expansión. También se encuentran las ilitas y caolinitas que son minerales que no son expansivos, sin embargo, si se encuentran en grandes cantidades, pueden ocasionar una expansión en el suelo influyendo en el cambio volumétrico (Cañar, 2017)

En cuanto al tamaño de sus partículas o granulometría, el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2014), lo distribuye de la manera como se observa en la Figura 19.

Figura 19

Clasificación de suelos según tamaño de sus partículas

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

Nota. La figura presenta los diferentes tamaños de partículas para ser considerados según el tipo de material.

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014

Cañar (2017) indicó que la porosidad y humedad del suelo cambian con el aumento de la saturación en la medida en que el agua del suelo pasa de un estado sólido a un estado líquido, aminorando rápidamente las fuerzas de cohesión, haciendo que sus partículas fluyan. Los suelos arcillosos tienen una fuerza de cohesión elevada de 6,25 kg/cm³ a 1,5 kg/cm³, en ocasiones superando el rango especificado.

2.2.5.1 Arcillas expansivas

Según el Ing. Alva (2017), un suelo expansivo se caracteriza por los siguientes puntos:

- Se diferencian por su composición química y disposición estructural.
- Los tres minerales de arcilla más comunes son la caolinita, illita y montmorillonita o esmectitas.
- Las diversas composiciones y estructuras químicas de estos minerales arcillosos hacen que cada uno tenga una reacción diferente a la expansión.”
(p. 2)

Se detalla el porcentaje de potencial de expansión de los minerales arcillosos en donde se puede apreciar que la montmorillonita tiene un gran porcentaje de expansión a comparación de los otros minerales como se muestra en la Figura 20.

Figura 20

Potencia de expansión de la caolinita, illita y montmorillonita

Sobrecarga (kPa)	Potencial de Expansión (%)		
	Caolinita	Illita	Montmorillonita
9.6	Despreciable	350	1500
19.1	Despreciable	150	350

Nota. La figura presenta el potencial de expansión en porcentaje (%) según la sobrecarga que se aplique al suelo en kPa.

Fuente: Alva, 2017

Alva (2017) explicó que la caolinita que incluye minerales como la misma caolinita, dickita y nacrita, es constituido por la desintegración de la ortoclasa feldespática, cuyo porcentaje de expansión es despreciable, es decir es un mineral no expansivo porque contiene enlaces de hidrógeno fuertes que mantienen láminas combinadas individuales, por lo tanto, su plasticidad es baja.

Por otra parte, la illita que incluyen la misma illita y la glauconita originados por la descomposición de micas y fedespatos contienen enlaces de potasio que son débiles, ocasionando que su expansión sea limitada. (Alva, 2017)

Finalmente, la montmorillonita, en donde están agrupados la misma montmorillonita, bentonita y vermiculita que provienen de rocas ígneas, sus láminas solo están unidas débilmente por lo que, al estar en contacto con el agua, estas lo absorben y sus láminas moleculares se separan fácilmente, por lo que se debe tener cuidado al trabajar con este tipo de suelos que contiene montmorillonita ya que son los que generan mayores problemas, es decir su plasticidad es demasiado alta (Alva, 2017)

Alva (2017), comentó que las fuerzas que se presentan en los suelos expansivos son los siguientes:

- Tensión superficial en la superficie del agua retenidas en la partícula de la arcilla que, al juntarse, experimenta una contracción la muestra.
- Presiones osmóticas que tienden a atraer agua, forzando que las partículas se separen y se expanda el suelo arcilloso.
- Presiones en las burbujas de aires atrapadas que tienden a separar el suelo de manera forzosa, ocasionando una expansión
- Tensiones efectivas debidas a cargas externas que tienen a generar una compresión en el suelo.
- Fuerzas intermoleculares de London-Van Der Walls que comprimen la arcilla.

Respecto a esto, es que la arcilla expansiva puede comprimirse o expandirse dependiendo del clima y las fuerzas que ejercen en las partículas.

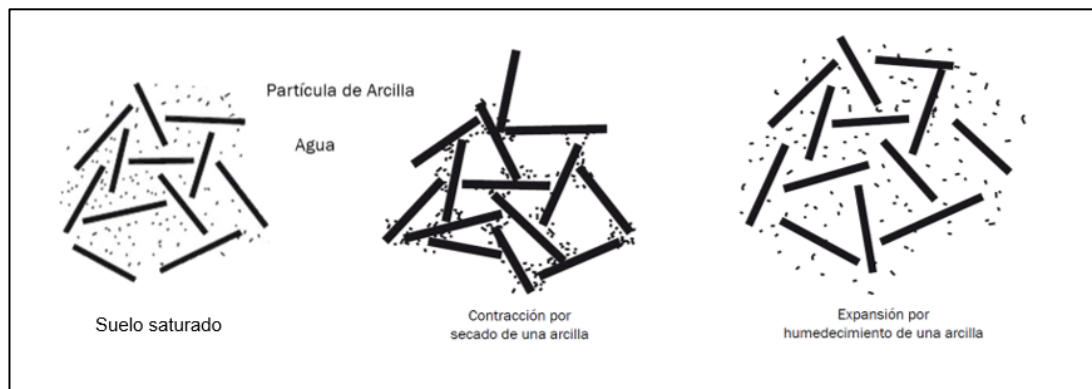
Para entender estos casos mencionados en el párrafo anterior, se tendrá una arcilla saturada como se muestra en el gráfico de la izquierda de la figura 21, a medida que este tipo de suelo se seca, la humedad se acumula cerca de la interfaz de partículas, originándose meniscos y las fuerzas de tensión superficial que presionan a las

partículas haciendo que el suelo se encoja como se observa en el gráfico del centro de la Figura 21. (Alva, 2017)

Por otra parte, Alva (2017) explicó que, si el mismo suelo en contracción está sometido a precipitaciones, lo que ocurrirá es que se absorba el agua mediante ósmosis lo que ocasiona una succión lo que atraerá al agua a los espacios entre las partículas y por consecuente el suelo se expandirá como el dibujo de la derecha de la Figura 21.

Figura 21

Suelo arcilloso saturado, contraído y expandido



Nota. La siguiente figura presenta las partículas de los suelos en los casos cuando están saturados, contraídos por secado de la arcilla y expandidos por humedecimiento.

Fuente: Alva, 2017

2.2.5.2 Potencial de hinchamiento

La caracterización de los suelos cohesivos en las clasificaciones ya mencionadas (AASTHO y SUCS), presentan una propiedad relevante a ser considerada. Para las estructuras que presentan cambios volumétricos importantes, sean por variables ambientales o características intrínsecas de los mismos, se requiere conocer en cuánta medida puede ocurrir estos cambios.

Existen los métodos directos como el de la norma UNE-103600-1996 que se determina por medio del ensayo de Lambe (UNE, 1996) Que consiste en saturar por medio de dos horas las muestras secas en condiciones de humedad del Límite Plástico, para obtener la variación en el dial.

Además, existen varios métodos indirectos para poder dar un indicio de cómo se puede comportar el suelo cohesivo por la presencia adicional de agua en el mismo.

2.2.5.2.1 Método de Chen

Es un método de índice único que permite identificar suelos expansivos usando el índice de plasticidad. Chen sugirió cuatro clases de arcillas según sus índices de plasticidad que se muestran en la Tabla 3. (Melese, 1988)

Tabla 3

Relación entre el potencial de hinchamiento de las arcillas y el índice de plasticidad

Potencial de Hinchamiento	Índice de Plasticidad
Bajo	0 – 15
Medio	10 – 35
Alto	20 – 55
Muy Alto	55 a más

Nota. Datos obtenidos de la investigación de revisión de suelos estabilizados usando cenizas de bagazo con cal y vinaza con cemento.

Fuente: Melese, (2018)

2.2.5.2.2 Método de Daksanamurthy y Raman

Es un método de índice singular para identificar suelos expansivos con el límite líquido y menciona cuatro tipos de clasificaciones como se observa en la Tabla 4. (Melese, 2018)

Tabla 4

Relación entre el potencial de hinchamiento de las arcillas y el límite líquido

Potencial de Hinchamiento	Límite Líquido
Bajo	20 – 35
Medio	35 – 50
Alto	50 – 70
Muy Alto	70 a más

Nota. Datos obtenidos de la investigación de revisión de suelos estabilizados usando cenizas de bagazo con cal y vinaza con cemento.

Fuente: Melese, 2018

2.2.5.2.3 Método de USBR

Este método es presentado por Holtz y Gibbs; los cuales se basan en la correlación directa del cambio de volumen observado con el contenido de coloides, el índice plástico y el límite de contracción. La clasificación es la que se presenta en la Tabla 5. (Melese, 2018)

Tabla 5

Clasificación basada en el método del buró de reclamación

Contenido de Coloides	Índice de Plasticidad	Límite de Contracción	Probable expansión	Grado de expansión
<15	<18	>15	<10	Bajo
13 – 23	15 – 28	10 – 16	10 – 20	Medio
20 – 31	25 – 41	7 – 12	20 -30	Alto

>28	>35	<11	>30	Muy Alto
-----	-----	-----	-----	----------

Nota. Datos obtenidos de la investigación de revisión de suelos estabilizados usando cenizas de bagazo con cal y vinaza con cemento.

Fuente: Melese (2018)

2.2.5.2.4 Método de Seed et al

Luego del estudio sobre las características de hinchamiento de las arcillas remodeladas, preparadas artificialmente y compactadas, Seed et al (Melese, 2018) desarrollaron un gráfico basado en la actividad y el porcentaje de tamaños de arcilla, como se muestra en la Figura 22. La actividad mencionada en el gráfico se indica como:

Figura 22

Ecuación para la determinación de la actividad

$$Ac = \frac{IP}{C - 10}$$

Nota. Datos obtenidos de la investigación de revisión de suelos estabilizados usando cenizas de bagazo con cal y vinaza con cemento.

Fuente: Melese, 2018

Donde:

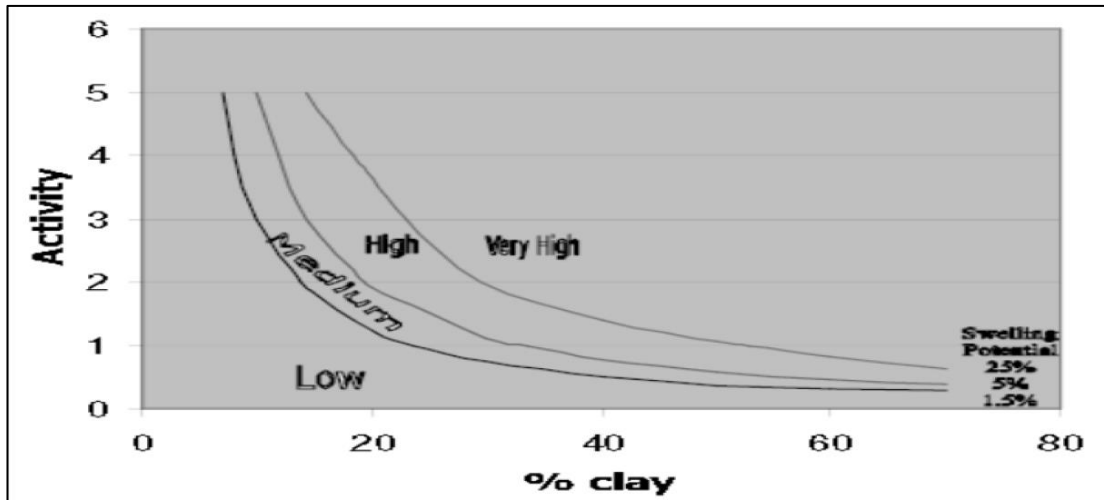
Ac = Actividad

IP = Índice de Plasticidad

C = Porcentaje de los suelos finos tipo arcillas que se encuentran retenidos en las mallas menores a 0.002mm.

Figura 23

Gráfico de clasificación del potencial de hinchamiento



Nota. Se presenta el potencial de hinchamiento en función del porcentaje de arcilla presente en la muestra y la actividad.

Fuente: Melese, 2018

2.2.5.2.5 Método de Skempton

Es desarrollado combinando los límites de consistencia y el contenido de arcillas parametradas en la fórmula de actividad presente en la Figura 24 y que se clasifica en función de la Tabla 6.

Figura 24

Ecuación para la determinación de la actividad

$$Ac = \frac{IP}{\text{Porcentaje por pesos tipo arcillas } (< 0.002mm)}$$

Nota. Datos obtenidos de la investigación de revisión de suelos estabilizados usando cenizas de bagazo con cal y vinaza con cemento.

Fuente: Melese, 2018

Donde:

Ac = Actividad

IP = Índice de Plasticidad

Tabla 6

Relación entre la actividad de la arcilla y el potencial de hinchamiento

Actividad	Potencial de Hinchamiento
<0.75	Bajo
0.75 – 1.25	Medio
>1.25	Alto

Nota. Datos obtenidos de la investigación de revisión de suelos estabilizados usando cenizas de bagazo con cal y vinaza con cemento.

Fuente: Melese, 2018

2.2.6 Estabilización de suelos

Muchos autores mencionaron conceptos parecidos sobre este tema, pero básicamente la estabilización de suelos son procedimientos en la cual se mejoran las propiedades físicas y mecánicas del suelo ya sea de manera eléctrica, natural, mecánica, química. (Quispe, 2020)

Mientras tanto, la estabilización de suelos se describe como la mejoría de las propiedades físicas y mecánicas de un suelo mediante el uso de procedimientos mecánicos, productos químicos, naturales o sintéticos, que suelen aplicarse a la subrasante de estado inadecuado o pobre. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014)

Quispe (2020) indica que las características resaltantes de una estabilización de suelos son los siguientes:

- Mejoramiento de materiales del suelo, es decir beneficia al suelo cohesivo o arcilloso que no son apropiados para la situación para lo cual será desempeñado.

- Mejoramiento de la resistencia, ya que es importante en la construcción de carreteras. (Quispe, 2020)
- Mejoramiento de la durabilidad, alargando su vida útil de la obra.

También Quispe (2020), mencionó que la estabilización de suelos mejora dos propiedades importantes para una subrasante de un pavimento:

- La estabilidad volumétrica, ya que, al estabilizar los suelos arcillosos, su volumen (estado plástico) pasa a ser un volumen rígido, disminuyendo las deformaciones, manteniendo con una capacidad de expansión mínima.
- La capacidad de soporte, en vista de que la resistencia para valorar el subsuelo en el pavimento se determinará mediante una prueba de penetración, denominada CBR. (California Bearing Ratio)

Para realizar una estabilización, Sadique et al. (2023) indica se debe contar con 4 opciones para encontrar un nuevo sitio de estudio para realizar la estabilización del suelo en el pavimento, rediseñar la estructura para que pueda construirse en caso del que suelo sea de mala calidad, realizar una sustitución del suelo para reemplazar el suelo pobre por uno bueno traído de otras canteras y por último mejorar las propiedades del mismo suelo utilizando aditivos que cambie su estructura química.

Como en cualquier proyecto de ingeniería referente a estabilización de suelos como subrasante para pavimentos, después de los criterios de rendimiento, se quiere que sean económicos, viables y que mitigue el impacto ambiental negativo. (Taye et al., 2015)

Existe información de autores que indicaron que, al realizar la estabilización de suelos, es necesario identificar las características del suelo para el mejoramiento de sus indicadores que son la granulometría, límite líquido, límite plástico, logrando reducir el índice de plasticidad (Valle, 2018).

Por otra parte, Valle (2018) afirmó que otro de las dimensiones importantes para una estabilización de suelos, es la capacidad de soporte que es la resistencia para evaluar al suelo en un

carretera, y dependerá de los indicadores como la curva de compactación o granulométrica que sirve obtener los valores de la máxima densidad y contenido de humedad óptimo de un suelo, para luego ser sometido a un ensayo CBR, para obtener el indicador de la expansión que es la capacidad del suelo para sufrir variaciones volumétricas sometidas a cargas o humedad, para finalmente obtener el indicador del índice de CBR para determinar la resistencia del suelo y su capacidad para soportar esfuerzos producidos por las cargas de los vehículos, y al estabilizar dicha dimensión, se aumenta su resistencia, evitando los problemas como los asentamientos, deformaciones y otras fallas en el pavimento.

Wardani et al. (2020) también explicó que, para superar estos problemas de estabilización en los suelos arcillosos, lo importante es reducir el índice de plasticidad y aumentar la capacidad de soporte en los suelos logrando la funcionalidad de la subrasante para carreteras en donde no hay mucho tránsito.

Así mismo, Saini et al. (2015) mencionaron que los suelos se deben mejorar en la plasticidad, ya que si este indicador es muy alto pueden presentar problemas asociados a cambios volumétricos, alta deformabilidad y bajas resistencias y el segundo es la capacidad de soporte ya que si es muy bajo pueden producirse el colapso del pavimento, pérdida de estabilidad y asentamiento, por lo tanto, el mejoramiento se logra mediante la estabilización.

En el ámbito nacional, la estabilización de suelos arcillosos se relaciona con el mejoramiento del índice de plasticidad realizando los ensayos de límites de consistencia y la capacidad de soporte realizando el ensayo de CBR para trochas carrozables. (Bustamante et al. 2022)

También Ocampo (2019) mencionó en su investigación que, para estabilizar suelos cohesivos con aditivos químicos, es necesario calcular el índice de plasticidad para ver si el suelo es plástico o no y en la capacidad de soporte por lo cual se debe mejorar estos dos aspectos.

Por lo tanto, en una estabilización, lo importante es mejorar la caracterización del suelo en donde incluyen la granulometría y límites de consistencia para disminuir la plasticidad, y además mejorar la capacidad soporte, en donde se comprende sus indicadores como la curva de compactación, expansividad e índice CBR para aumentar la resistencia del suelo estabilizado.

Según los criterios geotécnicos para la estabilización de suelos, para estabilizar la subrasante, el CBR debe salir menor al 6%, debido a que se presentan en zonas húmedas o áreas húmedas y porque la subrasante es arcillo o limosa. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014)

Figura 25

Categoría de subrasante

Categorías de Sub rasante	CBR
S ₀ : Sub rasante Inadecuada	CBR < 3%
S ₁ : Sub rasante insuficiente	De CBR ≥ 3% A CBR < 6%
S ₂ : Sub rasante Regular	De CBR ≥ 6% A CBR < 10%
S ₃ : Sub rasante Buena	De CBR ≥ 10% A CBR < 20%
S ₄ : Sub rasante Muy Buena	De CBR ≥ 20% A CBR < 30%
S ₅ : Sub rasante Excelente	CBR ≥ 30%

Nota. La figura presenta las categorías de Subrasante según los límites de porcentajes (%) de CBR.

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014

Ya conociendo los problemas que tiene el suelo arcilloso debido a sus malas características, sus propiedades pueden mejorarse al estabilizarse con ciertos métodos que son la estabilización

mecánica, estabilización con productos o aditivos que mejoran las propiedades del suelo, reemplazo del suelo de cimentación, capas de arena, estabilización con geosintéticos y pedraplenes. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014)

2.2.6.1. Tipos de estabilización de suelos

Según Rivera (2020), los diferentes tipos de estabilización para los suelos son:

2.2.6.1.1. Estabilización física

Esta estabilización implica mejorar las propiedades del suelo aportando nuevas características sin cambiar su composición química. En este tipo de estabilizaciones se encuentra los geosintéticos diseñados como refuerzo para separar bases granulares y suelos muy finos y para distribuir los esfuerzos ocasionados por los neumáticos del tránsito y una capacidad portante mayor, como los geotextiles elaborados de fibras sintéticas de polipropileno, también se encuentra las geomallas bidimensionales y tridimensionales fabricadas de polietileno de alta densidad, geomembranas fabricadas de baja permeabilidad para contener líquidos, láminas impermeables elaborados en cloruro de polivinilo (PVC) o polietileno de baja o alta densidad, el geocompuesto que es la combinación de geotextil y una geomalla o geomembrana y las geoceldas útiles que son láminas tridimensionales de polietileno o polipropileno de alta densidad muy resistentes al confinamiento de cargas utilizados mayormente en taludes. (Rivera et al., 2020)

Otra aplicación perteneciente a este tipo de estabilización es la mezcla de suelos en la cual es la combinación del suelo existente a estabilizar con materiales de préstamos de otras canteras y la estabilización por sustitución de suelos en donde consiste extraer el suelo cohesivo y se reemplaza por otro suelo extraído por otra cantera de mejor calidad o que este suelo de la cantera sea construido capa sobre el suelo natural. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014)

Con respecto a la mezcla de suelos, si es que se encuentra con suelos arcillosos a veces no se logra los resultados deseados por lo que se debe recurrir a la compactación mecánica para la estabilización. (Valle, 2018)

También si se encuentra en una zona donde el suelo a estabilizar es arcilloso, será muy difícil realizar una estabilización por mezcla de suelos o sustitución ya que al extraer suelos de alta calidad de canteras será muy costoso el transporte debido a que normalmente son lejanos para llevar a la zona a estabilizar.

En cuanto a la zona norte del Perú, como se puede observar en la Figura 26, está caracterizada por suelos expansivos en los cuales el departamento de Piura tiene caracterización geológica con presencia de arcilla expansiva. (Rojas et al., 1988)

Respecto al párrafo anterior, no es posible realizar una sustitución del material debido a que, si se desea extraer suelos con propiedades favorables en las canteras, se debe obtener de zonas alejadas y encarecería los proyectos que lo requieran.

Figura 26

Mapa de zonificación de suelos expansivos de la región norte y nororiente del Perú



Nota. En el mapa se puede apreciar la región norte con su respectiva zonificación de suelos expansivos.

Fuente: Rojas et al, 1988

Por último, se encuentra el uso de elementos prefabricados en donde se incorpora como la tierra armada, la cual trae como ventaja su rápida instalación, pero tiene como defecto su elevado costo a la hora de aplicarlo en la estabilización. (Escobar et al., 2020)

2.2.6.1.2. Estabilización mecánica

Con esta estabilización se pretende cambiar aumentando sus propiedades mecánicas del suelo existente, sin cambiar la composición química ni generar una reacción química

del mismo en la cual se realiza una compactación para reducir el volumen de vacíos del suelo. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014)

También la estabilización se puede realizar de manera estática o dinámica para aumenta su densidad, resistencia mecánica, capacidad de soporte y disminuir su relación de vacíos, asentamientos y la filtración del agua y esto dependerá de la energía de compactación, tipo y graduación de suelos y el grado de compactación que se somete al contenido de humedad y el peso unitario. (Rivera et al., 2020)

Esta estabilización viene acompañada con la estabilización física como la combinación de suelos, sustitución de suelos, aplicación de geotextiles y uso de elementos prefabricados. (Escobar et al., 2020)

2.2.6.1.3. Estabilización química

Esta estabilización consiste en la mezcla de un producto químico con el suelo en la cual se modifica la estructura interna del suelo en donde su composición reacciona de manera fisicoquímica en la cual cohesiona sus partículas del suelo. (Escobar et al., 2020)

En cuanto a la estabilización con productos o aditivos que mejora las propiedades del suelo, también lo llaman estabilización química y consiste en añadir materiales, productos o aditivos que modifican de manera positiva sus propiedades como la estabilidad volumétrica y la capacidad de soporte, alargando la vida útil de la subrasante. (Rivera et al., 2020)

Este tipo de estabilizaciones incluyen añadir aditivos como el cemento, residuos o subproductos industriales, cloruro de sodio (cal), escorias de fundición de alto horno, cenizas volantes, encimas, polímeros, residuos de mármol, cenizas de bagazo de azúcar, polvo de vidrio, cenizas de cáscara de arroz, fibras PET, cenizas de café, hule de neumáticos, cenizas de conchas marinas. (Escobar et al., 2020)

2.2.6.1.4. Estabilización biológica

Este tipo de estabilización utilizan plantas y enzimas biológicas que, al ser añadidas al suelo, aumentan la adherencia entre las partículas del suelo y el adhesivo originando el aglutinamiento y compactación de las partículas del suelo como consecuencia de un intercambio catiónico del suelo dando lugar al proceso de cementación mejorando sus propiedades físicas y mecánicas. Entre ellas se encuentran materiales orgánicos como las fibras y tallos de plantas, semillas, melaza y vinaza. (Rivera et al., 2020)

a) Relación entre estabilización química y biológica

Estos estabilizadores químicos como los residuos de reciclaje y biológicos como fibras de plantas y enzimas son mencionadas como la investigación verde ya que mejora las propiedades físicas y mecánicas del suelo en la estabilización de suelos y son eco amigables con el medioambiente, y no consideran a la cal y al cemento ya que, al ser estabilizados al suelo, liberan emisiones CO₂ (dióxido de carbono) que contaminan al agua y a la atmósfera y demandan mayor energía su elaboración. (Jiménez et al., 2022)

Esta combinación de estabilización es la más favorable a emplear en camino en donde no requieran mucho tránsito ya que no sería factible rediseñar la estructura para que pueda construirse el suelo pobre debido a que ya no es usual que se construya con esa metodología, tampoco con sustitución de suelos debido al aumento de nuevas tecnologías y el costo de transporte al traer material de buena calidad de otras canteras, por lo tanto se opta por mejorar las propiedades del suelo estabilizándolo con aditivos químicos o biológicos en el mismo sitio que se viene utilizando más con frecuencia y se espera que se opte por estas estabilizaciones drásticamente en un futuro. (Sadique et al., 2023)

También se debe de evaluar la parte económica, ya que, si bien es cierto los métodos de estabilización física y mecánica o construir estructuras de drenaje pueden solucionar con el problema de los suelos arcillosos en

pavimentos, se requiere mucho tiempo para ejecutarlo y no es muy económico ya que requieren de maquinarias, extracción de material entre otros factores que encarecen la estabilización, por lo que se opta por estas estabilizaciones que son económicas y eficaces. (Venkatesh et al., 2017)

b) Maquinarias especiales utilizadas en la estabilización química

Para estabilizar suelos con líquidos viscosos, se utilizan maquinarias y equipos especiales que permiten mezclar y compactar el suelo con el líquido de estabilización. Algunas de las maquinarias especiales que se utilizan para estabilizar suelos con líquidos viscosos son:

- Esparcidor de estabilización: Este equipo es utilizado para esparcir y distribuir uniformemente el líquido de estabilización sobre la superficie del suelo. El esparcidor de estabilización puede ser un equipo autopropulsado o remolcado por un vehículo.

Figura 27

Maquinaria de esparcidor de estabilización



Nota. Se presenta la maquinaria utilizada para esparcir los agentes glutinantes.

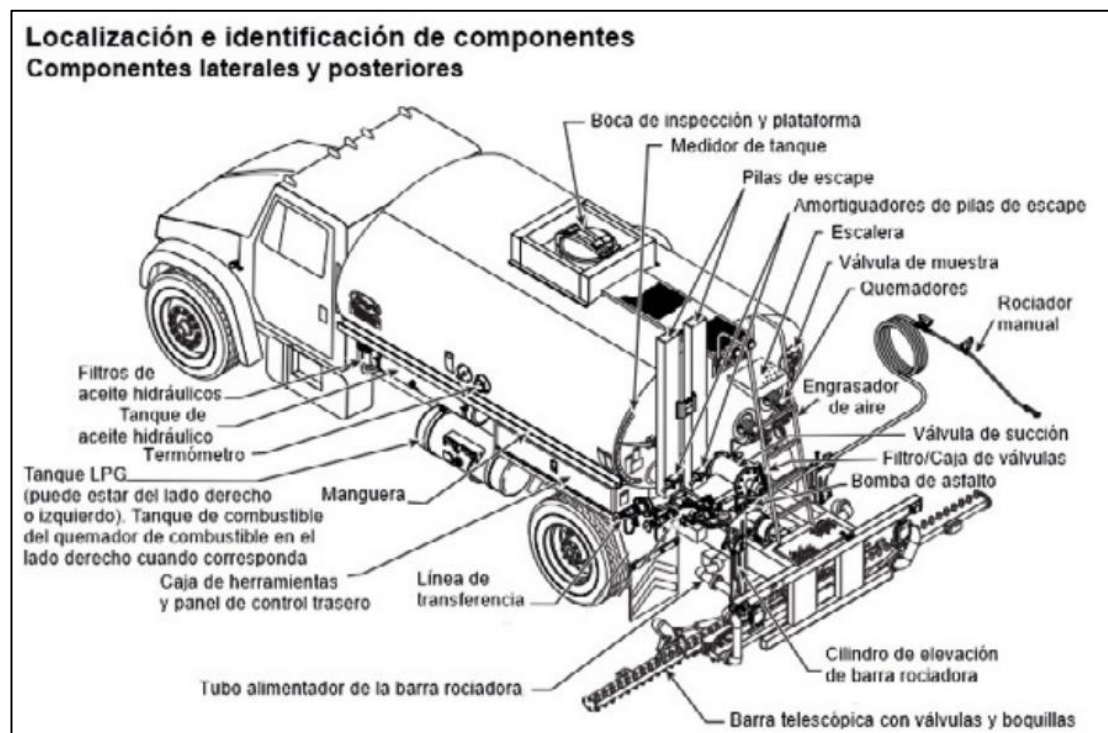
Fuente: Periódico El Constructor, 2022

- Mezclador de suelo-líquido: Este equipo mezcla el suelo y el líquido de estabilización para producir una mezcla homogénea. Hay varios tipos de mezcladores disponibles, como mezcladores de tambor, mezcladores de paletas, mezcladores de flujo continuo, entre otros.

- Compactadores especiales: Los compactadores especiales son utilizados para compactar y consolidar la mezcla de suelo y líquido de estabilización. Algunos de los compactadores utilizados para este propósito incluyen rodillos de neumáticos, compactadores de pisones, compactadores vibratorios y rodillos de arrastre.
- Inyectores de líquido de estabilización: Estos equipos son utilizados para inyectar el líquido de estabilización dentro del suelo a través de agujeros perforados en el suelo. El líquido se distribuye uniformemente en el suelo y se mezcla con el suelo mediante el uso de herramientas como mangueras o tubos.

Figura 28

Elementos de un camión distribuidor de asfalto



Nota. Se presenta las partes de un camión distribuidor de asfalto pero que puede suplir la necesidad como distribuidor de estabilizadores químicos.

Fuente: National Cooperative Highway Research Program, 2012

2.2.7 Vinaza

La vinaza (*Saccharum officinarum* L.), es un residuo líquido altamente contaminante derivado de la caña de azúcar para el proceso de producción de la destilería de alcohol para la obtención del etanol en las plantas agroindustriales. (Bustamante et al., 2022)

Caña Brava (2017) mencionó que la vinaza es un subproducto del jugo obtenido de la caña de azúcar fermentado que contiene materia orgánica y es rica en sales minerales. Se utiliza como abono y mejora en los suelos para los cultivos ya que contiene potasio.

2.2.7.1. Historia

En América en los 1960, en Guatemala se utilizaba la melaza con una dosificación de agua para mejorar la capacidad de soporte del suelo para evitar los desgastes de la carretera provocado por los neumáticos de los vehículos (Loaiza, 2017)

Luego con el pasar de los años se descubrió tenía dos desventajas, la primera era que, debido a su estructura alta de potasio y fósforo, causaban que exista corrosión en las partes metálicas de los vehículos que circulaban en dichos caminos estabilizadas por melaza, y la segunda desventaja era que su precio era algo elevado y no convenía estabilizar al suelo (Loaiza, 2017)

Entonces en los años 90, los expertos en la industria química descubrieron que el residuo de la melaza, es decir la vinaza tiene las mismas características de la melaza y al ser residuo del proceso de elaboración de la melaza, no genera mayores costos a los ingenieros ya que generaban los mismos resultados que favorecen al suelo (Loaiza, 2017)

Por lo tanto, la implementación de la vinaza durante el tiempo se viene realizando con éxito con zonas de Asia y África y siendo estudiado en el continente americano, mejorando en las

propiedades mecánicas y físicas del suelo y se puede aplicar no solo en la industria química, si no en la estabilización de la subrasante.

2.2.7.2. Obtención de la vinaza

La obtención de la vinaza comienza por los cortes de la caña de azúcar desde el campo donde es llevado por camiones para ser recepcionado y luego desfibrada mediante cuchillas y molinos del martillo en donde su corteza posee un componente llamado lignina que, al moler se obtiene el jugo de la caña llamado melaza que es principal materia para la elaboración del alcohol (Ramírez, 2019)

Luego Ramírez (2019) explicó que pasa por un proceso de evaporación en donde el agua excedente es evaporada y se estandariza los niveles de azúcar y luego por un proceso de fermentación en donde el azúcar del jugo de caña de azúcar se convierte en alcohol etanol en donde se obtiene la materia llamada vino para su posterior destilación para obtener alcohol al 96%.

En ese proceso mencionado anteriormente, se produce residuos de la melaza fermentada en el proceso de destilación lo cual es la vinaza que es un residuo contaminante en donde los rubros del etanol suelen derivar la vinaza a los ríos, ocasionando una contaminación en las fuentes de agua (Ramírez, 2019)

2.2.7.3. Caracterización y compuestos químicos de la vinaza

La vinaza se caracteriza por contener materia orgánica y potasio (K), azufre (S), Magnesio (Mg), Nitrógeno (N) y Calcio (Ca) y Sílicio (Si) sin embargo, su composición dependerá de su elaboración según la destilería, condiciones climáticas y del proceso de producción del alcohol. (Ruiz, 2019)

Figura 29

Compuestos químicos de la vinaza

Nutrientes	Contenido
Materia seca	60-65%
Cenizas	16-20%
Proteína cruda	4-8%
Carbohidratos	35-42%
Azúcares	5%
Potasio	4%

Nota. La figura muestra los compuestos y nutrientes más importantes en la vinaza con sus respectivos porcentajes, destacando el potasio como el compuesto químico más importante del residuo.

Fuente: Ruiz, 2019

También se debe mencionar que la vinaza contiene otros tipos de características como un pH bajo, dureza total, conductividad eléctrica alta, DBO y DBQ alto, entre otras descripciones mostradas en la Figura 30 (Ramírez, 2019).

Figura 30

Caracterización de la vinaza

CARACTERIZACIÓN DE LA VINAZA	
➤ pH	➤ Potasio
➤ Desecho no filtrable total	➤ Magnesio
➤ Dureza	➤ Sulfato
➤ Conductividad eléctrica	➤ Fosfato total
➤ Nitrógeno total (Kjeldhal)	➤ DBO
➤ Sodio	➤ DQO
➤ Calcio	

Nota. Se muestra los compuestos químicos más importantes y características de la vinaza.

Fuente: Ramírez, 2019

2.2.7.4. Estabilización con Vinaza

Hay que resaltar que investigaciones pasadas explicaron que el suelo arcilloso presentan minerales como la Caolinita, Montmorillonita, Vermiculita e Illita las contienen iones aniones, por lo que puede atraer cantidades de cationes como el potasio, sodio, calcio lo cual posee la composición química de la vinaza formando un enlace iónico haciendo que la materia orgánica contribuya no solo en el aspecto agrícola como suministrar elementos nutritivos y constituir fuentes de energía y nutrientes para los microorganismos del suelo, sino también en el aspecto del campo de la ingeniería civil como conservar la humedad, mejorar la capacidad portante y propiedades físicas, químicas y mecánicas del suelo. (Otoya, 2022)

Por lo tanto, lo que hace funcionar la interacción entre la arcilla y la vinaza para el mejoramiento de la estabilización del suelo, son:

- La atracción electrostática que desprende de la vinaza por su propiedad adhesiva que hace que no se separen y aumentado el tamaño de las partículas del suelo. (Melese, 2018)
- La Capacidad del Intercambio Catiónico (CIC) del suelo para retener compuestos y nutrientes de la vinaza y el enlace iónico para poder trabajar entre sí, mejorando la floculación ya que el suelo al estar mezclado con la vinaza, sus partículas individuales se aglomeran en coágulos, facilitando la mezcla entre los dos materiales y reduciendo la afinidad del suelo de retener agua por la atracción electrostática. (Melese, 2018)

Entonces, los mecanismos ocasionados por la interacción entre la arcilla y la vinaza son parecidas a la interacción de suelo-cemento cuando se estabiliza por dicho agente, en donde mejora lo siguiente:

- En la Capacidad del Intercambio Catiónico (CIC), ya que al mezclar suelos arcillosos donde contienen aniones y el cemento que contienen cationes, estos llenan los vacíos en la estructura del suelo e intercambian por algunos cationes del suelo, mejorando la floculación haciendo que se genere menor afinidad del suelo de retener moléculas de agua. (Rivera et al., 2020)
- Por otra parte, el cemento por lo general necesita de aditivos adicionales para adherirse en la mezcla del agua y suelo para lograr una buena estabilización del suelo, es por eso que la vinaza trabaja con su propiedad adhesiva para mejorar las propiedades del suelo.

Todos estos beneficios de la vinaza para estabilizar al suelo arcilloso es gracias al compuesto químico que es el sílice u óxido de silicio (SiO_2) de la caña de azúcar que al estar en contacto con el suelo, forma propiedades similares al del cemento portland, lo que hace agrandar el tamaño de sus partículas, evitando hinchamientos en la subrasante provocados por el agua, aumentado su capacidad de soporte y reduciendo los límites de consistencia, asemejándose a estabilizadores químico como la arena de sílice, cenizas de ladrillo, cenizas de arroz (Wardani et al., 2020)

Además, el objetivo de mezclar la vinaza con el suelo es reemplazar el agua para los suelos usados en las carreteras, lo que facilitará mejorar las propiedades del suelo. (Toledo, 2018)

Toledo (2018), hizo unos estudios en su investigación incorporado porcentajes de vinaza y reemplazo porcentajes de agua estudiando el suelo integral con 100% de agua, luego realizando dosificaciones de 25% de agua y 75% de vinaza, 50% de vinaza con 50% de agua, y así sucesivamente hasta ver el porcentaje idóneo para el mejoramiento de la estabilización del suelo.

Respecto al párrafo anterior, es un patrón a lo que no se debe regir para escoger la dosificación para la realización de los ensayos, si no que se usará de referencia para mezclar otros tipos de dosificaciones para ver el porcentaje óptimo que beneficie en la estabilización del suelo.

2.3 Definición de términos básicos

Términos que se usarán en la tesis para explicar los fenómenos que ocurrirán en el proceso de la investigación.

- **Análisis granulométrico:** Tiene por finalidad clasificar a los suelos de acuerdo al tamaño de sus partículas la cuales son grava, arena, o finos. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014)
- **Capacidad de soporte:** Propiedad más importante de un suelo, debido a que indica la resistencia máxima que puede estar sometida a cargas, evitando cambios de volumen o fallas en el pavimento. (Álvarez, 2018)
- **Caracterización del suelo:** Procedimiento esencial para caracterizar de manera física para comprender las propiedades del suelo en base a cuantificaciones que describen el estado del suelo. (Quispe, 2020)
- **California Bearing Ratio (CBR):** Método utilizado en carreteras para evaluar el valor de soporte relativo o capacidad de soporte del suelo de la subrasante, subbase o base de pavimentos (Araujo, 2014)

- **Clasificación AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials):** Esta clasificación es utilizada en el campo carreteras y terraplenes basándose en los resultados de la distribución de tamaños de las partículas, el límite líquido y límite plástico. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014)
- **Clasificación SUCS (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos):** Es una clasificación de suelo utilizado en carreteras y edificaciones aplicado a materiales con o sin consolidar y se representa con dos letras. Este proceso se hace después de realizar el ensayo de granulometría. (Urdanivia, 2019)
- **Curva de compactación:** Resultado de graficar el contenido de humedad en el eje horizontal y la densidad seca en el eje vertical para ubicar el punto óptimo de compactación para obtener la máxima densidad seca y el contenido de humedad óptimo. (Revolorio, 2018)
- **Estabilización de suelos:** Procesos por el cual el suelo del pavimento se somete procedimientos mecánicos, químicos, naturales o sintéticos mejorando sus propiedades físicas y mecánicas en la subrasante. Estas estabilizaciones se aplican a subrasantes pobres o inadecuadas. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014)
- **Expansividad:** Capacidad del suelo para sufrir expansiones o contracciones debido a cargas o condiciones de clima que influye en la resistencia del suelo. (Valle, 2018).
- **Granulometría:** Representa a la caracterización del tamaño de las partículas de los agregados según las especificaciones técnicas. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014)
- **Índice de CBR:** Medida de la capacidad de soporte del suelo compactado que arroja la resistencia máxima para soportar cargas de los vehículos y también sirve para describir la calidad del suelo. (Valle, 2018)
- **Índice de plasticidad:** Señala la magnitud de intervalos de humedades y caracteriza la plasticidad que contiene. Si el índice de plasticidad indica un valor grande, corresponde a un suelo muy arcilloso por el contrario indica

un valor pequeño, corresponde a un suelo poco arcilloso. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014)

- **Límites de consistencia:** Llamado también límites de Atterberg, son caracterizaciones al comportamiento al suelo fino en relación al contenido de humedad y estas pueden clasificarse en estado líquido, plástico y sólido y se puede hallar mediante los tres indicadores que son el límite líquido, límite plástico y límite de contracción. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014)
- **Límite Líquido:** Estado del suelo fino que pasa del estado líquido a un estado plástico y puede cambiar su volumen moldeándose con facilidad. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014)
- **Límite Plástico:** Estado del suelo fino que pasa del estado plástico a un estado semisólido capaz de romperse. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014)
- **Suelo Arcilloso:** Suelo con características plásticas que se caracteriza por experimentar variaciones en su volumen y por su baja capacidad de soporte para soportar las cargas estructurales. (Hernández, Mejía y Zelaya, 2017)
- **Suelo Cohesivo:** Suelo que presenta pequeñas partículas de arcilla en abundancia, en donde se adhieren a sí mismo, experimentando cambios volumétricos debido al contenido de humedad lo cual necesita de un mejoramiento para ser utilizado en la ejecución de obras viales. (Bustamante, 2021)
- **Vinaza:** Es un subproducto líquido obtenido del proceso de la fermentación de la melaza para la producción de etanol. (Ruiz, 2019)

2.4 Formulación de hipótesis

2.4.1 Hipótesis general

La incorporación de vinaza tiene un efecto positivo en la estabilización de los suelos cohesivos para una subrasante en la ciudad de Sullana.

2.4.2 Hipótesis específicas

- a) La incorporación de vinaza tiene un efecto positivo en la caracterización del suelo para una subrasante en la ciudad de Sullana.
- b) La incorporación de vinaza tiene un efecto positivo en la capacidad de soporte para una subrasante en la ciudad de Sullana.
- c) La incorporación de vinaza influye de forma positiva en la comparativa de costos para una subrasante en la ciudad de Sullana.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1 Diseño metodológico

Para el presente trabajo de investigación que busca conocer los efectos que tendrá la incorporación de vinaza en la estabilización de los suelos cohesivos para una subrasante en la ciudad de Sullana, por medio de identificar, evaluar y contrastar, la caracterización del suelo, la capacidad de soporte y la comparativa de costos, respectivamente, se desarrolló según las clasificaciones de las formas según Borja (2016).

3.1.1 Enfoque

Según Borja (2016), la metodología que usan los tesisistas durante la investigación respecto a la forma como se obtiene la información es del tipo cuantitativo, esto se debe a que se busca presentar una propuesta de porcentaje óptimo de uso de vinaza y un costo óptimo al realizar la estabilización del suelo en la ciudad de Sullana, por lo que se basan en la medición numérica como son los diseños de porcentajes y el análisis de las variables independientes.

3.1.2 Tipo

Como menciona Borja (2016), el tipo investigación que se estudia, busca responder hasta dónde, en términos de conocimiento es posible que abarque y llegue el estudio, se necesita conocer

el grado de desarrollo del conocimiento respecto al tema que se analiza, los objetivos planteados y cómo influye la visión que elijan. Es por ello que el trabajo de investigación es del tipo descriptivo debido a que pretenden analizar cómo es que influyen de forma inmediata la vinaza como estabilizador de los suelos cohesivos para la subrasante en la ciudad de Sullana.

3.1.3 Nivel

El nivel de investigación hace referencia al grado de profundidad con que se necesita investigar el fenómeno, por lo que en el caso particular de este trabajo de investigación es de nivel aplicativo, ya que ellos realizan y modifican los diferentes porcentajes de vinaza para poder obtener el óptimo porcentaje a utilizar en el caso de realizar la estabilización del suelo cohesivo en la Av. Los Tallanes en la ciudad de Sullana. (Borja, 2016)

3.1.4 Diseño

Como explicó Borja (2016), se consideran el diseño como la estrategia concebida para responder las interrogantes en la formulación operacional del problema de investigación y que buscan verificar las hipótesis.

Según el propósito del estudio se clasifica como experimental, puesto que tienen el manejo de la variable independiente, pueden modificarla, moldearla a conveniencia, sean los porcentajes que pueden variar, así como seleccionar el nivel de mejora que requiere la vía.

Según la cronología de las investigaciones lo consideran prospectivo ya que la recolección de los datos se realiza luego de planificar los estudios que necesitarán, como son los datos de campo del tipo de suelo, así como sus características.

Y según el número de mediciones se le considera longitudinal puesto que se pueden hacer nuevos estudios básicos de ingeniería para obtener los datos topográficos y de mecánica de suelos.

3.2 Población y muestra

3.2.1 Población

Se le considera al conjunto de objetos o entidades a los cuales se formula la pregunta de investigación. (Borja, 2016). En el caso de estudio del trabajo de investigación, la población hace referencia a los suelos cohesivos a nivel de subrasante de la Av. Los Tallanes ubicado en la parte suroeste de la ciudad de Sullana en el distrito de Sullana del departamento de Piura como se observa en la Figura 31 y Figura 32.

Figura 31

Trazo de la Av. Los Tallanes en Sullana - Piura - Perú



Nota. El mapa presentado hace referencia al trazo de la Av. Los Tallanes en la parte suroeste de la ciudad de Sullana que presenta una extensión de 3km.

Fuente: Google LLC_Google Earth, 2023

Figura 32

Cruce entre la Av. Los Tallanes y la Av. El Niño en Sullana - Piura - Perú



Nota. La fotografía corresponde al cruce de la Av. Los Tallanes y la Av. El Niño dentro de la ciudad de Sullana con una representación de las vías sin asfaltar

Fotografía tomada por los autores

Se seleccionó esta avenida en la ciudad de Sullana debido a que la zona suroeste de la ciudad sigue en constante crecimiento demográfico, y este a su vez, amerita la conexión de la población con vías que presenten las características mínimas y no se colapsen con la aparición de fenómenos naturales (anegados, lluvias, crecidas, etc.)

3.2.2 Muestra

Se le considera muestra a una parte del todo que se pueda analizar con mayor precisión y permite una mayor profundidad en el estudio. (Borja, 2016). Al ser la extensión del objeto de estudio una vía con 3km y que conocen que las características del suelo en toda su extensión son homogéneas, se pueden tomar la muestra cada kilómetro en función del IMDA como se observa en la Figura 33.

Figura 33

Selección de cantidad de calicatas según el tipo de carretera

Tipo de Carretera	Profundidad (m)	Número mínimo de Calicatas	Observación
Autopistas: carreteras de IMDA mayor de 6000 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> Calzada 2 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido Calzada 3 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido Calzada 4 carriles por sentido: 6 calicatas x km x sentido 	Las calicatas se ubicarán longitudinalmente y en forma alternada
Carreteras Duales o Multicarril: carreteras de IMDA entre 6000 y 4001 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> Calzada 2 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido Calzada 3 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido Calzada 4 carriles por sentido: 6 calicatas x km x sentido 	
Carreteras de Primera Clase: carreteras con un IMDA entre 4000-2001 veh/día, de una calzada de dos carriles.	1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> 4 calicatas x km 	Las calicatas se ubicarán longitudinalmente y en forma alternada
Carreteras de Segunda Clase: carreteras con un IMDA entre 2000-401 veh/día, de una calzada de dos carriles.	1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> 3 calicatas x km 	
Carreteras de Tercera Clase: carreteras con un IMDA entre 400-201 veh/día, de una calzada de dos carriles.	1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> 2 calicatas x km 	
Carreteras de Bajo Volumen de Tránsito: carreteras con un IMDA ≤ 200 veh/día, de una calzada.	1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> 1 calicata x km 	

Nota. Selección de calicatas en función del IMDA de las carreteras, la profundidad que se necesita excavar, así como la observación correspondiente.

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014

El tipo de muestreo de suelos lo obtendrán de forma **probabilística**, puesto que la selección de las zonas de calicatas se puede obtener dentro de cada kilómetro, como se observa según el Anexo 1 del Manual de Carreteras para proceso aleatorio. Para seleccionar la ubicación de puntos de muestreo se selecciona y se hace uso de la Figura 34.

Figura 34

Selección de números aleatorios según el número de columna

Tabla Anexo 1-5																										
Números aleatorios (Random)																										
Columna N.º 8			Columna N.º 9			Columna N.º 10			Columna N.º 11			Columna N.º 12			Columna N.º 13			Columna N.º 14								
A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C	A	B	C						
09	0,042	0,071	14	0,061	0,935	26	0,038	0,023	27	0,074	0,779	16	0,073	0,987	03	0,033	0,901	26	0,035	0,175						
17	0,141	0,411	02	0,065	0,097	30	0,066	0,371	06	0,084	0,396	23	0,078	0,056	07	0,047	0,391	17	0,089	0,363						
02	0,143	0,221	03	0,094	0,228	27	0,073	0,876	24	0,098	0,524	17	0,096	0,076	28	0,064	0,113	10	0,149	0,681						
05	0,162	0,899	16	0,122	0,945	09	0,095	0,568	10	0,133	0,919	04	0,153	0,163	12	0,066	0,360	28	0,238	0,075						
03	0,285	0,016	18	0,158	0,430	05	0,180	0,741	15	0,187	0,079	10	0,254	0,834	26	0,076	0,552	13	0,244	0,767						
28	0,291	0,034	25	0,193	0,469	12	0,200	0,851	17	0,227	0,767	06	0,284	0,628	30	0,067	0,101	24	0,262	0,366						
08	0,369	0,557	24	0,224	0,572	13	0,259	0,327	20	0,236	0,571	12	0,305	0,616	02	0,127	0,187	08	0,264	0,651						
01	0,436	0,386	10	0,225	0,223	21	0,264	0,681	01	0,245	0,988	25	0,319	0,901	06	0,144	0,068	18	0,285	0,311						
20	0,450	0,289	09	0,233	0,838	17	0,283	0,645	04	0,317	0,291	01	0,320	0,212	25	0,202	0,674	02	0,340	0,131						
18	0,455	0,789	20	0,290	0,120	23	0,363	0,063	29	0,350	0,911	08	0,416	0,372	01	0,247	0,025	29	0,353	0,478						
23	0,488	0,715	01	0,297	0,242	20	0,364	0,366	26	0,380	0,104	13	0,432	0,556	23	0,253	0,323	06	0,359	0,270						
14	0,496	0,276	11	0,337	0,760	16	0,395	0,363	28	0,425	0,864	02	0,489	0,827	24	0,320	0,651	20	0,387	0,248						
15	0,503	0,342	19	0,389	0,064	02	0,423	0,540	22	0,487	0,526	29	0,503	0,787	10	0,328	0,365	14	0,392	0,694						
04	0,515	0,693	13	0,411	0,474	08	0,432	0,736	05	0,552	0,511	15	0,518	0,717	27	0,338	0,412	03	0,408	0,077						
16	0,532	0,112	20	0,447	0,893	10	0,476	0,468	14	0,564	0,357	28	0,524	0,998	13	0,356	0,991	27	0,440	0,280						
22	0,557	0,357	22	0,478	0,321	03	0,508	0,774	11	0,572	0,306	03	0,542	0,352	16	0,401	0,792	22	0,461	0,830						
11	0,559	0,620	29	0,481	0,993	01	0,601	0,417	21	0,594	0,197	19	0,585	0,462	17	0,423	0,117	16	0,527	0,003						
12	0,650	0,216	27	0,562	0,403	22	0,687	0,917	09	0,607	0,524	05	0,695	0,111	21	0,481	0,838	30	0,531	0,486						
21	0,672	0,320	04	0,566	0,179	29	0,697	0,862	19	0,650	0,572	07	0,733	0,838	08	0,560	0,401	25	0,678	0,360						
13	0,709	0,273	08	0,603	0,758	11	0,701	0,605	18	0,664	0,101	11	0,744	0,948	19	0,564	0,190	02	0,725	0,014						
07	0,745	0,687	15	0,632	0,927	77	0,728	0,498	25	0,674	0,428	18	0,793	0,748	05	0,571	0,054	05	0,797	0,595						
30	0,780	0,285	06	0,707	0,107	14	0,745	0,679	02	0,697	0,674	27	0,802	0,967	18	0,587	0,584	15	0,801	0,927						
19	0,845	0,097	28	0,737	0,161	24	0,819	0,444	03	0,767	0,928	21	0,826	0,487	15	0,604	0,145	12	0,836	0,294						
26	0,846	0,366	17	0,846	0,130	15	0,840	0,823	16	0,809	0,529	24	0,835	0,832	11	0,641	0,298	04	0,854	0,982						
29	0,861	0,307	07	0,874	0,491	25	0,863	0,568	30	0,838	0,294	26	0,855	0,142	22	0,672	0,156	11	0,884	0,928						
25	0,906	0,874	05	0,880	0,828	06	0,878	0,215	13	0,845	0,470	14	0,861	0,462	20	0,674	0,887	19	0,886	0,832						
24	0,919	0,809	23	0,931	0,659	18	0,930	0,601	08	0,855	0,524	20	0,874	0,625	14	0,806	0,881	07	0,929	0,932						
10	0,952	0,555	26	0,960	0,365	04	0,954	0,827	07	0,867	0,718	30	0,929	0,056	09	0,841	0,560	09	0,932	0,206						
06	0,961	0,504	21	0,878	0,194	28	0,963	0,004	12	0,981	0,722	09	0,935	0,582	29	0,918	0,752	01	0,970	0,692						
27	0,969	0,811	12	0,982	0,183	19	0,988	0,020	23	0,937	0,872	22	0,947	0,797	04	0,959	0,099	23	0,973	0,082						

Nota. Se observa los diferentes valores aleatorios que se presentan en columnas con número de columnas entre ocho al catorce.

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014

1. La extensión del tramo de estudio se hace en función de los 3km, y al ser una muestra por km, se obtiene que el número de muestras será de 3.
2. Se selecciona un número al azar entre 8 y 28, que en el caso presentado es 13.
3. Se obtienen las columnas A, B y C de la Tabla 7.

Tabla 7

Valores de la tabla de números aleatorios

Columna A	Columna B	Columna C
03	0.033	0.901
02	0.127	0.187
01	0.247	0.025

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014

4. Se hace la determinación de las progresivas de los puntos de muestreo, como se observa en la Tabla 8.

Tabla 8

Selección de progresivas para las diferentes calicatas

Long x Columna B	Distancia del inicio	Progresiva inicial	Progresiva del punto de muestreo
3000x0.033	99	Km 0+000	Km 0+099
3000x0.127	381	Km 1+000	Km 1+381
3000x0.247	741	Km 2+000	Km 2+741

Elaborado por: los autores

5. Se determina la distancia transversal de estos puntos de muestreo en el sentido del borde izquierdo como se observa en la Tabla 9.

Tabla 9

Distancias del borde izquierdo según el ancho por columna

Ancho x Columna C	Distancia del borde izquierdo (m)
20x0.901	18
20x0.17	3.7
20x0.025	0.5

Elaborado por: los autores

6. Del paso anterior, si bien los autores tienen el permiso de la municipalidad de hacer las calicatas, como se observa en el documento adjunto como Anexo 2, no se les permite hacerlo dentro del espacio de vía, por lo que se ignorará los datos obtenidos en el punto 5 y se harán a unos 20.1m del borde izquierdo y -0.1m de forma correlativa.
7. En resumen se obtiene los datos presentados para el tipo de muestras como se observa en la Tabla 10.

Tabla 10

Distancias del borde izquierdo según los puntos

Calicata	Progresiva	Distancia del borde izquierdo (m)
C-01	Km 0+099	20.1
C-02	Km 1+381	-0.1
C-03	Km 2+741	20.1

Nota. Resumen de los datos obtenidos de forma aleatoria para hacer la selección de calicatas en diferentes progresivas.

Elaborado por: los autores

Luego de la realización de las calicatas, se selecciona la cantidad de material de muestra para obtener los datos necesarios luego de la realización de los ensayos que en este caso son de **kg** para poder cumplir con los objetivos del trabajo de investigación, como se observa de forma resumida en la Tabla 11.

Además, recalcar que no se realizarán ensayos al material ligante (vinaza) debido a que ya se cuenta con una ficha técnica indicado sus características físicas y químicas obtenidos por la empresa Caña Brava como se presenta en el Anexo 4.

Debido a que el índice de CBR presenta mayor incidencia en las capacidades de soporte de las vías, se necesita conocer la cantidad de ensayos en función al tipo de carretera. El MTC menciona que cuando son estudios a nivel de perfil (comparable a este trabajo de investigación), se deben realizar por tres veces la longitud indicada en la Figura 35, es decir realizar un ensayo CBR por cada 9 km.

Para poder validar la información que se obtendrá de las muestras de suelos con las calicatas, se tienen los certificados de calibración de los equipos en el laboratorio ya antes mencionado y como se pueden apreciar en el Anexo 5.

Figura 35

Cantidad de ensayos del tipo Mr y CBR según el tipo de carretera

Tipo de Carretera	N° Mr y CBR
Autopistas: carreteras de IMDA mayor de 6000 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	<ul style="list-style-type: none">• Calzada 2 carriles por sentido: 1 Mr cada 3 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido• Calzada 3 carriles por sentido: 1 Mr cada 2 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido• Calzada 4 carriles por sentido: 1 Mr cada 1 km y 1 CBR cada 1 km x sentido
Carreteras Duales o Multicarril: carreteras de IMDA entre 6000 y 4001 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	<ul style="list-style-type: none">• Calzada 2 carriles por sentido: 1 Mr cada 3 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido• Calzada 3 carriles por sentido: 1 Mr cada 2 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido• Calzada 4 carriles por sentido: 1 Mr cada 1 km y 1 CBR cada 1 km x sentido
Carreteras de Primera Clase: carreteras con un IMDA entre 4000 - 2001 veh/día, de una calzada de dos carriles.	<ul style="list-style-type: none">• Cada 1 km se realizará un CBR
Carreteras de Segunda Clase: carreteras con un IMDA entre 2000 - 401 veh/día, de una calzada de dos carriles.	<ul style="list-style-type: none">• Cada 1.5 km se realizará un CBR
Carreteras de Tercera Clase: carreteras con un IMDA entre 400 - 201 veh/día, de una calzada de dos carriles.	<ul style="list-style-type: none">• Cada 2 km se realizará un CBR
Carreteras de Bajo Volumen de Tránsito: carreteras con un IMDA \leq 200 veh/día, de una calzada.	<ul style="list-style-type: none">• Cada 3 km se realizará un CBR

Nota. En la figura se aprecia la clasificación del tipo de carretera con sus respectivos ensayos a realizar.

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014

Tabla 11

Cantidad de material de muestra que será necesario en su totalidad para la presente investigación según el tipo de ensayo

Ensayos	Norma	N° de ensayos	Cantidad por ensayo (kg)	Tamaño de muestra (kg)
Análisis granulométrico de suelo por tamizado	MTC E 107	3	0.5	1.5
Determinación del contenido de humedad de un suelo	MTC E 108	18	0.05	0.9
Análisis granulométrico por medio del hidrómetro	MTC E 109	3	0.5	1.5
Determinación del límite líquido de los suelos	MTC E 110	18	0.2	3.6
Determinación del límite plástico (L.P.) de los suelos e índice de plasticidad (I.P.)	MTC E 111	18	0.2	3.6
Compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (Proctor Modificado)	MTC E 115	18	20	360
CBR de suelos (laboratorio)	MTC E 132	18	5	90
Total				461.1
Factor por desperdicio				1.05
TOTAL NECESARIO				484.16

Elaborado por: los autores

3.3 Definición de variables

3.3.1 Definición conceptual

En el trabajo de investigación, se define la variable independiente de vinaza como el subproducto del proceso productivo de etanol, se obtiene por la batición fermentada de las bacterias al momento de la destilación. La producción de vinazas oscila entre 16 y 17 L por cada litro de etanol producido. La vinaza se considera un residuo líquido agresivo

que puede causar graves problemas ambientales en las aguas a las que se vierte.

Y como variable dependiente que es la estabilización de los suelos cohesivos que se determina por medio de las propiedades de la distribución granulométrica, plasticidad, clasificación de los suelos, capacidad de soporte y que con las diferentes características permita conocer y entender de mejor manera el comportamiento que presentarán.

3.3.2 Definición operacional

En el caso de la variable independiente de vinaza, se mide esta variable como porcentajes (%) y se aplicará al suelo como reemplazo de la cantidad de agua en un 30%, 45%, 60%, 75% y 90% hasta cumplir con el porcentaje de humedad óptima.

Y en el caso de la variable dependiente, se decide obtener los datos de las muestras para la estabilización de los suelos cohesivos conociendo la caracterización del suelo y su capacidad de soporte.

3.4 Operacionalización de variables

Tabla 12

Operacionalización de las variables

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores
VI: Incorporación de vinaza	Es un subproducto de la producción de etanol y se obtiene como residuo de la destilación de fermentación mixta. La producción de vinazas oscila entre 16 y 17 L por cada litro de etanol producido. Se considera un potente residuo líquido que puede causar graves problemas ambientales a	Será medido a través de los porcentajes incrementales en reemplazo del agua.	Porcentajes de vinaza	Volumen de vinaza PH de vinaza

	las aguas en las que se vierte.			
VD: Estabilización de los suelos cohesivos	Mejoramiento de las propiedades del suelo que se pueden apreciar en la caracterización del suelo, así como su capacidad de soporte.	La estabilización se medirá por medio de los diversos ensayos que se realizarán a las muestras para determinar sus características	Caracterización del suelo	Granulometría Límite Líquido Límite Plástico Índice de Plasticidad
			Capacidad de soporte	Curva de Compactación Expansividad Índice de CBR

Nota. Relación de las variables tanto independientes como dependientes con las dimensiones y sus indicadores.

Elaborado por: los autores

3.5 Técnicas e instrumentos de recolección de datos

Para determinar el enfoque del tema a tratar, se recopilaron datos de fuentes primarias o directas en diferentes bibliografías referidas en el capítulo fuentes de información.

Las muestras para poder conocer el efecto de la estabilización de los suelos para la subrasante en la ciudad de Sullana son obtenidas por medio de calicatas efectuadas en la zona del trazo de la mejora de la carretera. Se conserva y transporta el material en función del MTC E104 Conservación y Transporte de muestras de suelos del Manual de Ensayo de Materiales del MTC.

Los diferentes ensayos que se mencionaron en la Tabla 11 del capítulo 3.2.2. Muestra son realizados en función del Manual de Ensayo de Materiales del MTC en el laboratorio particular de materiales de la

empresa Ingeniería y Geotecnia SAC, cuyos costos de los ensayos son cubiertos en su totalidad por los autores.

3.6 Técnicas e instrumentos de procesamiento de datos

3.6.1 Ensayos de laboratorio

- Análisis granulométrico de suelo por tamizado - MTC E107: Según el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2016), el tamizado es un método de separación mecánica en el que se utilizan una serie de tamices de diferentes tamaños para clasificar las partículas según su diámetro.
- Determinación del contenido de humedad de un suelo - MTC E108: Se realiza mediante la comparación del peso de la muestra de suelo antes y después de su secado en un horno. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016)
- Análisis granulométrico por medio del hidrómetro - MTC E109: Según el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2016), este método es una alternativa al análisis por tamizado, ya que permite medir la densidad del suelo en suspensión y determinar el tamaño de las partículas mediante la velocidad de sedimentación.
- Determinación del límite líquido de los suelos - MTC E110: Este ensayo permite determinar el contenido de agua necesario para que una muestra de suelo pase del estado plástico al estado líquido. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016)
- Determinación del límite plástico (L.P.) de los suelos e índice de plasticidad (I.P.) - MTC E 111: Según el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2016), este ensayo permite determinar la cantidad de agua necesaria para que una muestra de suelo adquiera una consistencia plástica y la diferencia entre los límites plástico y líquido, lo que proporciona información sobre la plasticidad y la cohesión del suelo.
- Compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (Proctor Modificado) - MTC E115: Sirve para determinar la densidad

máxima de un suelo y la cantidad óptima de agua necesaria para lograr esa densidad. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016)

- CBR de suelos (laboratorio) - MTC E132: Según el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2016), permite evaluar la resistencia a la penetración de un suelo y su capacidad de soporte.

3.6.2 Análisis de datos

Luego de realizar los ensayos en las muestras y con los diferentes porcentajes de vinaza incluidos en el suelo para su estabilización, se procesan los datos y resultados de forma estadística en libros de Excel para determinar y seleccionar el porcentaje de vinaza que presenta mejoras significativas en los suelos de la subrasante en la ciudad de Sullana.

3.6.3 Presentación de datos

Al conocerse los resultados, se muestran los datos en gráficas de fácil interpretación y se evidencie las diferencias obtenidas.

CAPÍTULO IV

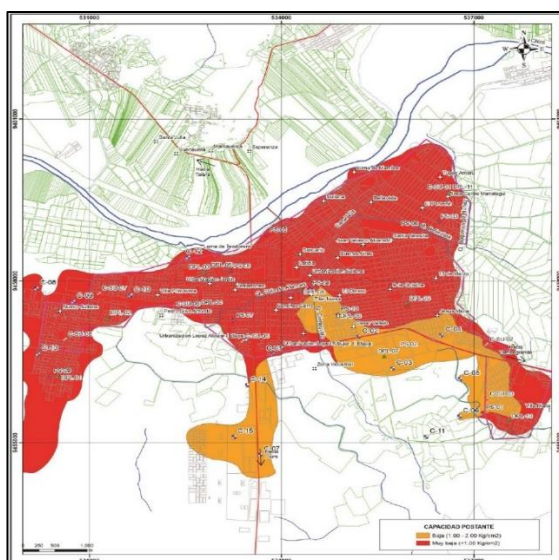
DESARROLLO

4.1 Lugar de investigación

El distrito del lugar de investigación es en Sullana, por la cual se muestra un mapa de zona geográfica en donde están identificados las zonas de riesgos según la capacidad portante por medio de calicatas.

Figura 36

Mapa de zona geográfica del distrito de Sullana



Nota. La figura presenta las zonas con las capacidades portantes de la ciudad de Sullana en donde el suelo se determina como bajo o muy bajo.

Fuente: Instituto Geofísico del Perú, 2019

4.2 Obtención de muestras

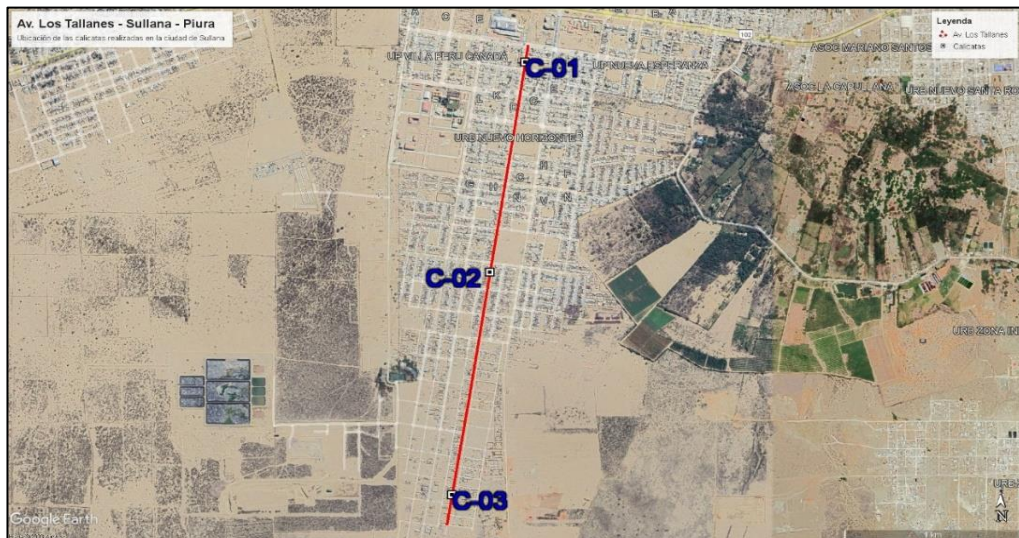
4.2.1 Suelo de la zona de estudio

Para la zona de estudio, se realizaron la extracción de las muestras en la Av. Los Tallanes del distrito de Sullana, provincia de Sullana del departamento de Piura. Además, en la Figura 37 se encuentra señalado las ubicaciones de las calicatas por medio vía satélite.

Cabe resaltar que la excavación de calicatas lo indica la MTC E 101 para realizar los ensayos indicados en la investigación.

Figura 37

Ubicación de las calicatas en la Ciudad de Sullana, provincia de Sullana en la Av. Los Tallanes



Nota. La figura muestra las ubicaciones de las tres calicatas en donde se extrajeron la muestra del suelo para la realización de ensayos.

Fuente: Google LLC_Google Earth, 2023

Figura 38

Obtención de las muestras en la calicata uno en la ciudad de Sullana en la Av. Los Tallanes



Nota. Las figuras muestran la obtención de la muestra de la progresiva Km 0+999 de la calicata uno (C-01).

Fotografías tomadas por los autores

Figura 39

Obtención de muestras de las calicatas dos y tres en la ciudad de Sullana en la Av. Los Tallanes



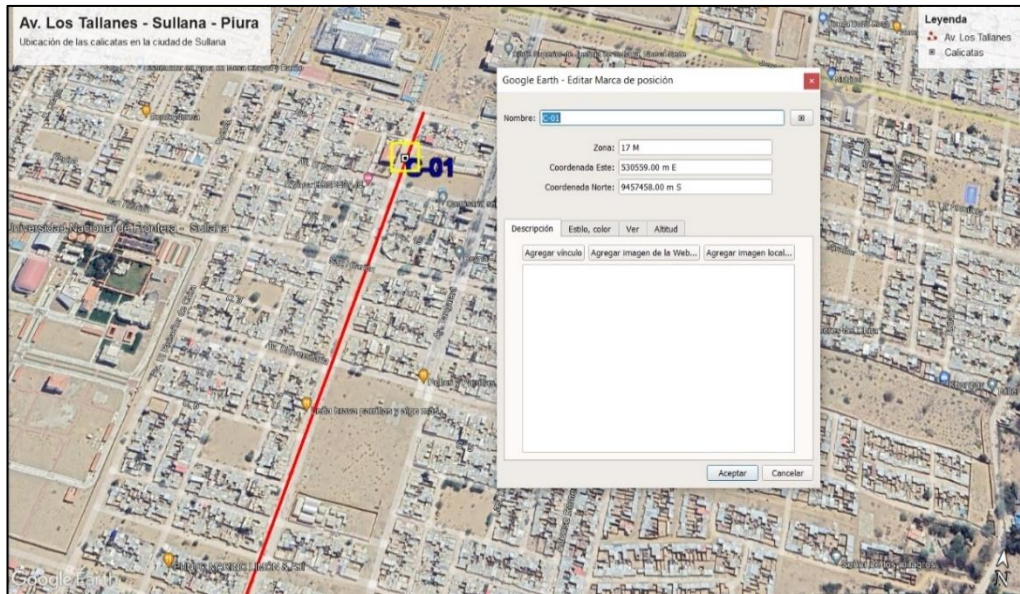
Nota. Las figuras muestran la obtención de las muestras de la progresiva Km 1+381 y Km 2+741 de las calicatas dos (C-02) y tres (C-03) respectivamente.

Fotografías tomadas por los autores

Para la identificación del letrero, panel u hoja de la calicata, se asignó la simbología de la calicata, el lugar de ubicación con coordenadas UTM del punto explorado según estipulado el Manual de Carreteras. Para este caso se usó el programa Google Earth para sacar las coordenadas UTM y su zona de cada calicata para su registro como se muestran en la Figura 40, 41 y 42.

Figura 40

Coordenadas UTM de la calicata C-01

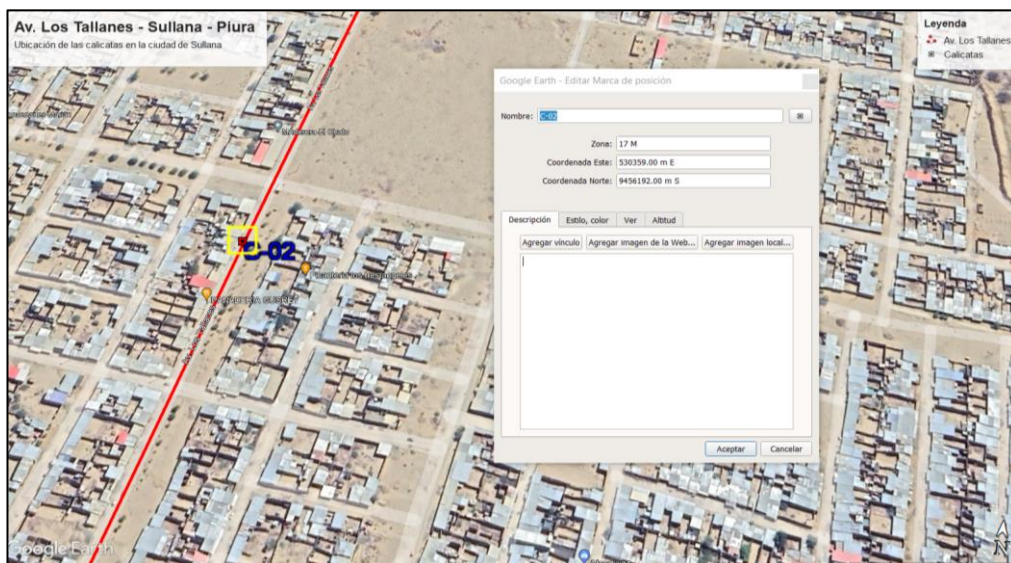


Nota. La figura muestra la zona y las coordenadas UTM de la calicata C-01.

Fuente: Google LLC_Google Earth, 2023

Figura 41

Coordenadas UTM de la calicata C-02

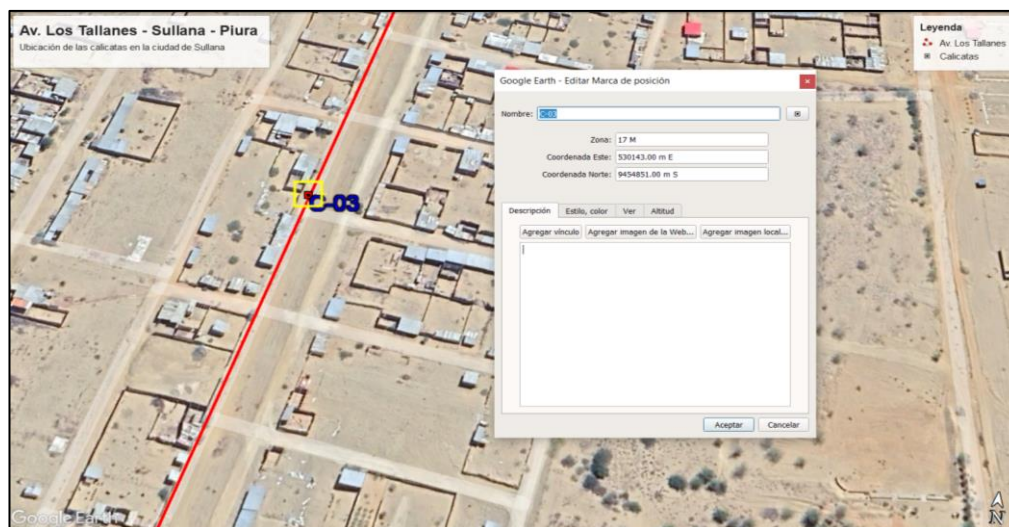


Nota. La figura muestra la zona y las coordenadas UTM de la calicata C-02.

Fuente: Google LLC_Google Earth, 2023

Figura 42

Coordenadas UTM de la calicata C-03



Nota. La figura muestra la zona y las coordenadas UTM de la calicata C-03.

Fuente: Google LLC_Google Earth, 2023

Se transportaron las muestras en bolsas de polietileno para que no se altere, y no ocurra un cambio en el contenido de humedad del suelo, y guardadas en sacos, para luego ser trasladadas a Lima y ser llevadas al laboratorio como se muestra en la Figura 43 y 44.

Figura 43

Sacos de suelos extraídos en el distrito de Sullana



Nota. Se observa los sacos del suelo extraído por medio de calicatas en el laboratorio para ser analizados.

Fotografías tomadas por los autores

Figura 44

Muestro de suelo en el laboratorio según MTC E 101



Nota. Se observa el muestreo de suelo en el laboratorio indicado en el MTC E 101 con referencia del ASTM D75.

Fotografías tomadas por los autores

4.2.2 Vinaza

En la Figura 45 se muestra las características importantes de la vinaza obtenida de la empresa Caña Brava según su ficha técnica.

Figura 45

Características de la vinaza de Caña Brava

CONCEPTOS	DESCRIPCIÓN
TEXTURA:	Líquido viscoso meloso
OLOR:	Miel y azúcar caramelizado
SABOR:	Dulce y ligeramente amargo
COLOR:	Café oscuro
PH:	4.2 – 5.2
BRIX:	60° - 62°
CENIZAS:	12%

Nota. Se observa características físicas y químicas de la vinaza.

Fuente: Caña Brava, 2022

Para asegurar que el aditivo sea suficiente para la combinación con el suelo para los ensayos, desde Piura se transportó la vinaza en dos galoneras lo cual pesaban cinco kilogramos cada uno.

Figura 46

Galonerias de vinaza de Caña Brava



Nota. Se observa las galonerias de vinaza correctamente embaladas para ser llevadas al laboratorio de suelos.

Fotografía tomada por los autores

Estas galonerias fueron llevados juntos con las muestras del suelo al laboratorio para iniciar los ensayos de laboratorio.

Figura 47

Galoneras de vinaza en el laboratorio



Nota. Se observa las galoneras de vinaza junto a los sacos de las muestras de suelo para ser analizados y catalogados.

Fotografías tomadas por los autores

4.3 Ensayos

Luego de transportarse los sacos de suelos con las galoneras de vinaza, se procedió a analizarlos por medio de los ensayos correspondientes a la Tabla 11 como se menciona en el Capítulo III Metodología de la Investigación.

4.3.1 Análisis granulométrico de suelos por tamizado

Este ensayo consiste en determinar de forma cuantitativa la distribución del tamaño de las partículas de los suelos, determinando porcentajes que pasan por una serie de tamices hasta llegar al tamiz N° 200 (74 mm) según la MTC E 107.

Para este ensayo se utilizaron los tamices de 5", 4", 3", 2 ½", 2", 1 ½", 1", ¾", ½", 3/8", N°4, N°10, N°20, N°40, N°60, N°100 y el N°200, en donde la muestra retenida de cada malla fue llevada al horno controlado a 110 ± 5° y secado hasta 24 horas, y de ahí ser pesados para posteriormente realizar el registro de sus pesos retenidos, y calcular el peso retenido en porcentaje, luego el porcentaje de peso retenido acumulado y finalmente el porcentaje que pasa.

Ya obtenido el porcentaje que pasa, se determina qué tipo de suelo predomina según la siguiente tabla para la muestra patrón del suelo natural.

Tabla 13

Determinación de suelo predominante según mallas

Malla del % que pasa	Clasificación del Suelo
Malla 3" – Malla N°4	Grava
Malla N°4 – Malla N°200	Arena
Malla N° 200	Finos

Nota. En este cuadro se determina mediante una resta los porcentajes del peso que pasan según las mallas indicadas, logrando destacar el suelo con mayor porcentaje de la muestra.

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016

4.3.2 Determinación del contenido de humedad de un suelo

Este ensayo consiste en determinar el contenido de humedad de un suelo por medio de porcentajes del peso de agua, y que se comparan al peso de las partículas sólidas según el MTC E 108. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016)

Para este ensayo se necesitó tomar una muestra no menor de 20 gramos del suelo a analizar y se colocó en un

recipiente para posteriormente hacer los diversos cálculos para finalmente hallar el porcentaje del contenido de humedad indicados en la norma.

Cabe resaltar que en este ensayo se hizo para muestra patrón y sus cinco tipos distintos de dosificación al suelo para las tres calicatas, por lo que se realizó 18 ensayos.

Tabla 14

Cálculos del porcentaje del contenido de humedad

Fórmulas	Glosario
$W = \frac{\text{Peso de agua}}{\text{Peso de suelo secado al horno}} \times 100$ $W = \frac{M_{cws} - M_{cs}}{M_{cs} - M_c} \times 100 = \frac{M_w}{M_s} \times 100$	<p>Donde:</p> <p>W = es el contenido de humedad, (%).</p> <p>M_{cws} = es el peso del contenedor más el suelo húmedo, en gramos.</p> <p>M_{cs} = es el peso del contenedor más el suelo secado en horno, en gramos.</p> <p>M_c = es el peso del contenedor, en gramos.</p> <p>M_w = es el peso del agua, en gramos</p> <p>M_s = es el peso de las partículas sólidas, en gramos.</p>

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016

4.3.3 Análisis granulométrico por medio del hidrómetro

Este ensayo se basa en la ley de Stokes la cual consiste en determinar el tamaño de las partículas de suelos finos esparcidos en un determinado tiempo que pasan el tamiz N°200 expresada en porcentaje según la MTC E 109.

Para este ensayo se utilizó el material retenido entre los tamices N°10 y el porcentaje de partícula que pasen de la malla N°200, caracterizándose por ser suelos finos en donde están los limos y arcilla. Se utilizó el aparato del densímetro 152 H para medir las partículas dentro de una probeta con agua ya mezclada en donde se registró intervalos

de minutos, la temperatura, la lectura del hidrómetro, para realizar el registro de datos de la profundidad efectiva, la corrección y el porcentaje más fino.

Se debe evitar que se formen grumos a la hora de medir el diámetro del tamaño de las partículas de los finos por lo que se usó un defloculante que es el hexametáfosfato de sodio que dispersará las partículas del suelo según la MTC E 109. (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016)

Tabla 15

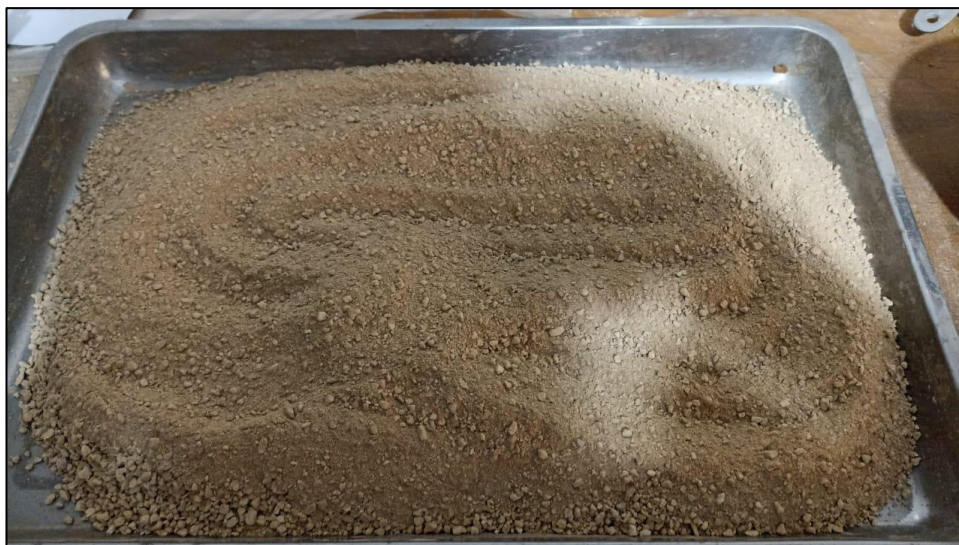
Cálculos del diámetro de las partículas de los finos

Fórmulas	Glosario
$D \text{ (mm)} = K \sqrt{(L / t)}$	<p>Donde:</p> <p>D = Diámetro de las partículas en mm</p> <p>L = Profundidad efectiva en cm</p> <p>t = Tiempo transcurrido en min.</p> <p>K = Coeficiente que se saca</p>
$K = \sqrt{\frac{30 \times \mu / g}{\tau_S - \tau_W}}$	<p>Donde:</p> <p>g = Aceleración gravitacional = 980,7 cm/s²</p> <p>μ = Coeficiente de viscosidad del agua en Poises</p> <p>τ_S = Peso unitario de los sólidos del suelo en gr/cm³</p> <p>τ_W = Peso unitario del agua destilada, a la temperatura T, en g/cm³.</p>

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016

Figura 48

Muestras de partículas de suelo finos para análisis granulométrico por medio del hidrómetro



Nota. Las partículas de suelo están seleccionadas para ser vertidas a la probeta y ser medida por el hidrómetro.

Fotografía tomada por los autores

4.3.4 Determinación de los límites de consistencia

4.3.4.1 Límite Líquido

Según el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2016), el Límite Líquido consiste en el contenido de humedad expresado en porcentaje, para lo cual el suelo se calcula entre sus estados líquido y plástico mediante la copa de Casagrande con el fin de caracterizar las fracciones de finos de los suelos.

En este ensayo se tomaron tres recipientes para cada muestra en la cual se halló su contenido de humedad en base a la copa de Casagrande por lo cual se colocó la muestra húmeda en la cuchara, y se realizará los golpes hasta que se junten su fondo en una distancia 13 mm según la MTC E 110.

En base al proceso mencionado en el párrafo anterior, se realiza el gráfico de número golpes en el eje “x” con el

contenido de humedad en el eje “y” en donde arroja una pendiente negativa y se halla la ecuación en escala logarítmica y reemplazar la incógnita de la ecuación por el valor estándar de 25 golpes establecido en el MTC E 110 obteniendo el valor del límite líquido.

En este ensayo, se realizó 18 ensayos debido a que se debe hallar el límite líquido de la muestra patrón y sus cinco tipos de dosificación al suelo para las tres calicatas.

Figura 49

Preparación de las muestras para la realización del límite líquido



Nota. Se puede apreciar las distintas muestras con sus respectivas dosificaciones para la realización del ensayo.

Fotografías tomadas por los autores

4.3.4.2 Límite Plástico

Para el límite plástico, se denomina así a la humedad más baja que consiste en realizar bastoncitos de suelos de diámetro de 3,2 mm, rodándolos con las palmas de la mano en una superficie lisa hasta que tenga fisuras para luego ser pesado mediante cápsula, y calcular el contenido de humedad en porcentaje según la MTC E 111.

Se realizó para dos muestras en recipiente, en donde se tuvo dos contenidos de humedades y en base a eso,

se obtiene el promedio de ambos datos para determinar el valor del límite plástico.

Para esta parte del ensayo, se aplicó 18 ensayos porque se debe calcular el límite plástico de la muestra patrón y sus cinco tipos de dosificación al suelo para las tres calicatas.

4.3.4.3 Índice de Plasticidad

Una vez obtenido los valores del límite líquido y límite plástico, se halla el índice de plasticidad mediante una resta entre los valores mencionados obtenidos de la siguiente fórmula.

Tabla 16

Fórmula del índice de plasticidad IP

Fórmulas	Glosario
$I.P. = L.L. - L.P.$	Donde: L.L. = Límite Líquido P.L. = Límite Plástico L.L. y L.P., son números enteros

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016

4.3.4.4 Límite de Retracción

Para el límite de retracción se determina de forma indirecta en función de la fórmula presentada por Casagrande (1932) que relaciona la cantidad de los finos en el suelo, es decir, los pasantes de la malla N°200 con la fórmula presente en la Figura 50.

Figura 50

Fórmula para el cálculo del límite de contracción

$$WL = 0.73 - 0.003 * (\% \text{ de finos})$$

Nota. Se presenta la fórmula indirecta para el cálculo del límite de contracción en función de los porcentajes de finos presentes en la muestra.

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016

4.3.6 Compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (Proctor Modificado)

Este ensayo consiste en determinar la relación entre el contenido de humedad de agua y peso unitario seco de suelos compactados en un molde con un pisón energía de compactación para luego hallar el contenido de humedad óptimo y la máxima densidad seca mediante la curva de compactación según MTC E 115.

Para este ensayo, se aplicó el método C, lo cual consiste en aplicar 56 golpes para las 5 capas en el molde de suelo con un volumen de 946 cm^3 en donde será compactado con un pisón de 10 libras como señala la MTC E 115.

Figura 51

Preparación de la muestra en molde en ensayo de Proctor modificado



Nota. Se puede apreciar en la figura la compactación de las muestras con el pisón para luego registrar las variaciones.

Fotografías tomadas por los autores

Se realizó cuatro muestras de moldes para la muestra patrón para obtener la densidad húmeda y de esos moldes se extrajo cierta porción de muestra del suelo para ser colocados en taras y calcular el contenido de humedad y la densidad seca para luego graficar la curva de compactación en donde el eje horizontal se ubica el contenido de humedad y el eje vertical se coloca la densidad seca para finalmente obtener el contenido de humedad óptimo y la máxima densidad seca.

Para el Proctor modificado, se hizo 18 ensayos en donde incluyen la muestra patrón y sus cinco dosificaciones variables aplicadas al suelo patrón.

Tabla 17

Fórmulas para la gráfica de la curva de compactación

Fórmulas	Glosario
$\rho_m = 1000 \times \frac{(M_t - M_{md})}{V}$	Donde: ρ_m = Densidad Húmeda del espécimen compactado (Mg/m ³) M_t = Masa del espécimen húmedo y molde (kg) M_{md} = Masa del molde de compactación (kg) V = Volumen del molde de compactación (m ³)
$W = \frac{\text{Peso de agua}}{\text{Peso de suelo seco al horno}} \times 100$	Donde: W = es el contenido de humedad, (%). M_{cws} = es el peso del contenedor más el suelo húmedo, en gramos. M_{cs} = es el peso del contenedor más el suelo seco en horno, en gramos. M_c = es el peso del contenedor, en gramos. M_w = es el peso del agua, en gramos M_s = es el peso de las partículas sólidas, en gramos.
$\rho_d = \frac{\rho_m}{1 + \frac{w}{100}}$	Donde: ρ_d = Densidad seca del espécimen compactado (Mg/m ³) w = contenido de agua (%)

Fuente: Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016

4.3.7 CBR de suelos (Laboratorio)

Este ensayo consiste en determinar el índice de la resistencia del suelo analizado, lo cual se llama valor de relación de soporte de la subrasante, subbase, base y material de la base del pavimento según MTC E 132.

Se realizó el ensayo de compactación para tres moldes a 12, 25 y 56 golpes respectivamente y poder obtener la densidad humedad, densidad seca y el contenido de humedad el molde.

Luego se preparó el molde para realizar la prueba de expansión cuyo objetivo es calcular el hinchamiento del suelo en milímetros medido por un vástago, en donde se colocó pesas encima del molde normada al mismo rango protegida el suelo con un papel filtro para luego ser sumergido al agua por cuatro días y en ese lapso tomar la lectura de expansión.

Luego se extrajo el molde sumergido y ser reposado 15 minutos para que drene el agua dentro del suelo para luego ser sometido a la prueba de penetración en donde se sacó las pesas, el papel filtro y el vástago para volver a ser colocado las pesas para la etapa de penetración. Para este caso se ajustó el indicador de presión del anillo de carga a cero y el dial de deformación y se registrarán lecturas en donde los valores más importantes son de 0.1" (2.540 mm) y 0.2" (5.080 mm) de penetración.

Figura 52

Prueba de penetración al molde del suelo



Nota. Se puede apreciar en la imagen los moldes de suelo con 60% vinaza + 40% agua y 90% vinaza + 10% agua a punto de ser sometido a la prueba de penetración.

Fotografías tomadas por los autores

Luego vienen los cálculos como la obtención de cargas de penetración 0.1" y 0.2" en Kg mediante la gráfica de penetración en el eje horizontal y cargas en el vertical, para luego ser multiplicados por los valores de esfuerzo de la piedra californiana de 0.1" y 0.2" para obtener el CBR en función a las deformaciones mencionadas y con esto realizar una gráfica en donde la capacidad de soporte estará ubicado en el eje horizontal y la densidad seca del Proctor modificado en el eje vertical para calcular el CBR seco al 100% y 95% de la máxima densidad seca.

4.4 Comparación de costos

Una vez obtenidos los resultados de los ensayos para la caracterización de las muestras, se desea comparar el suelo estabilizado con vinaza, respecto al suelo estabilizado con el material más utilizado en la región de Piura, que corresponde a la Cal. (Sanchez, 2022) Conociendo que el metro lineal de cal al 3% tiene un costo aproximado de 11 soles según Palacios (2019) en la ciudad de Sullana, se espera que los costos de la vía estabilizada con vinaza según los diferentes porcentajes de las muestras sean entre 4 a 8 soles.

CAPÍTULO V

RESULTADOS

Luego de la obtención de muestras y sus respectivos ensayos en las calicatas mencionadas en la ciudad de Sullana, en la Av. Los Tallanes y según los objetivos planteados, se elaboraron los ensayos de las muestras de suelo para la obtención de los correspondientes resultados.

5.1 Caracterización del suelo

5.1.1 Análisis granulométrico de suelos por tamizado

El ensayo se rigió en función de la norma MTC E 107, en las tres diferentes calicatas (C-1, C-2 y C-3), debido a que no hay cambios en las curvas, se muestra los porcentajes retenidos por malla en la Tabla 18.

Tabla 18

Porcentajes que se retienen por tipo de malla

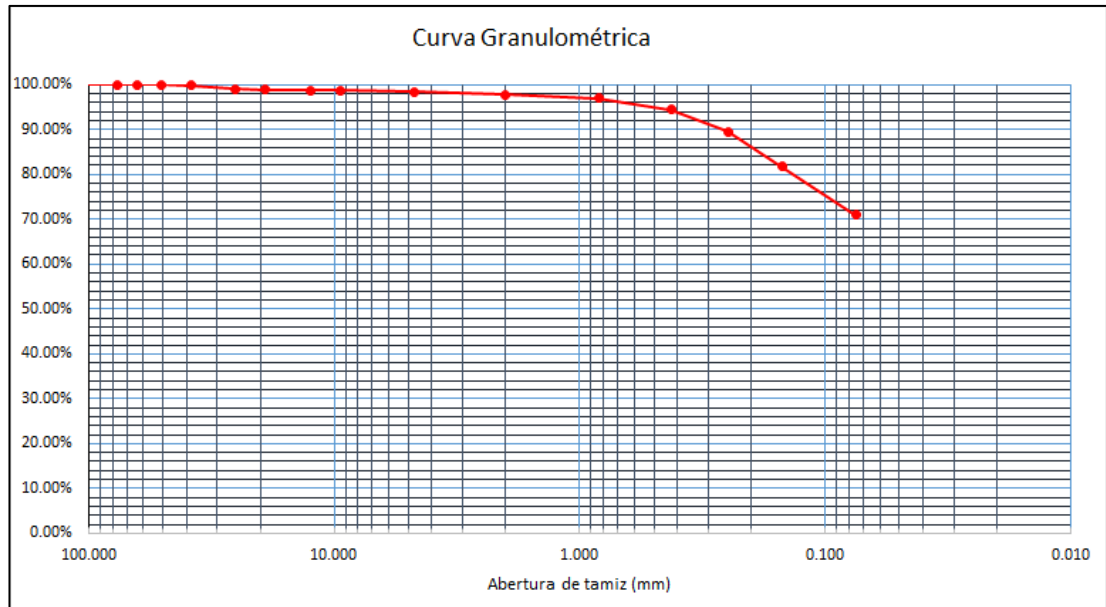
Malla ASTM	Abertura de la malla o Diámetro (en mm)	Peso Retenido	Peso Retenido Corregido	Retenido (%)	Retenido Acumulado (%)	Porcentaje que Pasa Corregido (%)
5"	127.000	0.00	0.00	0.0%	0.0%	100.00%
4"	101.600	0.00	0.00	0.0%	0.0%	100.00%

3"	76.200	0.00	0.00	0.0%	0.0%	100.00%
2 1/2"	63.300	0.00	0.00	0.0%	0.0%	100.00%
2"	50.800	0.00	0.00	0.0%	0.0%	100.00%
1 1/2"	38.100	10.35	10.37	0.2%	0.2%	99.80%
1"	25.400	36.21	36.31	0.7%	0.9%	99.10%
3/4"	19.000	10.35	10.37	0.2%	1.1%	98.90%
1/2"	12.500	10.35	10.37	0.2%	1.3%	98.70%
3/8"	9.500	0.00	0.00	0.0%	1.3%	98.70%
N°4	4.750	15.52	15.56	0.3%	1.6%	98.40%
N°10	2.000	31.04	31.12	0.6%	2.2%	97.80%
N°20	0.840	41.38	41.50	0.8%	3.0%	97.00%
N°40	0.425	134.49	134.86	2.6%	5.6%	94.40%
N°60	0.250	253.45	254.16	4.9%	10.5%	89.50%
N°100	0.150	398.28	399.40	7.7%	18.2%	81.80%
N°200	0.075	558.63	560.20	10.8%	29.0%	71.00%
<N°200	Bandeja	3672.48	3682.77	71.0%	100.0%	
		5172.50	5187.00			

Elaborado por: los autores

Figura 53

Curva granulométrica del suelo matriz promedio.



Nota. La figura representa en el eje vertical el porcentaje que pasa por los diferentes tamices, respecto al eje horizontal que presenta los diferentes diámetros de partículas.

Elaborado por: los autores

Con el tamizado de las muestras, se observó que se pierde material, es por ello que la norma explica que se debe corregir, siendo siempre menor al 1%, el material perdido respecto al peso total inicial.

Se corrige, aumentando en función del porcentaje de cada malla retenida para poder llegar al peso inicial sin pérdida.

De la muestra de suelo patrón, más del 71%, se cataloga como suelo fino, al ser el pasante de la malla N°200, o con un diámetro de partícula, menor a los 0.075mm. El 1.6% está catalogado como grava y el 27.4% restante está catalogado como arena.

5.1.2 Determinación del contenido de humedad de un suelo

El ensayo se rigió en función de la norma MTC E 108, obteniendo una humedad relativa del suelo natural como se observa en la Tabla 19.

Tabla 19

Contenido de humedad del suelo ensayado integral

Tipo de Suelo	Calicata 01 (PK 00+099)	Calicata 02 (PK 01+381)	Calicata 03 (PK 02+741)	Promedio
Suelo Arcilloso (Material Integral)	5.5%	5.7%	6.5%	5.9%
Suelo + 30% Vinaza	11.9%	12.1%	12.6%	12.2%
Suelo + 45% Vinaza	11.5	11.4%	10.7%	11.2%
Suelo + 60% Vinaza	10%	10.2%	10.9%	10.4%
Suelo + 75% Vinaza	8.9%	8.7%	7.7%	8.4%
Suelo + 90% Vinaza	7.3%	7.5%	7.1%	7.3%

Elaborado por: los autores

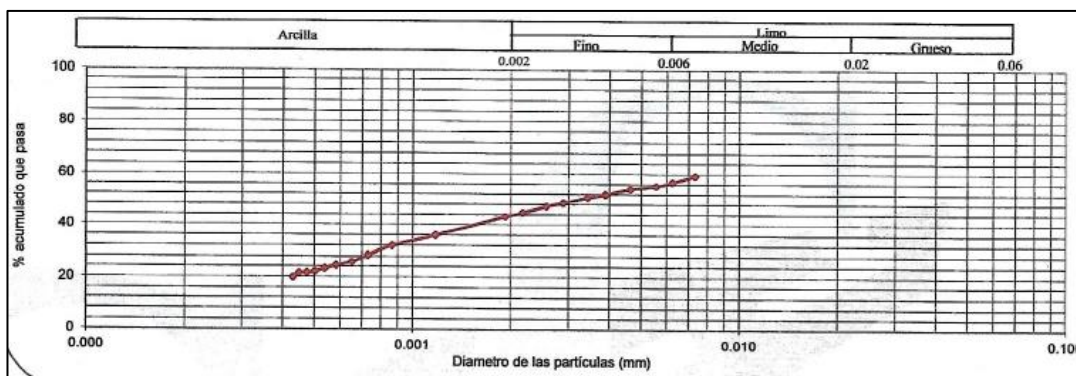
Los porcentajes de humedad del suelo, tanto el integral como los estabilizados, se aprecia un cambio de los porcentajes (siendo el suelo con 30% de vinaza el que presenta un mayor aumento respecto al integral), esto es debido a que, al momento de realizar el secado del material, los suelos con la vinaza disminuyen en mayor medida, ya que el insumo en su composición química es mayormente una sustancia de agua con potasio y mayores minerales.

5.1.3 Análisis granulométrico por medio del hidrómetro

Siendo el pasante en el granulométrico por tamizado los finos mayores al 71%, se decide conocer con mayor precisión, que cantidad de arcilla es la presente en la muestra, como se aprecia en la Figura 54.

Figura 54

Curva granulométrica del suelo matriz con incidencia en los finos



Nota. La figura representa en el eje vertical los porcentajes acumulados que pasan los diferentes tamices, mientras que en el eje horizontal representan los diámetros de las partículas pasantes en mm

Elaborado por: los autores

Los finos considerados arcillas, son los que presentan un diámetro de partícula menor a los 0.002mm y que en la muestra patrón, más del 42% del suelo se caracteriza como tal, valores que influyen finalmente en las características físicas de las carreteras con CBR menores al 6% (el suelo requiere estabilización sea física o química)

5.1.4 Determinación de los límites de consistencia

Tabla 20

Límite Líquido de los diferentes suelos ensayados en las calicatas de la Av. Los Tallanes – Sullana

Tipo de Suelo	Límite Líquido (LL)			
	Calicata 01 (PK 00+099)	Calicata 02 (PK 01+381)	Calicata 03 (PK 02+741)	Promedio
Suelo Arcilloso (Material Integral)	47	45	46	46
Suelo + 30% Vinaza	43	41	42	42
Suelo + 45% Vinaza	40	39	40	40
Suelo + 60% Vinaza	36	35	35	35

Suelo + 75% Vinaza	33	33	33	33
Suelo + 90% Vinaza	29	30	32	31

Elaborado por: los autores

Tabla 21

Límite Plástico de los diferentes suelos ensayados en las calicatas de la Av. Los Tallanes – Sullana

Tipo de Suelo	Límite Plástico (LP)			
	Calicata 01 (PK 00+099)	Calicata 02 (PK 01+381)	Calicata 03 (PK 02+741)	Promedio
Suelo Arcilloso (Material Integral)	21	22	24	22
Suelo + 30% Vinaza	21	21	20	21
Suelo + 45% Vinaza	20	20	20	20
Suelo + 60% Vinaza	22	20	20	21
Suelo + 75% Vinaza	20	18	20	19
Suelo + 90% Vinaza	17	18	19	18

Elaborado por: los autores

Tabla 22

Índice de Plasticidad de los diferentes suelos ensayados en las calicatas de la Av. Los Tallanes – Sullana

Tipo de Suelo	Índice de Plasticidad (LL-LP)			
	Calicata 01 (PK 00+099)	Calicata 02 (PK 01+381)	Calicata 03 (PK 02+741)	Promedio
Suelo Arcilloso (Material Integral)	26	23	22	24
Suelo + 30% Vinaza	22	20	22	21
Suelo + 45% Vinaza	20	19	20	20
Suelo + 60% Vinaza	14	15	17	14
Suelo + 75% Vinaza	13	15	13	14
Suelo + 90% Vinaza	12	12	13	12

Elaborado por: los autores

Tabla 23

Clasificación de suelos según índice de plasticidad de las muestras

Tipo de Suelo	Clasificación suelo según el IP por el MTC		
	IP	Plasticidad	Característica
Suelo Arcilloso (Material Integral)	24	Alta	Suelos muy arcillosos
Suelo + 30% Vinaza	21	Alta	Suelos muy arcillosos
Suelo + 45% Vinaza	20	Media	Suelos arcillosos
Suelo + 60% Vinaza	14	Media	Suelos arcillosos
Suelo + 75% Vinaza	14	Media	Suelos arcillosos
Suelo + 90% Vinaza	12	Media	Suelos arcillosos

Elaborado por: los autores

En el caso del límite de retracción, se calculará de forma indirecta como se menciona en el Capítulo II Bases teóricas y en el Capítulo IV Desarrollo con la fórmula propuesta por Casagrande (1932), y como se presenta en la Tabla 24.

Tabla 24

Límite de Retracción de forma indirecta de los diferentes suelos ensayados en las calicatas de la Av. Los Tallanes – Sullana

Tipo de Suelo	Límite de Retracción
	Promedio
Suelo Arcilloso (Material Integral)	73
Suelo + 30% Vinaza	
Suelo + 45% Vinaza	
Suelo + 60% Vinaza	
Suelo + 75% Vinaza	
Suelo + 90% Vinaza	

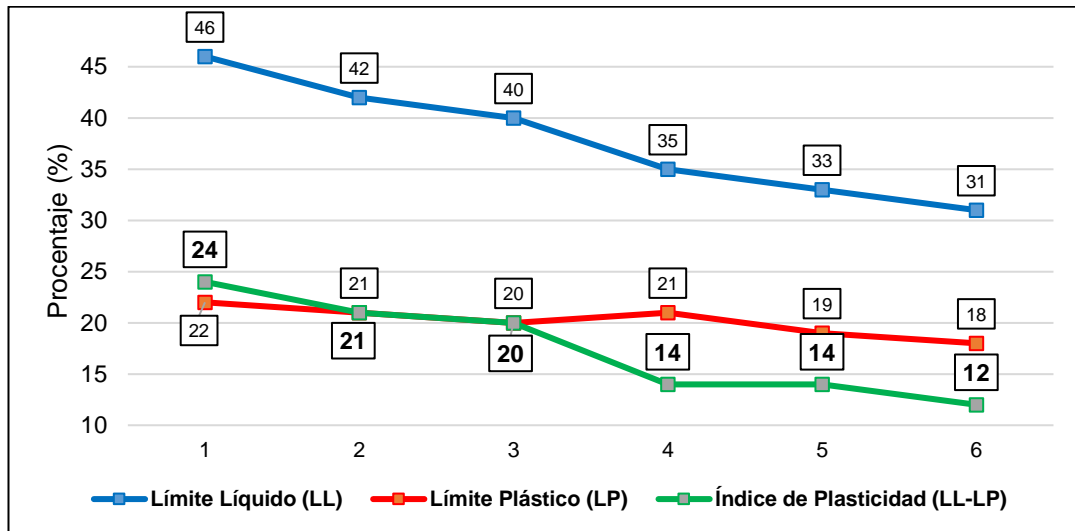
Elaborado por: los autores

Los resultados de los límites de Atterberg de los suelos combinados en diferentes proporciones con la vinaza, muestra una disminución importante del límite líquido, siendo el material integral de 46 hasta el 90% de vinaza a 31, disminución del 32.6%. Y en el caso del índice

de plasticidad, se disminuye desde 24 hasta 12, es decir, una disminución del 50%.

Figura 55

Límites de consistencia por los ensayos de laboratorio



Nota. Se muestra los resultados de los ensayos de los límites de Atterberg para poder determinar su comportamiento. Los tipos de suelo son: 1. Suelo Arcilloso (Material Integral), 2. Suelo + 30% Vinaza, 3. Suelo + 45% Vinaza, 4. Suelo + 60% Vinaza, 5. Suelo + 75% Vinaza, 6. Suelo + 90% Vinaza.

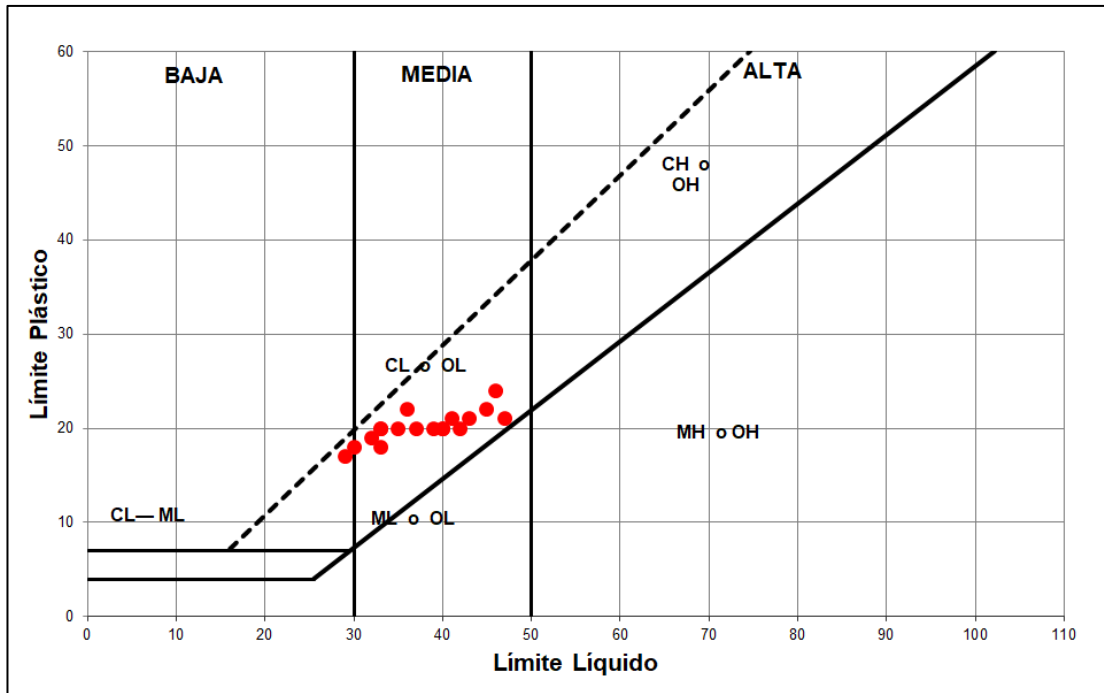
Elaborado por: los autores

Carta de Plasticidad de Casagrande

Luego de determinados los límites líquidos y plásticos de las muestras ensayadas, se pasan a la clasificación de los suelos según la carta de plasticidad de Casagrande, en el que, por medio de coordenadas cartesianas se determinan la influencia de arcillas o limos, como se observa en los datos determinados por las Tablas 21 y 22 y se obtienen la Figura 56.

Figura 56

Carta de Plasticidad de Casagrande



Nota. Se grafican los tipos de suelo en función de los límites líquidos y los límites de plasticidad de las diferentes muestras.

Elaborado por: los autores

Debido a la carta de Casagrande, se determina que, de las 18 muestras ensayadas, en su gran mayoría, se terminan clasificando según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) como suelos CL (arcilla arenosa de baja plasticidad).

Sin embargo, se muestra una diferencia en el Sistema ASSHTO debido a que, una vez incorporado la vinaza en las muestras de suelos, su clasificación mejora, pasando de un suelo tipo A-7-6 (13) a uno A-6 (8) como se muestra en la Tabla 25.

Tabla 25

Clasificación de las muestras de suelo según el método AASHTO

Tipo de Suelo	Clasificación suelo según ASSHTO	
	Suelo	Índice de Grupo
Suelo Arcilloso (Material Integral)	A-7-6 (13)	Muy pobre
Suelo + 30% Vinaza	A-7-6 (12)	Muy pobre
Suelo + 45% Vinaza	A-6 (11)	Muy pobre
Suelo + 60% Vinaza	A-6 (9)	Pobre
Suelo + 75% Vinaza	A-6 (9)	Pobre
Suelo + 90% Vinaza	A-6 (8)	Pobre

Elaborado por: los autores

Se presenta una mejora del suelo, ya que el índice de grupo del mismo disminuye, pasado de 13 a 12, pero con las adiciones subsiguientes al 45% de vinaza, la clasificación pasa de un suelo A-7-6 a uno A-6, es decir, de un índice de grupo de muy pobre a pobre

5.2 Capacidad de soporte del suelo

5.2.1 Compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada (Proctor Modificado)

Para determinar las características físicas del suelo se compactaron las muestras de suelos en función de la norma MTC E115 en las cuales se obtienen diagramas de dos ejes, en el eje horizontal se determina el contenido de humedad en porcentaje (%), y en el eje vertical se determina la densidad seca en gramos por centímetro cúbico (g/cm³), la curva debe asemejarse a una parábola invertida, es decir, con una curva máxima como se observan en las Figuras 57 a la 62, si en los casos del ensayo no se obtienen una curva parabólica invertida, se deben aumentar o disminuir el contenido de humedad de la muestra según se necesite.

Los resultados de las calicatas ensayadas con los diferentes porcentajes de vinaza añadidas se obtuvieron en las Tablas

26 y 27, y las curvas determinadas de forma promedio, se obtienen como se mencionó anteriormente, en las Figuras 57 a la 62.

Tabla 26

Porcentajes óptimos de humedad

Tipo de Suelo	% Óptimo de Humedad			
	Calicata 01 (PK 00+099)	Calicata 02 (PK 01+381)	Calicata 03 (PK 02+741)	Promedio
Suelo Arcilloso (Material Integral)	15	15	15	15
Suelo + 30% Vinaza	12	12	12	12
Suelo + 45% Vinaza	15	15	15	15
Suelo + 60% Vinaza	15	15	15	15
Suelo + 75% Vinaza	15	15	15	15
Suelo + 90% Vinaza	15	15	15	15

Elaborado por: los autores

Tabla 27

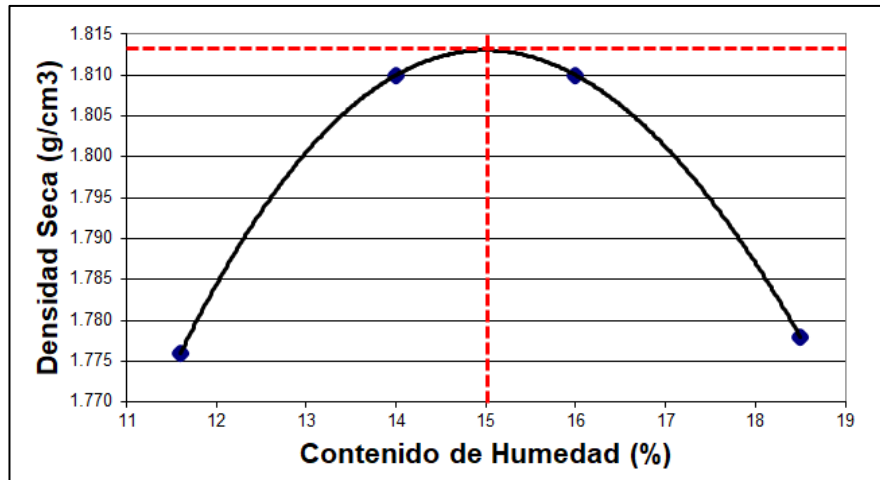
Valores de Densidad Máxima Seca

Tipo de Suelo	Densidad Máxima Seca			
	Calicata 01 (PK 00+099)	Calicata 02 (PK 01+381)	Calicata 03 (PK 02+741)	Promedio
Suelo Arcilloso (Material Integral)	1.812	1.814	1.814	1.813
Suelo + 30% Vinaza	1.838	1.838	1.841	1.839
Suelo + 45% Vinaza	1.843	1.841	1.842	1.842
Suelo + 60% Vinaza	1.850	1.854	1.856	1.853
Suelo + 75% Vinaza	1.846	1.850	1.852	1.849
Suelo + 90% Vinaza	1.837	1.836	1.837	1.837

Elaborado por: los autores

Figura 57

Contenido de humedad óptima para la muestra de material integral

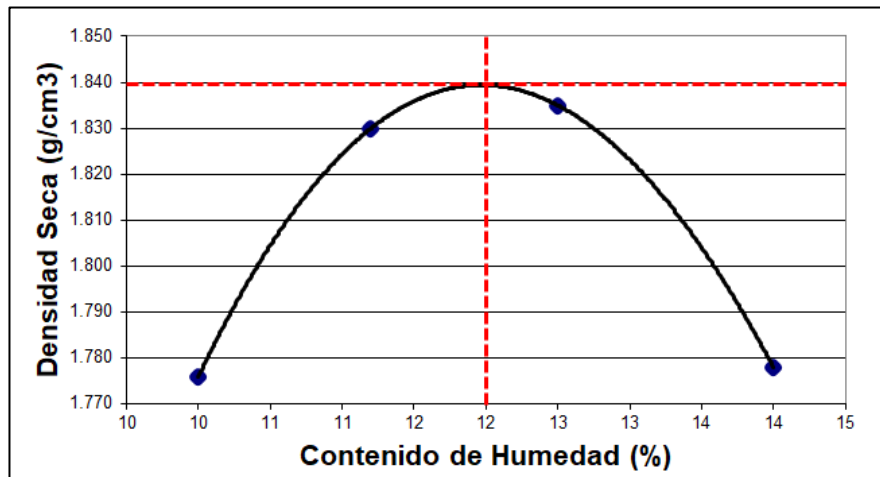


Nota. Se determina por medio del ensayo la máxima densidad seca de 1.813 g/cm³ para el tipo de suelo integral con un contenido de humedad del 15%.

Elaborado por: los autores

Figura 58

Contenido de humedad óptima para la muestra de suelo + 30% de vinaza

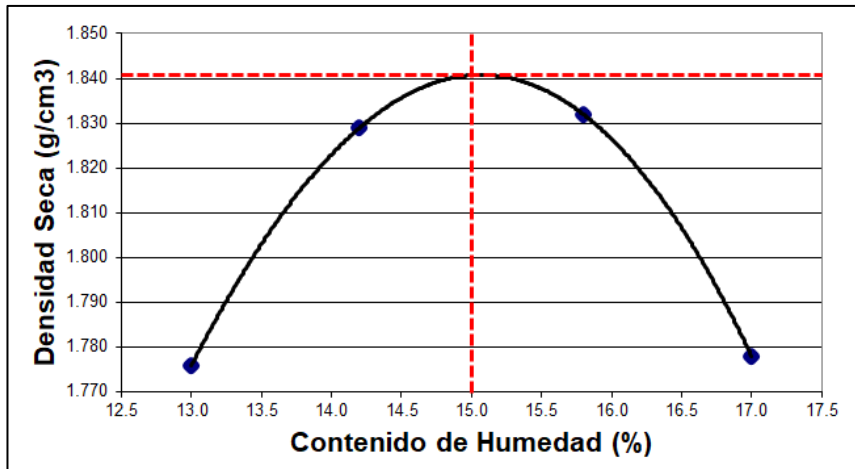


Nota. Se determina por medio del ensayo la máxima densidad seca de 1.839 g/cm³ para el tipo de suelo + 30% de vinaza con un contenido de humedad del 12%.

Elaborado por: los autores

Figura 59

Contenido de humedad óptima para la muestra de suelo + 45% de vinaza

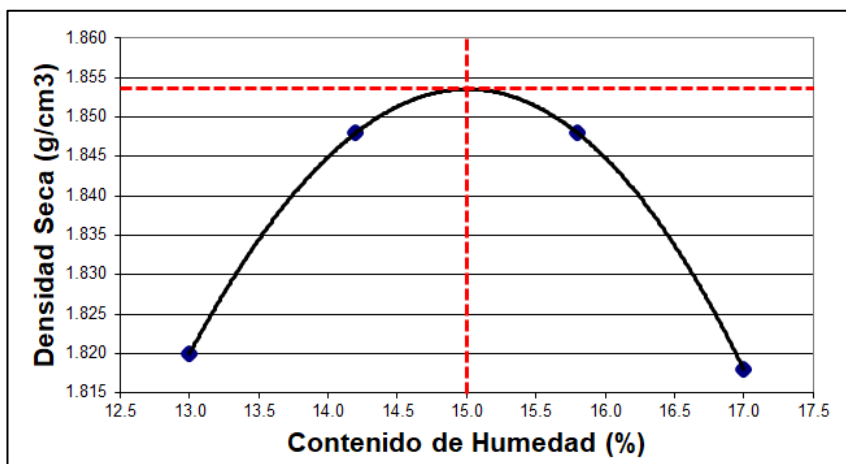


Nota. Se determina por medio del ensayo la máxima densidad seca de 1.842 g/cm³ para el tipo de suelo + 45% de vinaza con un contenido de humedad del 15%.

Elaborado por: los autores

Figura 60

Contenido de humedad óptima para la muestra de suelo + 60% de vinaza

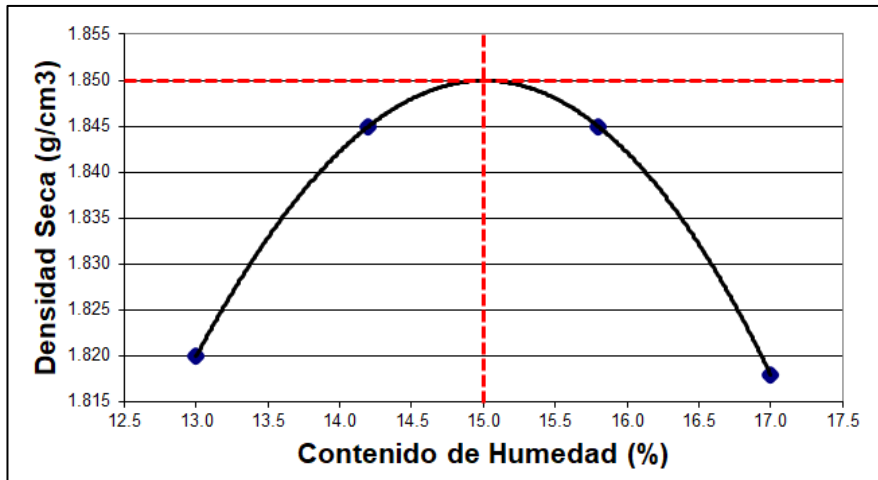


Nota. Se determina por medio del ensayo la máxima densidad seca de 1.853 g/cm³ para el tipo de suelo + 60% de vinaza con un contenido de humedad del 15%.

Elaborado por: los autores

Figura 61

Contenido de humedad óptima para la muestra de suelo + 75% de vinaza

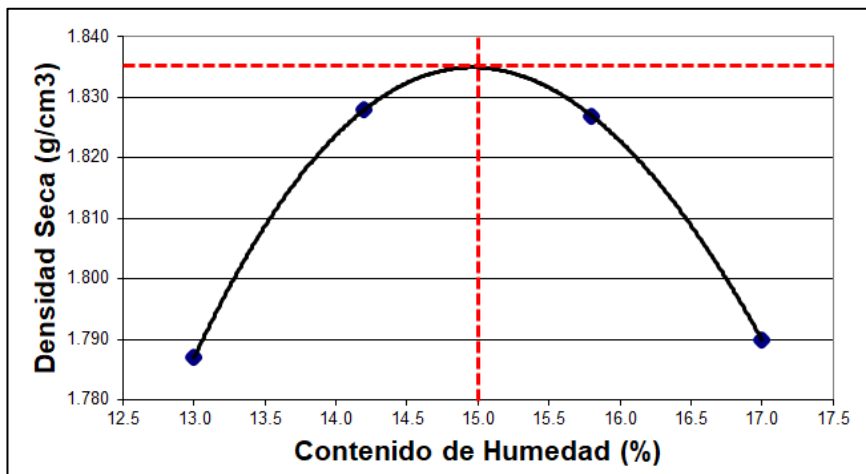


Nota. Se determina por medio del ensayo la máxima densidad seca de 1.849 g/cm3 para el tipo de suelo + 75% de vinaza con un contenido de humedad del 15%.

Elaborado por: los autores

Figura 62

Contenido de humedad óptima para la muestra de suelo + 90% de vinaza



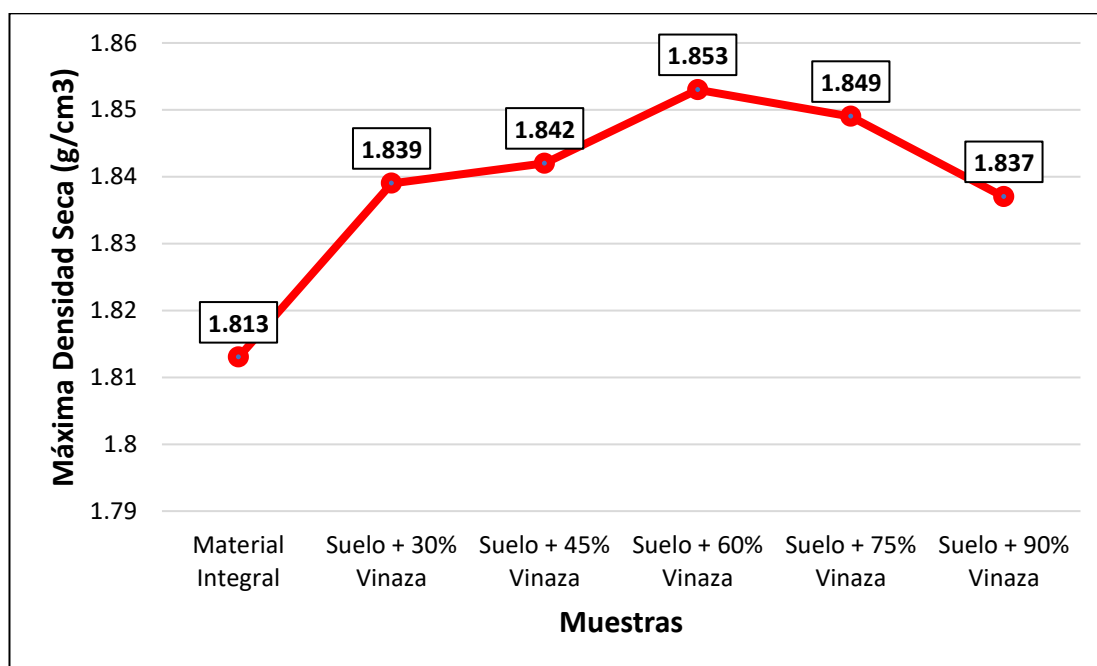
Nota. Se determina por medio del ensayo la máxima densidad seca de 1.837 g/cm3 para el tipo de suelo + 90% de vinaza con un contenido de humedad del 15%.

Elaborado por: los autores

Con los resultados se determina cuáles son los porcentajes que se necesitan alcanzar según cada mezcla para que las propiedades de resistencia del suelo sean las más altas posibles, como es el caso de la Figura 63, que se relaciona la máxima densidad seca y el nombre de la muestra que se obtiene.

Figura 63

Relación entre la máxima densidad seca y las muestras.



Nota. Se determina la máxima densidad seca del tipo de suelo según el porcentaje de vinaza que se adiciona.

Elaborado por: los autores

5.2.2 CBR de suelos (Laboratorio)

Luego de determinado el porcentaje óptimo de humedad con el ensayo de proctor modificado, se calcula el índice de CBR de las muestras según la norma del MTC E 132. Se seleccionan los valores de penetración y compactación del suelo integral al igual que con las inclusiones de Vinaza como se observan en la Tabla 28.

Se seleccionan los índices de CBR al 100% de la máxima densidad seca, debido a que por el tipo de suelo y el planteamiento del proyecto que se dio, es decir, la vía no se puede llegar a ser pavimentada, debido al bajo IMDA (índice medio diario anual) que presenta. Si se tiene en cuenta los valores mínimos de densidad de suelo para subrasantes según el MTC (95% de MDS), este factor no aplicaría debido a que se busca que esta vía solo llegue a ser una trocha carrozable.

Tabla 28

Porcentajes de expansión del suelo integral y las inclusiones de vinaza

Tipo de Suelo	Expansión (%)			
	Calicata 01 (PK 00+099)	Calicata 02 (PK 01+381)	Calicata 03 (PK 02+741)	Promedio
Suelo Arcilloso (Material Integral)	0.4	0.5	0.5	0.5
Suelo + 30% Vinaza	0.3	0.4	0.4	0.4
Suelo + 45% Vinaza	0.2	0.3	0.4	0.3
Suelo + 60% Vinaza	0.3	0.3	0.4	0.3
Suelo + 75% Vinaza	0.2	0.3	0.3	0.3
Suelo + 90% Vinaza	0.2	0.2	0.3	0.2

Nota. Se presentan las variaciones del material a las 48h de estar saturadas con las lecturas del dial al realizar el ensayo de CBR.

Elaborado por: los autores

Tabla 29

Índices de CBR del suelo integral y las inclusiones de vinaza

Tipo de Suelo	CBR (%)			
	Calicata 01 (PK 00+099)	Calicata 02 (PK 01+381)	Calicata 03 (PK 02+741)	Promedio
Suelo Arcilloso (Material Integral)	5.7	5.9	6	5.9
Suelo + 30% Vinaza	18	20	21	20
Suelo + 45% Vinaza	24.3	24.9	25.6	24.9
Suelo + 60% Vinaza	29.6	29.7	29.7	29.7
Suelo + 75% Vinaza	33.4	33.5	33.7	33.5

Suelo + 90% Vinaza	33.8	34.1	33.5	34.1
--------------------	------	------	------	------

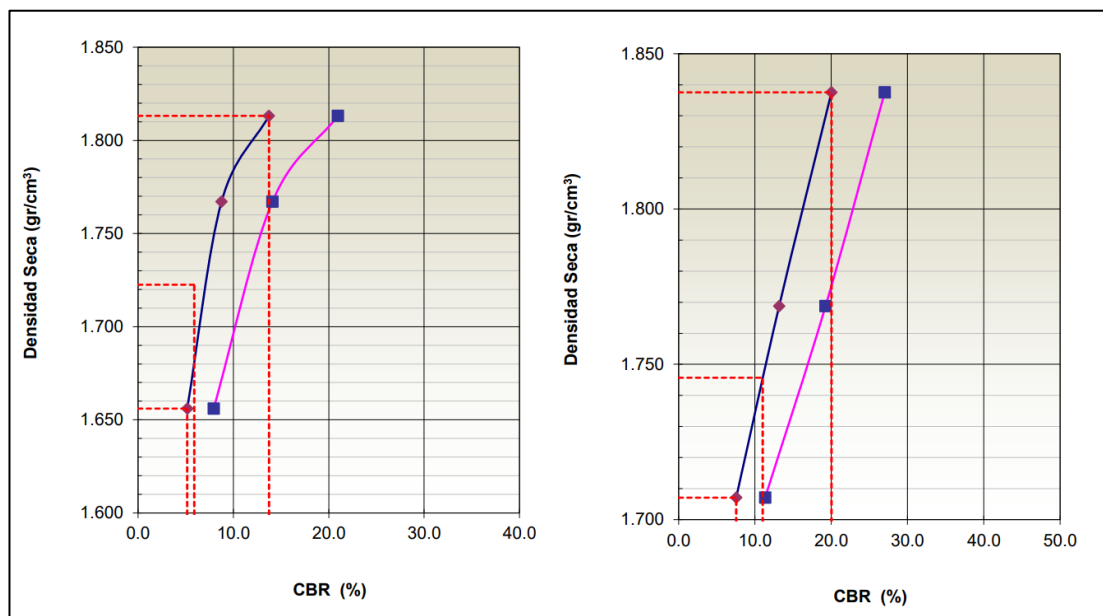
Nota. Se calculan los diferentes índices de CBR al 100% de MDS (máxima densidad seca) y penetración de 0.1”.

Elaborado por: los autores

Estos valores promedio se pueden diagramar según el índice de CBR (%) y las densidades secas que se obtienen, como las graficadas en las Figuras 64, 65 y 66.

Figura 64

Valores de CBR de la muestra de suelo integral (izquierda) y el de suelo + 30% de vinaza (derecha)

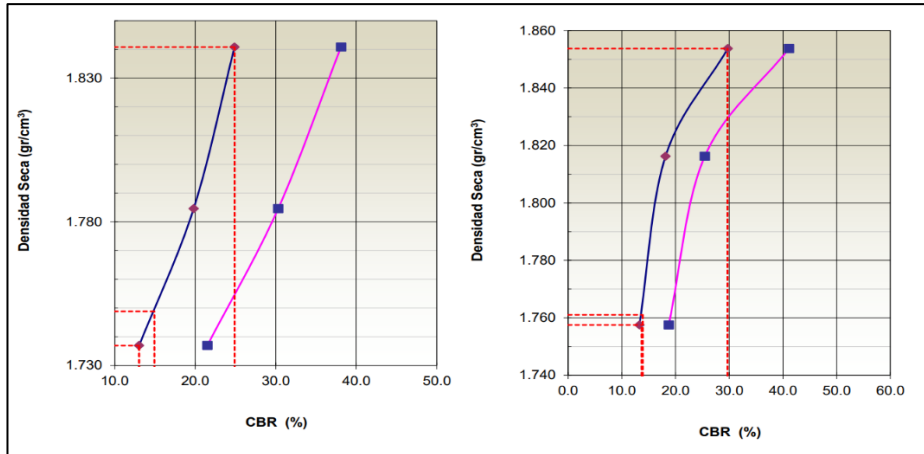


Nota. Se obtienen los índices de CBR según el tipo de suelo y el porcentaje de inclusión de vinaza.

Elaborado por: los autores

Figura 65

Valores de CBR de la muestra de suelo + 45% de vinaza (izquierda) y el de suelo + 60% de vinaza (derecha)

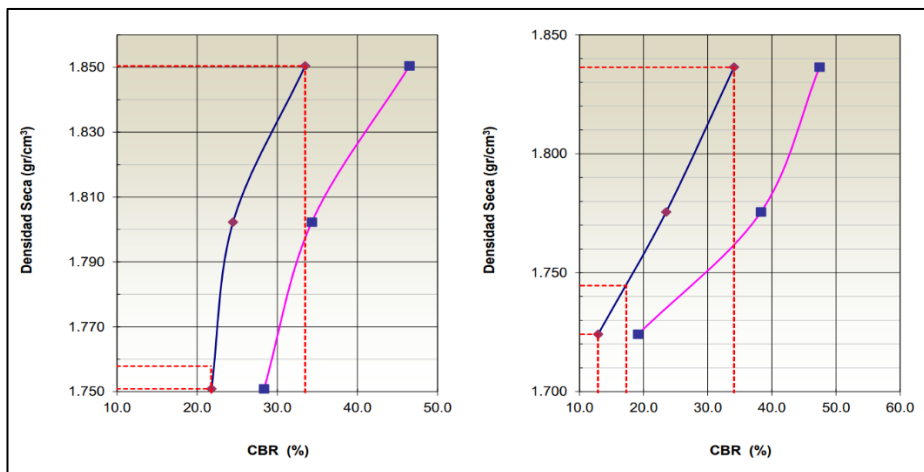


Nota. Se obtienen los índices de CBR según el tipo de suelo y el porcentaje de inclusión de vinaza.

Elaborado por: los autores

Figura 66

Valores de CBR de la muestra de suelo + 75% de vinaza (izquierda) y el de suelo + 90% de vinaza (derecha)



Nota. Se obtienen los índices de CBR según el tipo de suelo y el porcentaje de inclusión de vinaza.

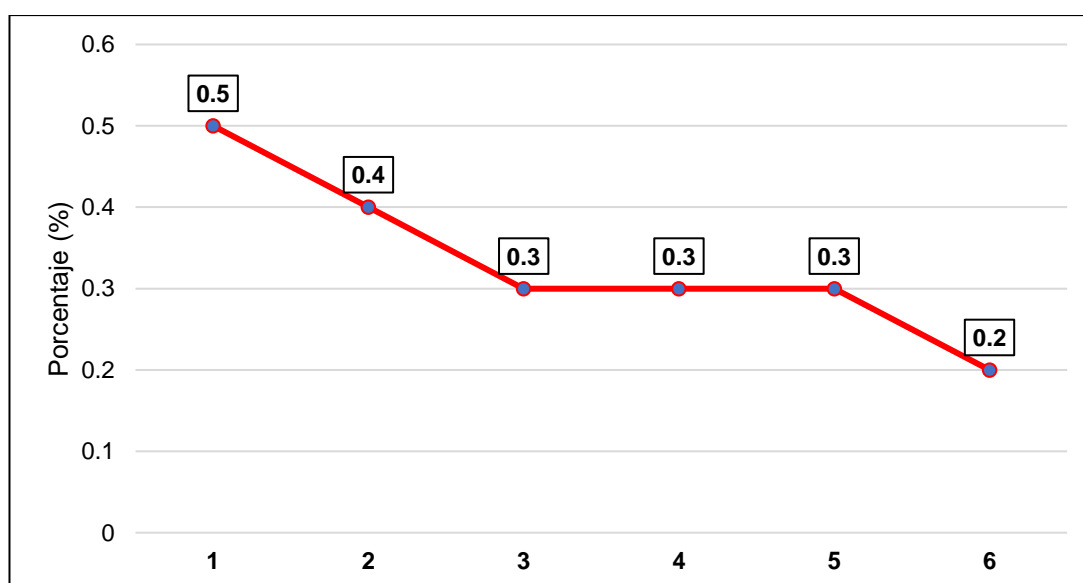
Elaborado por: los autores

Este cambio en el CBR es debido a la inclusión de vinaza se debe principalmente a la reacción de intercambio de cationes y el efecto de aglomeración y floculación. Esta estabilización se debe a la atracción electrostática entre las partículas del suelo, que fueron mejorados por la viscosidad de la vinaza (Melese, 2018).

Esta viscosidad y aumento de la atracción del enlace entre las partículas generan la disminución de la expansión del suelo y el incremento del CBR del suelo, es decir, mientras más se aumentan los porcentajes de vinaza como se observa en las Figuras 67 y 68.

Figura 67

Porcentajes de expansión del suelo en las diferentes muestras

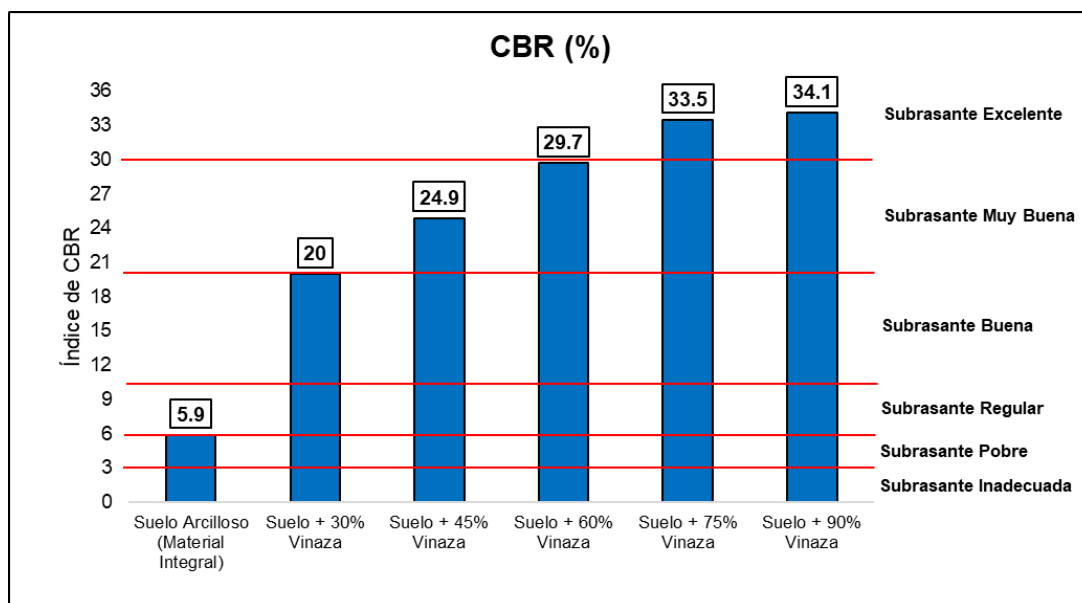


Nota. Se presentan la disminución de la expansión del suelo según los porcentajes de inclusión de vinaza de los suelos.

Elaborado por: los autores

Figura 68

Índices de CBR en las diferentes muestras de suelo con la clasificación de la subrasante según el MTC



Nota. Se presentan los aumentos del CBR según los diferentes porcentajes de inclusión de vinaza en los suelos.

Elaborado por: los autores

5.3 Comparativa de costos

Se calcula los diferentes costos de la estabilización de suelos con los porcentajes de vinaza por metro cuadrado para poder calcular y comparar las diferencias en mano de obra, materiales y maquinarias y herramientas. Los precios fueron actualizados a la fecha del inicio del 2023 (febrero a marzo) por medio de la revista Constructivo.

Figura 69

Análisis de Precios Unitarios para la estabilización de subrasante con adición de cal al 3%

Análisis de Precios Unitarios							
Partida	1.01	Estabilización de subrasante con adición de cal E=15cm					
Rendimiento	m2/DIA	MO. 1600	EQ. 1,600	Costo unitario por: m2		9.56	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.	
Mano de Obra							
0101010003	Operario	hh	1.0000	0.0050	26.06	0.13	
0101010004	Oficial	hh	1.0000	0.0050	20.49	0.10	
0101010005	Peon	hh	6.0000	0.0300	18.53	0.56	
						0.79	
Materiales							
0201010022	Cal Hidratada	kg		7.9000	0.72	5.66	
0290130021	Agua	m3		0.0300	9.60	0.29	
						5.94	
Equipos							
0301010006	Herramientas Manuales	%mo		3.0000	0.79	0.02	
03011000040001	Rodillo Neumático Autopropulsado 5.5 - 20 ton	hm	1.0000	0.0050	139.07	0.70	
03011000060002	Rodillo Liso Vibratorio Autopropulsado 7 - 9 ton	hm	1.0000	0.0050	162.90	0.81	
03012000001	Motoniveladora 125HP	hm	1.0000	0.0050	115.20	0.58	
0301220005	Camion Cisterna	hm	1.0000	0.0050	144.05	0.72	
						2.83	

Nota. Se presenta el análisis de costos unitarios con las respectivas maquinarias, así como los materiales.

Elaborado por: los autores

Figura 70

Análisis de Precios Unitarios para la estabilización de subrasante con adición de vinaza al 30%

Análisis de Precios Unitarios							
Partida	1.01	Estabilización de subrasante con adición de vinaza al 30% E=15cm					
Rendimiento	m2/DIA	MO. 1600	EQ. 1,600	Costo unitario por: m2		4.98	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.	
Mano de Obra							
0101010003	Operario	hh	1.0000	0.0050	26.06	0.13	
0101010004	Oficial	hh	1.0000	0.0050	20.49	0.10	
0101010005	Peon	hh	6.0000	0.0300	18.53	0.56	
						0.79	
Materiales							
0201010022	Vinaza	gal		0.5238	0.57	0.30	
0290130021	Agua	m3		0.0300	9.60	0.29	
						0.59	
Equipos							
0301010006	Herramientas Manuales	%mo		3.0000	0.89	0.03	
03011000040001	Rodillo Neumático Autopropulsado 5.5 - 20 ton	hm	1.0000	0.0050	139.07	0.70	
03011000060002	Rodillo Liso Vibratorio Autopropulsado 7 - 9 ton	hm	1.0000	0.0050	162.90	0.81	
03011000060003	Pavimentadora sobre orugas 69Hp	hm	1.0000	0.0050	155.40	0.78	
03012000001	Motoniveladora 125HP	hm	1.0000	0.0050	115.20	0.58	
0301220005	Camion Cisterna	hm	1.0000	0.0050	144.05	0.72	
						3.61	

Nota. Se presenta el análisis de costos unitarios con las respectivas maquinarias, así como los materiales.

Elaborado por: los autores

Figura 71

Análisis de Precios Unitarios para la estabilización de subrasante con adición de vinaza al 45%

Análisis de Precios Unitarios							
Partida	1.02	Estabilización de subrasante con adición de vinaza al 45% E=15cm					
Rendimiento	m2/DIA	MO. 1600	EQ. 1.600	Costo unitario por: m2		5.13	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.	
Mano de Obra							
0101010003	Operario	hh	1.0000	0.0050	26.06	0.13	
0101010004	Oficial	hh	1.0000	0.0050	20.49	0.10	
0101010005	Peon	hh	6.0000	0.0300	18.53	0.56	
						0.79	
Materiales							
0201010022	Vinaza	gal		0.7857	0.57	0.45	
0290130021	Agua	m3		0.0300	9.60	0.29	
						0.74	
Equipos							
0301010006	Herramientas Manuales	%mo		3.0000	0.89	0.03	
03011000040001	Rodillo Neumático Autopropulsado 5.5 - 20 ton	hm	1.0000	0.0050	139.07	0.70	
03011000060002	Rodillo Liso Vibratorio Autopropulsado 7 - 9 ton	hm	1.0000	0.0050	162.90	0.81	
03011000060003	Pavimentadora sobre orugas 69Hp	hm	1.0000	0.0050	155.40	0.78	
03012000001	Motoniveladora 125HP	hm	1.0000	0.0050	115.20	0.58	
0301220005	Camion Cisterna	hm	1.0000	0.0050	144.05	0.72	
						3.61	

Nota. Se presenta el análisis de costos unitarios con las respectivas maquinarias, así como los materiales.

Elaborado por: los autores

Figura 72

Análisis de Precios Unitarios para la estabilización de subrasante con adición de vinaza al 60%

Análisis de Precios Unitarios							
Partida	1.03	Estabilización de subrasante con adición de vinaza al 60% E=15cm					
Rendimiento	m2/DIA	MO. 1600	EQ. 1.600	Costo unitario por: m2		5.28	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio \$/.	Parcial \$/.	
Mano de Obra							
0101010003	Operario	hh	1.0000	0.0050	26.06	0.13	
0101010004	Oficial	hh	1.0000	0.0050	20.49	0.10	
0101010005	Peon	hh	6.0000	0.0300	18.53	0.56	
						0.79	
Materiales							
0201010022	Vinaza	gal		1.0476	0.57	0.60	
0290130021	Agua	m3		0.0300	9.60	0.29	
						0.88	
Equipos							
0301010006	Herramientas Manuales	%mo		3.0000	0.89	0.03	
03011000040001	Rodillo Neumático Autopropulsado 5.5 - 20 ton	hm	1.0000	0.0050	139.07	0.70	
03011000060002	Rodillo Liso Vibratorio Autopropulsado 7 - 9 ton	hm	1.0000	0.0050	162.90	0.81	
03011000060003	Pavimentadora sobre orugas 69Hp	hm	1.0000	0.0050	155.40	0.78	
03012000001	Motoniveladora 125HP	hm	1.0000	0.0050	115.20	0.58	
0301220005	Camion Cisterna	hm	1.0000	0.0050	144.05	0.72	
						3.61	

Nota. Se presenta el análisis de costos unitarios con las respectivas maquinarias, así como los materiales.

Elaborado por: los autores

Figura 73

Análisis de Precios Unitarios para la estabilización de subrasante con adición de vinaza al 75%

Análisis de Precios Unitarios								
Partida	1.04	Estabilización de subrasante con adición de vinaza al 75% E=15cm						
Rendimiento	m2/DIA		MO. 1600	EQ. 1,600	Costo unitario por: m2		5.43	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial		
					S/.	S/.		
Mano de Obra								
0101010003	Operario	hh	1.0000	0.0050	26.06	0.13		
0101010004	Oficial	hh	1.0000	0.0050	20.49	0.10		
0101010005	Peon	hh	6.0000	0.0300	18.53	0.56		
						0.79		
Materiales								
0201010022	Vinaza	gal		1.3095	0.57	0.75		
0290130021	Agua	m3		0.0300	9.60	0.29		
						1.03		
Equipos								
0301010006	Herramientas Manuales	%mo		3.0000	0.89	0.03		
03011000040001	Rodillo Neumático Autopropulsado 5.5 - 20 ton	hm	1.0000	0.0050	139.07	0.70		
03011000060002	Rodillo Liso Vibratorio Autopropulsado 7 - 9 ton	hm	1.0000	0.0050	162.90	0.81		
03011000060003	Pavimentadora sobre orugas 69Hp	hm	1.0000	0.0050	155.40	0.78		
03012000001	Motoniveladora 125HP	hm	1.0000	0.0050	115.20	0.58		
0301220005	Camion Cisterna	hm	1.0000	0.0050	144.05	0.72		
						3.61		

Nota. Se presenta el análisis de costos unitarios con las respectivas maquinarias, así como los materiales.

Elaborado por: los autores

Figura 74

Análisis de Precios Unitarios para la estabilización de subrasante con adición de vinaza al 90%

Análisis de Precios Unitarios								
Partida	1.05	Estabilización de subrasante con adición de vinaza al 90% E=15cm						
Rendimiento	m2/DIA		MO. 1600	EQ. 1,600	Costo unitario por: m2		5.58	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio	Parcial		
					S/.	S/.		
Mano de Obra								
0101010003	Operario	hh	1.0000	0.0050	26.06	0.13		
0101010004	Oficial	hh	1.0000	0.0050	20.49	0.10		
0101010005	Peon	hh	6.0000	0.0300	18.53	0.56		
						0.79		
Materiales								
0201010022	Vinaza	gal		1.5714	0.57	0.90		
0290130021	Agua	m3		0.0300	9.60	0.29		
						1.18		
Equipos								
0301010006	Herramientas Manuales	%mo		3.0000	0.89	0.03		
03011000040001	Rodillo Neumático Autopropulsado 5.5 - 20 ton	hm	1.0000	0.0050	139.07	0.70		
03011000060002	Rodillo Liso Vibratorio Autopropulsado 7 - 9 ton	hm	1.0000	0.0050	162.90	0.81		
03011000060003	Pavimentadora sobre orugas 69Hp	hm	1.0000	0.0050	155.40	0.78		
03012000001	Motoniveladora 125HP	hm	1.0000	0.0050	115.20	0.58		
0301220005	Camion Cisterna	hm	1.0000	0.0050	144.05	0.72		
						3.61		

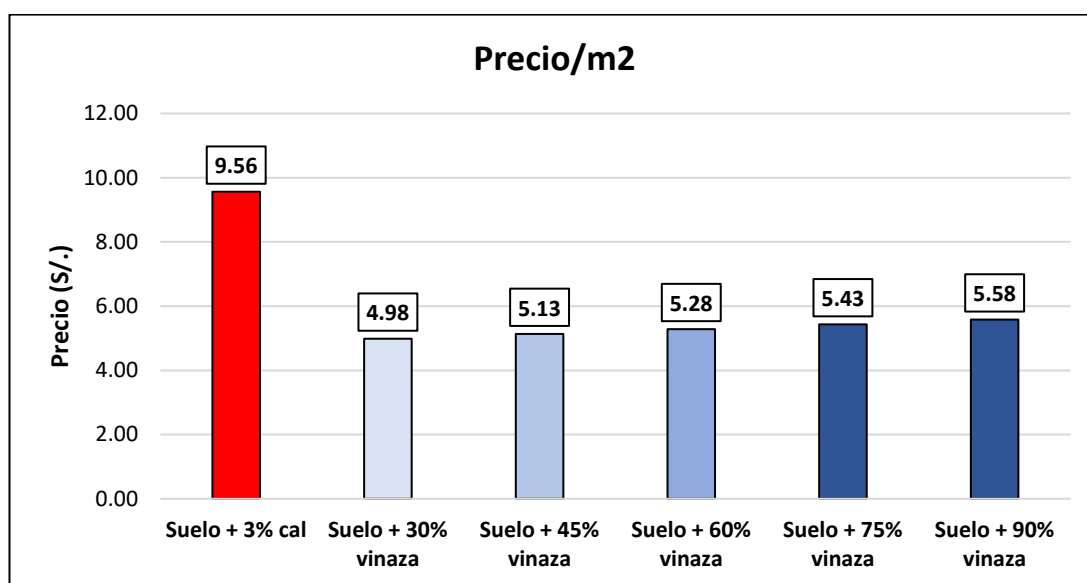
Nota. Se presenta el análisis de costos unitarios con las respectivas maquinarias, así como los materiales.

Elaborado por: los autores

Se muestra en la Figura 75 el gráfico resumen de los costos por metro cuadrado de la estabilización de los suelos para poder constatar la diferencia entre las opciones. Las diferencias que se deben considerar de la estabilización de cal al 3% con los de la vinaza en los diferentes porcentajes, es que se debe utilizar una maquinaria adicional respecto al primero (pavimentadora sobre orugas 69HP).

Figura 75

Precio de estabilización de suelo por cada m²



Nota. Se presenta los costos unitarios por cada m² que se necesite mejorar la subrasante en la ciudad de Sullana en función de los diferentes tipos de estabilizadores.

Elaborado por: los autores

Una vez conocido la diferencia de precios de las alternativas de estabilización, se necesita conocer si la producción del residuo (vinaza), cumpliría con la demanda para la reconstrucción de la vía.

Como se comentó en la problemática, según los resúmenes medio ambientales de Caña Brava (2018), la producción de vinaza de la planta es de 40L/s, es decir, que para la extensión del proyecto en la Av. Los Tallanes que son de 3km y un ancho de vía de dos carriles de 20m, con

el escarificado de la subrasante a unos 15cm, se realiza el movimiento de tierras de 9000m³, considerando el 60% de contenido de vinaza en reemplazo del agua del suelo, con una humedad natural del 5.9% y una óptima cantidad de humedad del 15%, se calcula que se necesita el 9% del peso del suelo en vinaza.

Si se cuenta con un peso del suelo de 1853kg/m³, se obtiene el peso de la vinaza: 1500.93 Ton, con un peso específico de la vinaza de 1100kg/m³, se calcula que lo necesario en volumen correspondería a 1365m³ y conociendo que 1000L es igual a 1m³ en el caso de los líquidos, se obtiene que la cantidad necesaria para la totalidad del proyecto es de 1'365,000 L.

Con los 40L/s de producción, sería necesario 15.8h, y que corresponde a menos de 3.66 veces la capacidad de almacenamiento del tanque de vinaza de la empresa Caña Brava (5'000,000 L) para su procesamiento como agente estabilizador.

CAPÍTULO VI

DISCUSIÓN

6.1 Respecto a los objetivos específicos

El objetivo específico uno del trabajo de investigación corresponde a identificar los efectos de la incorporación de vinaza en la caracterización del suelo para una subrasante en la ciudad de Sullana, investigación que se soporta en la tesis de Bustamante et al. (2022) y que mejora las características del suelo con la incorporación de vinaza.

Con los resultados se evidencian los cambios favorables del índice de plasticidad del suelo con las diferentes inclusiones de vinaza: 1. Suelo Arcilloso (Material Integral), 2. Suelo + 30% Vinaza, 3. Suelo + 45% Vinaza, 4. Suelo + 60% Vinaza, 5. Suelo + 75% Vinaza, 6. Suelo + 90% Vinaza.

Los resultados obtenidos coinciden con los expuesto por Bhardwaj et al. (2021) debido a que el límite líquido, límite plástico, índice de plasticidad y máxima densidad seca salieron 54%, 21%, 33% y 1.82 gr/cm³ del suelo patrón, pero al añadirle vinaza al 20% con respecto al peso del suelo arrojaron 31%, 14%, 17% y 1.70 gr/cm³ respectivamente. Al igual que coincide con lo expuesto por Wardani et al. (2020) con los resultados del índice de plasticidad, máxima densidad seca y CBR del suelo patrón es 62%, 1.33 gr/cm³ y 6% y al añadirle V:7.5%+C:1%, arrojan valores de 33%, 1.86 gr/cm³ y 12% respectivamente siendo una

dosificación óptima para el mejoramiento de la estabilización, a comparación del V:10%+C:1% que salen valores de 20.4%, 1.80 gr/cm³, 11.3%.

Los resultados para el índice de plasticidad se asemejan ya que el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad utilizando el 60% de vinaza en reemplazo del contenido de agua a la muestra, son de 35%, 21% y 14% respectivamente, mejorando sus propiedades físicas.

El objetivo específico dos del trabajo de investigación corresponde a evaluar los efectos de la incorporación de vinaza en la capacidad de soporte para una subrasante en la ciudad de Sullana, investigación que se alinea con los expuesto por la teoría de capacidad de soporte de la asociación AASHTO mencionado por Castro-Vásquez et al (2020) quienes señalaron la relación entre la resistencia al corte de un suelo bajo densidad y humedad determinadas y que permite obtener el índice de CBR así como la expansión del suelo al saturarse.

Los resultados obtenidos coinciden con lo expuesto por Melese (2018), al presentar la mezcla de 4%:4% de cemento con vinaza con respecto al peso del suelo, mejora la subrasante, obteniendo un CBR de 63.5% con respecto al suelo integral con un CBR de 1.3%. Al igual que coincide con lo expuesto por Bustamante (2021), ya que los resultados indicaron que al mezclar el 25% de vinaza con respecto al peso del suelo al 100% del CBR, los valores de máxima densidad seca son de 1.677 gr/cm³ y CBR es de 21.1% catalogándose como una subrasante muy buena con respecto al suelo natural donde sale una máxima densidad seca y CBR de 1.621 gr/cm³ y 12.2% respectivamente siendo una subrasante buena según la MTC.

Los resultados se asemejan ya que, al añadir cemento con vinaza, mejora considerablemente aumentando la capacidad de soporte del suelo catalogándose como una subrasante excelente según el MTC, a comparación de la investigación que el CBR salió 29.7% mezclando el suelo solo con vinaza al 60% en reemplazo del contenido de agua que sería equivalente al 5% del peso del suelo asemejándose a la cantidad utilizada de

la vinaza del antecedente mencionado por Melese, catalogándose como una subrasante buena llegando a ser casi excelente.

El objetivo específico tres del trabajo de investigación corresponde a contrastar los efectos de la incorporación de vinaza en la comparativa de costos para una subrasante en la ciudad de Sullana, investigación que se alinea con lo explicado por Córdova (2018) y que busca la comparativa entre los suelos cohesivos con incorporación de vinaza en diversos porcentajes versus la cal.

Los resultados obtenidos coinciden con lo expuesto por Córdova (2018) debido a que el precio unitario por metro cuadrado de estabilización del suelo con cal corresponde a un costo de 11.84 soles por m², mientras que, con los diversos porcentajes de vinaza, su costo es de 7.31 por m², disminuyendo su costo en 4.53 soles por m².

Existe una disminución del costo unitario por metro cuadrado de los suelos, debido principalmente al costo del material a utilizar, ya que al mezclar vinaza 60% con material, su costo es de costo de 5.28 por m², y del autor mencionado, su costo fue de 7.31 por m², siendo menores al costo de utilizar una mezcla de suelo arcilloso con cal, además de no requerir un aumento importante de maquinaria especializada para su incorporación en los suelos.

6.2 Respecto al objetivo general

El objetivo general de este trabajo de investigación corresponde a analizar los efectos de la incorporación de vinaza en la estabilización de los suelos cohesivos para una subrasante en la ciudad de Sullana, investigación que se soporta en la tesis de Córdova (2018) y que buscó determinar los efectos de la vinaza en suelos cohesivos en Huancayo, Córdova señaló que los efectos corresponden de forma positiva a las características de estos suelos.

Con los resultados de las muestras de suelo tanto sin estabilizar como estabilizados con vinaza al 30%, 45%, 60%, 75% y 90% en reemplazo del agua se observa que; respecto a la caracterización del

suelo, la clasificación según AASHTO mejora de un suelo A-7-6 (13) a uno A-6(8), ocurre una disminución del límite líquido del 46% al 31%, disminución del límite plástico de 22% a 18% y una disminución del índice de plasticidad de 24% a 12%; respecto a la capacidad de soporte, la máxima densidad seca aumenta de 1.813 g/cm³ a 1.837 g/cm³, se presenta un aumento en el índice de CBR de 5.9% a 34.1%; respecto a la comparativa de costos, el suelo con el que se compara al ser estabilizado con cal al tres por ciento, disminuye por metro cuadrado desde 9.56 soles hasta 5.58 soles.

Los resultados obtenidos coinciden con lo expuesto por Córdova (2018), con la muestra patrón del índice de plasticidad, máxima densidad seca y CBR con los valores de 22.82, 1.722 gr/cm³ y 4.30% respectivamente, siendo catalogada como una subrasante insuficiente, y al añadirle 75% de vinaza con 25% de agua a la muestra, los resultados arrojaron valores de 18.06%, 1.741 gr/cm³ y 10.30%, siendo catalogada como buena para una subrasante según el MTC.

La cantidad de material que se utilizó tanto para la investigación como el antecedente analizado, se asemejan ya que se utilizó 60% de vinaza en el estudio y 75% en la investigación nacional estudiada. En ambos casos se tienen resultados que favorecen a la investigación, puesto que el índice de plasticidad, máxima densidad seca y CBR arrojaron valores de 14%, 1.853% y 29.7% respectivamente, catalogándose como índice de plasticidad medio y aumentado el CBR, lo que indica que se está ante una subrasante muy buena y casi excelente según el MTC, como se observa en la siguiente tabla.

Tabla 30

Caracterización del suelo cohesivo (materia integral) y los porcentajes de inclusión de vinaza

Muestras Promedios	1	2	3	4	5	6
Tipo de Suelo	Material Integral	Suelo + 30% Vinaza	Suelo + 45% Vinaza	Suelo + 60% Vinaza	Suelo + 75% Vinaza	Suelo + 90% Vinaza
SUCS	CL	CL	CL	CL	CL	CL
AASHTO	A-7-6 (13)	A-7-6 (12)	A-6 (11)	A-6 (9)	A-6 (9)	A-6 (8)

Límite Líquido (%)	46	42	40	35	33	31
Límite Plástico (%)	22	21	20	21	19	18
Índice de Plasticidad (%)	24	21	20	14	14	12
Contenido de Humedad Óptimo (%)	15%	12%	15%	15%	15%	15%
Máxima Densidad Seca (g/cm³)	1.813	1.839	1.842	1.853	1.849	1.837
CBR (%)	5.9	20	24.9	29.7	33.5	34.1
Comparativa de costos/m²	Con 3% cal: S/. 9.56	S/. 4.98	S/. 5.13	S/. 5.28	S/. 5.43	S/. 5.58

Nota. La tabla resume las principales propiedades físico-mecánicas del suelo en función de los porcentajes de vinaza incluidas, presentando un aumento en sus características, así como la comparativa de costos de los mismos.

Elaborado por: los autores

CONCLUSIONES

1. Al analizar los efectos de la estabilización de los suelos cohesivos para una subrasante en la ciudad de Sullana con la incorporación de + 60% de vinaza, se demostró que influye de forma positiva en el mejoramiento en la estabilización del suelo, es decir, se obtiene un cambio positivo en su caracterización porque se mejora el índice de grupo según AASHTO y se disminuye el índice de plasticidad; y, su capacidad de soporte se incrementa, tanto la máxima densidad seca como el CBR, lo que permite que el Ministerio de Transportes y Comunicaciones catalogue a la subrasante mejorada como buena a casi excelente. Asimismo, al comparar su costo con su más cercana competencia en el mercado local, se demuestra que su ejecución por m² es más barata que una estabilización al 3% de cal.
2. Se presentó una mejora en la caracterización de los suelos cohesivos para una subrasante en la ciudad de Sullana con la incorporación de + 60% de vinaza. Las incorporaciones superiores a +60% no empiezan a presentar una mejora significativa de los indicadores. Esta caracterización es representada por la granulometría de la muestra, así como por los límites de consistencia que se realizaron por laboratorio y que presentan una disminución como en el caso de los índices de plasticidad en los suelos (cuyo valor es 14%).

3. Al evaluar la capacidad de soporte del suelo con la incorporación de + 60% de vinaza para una subrasante en la ciudad de Sullana, se demostró un aumento en la máxima densidad seca, con un valor de 1.853 g/cm³ (punto cúspide o punto de inflexión de la curva de compactación), que al lograrse da como resultado la expansión del suelo y el índice de CBR empieza a disminuir y aumentar respectivamente, siendo los valores 0.3% y 29.7%, catalogándose el índice de CBR como una subrasante buena a casi excelente.

4. Se contrastó los comparativos de costos con la incorporación de +60% de vinaza para una subrasante en la ciudad de Sullana, por medio de los valores unitarios por cada tipo de estabilización, siendo el mencionado de S/. 5.28/m². En este ACU se incorpora el uso de una maquinaria especial para pavimentar sobre orugas para la aplicación de la vinaza.

RECOMENDACIONES

Después de analizar los efectos de la estabilización, y observarse la mejora de los indicadores como la caracterización del suelo y su capacidad de soporte, se recomienda lo siguiente:

1. Evaluar la incorporación de vinaza (líquido viscoso) en conjunto con un estabilizador que permita disminuir el contenido de humedad en los suelos como lo es el cemento, cal, u otros aditivos estudiados.
2. Identificar el índice de contracción de los suelos cohesivos debido a que estos pueden presentar variaciones volumétricas importantes.
3. Realizar los siguientes ensayos: ensayo triaxial, ya que evalúa la resistencia al corte y la deformación al suelo sobre todo en suelos cohesivos, y el ensayo de permeabilidad, para evaluar la capacidad de drenaje del suelo sobre todo en zonas que se presenta lluvias.
4. Considerar otros tipos de estabilizadores accesibles en la zona como son las cenizas de ladrilleras u otros residuos de industrias cercanas para reutilizar los materiales.

FUENTES DE INFORMACIÓN

Alva, J. E. (2020). *Suelos expansivos y colapsables*. Website del Dr. Ing. Jorge Elías Alva Hurtado. <https://www.jorgealvahurtado.com/files/Suelos%20Expansivos%20y%20Colapsables.pdf>

Álvarez, N. (2019). *Estabilización o mejoramiento de la capacidad portante de los suelos de a la subrasante de carretera utilizando diferentes proporciones de arenas asfálticas de yacimientos naturales de la península de Santa Elena*. [Tesis de titulación, Universidad Estatal Península de Santa Elena]. Repositorio académico de la UPSE. <https://repositorio.upse.edu.ec/xmlui/bitstream/handle/46000/4968/UPSE-TIC-2019-0009.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Amunza, A. (2020). *Stabilization of laterite soil for unpaved roads using molasses in butere and mumias sub counties*. [Tesis de maestría, Universidad de Agricultura y Tecnología Jomo Kenyatta]. Repositorio académico de JKUAT. <http://ir.jkuat.ac.ke/bitstream/handle/123456789/5431/AMUNGA%20Ancrum%20Amunza%20MSc%20%28CEM%29%202020.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

ANDINA – Agencia Peruana de Noticias. (2010). *Productividad de caña de azúcar en el norte de Perú es hasta 70% mayor que la de otros países*. <https://andina.pe/agencia/noticia-productividad-cana-azucar-el-norte-peru-es-hasta-70-mayor-que-de-otros-paises-316878.aspx>

- ANDINA – Agencia Peruana de Noticias.** (2016). *Sullana: más de 1,000 damnificados y 800 viviendas afectadas por lluvias.* <https://andina.pe/agencia/noticia-sullana-mas-1000-damnificados-y-800-viviendas-afectadas-lluvias-602209.aspx>
- Angulo, M. & Zavaleta, C. N.** (2020). *Estabilización de suelos arcillosos con cal para el mejoramiento de las propiedades físicas-mecánicas como capa de rodadura en la prolongación Navarro Cauper, distrito San Juan- Maynas – Iquitos.* [Tesis de titulación, Universidad Científica del Perú]. Repositorio académico de la UCP. <http://repositorio.ucp.edu.pe/bitstream/handle/UCP/1220/ANGULO%20ROLDAN%20MARISELVA%20Y%20ZAVALETA%20PAPA%20CINTIA%20NICOL%20-%20TESIS.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Araujo, W.** (2014). *Ecuaciones de correlación del CBR con propiedades índice de suelos para la ciudad de Piura.* [Tesis de titulación, Universidad de Piura]. Repositorio académico de la UDEP. https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/2192/ICI_208.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Becerra, Y.** (2019). *Adición de miel de caña sobre el CBR del afirmado de la cantera El Gavilán, Cajamarca 2017.* [Tesis de titulación, Universidad Privada del Norte]. Repositorio académico de la UPN. <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/14748>
- Borja, M.** (2016). *Metodología en investigación científica para ingenieros. Perú.* https://www.academia.edu/33692697/Metodolog%C3%ADa_de_Investigaci%C3%B3n_Cient%C3%ADfica_para_ingenier%C3%ADa_Civil
- Bhardwaj, A., Sharma, K. & Sharma, A.** (2021). *Stabilization of clayey soil using waste foundry sand and molasses. En Singh, h., Singh, p., & garg., P (eds.), Sustainable development through engineering innovations: Select Proceedings of SDEI 2020.* (pp. 641-649) Instituto Nacional de Tecnología Hamirpur.

https://www.researchgate.net/publication/349723525_Stabilization_of_Clayey_Soil_Using_Waste_Foundry_Sand_and_Molasses

Bustamante, F. L. (2021). *Estabilización de suelos cohesivos mediante incorporación de vinaza de Saccharum Officinarum, carretera Rayme km. 0+000 al km. 5+010, Cutervo, Cajamarca*. [Tesis de titulación, Universidad Cesar Vallejo]. Repositorio académico de la UCV. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/74799?show=full>

Bustamante, F. L., Martín, N. H., & Benítez, J. C. (2022). *Uso de Vinaza de Saccharum officinarum para Estabilización de Suelos Cohesivos*. Revista Infraestructural Vial. 24(43) <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/vial/article/view/47995/49868>

Cahuana, F. (2016). *Dosificación óptima del cloruro de calcio y la melaza de caña para la estabilización de suelos en caminos vecinales no pavimentados del distrito de Barranca 2016*. [Tesis de titulación, Universidad Nacional Santiago Antunez de Mayolo]. Repositorio académico de la UNASAM. https://repositorio.unasam.edu.pe/bitstream/handle/UNASAM/2915/T033_45773040_T.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Caña Brava (s.f.). *Subproductos*. https://www.canabrava.com.pe/?page_id=280

Cañar, E. S. (2017). *Análisis comparativo de la resistencia al corte y estabilización de suelos arenosos finos y arcillosos combinadas con cenizas de carbón*. [Tesis de titulación, Universidad Técnica de Ambato]. Repositorio académico de la UTA. <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/25266/1/Tesis%201115%20-%20Ca%20c3%b1ar%20Tiviano%20Edwin%20Santiago.pdf>

Castro-Vásquez, M., Castro-Vásquez, L. & Castro-Vásquez, P. (2020). *Aplicación práctica del método AASHTO-93 para el diseño de pavimento rígido*. 5 (9), 640-663. <https://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/1717>

- Choque, J. A.** (2019). *Estudio comparativo del método PCI y el manual de conservación vial MTC en la evaluación superficial del pavimento flexible, tramo EMP.PE-3S-Atuconlla*. [Tesis de titulación, Universidad Nacional del Altiplano]. Red de repositorios latinoamericanos. <https://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/3278530>
- Córdova, J. W.** (2018). *Utilización de la vinaza de caña azúcar para estabilizar suelos cohesivos, Huancayo*. [Tesis de titulación, Universidad Peruana Los Andes]. Repositorio académico de la UPLA. <https://repositorio.upla.edu.pe/handle/20.500.12848/1035>
- Escobar, J., Quispe, G., Quispe, F. & Arana, J.** (2020). *Estabilización de una subrasante arcillosa de baja plasticidad con cenizas de cáscara de arroz*. [Tesis de bachillerato, Pontificia Universidad Católica del Perú]. Repositorio académico de la PUCP. https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/bitstream/handle/20.500.12404/18221/ESCOBAR_SULCA_JUAN_%20ESTABILIZACION%20SUBRASANTE_ARCILLOSA.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Goncalves, R., Marques, J., Silva, D., Tadeu, G., Sobreira, R., De Bortoli, D., Rita, C. & Aguilar, L.** (2013). *Magnetic susceptibility in the prediction of soil attributes in two sugarcane harvesting management systems*. 33 (6), 1134-1143. https://www.researchgate.net/publication/262762432_Magnetic_susceptibility_in_the_prediction_of_soil_attributes_in_two_sugarcane_harvesting_management_systems
- Google Earth (2023)**. *Av. Los Tallanes, Sullana* [Imagen Satelital]. <https://earth.google.com/web/search/av+los+tallanes+sullana>
- Guerra, P.** (2019). *Calidad en el drenaje y diseño de un pavimento rígido permeable con agregados de la cantera Isla, en las vías de la Villa Chullunquiani del sector nor-oeste de la ciudad de Juliaca*. [Tesis de titulación, Universidad Peruana Unión]. Repositorio académico de la UPeU. <https://repositorio.upeu.edu.pe/handle/20.500.12840/3013>

- Hernández, J. A., Mejía, D. R. & Zelaya, C. E.** (2017). *Propuesta de estabilización de suelos arcillosos para su aplicación en pavimentos rígidos en la Facultad Multidisciplinaria Oriental de la Universidad de El Salvador*. Repositorio académico de la UES. <https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/14342/1/50108285.pdf>
- Holtz, R. & Kovacs, W.** (2002). *An introduction Geotechnical Engineering*. Prentice Hall. <http://www4.hcmut.edu.vn/~cnan/Soilmech/AA%20Holtz%20&%20Kovacs%20-%20An%20Introduction%20to%20Geotechnical%20Engineering.pdf>
- Instituto Geofísico del Perú [IGP]** (2019). *Zonas Geográficas con Gestión de Información Sísmica - Generación de Estudios Territoriales de Peligro Sísmico - Zonificación Sísmica – Geotécnica de la Ciudad de Sullana*. Ministerio del Ambiente. http://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/storage/biblioteca//9902_zonificacion-sismica-geotecnica-de-la-ciudad-de-sullana-provincia-sullana-piura.pdf
- Instituto Nacional de Defensa Civil [INDECI]** (2010). *Estudio mapa de peligros, plan de usos del suelo ante desastres y medidas de mitigación de la ciudad de Sullana*. <https://sigrid.cenepred.gob.pe/sigridv3/documento/3164>
- Instituto Nacional de Desarrollo Urbano [INADUR]** (1999). *Mapa de peligros, plan de usos del suelo y plan de mitigación de los efectos producidos por los desastres naturales en la ciudad de Sullana*. Instituto Nacional de Defensa Civil - INDECI. <https://infoinundaciones.com/recursos/item/mapa-de-peligros-plan-de-usos-del-suelo-y-plan-de-mitigacion-de-los-efectos-producidos-por-los-desastres-naturales-en-la-ciudad-de-sullana/>
- Instituto Nacional de Estadística e Informática [INEI]** (2018). *Piura, resultados definitivos*. Presidencia del Consejo de Ministros. https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1553/20TOMO_01.pdf

- Jackson, R.** (2020). *Soils: Cohesive versus Cohesionless*. Earthworks Environmental. <https://www.earthworksendv.com/posts/soils-cohesive-versus-cohesionless>
- Jiménez, J., Fontes, C. & Colorado, H.** (2022). *Composite soil made of rubber fibers from waste tires, blended sugar cane molasses, and kaolin clay*. Sustainability. 14 (4), 1-14. <https://www.mdpi.com/2071-1050/14/4/2239>
- Kanniyappan, S., Dhilip, R., Faizuneesa, A. & Saranya, S.** (2019). *Experimental Investigation on Black Cotton Soil Using Bio-Enzyme as a Soil Stabilizer in Road Construction*. Cikitusi Journal For Multidisplinary Research. 6 (5), 1-18. https://www.researchgate.net/publication/358278165_Experimental_Investigation_on_Black_Cotton_Soil_Using_Bio-Enzyme_as_a_Soil_Stabilizer_in_Road_Construction
- Kumar, G., Srujana, Y., Madhunika, N., Dwarakamai, S., Sindhura, Y., Praneetha, A., Sravani, T. & Sridevi, P.** (2020). *An Experimental Investigation on Soil Stabilization using Terrazyme*. Conference Series: Materials Science and Engineering. 1006 (2020), 1-13. https://www.researchgate.net/publication/347970067_An_Experimenta_I_Investigation_on_Soil_Stabilization_using_Terrazyme
- Lambe, W., & Whitman, R.** (2016). *Mecánica de Suelos* (2da ed) Limusa.
- Loaiza, J. I.** (2017). *Mejoramiento de suelos GP con vinaza* [Tesis de titulación, Universidad Espíritu Santo]. Repositorio académico de la UESS. <http://repositorio.uees.edu.ec/bitstream/123456789/647/1/Tesis%20Final%20Loaizaad.pdf>
- López, U. & Aguilar, J.** (2016). *Producción de fertilizante sólido a partir de vinazas de destilación de alcohol etílico*. [Tesis de titulación, Universidad Nacional de Trujillo]. Repositorio académico de la UNT. https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UNIT_fbbad9db7e32ac6d4a3d3a47a297dc46

- Martínez, E. (2019).** *Estabilización de suelos cohesivos con aditivos organosilanos a nivel de subrasante.* [Tesis de titulación, Universidad Peruana Los Andes]. Repositorio académico de la UPLA. https://repositorio.upla.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12848/1366/T037_42115949_T.pdf?sequence=1
- Melese, B. (2018).** *Review on soil stabilization using bagasse ash with lime and molasses with cement.* [Tesis de Maestría, Universidad de Addis Ababa]. Repositorio académico de AAU. <https://nadre.ethernet.edu.et/record/2585/files/THESESAASTU-2019-230.pdf>
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones [MTC] (2014).** *Manual de carreteras – Suelos, geología, geotecnia y pavimentos – Sección suelos y pavimentos.* (1ra. ed) https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/MTC%20NORMAS/ARCH_PDF/MAN_7%20SGGP-2014.pdf
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones [MTC] (2016).** *Manual de ensayo de materiales.* https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/Manual%20Ensayo%20de%20Materiales.pdf
- Nasiri, H., Khayat, N. & Mirzababaei, M. (2021).** *Simple yet quick stabilization of clay using a waste by-product. Transportation Geotechnics.* 28 (2021), 1-9. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2214391221000209?via%3Dihub>
- National Cooperate Highway Research Program [NCHRP]. (2012).** *Aplicación de riego de liga.* https://www.lanamme.ucr.ac.cr/repositorio/bitstream/handle/50625112500/1420/Gui%CC%81a%20Riego%20de%20Liga_%20Versio%CC%81n%20Final.pdf?sequence=1&isAllowed=y
- Ocampo, N. (2021).** *Análisis de las propiedades físicomecánicas y cbr de suelos cohesivos de subrasante mezclados con partículas de*

tereftalato de polietileno (PET) [Tesis de titulación, Universidad Técnica de Ámbato]. Repositorio académico de la UTA. <https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/33593>

Orejon, E. V. (2018). *Propuesta de mejoramiento de la subrasante de pavimentos flexibles usando las geomallas biaxiales en suelos de bajo valor de Soporte California – Distrito de Ahuac.* [Tesis de titulación, Universidad Continental]. Repositorio académico de la Universidad Continental. <https://repositorio.continental.edu.pe/handle/20.500.12394/5165>

Otoya, A. M. (2022). *Influencia de la concentración de vinaza en los suelos de cultivo de Saccharum Officinarum L. “caña de azúcar” Casa Grande.* [Tesis de Doctorado, Universidad Nacional de Trujillo]. Repositorio académico de la UNT. <https://dspace.unitru.edu.pe/bitstream/handle/UNITRU/20579/Otoya%20Zelada%2c%20Antonio%20Manuel.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Palacios, G. (2019). *Análisis técnico-económico del suelo-cemento en pisos de vivienda de bajos recursos.* [Tesis de Titulación, Universidad Nacional de Piura]. Repositorio académico de la UNP. <https://repositorio.unp.edu.pe/bitstream/handle/UNP/1482/CIV-%20PAL-CAR-2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Periódico El Constructor (2022, 30 de agosto). *Estabilización de suelos con esparcidor de agentes aglutinantes.* <https://elconstructor.com/estabilizacion-de-suelos-con-esparcidor-de-agentes-aglutinantes/>

Prado, I. (2018). *Diseño de drenaje sanitario y calle con pavimento flexible de la fase III, aldea El Pajón, del municipio de Santa Catarina Pinula, Guatemala.* [Tesis de Titulación, Universidad de San Carlos de Guatemala]. Repositorio académico de la USAC. http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_3544_C.pdf

Quispe, W. J. L. (2020). *Estabilización de subrasante de vías en suelos expansivos con cloruro de sodio - Avenida Jacinto Ibarra, distrito de*

Chilca – Huancayo. [Tesis de Bachillerato, Universidad Continental]. Repositorio académico de la Universidad Continental. https://repositorio.continental.edu.pe/bitstream/20.500.12394/8216/3/V_FIN_105_TI_%20Quispe_Chuquillanqui_2020.pdf

Ramírez, C. M. (2019). *Aplicación de vinaza como plastificante en la obtención de hormigón tipo A*. [Tesis de titulación, Universidad Autónoma Juan Misael Saracho]. Repositorio académico de la UAJMS. https://biblioteca.uajms.edu.bo/biblioteca/opac_css/doc_num.php?expl_num_id=11703

Ravi, E., Sharma, A., Manikandan, A., Karthick, G & Abdul, A. (2015). *Study on effect of molasses on strength of soil*. *International journal of advanced research trends in engineering and technology*. 2 (2), 1-6 https://www.researchgate.net/publication/316645214_Study_on_Effect_of_Molasses_on_Strength_of_Soil

Revista Constructivo (Febrero – marzo 2023). *Suplemento técnico – Alquiler de equipos. En Ampliación del Aeropuerto Internacional Jorge Chávez, Moderna infraestructura aeroportuaria*. 161 (25), 135.

Revolorio, F. (2018). *Incidencia de resultados del ensayo Proctor por la influencia del clima, humedad, equipo y superficie de base de compactación durante su desarrollo*. [Tesis de titulación, Universidad de San Carlos de Guatemala]. Repositorio académico de la USAC. http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_3624_C.pdf

Rivera, J., Aguirre, A., Mejía de Gutierrez, R & Orobio, A. (2020). *Estabilización química de suelos - Materiales convencionales y activados alcalinamente*. *Informador Técnico*, 84(2), 202-206. https://revistas.sena.edu.co/index.php/inf_tec/article/view/2530/3819

Rojas, J. & Alva, J. (1988). *Arcillas y lutitas expansivas en el norte peruano y nororiente del Perú*. https://www.jorgealvahurtado.com/files/labgeo04_a.pdf

Ruiz, K. G. (2019). *Uso del residuo orgánico vinaza para la recuperación del suelo afectado por monocultivo de Oryza Sativa (arroz) en la región de*

Piura – Perú. [Tesis de Titulación, Universidad Nacional de Piura]. Repositorio académico de la UNP. <https://repositorio.unp.edu.pe/bitstream/handle/UNP/1811/MIN-RUI-GAM-19.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Sadique, H. & Sivanarayana, C. (2023). *A systematic study to strengthen the sub grade of the pavement by stabilisation of expansive soil with molasses and jute fibre. mathematical statistician and engineering applications.* 72 (1), 668-682. <https://www.philstat.org/index.php/MSEA/article/view/1997/1480>

Safana, A. & Sabu, K. (2017). *Soil Stabilization using Terrazyme for Road Construction. International Journal of Engineering Research & Technology.* 6 (3), 1-3. <https://www.ijert.org/research/soil-stabilization-using-terrazyme-for-road-construction-IJERTV6IS030515.pdf>

Saini, V. & Vaishnav, P. (2015). *Soil Stabilization By Using Terrazyme. International Journal of Advances in Engineering & Technology.* 8 (4), 566-573. <https://www.ijaet.org/media/12128-IJAET0828239-v8-iss4-566-573.pdf>

Sanchez, M. (2022). *Adición de cal para estabilización de subrasante en el diseño de pavimentos rígidos en un distrito del norte del Perú.* [Tesis de titulación, Universidad Privada del Norte]. Repositorio académico de la UPN. <https://repositorio.upn.edu.pe/bitstream/handle/11537/33614/Sanchez%20Sandoval%20Maria%20Adela.pdf?sequence=1>

Sushil, V., Prabhunath, P., Vinod, A., Shyamnarayan, S. & Pawar, A. (2019). *Stabilization of Soil Using Terrazyme For Road Construction. Thakur College of Engineering and Technology.* <http://www.igs.org.in:8080/portal/igc-proceedings/igc-2019-surat-proceedings/TH3/TH3-177.pdf>

Takashi, T., Ryota, T., Shuji, U. & Junzo, H. (2022). *Compaction for kaolin clay using molasses, acetic acid and calcium oxid.* Zairyo/Journal of the

Society of Materials Science, Japan. 71 (1), 111-117.
https://www.jstage.jst.go.jp/article/jsms/71/1/71_111/_pdf

Taye, B. & Araya, A. (2015). *Stabilization of expansive clay soil with sugar cane molasses and Cement*. Proceedings of the 2nd International Conference on Transportation in Africa. 25 (11), 1-13.
https://www.academia.edu/25836100/STABILIZATION_OF_EXPANSIVE_CLAY_SOIL_WITH_SUGAR_CANE_MOLASSESS_AND_CEMENT

Toledo, A. J. (2018). *Propuesta para el aprovechamiento de la vinaza en el mejoramiento de las propiedades físicas y mecánicas de suelos friccionantes utilizados en subrasantes en carreteras*. [Tesis de titulación, Universidad de San Carlos de Guatemala]. Repositorio académico de la USAC.
http://www.repositorio.usac.edu.gt/748/1/08_3673_C.pdf

Tuesta, C. (2020). *Diseño de la capa de rodadura con material romerillo y la adición de melaza de caña para su uso en la vía baños sulfurosos - Shucshuyacu, distrito de Jepelacio, Moyobamba – 2020*. [Tesis de titulación, Universidad César Vallejo]. Repositorio académico de la UCV. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/55300>

Universidad Tecnológica de Chile – Instituto Profesional Centro de Formación Técnica. (2018). *Propiedades índices de los suelos*. http://www.inacap.cl/web/material-apoyocedem/alumno/Construccion/G03_Clasificacion_de_Suelos.pdf

Urdanivia, H. (2019). *Relación entre el tipo de suelo (SUCS y AASHTO) y el asentamiento de suelos para determinar asentamientos diferenciales en cimientos de concreto armado*. [Tesis de titulación, Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión]. Repositorio académico de la UNDAC. http://repositorio.undac.edu.pe/bitstream/undac/2072/1/T026_44658836_T.pdf

Valle, F. (2018). *Estabilización de suelos arcillosos plásticos con mineralizadores en ambientes sulfatados o yesíferos*. [Tesis de

maestría, Universidad Politécnica de Madrid]. Repositorio académico de la UPM. https://oa.upm.es/4512/1/TESIS_MASTER_WILFREDO_ALFONSO_VALLE_AREAS.pdf

Venkatesh, A. & Sreenivasa, G. (2017) *Study of bc soil used as subgrade and treated with terrazyme a byo-enzyme*. International research journal of engineering and technology. 4 (1), 1-5. <https://www.irjet.net/archives/V4/i1/IRJET-V4I1104.pdf>

Vergara, L. (2018). *Estudio de la capacidad portante de los suelos cohesivos para cimentaciones superficiales de la zona urbana del Distrito de Rumizapa, Provincia de Lamas, San Martín, Perú*. [Tesis de titulación, Universidad Nacional de San Martín]. Repositorio académico de la UNSM. <https://repositorio.unsm.edu.pe/handle/11458/2919>

Villanueva, A. (2020). *Estudio de mecánica de suelos y diseño de pavimento de la plaza de armas y calles adyacentes del distrito de San Rafael - provincia de Bellavista - región San Martín*. [Tesis de titulación, Universidad Nacional de San Martín]. Repositorio académico de la UNSM. <https://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/11458/3780/1/CIVIL%20-%20Aurora%20Teodolinda%20Villanueva%20Pineda.pdf>

Wardani, S., Setiaji, A., Justiandaru, Y., & Hidayatullah, I. (2020). *Godong expansive soil stabilization using sugar cane and sikacim concrete additive*. Journal of Physics: Conference Series, 1444 (2020) <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1444/1/012052/pdf>

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de Consistencia

Título: “Efectos de la incorporación de vinaza en la estabilización de los suelos cohesivos para una subrasante en la ciudad de Sullana, 2023”						
Autores:		CORBERA CADENA, Victor Christopher PALOMINO RAMOS BORJAS, Daniel Andre				
Formulación del Problema	Objetivos	Hipótesis	Variables e Indicadores			Metodología
Problema General	Objetivo General	Hipótesis General	Variable Independiente			Diseño Metodológico
¿Qué efectos tendrá la incorporación de vinaza en la estabilización de los suelos cohesivos para una subrasante en la ciudad de Sullana?	Analizar los efectos de la incorporación de vinaza en la estabilización de los suelos cohesivos para una subrasante en la ciudad de Sullana.	La incorporación de vinaza tiene un efecto positivo en la estabilización de los suelos cohesivos para una subrasante en la ciudad de Sullana.	Incorporación de vinaza			Enfoque: Cuantitativo Nivel: Aplicativo Diseño: Observacional, retrospectivo y transversal
Problemas Específicos	Objetivos Específicos	Hipótesis Específicas	Dimensión	Indicador	Medición	Técnicas e instrumentos de recolección de datos
¿En qué medida influye la incorporación de vinaza en la caracterización del suelo para una subrasante en la ciudad de Sullana?	Identificar los efectos de la incorporación de vinaza en la caracterización del suelo para una subrasante en la ciudad de Sullana.	La incorporación de vinaza tiene un efecto positivo en la caracterización del suelo para una subrasante en la ciudad de Sullana.	Porcentajes de Vinaza	Volumen de Vinaza	30%, 45%, 60%, 75% y 90%	Las técnicas a utilizar será la observación de los suelos, así como los diferentes ensayos a realizar. Los instrumentos serán los manuales del MTC, AASHTO y ASTM, así como la diversa bibliografía y revistas especializadas de costos, y finalmente el software Excel para procesamientos de los datos.
				PH de Vinaza	4.2 – 5.2	
			Variables Dependientes			
			Estabilización de los suelos cohesivos			La población de estudio será los suelos de la ciudad de Sullana, así como la vinaza que se obtiene del lugar. La muestra será los suelos cohesivos presentes en el lugar.
¿En qué medida influye la incorporación de vinaza en la capacidad de soporte para una subrasante en la ciudad de Sullana?	Evaluar los efectos de la incorporación de vinaza en la capacidad de soporte para una subrasante en la ciudad de Sullana.	La incorporación de vinaza tiene un efecto positivo en la capacidad de soporte para una subrasante en la ciudad de Sullana.	Dimensión	Indicador	Medición	Procedimiento Primero se sectoriza la ciudad de Sullana según estudios previos de la estratigrafía y vulnerabilidades, para conocer cuáles son las zonas que se obtendrán mayor o menor cantidad de muestras, según esa información se hace la obtención de estas por medio de calcatas, se hace los diferentes ensayos según el MTC, AASHTO y ASTM (granulometría, límites de consistencia, proctor modificado y CBR) para obtener una línea base. Se hace la adición de vinaza como estabilizante en porcentajes de reemplazo de cantidad de agua (30%, 45%, 60%, 75% y 90% según bibliografía) y se mide el nivel de mejora de los mismos al realizar los nuevos ensayos. Se conoce y cuantifica la mejora al igual que se hace una comparación de ACUS del suelo estabilizado con la vinaza respecto al estabilizante más utilizado en la zona (cal), para finalmente seleccionar el porcentaje que presenta una estabilización coherente con la trabajabilidad del mismo y su costo.
			Caracterización del suelo	Granulometría	Porcentaje (%)	
				Límite Líquido	Porcentaje (%)	
				Límite Plástico	Porcentaje (%)	
Capacidad de soporte	Índice de Plasticidad	Porcentaje (%)				
	Curva de Compactación	% humedad vs g/cm3				
	Expansividad	Porcentaje (%)				
Índice de CBR	Porcentaje (%)					
¿En qué medida influye la incorporación de vinaza en la comparativa de costos para una subrasante en la ciudad de Sullana?	Contrastar los efectos de la incorporación de vinaza en la comparativa de costos para una subrasante en la ciudad de Sullana.	La incorporación de vinaza influye de forma positiva en la comparativa de costos para una subrasante en la ciudad de Sullana.				

Anexo 2. Carta de Visita dirigido al actual alcalde de Sullana



La Molina, 25 de abril de 2022

CARTA VISITA N° 004-2022-SF-FIA

Señor
EDGAR POWER SALDAÑA SANCHEZ
Alcalde
Municipalidad Provincial de Sullana - Región de Piura

Presente. -

De mi consideración:

Es grato dirigirme a usted para saludarlo cordialmente y hacer de su conocimiento que, la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad de San Martín de Porres, con la finalidad de desarrollar las competencias de nuestros egresados y relacionar el quehacer universitario con el entorno institucional, complementan sus actividades académicas con visitas a entidades que desempeñan un rol de vanguardia en nuestro medio.

En correlación con lo expuesto solicito a usted que autorice la visita de investigación de los graduados, que menciono a continuación, a fin de que contrasten y complementen sus conocimientos con los aportes que gentilmente brindará el personal profesional y/o técnico designado por su despacho:

CÓDIGO	APELLIDOS Y NOMBRES	D.N.I.	CELULAR
2015215700	CORBERA CADENA, VICTOR CHRISTOPHER	48148075	945805937
2015104011	PALOMINO RAMOS BORJAS, DANIEL ANDRE	76418049	954186207

Los mencionados egresados han cursado estudios en la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de esta Facultad, y requieren realizar un trabajo de investigación sobre una propuesta de mejorar las propiedades geotécnicas de los suelos cohesivos con inclusión de vinaza en la ciudad de Sullana, en la Av. Los Tallanes con una extensión de 3 km, por lo cual necesitan extraer muestras de suelo mediante 03 calicatas que serán sometidas a ensayos en laboratorio, para la elaboración de su Plan de Tesis, para la obtención del Título Profesional, y para una mejor comunicación brindo el número telefónico y correo electrónico de los integrantes: victor_corbera@usmp.pe y daniel_palomino@usmp.pe.

Por lo tanto, agradeceré autorizar el ingreso, a los mencionados egresados, a sus instalaciones para que realice con éxito su investigación.

Agradeciendo anticipadamente la atención brindada, quedo de usted.


Dr. Cesar Augusto Sánchez Montalván
Secretario de Facultad

Firmado digitalmente por
CESAR AUGUSTO SANCHEZ
MONTALVAN
Fecha: 2022.04.25 13:27:44
-05'00'

CASM/Ifm.

Facultad de Ingeniería y Arquitectura
Av. La Fontana N° 1250 Urb. Sta. Patricia
2da. Etapa - La Molina
Tel: 208-6000
fia@usmp.pe
<http://www.usmp.edu.pe/fia/index.php>

Anexo 3. Resultados de ensayos

Análisis granulométrico de suelo por tamizado - MTC E107



INGENIERIA Y GEOTECNIA S.A.C

01-4875842 / 996636128 / 935356367
 Calle Caraz Mz "C", Lote 6
 Los Portales de Chavin
 3ra Etapa - SMP - Lima
 Informescyc01@gmail.com

ENSAYOS DE MATERIALES (LEM)	INFORME DE ENSAYO ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO CLASIFICACIÓN DE SUELOS		Código	FRM_CyC_LEM_001
			Revisión	0
			Aprobado	QA-CyC
			Fecha	10/01/2022
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y ROCAS ASTM D-6913 / MTC E-107				
SOLICITANTE : ANDRÉ PALOMINO RAMOS BORJAS / VÍCTOR CHRISTOPHER CORBERA CADENA				
PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES GEOTÉCNICAS DE LOS SUELOS COHESIVOS CON VINAZA EN LA CIUDAD DE SULLANA				
UBICACIÓN : SULLANA - PIURA - PERU				
CANTERA : --- Fecha de recepción: 7/11/2022				
PROGRESIVA : 01+381 Fecha de emisión: 30/01/2022				
MUESTRA : M-01 MATERIAL INTEGRAL				
TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACIÓN (NO APLICA)	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
5"	127.000	100.0		CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D2216) Contenido Humedad (%) 5.9
4"	101.600	100.0		
3"	76.200	100.0		LÍMITES DE CONSISTENCIA (ASTM D4318) Límite Líquido (LL) 45 Límite Plástico (LP) 22 Índice Plástico (IP) 23
2 1/2"	63.300	100.0		
2"	50.800	100.0		Grava (%) 1.6 Arena (%) 27.4 Finos (%) 71.0
1 1/2"	38.100	99.8		
1"	25.400	99.1		CLASIFICACIÓN DE SUELOS Clasificación SUCS (ASTM D2487) CL Clasificación AASHTO (D3282) A-7-B (13) Nombre del Grupo Arcilla arenosa de baja plasticidad
3/4"	19.000	98.9		
1/2"	12.500	98.7		INDICACIONES: fue en horno de laboratorio controlado a 110±5°C hasta masa constante.
3/8"	9.500	98.7		
Nº 4	4.750	98.4		
Nº 10	2.000	97.8		
Nº 20	0.840	97.0		
Nº 40	0.425	94.4		
Nº 60	0.250	89.5		
Nº 100	0.150	81.8		
Nº 200	0.075	71.0		
< Nº 200	FONDO			

CURVA GRANULOMÉTRICA

OBSERVACIONES:

- * Muestra provista e identificada por el solicitante.
- * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de C&C INGENIERIA Y GEOTECNIA S.A.C

Elaborado por: Jose Luis Berru Ch. Jefe de Laboratorio C&C INGENIERIA Y GEOTECNIA SAC Suelos Concretos y Pavimentos Jefe de Laboratorio	Revisado por: Victor Michel Zavaleta Cueva Ingeniero Civil CIP 96095 C&C INGENIERIA Y GEOTECNIA SAC Suelos Concretos y Pavimentos Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Aprobado por: Control de Calidad
--	--	---

Determinación del contenido de humedad de un suelo - MTC E108



INGENIERIA Y GEOTECNIA S.A.C

01-4875842 / 996636128 / 935356367
 Calle Caraz Mz "C", Lote 6
 Los Portales de Chavin
 3ra Etapa - SMP - Lima
 Informescyc01@gmail.com

ENSAYO DE MATERIALES (LEM)	INFORME PARA LA DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM D-2216	Codigo	FRM_CyC_QA_LEM_003
		Revisión	0
		Aprobación	QA-CyC
		Fecha	10/01/2022

PROYECTO	: MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES GEOTECNICAS DE LOS SUELOS COHESIVOS CON VINAZA EN LA CIUDAD DE SULLANA
SOLICITANTE	: ANDRE PALOMINO RAMOS BORJAS / VICTOR CHRISTOPHER CORBERA CADENA
UBICACIÓN	: SULLANA - PIURA - PERU
CANTERA	: -
Sondaje/Calicata	: -
Muestra	: M-01 MATERIAL ARCILLOSO (INTEGRAL)
Progresiva	: 01+381
	Ensayado por: J. B. CH. Fecha de emisión: 30/11/2022

**CONTENIDO DE HUMEDAD
ASTM D2216 /MTC E-215**

Número de muestra	M1	M3	M4	M5
Profundidad (m)	N/A			
Método de reporte	B			
Peso del suelo humedo (gr)	6524.0			
Peso del suelo seco (gr)	6174.0			
Peso del agua (gr)	350.0			
Contenido de humedad (%)	5.7			

INDICACIONES DEL ENSAYO

Número de muestra	M1	M3	M4	M5
Clasificación visual del suelo	A. GLOBAL			
Método de secado	Horno a 110±5 °C			
¿Cumple con la masa mínima recomendada por ASTM D2216?	Si cumple con las recomendaciones de masa de ensayo de ASTM D2216-19			
¿Hay materiales excluidos? Describir	No			

Observaciones:
 Humedad natural del material
 El material fue muestreado por el cliente.

Elaborado por: Jose Luis Berru Ch. Jefe de Laboratorio C&C INGENIERIA Y GEOTECNIA SAC Suelos Concretos y Pavimentos	Revisado por: Victor Michel Zavaleta Cueva Ingeniero Civil CIP 96095 C&C INGENIERIA Y GEOTECNIA SAC Suelos Concretos y Pavimentos	Aprobado por: C&C INGENIERIA Y GEOTECNIA S.A.C. CONTROL DE CALIDAD
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad



INGENIERIA Y GEOTECNIA S.A.C

01-4875842 / 996636128 / 935356367

Calle Caraz N° 1, Lote 6
Los Portales de Chavin
3ra Etapa - SMP - Lima

Informescyc01@gmail.com

ENSAYO DE MATERIALES (LEM)	INFORME PARA LA DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM D-2216	Codigo	FRM_CyC_QA_LEM_003
		Revision	0
		Aprobacion	QA-CyC
		Fecha	10/01/2022

PROYECTO	: MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES GEOTECNICAS DE LOS SUELOS COHESIVOS CON VINAZA EN LA CIUDAD DE SULLANA		
SOLICITANTE	: ANDRE PALOMINO RAMOS BORJAS / VICTOR CHRISTOPHER CORBERA CADENA		
UBICACIÓN	: SULLANA - PIURA - PERU		
CANTERA	: -		
Sondaje/Calicata	: -		
Muestra	: M-02 - MATERIAL ARCILLOSO (30% DE VINAZA Y 70% AGUA DEL O.C.H.)	Ensayado por:	J. B. CH.
Progresiva	: 01+381	Fecha de emision:	30/11/2022

CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM D2216 /MTC E-215

Número de muestra	M1	M3	M4	M5
Profundidad (m)	N/A			
Método de reporte	B			
Peso del suelo humedo (gr)	668.4			
Peso del suelo seco (gr)	596.5			
Peso del agua (gr)	71.9			
Contenido de humedad (%)	12.1			

INDICACIONES DEL ENSAYO

Número de muestra	M1	M3	M4	M5
Clasificación visual del suelo	A. GLOBAL			
Método de secado	Horno a 110±5 °C			
¿Cumple con la masa mínima recomendada por ASTM D2216?	Si cumple con las recomendaciones de masa de ensayo de ASTM D2216-19			
¿Hay materiales excluidos? Describir	No			

Observaciones:

El material fue muestreado por el cliente.

Elaborado por: Jose Luis Berru Ch. Jefe de Laboratorio C&C INGENIERIA Y GEOTECNIA SAC Suelos Concretos y Pavimentos Jefe de Laboratorio	Revisado por: Victor Michel Zavaleta Cueva Ingeniero Civil CIP 96095 C&C INGENIERIA Y GEOTECNIA SAC Suelos Concretos y Pavimentos Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Aprobado por: Control de Calidad
---	---	--



INGENIERIA Y GEOTECNIA S.A.C

01-4875842 / 996636128 / 935356367
 Calle Caraz Mz "C", Lote 6
 Los Portales de Chavín
 3ra Etapa - SMP - Lima
 Informescyc01@gmail.com

ENSAYO DE MATERIALES (LEM)	INFORME PARA LA DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM D-2216	Codigo	FRM_CyC_QA_LEM_003
		Revision	0
		Aprobacion	QA-CyC
		Fecha	10/01/2022

PROYECTO	: MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES GEOTECNICAS DE LOS SUELOS COHESIVOS CON VINAZA EN LA CIUDAD DE SULLANA		
SOLICITANTE	: ANDRE PALOMINO RAMOS BORJAS / VICTOR CHRISTOPHER CORBERA CADENA		
UBICACIÓN	: SULLANA - PIURA - PERU		
CANTERA	: -		
Sondaje/Calicata	: -		
Muestra	: M-04 - MATERIAL ARCILLOSO (60% DE VINAZA Y 40% AGUA DEL O.C.H.)	Ensayado por:	J. B. CH.
Progresiva	: 01+381	Fecha de emision:	30/11/2022

**CONTENIDO DE HUMEDAD
ASTM D2216 /MTC E-215**

Número de muestra	M1	M3	M4	M5
Profundidad (m)	N/A			
Método de reporte	B			
Peso del suelo humedo (gr)	958.5			
Peso del suelo seco (gr)	870.1			
Peso del agua (gr)	88.4			
Contenido de humedad (%)	10.2			

INDICACIONES DEL ENSAYO

Número de muestra	M1	M3	M4	M5
Clasificación visual del suelo	A. GLOBAL			
Método de secado	Horno a 110±5 °C			
¿Cumple con la masa mínima recomendada por ASTM D2216?	Si cumple con las recomendaciones de masa de ensayo de ASTM D2216-19			
¿Hay materiales excluidos? Describir	No			

Observaciones:
 El material fue muestreado por el cliente.

Elaborado por: José Luis Berru Ch. Jefe de Laboratorio C&C INGENIERIA Y GEOTECNIA SAC Suelos Concretos y Pavimentos Jefe de Laboratorio	Revisado por: Victor Michel Zavaleta Cueva Ingeniero Civil CIP 96095 C&C INGENIERIA Y GEOTECNIA SAC Suelos Concretos y Pavimentos Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Aprobado por: Control de Calidad
---	---	--



INGENIERIA Y GEOTECNIA S.A.C

01-4875842 / 986636128 / 935356367
 Calle Caraz Mz "C", Lote 6
 Los Portales de Chavin
 3ra Etapa - SMP - Lima
 Informescyc01@gmail.com

ENSAYO DE MATERIALES (LEM)	INFORME PARA LA DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM D-2216	Codigo	FRM_CyC_QA_LEM_003
		Revision	0
		Aprobacion	QA-CyC
		Fecha	10/01/2022

PROYECTO	: MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES GEOTECNICAS DE LOS SUELOS COHESIVOS CON VINAZA EN LA CIUDAD DE SULLANA		
SOLICITANTE	: ANDRE PALOMINO RAMOS BORJAS / VICTOR CHRISTOPHER CORBERA CADENA		
UBICACIÓN	: SULLANA - PIURA - PERU		
CANTERA	: -		
Sondaje/Calicata	: -		
Muestra	: M-06 - MATERIAL ARCILLOSO (90% DE VINAZA Y 10% AGUA DEL O.C.H.)	Ensayado por:	J. B. CH.
Progresiva	: 01+381	Fecha de emision:	30/11/2022

**CONTENIDO DE HUMEDAD
ASTM D2216 /MTC E-215**

Número de muestra	M1	M3	M4	M5
Profundidad (m)	N/A			
Método de reporte	B			
Peso del suelo humedo (gr)	873.8			
Peso del suelo seco (gr)	812.5			
Peso del agua (gr)	61.3			
Contenido de humedad (%)	7.5			

INDICACIONES DEL ENSAYO

Número de muestra	M1	M3	M4	M5
Clasificación visual del suelo	A. GLOBAL			
Método de secado	Horno a 110±5 °C			
¿Cumple con la masa mínima recomendada por ASTM D2216?	Si cumple con las recomendaciones de masa de ensayo de ASTM D2216-19			
¿Hay materiales excluidos? Describir	No			

Observaciones:

El material fue muestreado por el cliente.

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 Jose Luis Berru Ch. Jefe de Laboratorio C&C INGENIERIA Y GEOTECNIA SAC Suelos Concretos y Pavimentos	 Victor Michel Zavaleta Cueva Ingeniero Civil CIP 96095 C&C INGENIERIA Y GEOTECNIA SAC Suelos Concretos y Pavimentos	 C&C INGENIERIA Y GEOTECNIA SAC CONTROL DE CALIDAD
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad

Análisis granulométrico por medio del hidrómetro - MTC E109



INGENIERIA Y GEOTECNIA S.A.C

01-4875842 / 996636128 / 935356367
 Calle Caraz Mz "C", Lote 6
 Los Portales de Chavin
 3ra Etapa - SMP - Lima
 Informescyc01@gmail.com

ENSAYOS DE MATERIALES (LEM)	INFORME DE ENSAYO DISTRIBUCION DE TAMAÑO DE PARTICULAS POR SEDIMENTACIÓN (HIDRÓMETRO) ASTM D7928-21e1	Codigo	FRM_Cyc_LEM_004
		Revisión	0
		Aprobación	QA-CyC
		Fecha	24/06/2022

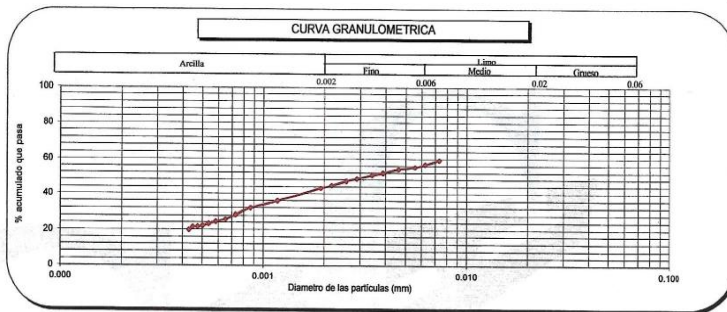
SOLICITANTE: ANDRE PALOMINO RAMOS BORJAS / VICTOR CHRISTOPHER CORBERA CADENA
PROYECTO: MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES GEOTECNICAS DE LOS SUELOS COHESIVOS CON VINAZA EN LA CIUDAD DE SULLANA
UBICACIÓN: SULLANA - PIURA - PERU
CANTERA: -
MUESTRA: M-01 MATERIAL INTEGRAL
PROGRESIVA: 01+381
Fecha de Emisión: 30/11/2022
Fecha de Recepción: 7/11/2022

Resultados del ensayo:

SUCS	CL
Masa húmeda / seca	81.62 g
Contenido de humedad	3.1 %
Masa seca	79.17 g
Gs de los sólidos	2.73 %
% pasa el tamiz No. 200	57.1 %

Medición de masa seca: Directo
 Hidrómetro: 152H
 Preparación de muestra: Húmeda
 Ensayado por: J.B.CH.
 Tamiz de separación: No. 10

Fecha	Hora	Tiempo (min)	Temperatura (°C)	Lectura Hidrómetro R_m	Corrección r_{ca}	Porcentaje más fino N_u (%)	Profundidad Efectiva H_u (cm)	Dámetro de partícula D (mm.)	Porcentaje que pasa P_u (%)
16/11/22	08:30	0	—	—	—	—	—	—	—
16/11/22	08:50	20	21.0	55.00	5.7	59	6.1	0.007	—
16/11/22	09:00	30	21.0	53.00	5.7	57	6.6	0.006	—
16/11/22	09:10	40	21.5	51.50	5.5	55	7.0	0.006	—
16/11/22	09:30	60	21.5	50.50	5.5	54	7.3	0.005	—
16/11/22	10:00	90	20.8	49.00	5.8	52	7.7	0.004	—
16/11/22	10:30	120	20.8	48.00	5.8	51	8.0	0.003	—
16/11/22	11:30	180	21.6	46.00	5.5	49	8.5	0.003	—
16/11/22	12:30	240	22.6	44.50	5.1	47	8.9	0.003	—
16/11/22	14:30	360	23.7	42.00	4.7	45	9.6	0.002	—
16/11/22	16:30	480	24.1	40.50	4.6	43	10.0	0.002	—
17/11/22	08:30	1440	20.1	36.00	6.0	36	11.2	0.001	—
18/11/22	08:30	2880	20.6	32.50	5.8	32	12.2	0.001	—
19/11/22	08:30	4320	20.7	29.50	5.8	29	13.0	0.001	—
20/11/22	08:30	5760	23.0	26.50	5.0	26	13.8	0.001	—
21/11/22	08:30	7200	20.0	26.60	6.0	25	13.8	0.001	—
22/11/22	08:30	8640	20.1	25.50	6.0	23	14.1	0.001	—
23/11/22	08:30	10080	20.4	24.60	5.9	22	14.4	0.001	—
24/11/22	08:30	11520	22.0	23.60	5.4	22	14.6	0.000	—
25/11/22	08:30	12960	23.0	23.00	5.0	22	14.8	0.000	—
26/11/22	08:30	14400	22.0	22.00	5.4	20	15.1	0.000	—



Observaciones: Cliente realizó el muestreo/ Los resultados se aplican a la muestra como se recibió.

Elaborado por: <i>Jose Luis Berru Ch.</i> Jose Luis Berru Ch. Jefe de Laboratorio C&C INGENIERIA Y GEOTECNIA SAC Suelos Concretos y Pavimentos Jefe de Laboratorio	Revisado por: <i>Victor Michel Zavaleta Cueva</i> Victor Michel Zavaleta Cueva Ingeniero Civil CIP 96095 C&C INGENIERIA Y GEOTECNIA SAC Suelos Concretos y Pavimentos Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Aprobado por: Control de Calidad
---	--	--

Determinación del límite líquido de los suelos - MTC E110 y límite plástico (L.P.) de los suelos e índice de plasticidad (I.P.) - MTC E 111



INGENIERIA Y GEOTECNIA S.A.C

01-4875842 / 996636128 / 935356367
 Calle Caraz Mz "C", Lote 6
 Los Portales de Chavin
 3ra Etapa - SMP - Lima
 Informescyc01@gmail.com

ENSAYOS DE MATERIALES (LEM)	INFORME DE ENSAYO LÍMITES DE CONSISTENCIA	Código	FRM_CyC_LEM_002
		Revisión	0
		Aprobado	QA-CyC
		Fecha	10/01/2022

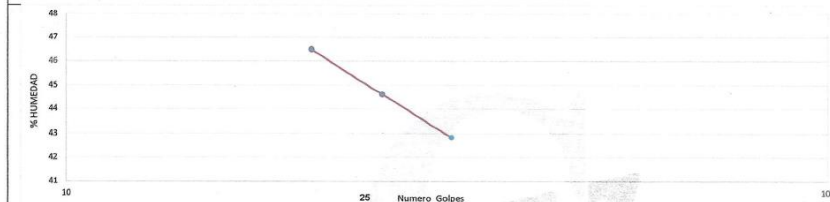
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS
 ASTM D4318 / MTC E - 110 / MTC E - 111

SOLICITANTE : ANDRE PALOMINO RAMOS BORJA / VICTOR CHRISTOPHER CORBERA CADENA
 PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES GEOTECNICAS DE LOS SUELOS COHESIVOS CON VINAZA EN LA CIUDAD DE SULLANA
 UBICACIÓN : SULLANA - PIURA - PERU Fecha de recepción: 07/11/2022
 CANTERA : --- 30/11/2022 30/11/2022
 PROGRESIVA : 01+381
 MUESTRA : M-01 MATERIAL INTEGRAL

DESCRIPCION	UNIDAD	Material Pasante Tamiz N° 40						
		LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO			
Nro. de Recipiente		2	4	5	6	7		
Peso Recipiente + Suelo Humedo (A)	gr.	23.20	23.08	24.58	20.95	22.94		
Peso Recipiente + Suelo Seco (B)	gr.	19.91	19.73	20.63	19.58	21.02		
Peso de Recipiente (C)	gr.	12.23	12.22	12.13	13.51	12.43		
Peso del Agua (A-B)	gr.	3.29	3.35	3.95	1.37	1.92		
Peso del Suelo Seco (B-C)	gr.	7.68	7.51	8.50	6.07	8.59		
Contenido Humedad $W=(A-B)/(B-C)*100$	%	42.84	44.61	46.47	22.57	22.35		
N° De Golpes		32	26	21				

RESULTADOS OBTENIDOS	LIMITES DE CONSISTENCIA		INDICE PLASTICO
	LIQUIDO	PLASTICO	
	45.0	22.0	23.0

RELACION HUMEDAD - NUMERO DE GOLPES



OBSERVACIONES:

- * Muestra provista e identificada por el solicitante.
- * El contenido de humedad reportado corresponde a la humedad registrada a la llegada de la muestra al laboratorio de C&C INGENIERIA Y GEOTECNIA
- * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de C&C INGENIERIA Y GEOTECNIA

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 Jose Luis Berru Ch. Jefe de Laboratorio C&C INGENIERIA Y GEOTECNIA SAC Suelos Concretos y Pavimentos Jefe de Laboratorio	 Victor Michel Zavaleta Cueva Ingeniero Civil CIP 96095 C&C INGENIERIA Y GEOTECNIA SAC Suelos Concretos y Pavimentos Ingeniero de Suelos y Pavimentos	 C&C INGENIERIA Y GEOTECNIA S.A.C. CONTROL DE CALIDAD Control de Calidad



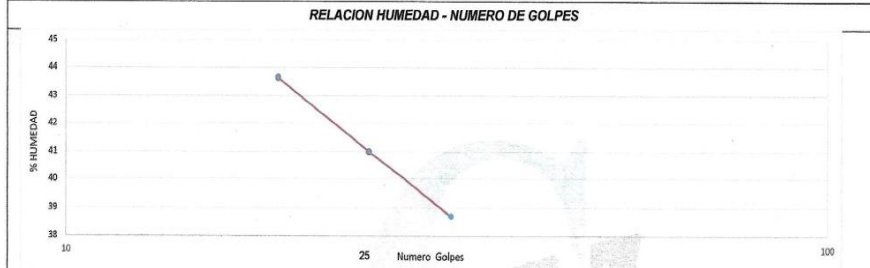
ENSAYOS DE MATERIALES (LEM)	INFORME DE ENSAYO LÍMITES DE CONSISTENCIA	Código	FRM_CyC_LEM_002
		Revisión	0
		Aprobado	QA-CyC
		Fecha	10/01/2022

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS
 ASTM D4318 / MTC E - 110 / MTC E - 111

SOLICITANTE : ANDRE PALOMINO RAMOS BORJA / VICTOR CHRISTOPHER CORBERA CADENA
PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES GEOTECNICAS DE LOS SUELOS COHESIVOS CON VINAZA EN LA CIUDAD DE SULLANA
UBICACIÓN : SULLANA - PIURA - PERU Fecha de recepción: 07/11/2022
CANTERA : --- Fecha de emisión: 30/11/2022
PROGRESIVA : 01+381
MUESTRA : M-02 (30% VINAZA Y 70% AGUA DEL O.C.H.)

DESCRIPCION	UNIDAD	Material Pasante Tamiz N° 40					
		LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		
Nro. de Recipiente		8	1	9	3	11	
Peso Recipiente + Suelo Humedo (A)	gr.	22.20	21.52	22.58	21.21	22.94	
Peso Recipiente + Suelo Seco (B)	gr.	19.32	18.79	19.87	19.79	21.12	
Peso de Recipiente (C)	gr.	11.88	12.13	13.06	13.25	12.43	
Peso del Agua (A-B)	gr.	2.88	2.73	2.71	1.42	1.82	
Peso del Suelo Seco (B-C)	gr.	7.44	6.66	6.21	6.54	8.69	
Contenido Humedad $[W=(A-B)/(B-C)*100]$	%	38.71	40.99	43.64	21.71	20.94	
Nº De Golpes		32	25	19			

RESULTADOS OBTENIDOS	LÍMITES DE CONSISTENCIA		ÍNDICE PLÁSTICO
	LIQUIDO	PLÁSTICO	
	41.0	21.0	20.0



OBSERVACIONES:
 * Muestra provista e identificada por el solicitante.
 * El contenido de humedad reportado corresponde a la humedad registrada a la llegada de la muestra al laboratorio de C&C INGENIERIA Y GEOTECNIA
 * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de C&C INGENIERIA Y GEOTECNIA

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 Jose Luis Berru Ch. Jefe de Laboratorio C&C INGENIERIA Y GEOTECNIA SAC Suelos Concretos y Pavimentos Jefe de Laboratorio	 Victor Michel Zavaleta Cueva Ingeniero Civil CIP 96095 C&C INGENIERIA Y GEOTECNIA SAC Suelos Concretos y Pavimentos Ingeniero de Suelos y Pavimentos	 Control de Calidad



INGENIERIA Y GEOTECNIA S.A.C

01-4875842 / 996636128 / 935356367
 Calle Caraz Mz "C", Lote 6
 Los Portales de Chavin
 3ra Etapa - SMP - Lima
 Informescyc01@gmail.com

ENSAYOS DE MATERIALES (LEM)	INFORME DE ENSAYO LÍMITES DE CONSISTENCIA	Código	FRM_CyC_LEM_002
		Revisión	0
		Aprobado	QA-CyC
		Fecha	10/01/2022

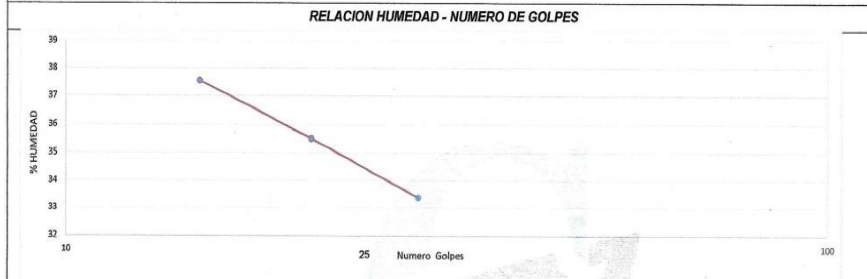
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS

ASTM D4318 / MTC E - 110 / MTC E - 111

SOLICITANTE : ANDRE PALOMINO RAMOS BORJA / VICTOR CHRISTOPHER CORBERA CADENA
PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES GEOTECNICAS DE LOS SUELOS COHESIVOS CON VINAZA EN LA CIUDAD DE SULLANA
UBICACIÓN : SULLANA - PIURA - PERU **Fecha de recepción:** 07/11/2022
CANTERA : --- **Fecha de emisión:** 18/11/2022
PROGRESIVA : 01+381
MUESTRA : M-04 (60% VINAZA Y 40% AGUA DEL O.C.H.)

DESCRIPCION	UNIDAD	Material Pasante Tamiz N° 40					
		LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		
Nro. de Recipiente		2	4	1	7	9	
Peso Recipiente + Suelo Humedo (A)	gr.	22.14	21.39	21.51	20.54	20.74	
Peso Recipiente + Suelo Seco (B)	gr.	19.66	18.99	18.95	19.23	19.57	
Peso de Recipiente (C)	gr.	12.23	12.23	12.13	12.44	13.66	
Peso del Agua (A-B)	gr.	2.48	2.40	2.56	1.31	1.17	
Peso del Suelo Seco (B-C)	gr.	7.43	6.76	6.82	6.79	5.91	
Contenido Humedad $[W=(A-B)/(B-C)*100$	%	33.38	35.50	37.54	19.29	19.80	
N° De Golpes		29	21	15			

RESULTADOS OBTENIDOS	LIMITES DE CONSISTENCIA		INDICE PLASTICO
	LIQUIDO	PLASTICO	
	35.0	20.0	15.0



OBSERVACIONES:
 * Muestra provista e identificada por el solicitante.
 * El contenido de humedad reportado corresponde a la humedad registrada a la llegada de la muestra al laboratorio de C&C INGENIERIA Y GEOTECNIA
 * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de C&C INGENIERIA Y GEOTECNIA

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 Jose Luis Berru Ch. Jefe de Laboratorio C&C INGENIERIA Y GEOTECNIA SAC Suelos Concretos y Pavimentos	 Victor Michel Zavaleta Cueva Ingeniero Civil CIP 96095 C&C INGENIERIA Y GEOTECNIA SAC Suelos Concretos y Pavimentos	
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad



ENSAYOS DE MATERIALES (LEM)	INFORME DE ENSAYO LÍMITES DE CONSISTENCIA	Código	FRM_CyC_LEM_002
		Revisión	0
		Aprobado	QA-CyC
		Fecha	10/01/2022

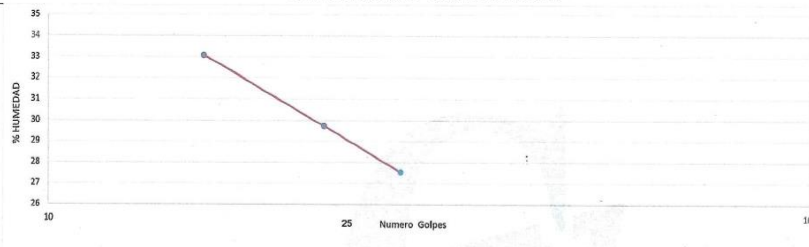
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS
ASTM D4318 / MTC E - 110 / MTC E - 111

SOLICITANTE : ANDRE PALOMINO RAMOS BORJA / VICTOR CHRISTOPHER CORBERA CADENA
PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES GEOTECNICAS DE LOS SUELOS COHESIVOS CON VINAZA EN LA CIUDAD DE SULLANA
UBICACIÓN : SULLANA - PIURA - PERU **Fecha de recepción:** 07/11/2022
CANTERA : — **Fecha de emisión:** 18/11/2022
PROGRESIVA : 01+381
MUESTRA : M-06 (90% VINAZA Y 10% AGUA DEL O.C.H.)

DESCRIPCION	UNIDAD	Material Pasante Tamiz N° 40					
		LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		
Nro. de Recipiente		10	5	3	6	8	
Peso Recipiente + Suelo Humedo (A)	gr.	21.24	21.95	21.78	21.02	20.15	
Peso Recipiente + Suelo Seco (B)	gr.	19.20	19.70	19.66	19.85	18.88	
Peso de Recipiente (C)	gr.	11.79	12.13	13.25	13.51	11.88	
Peso del Agua (A-B)	gr.	2.04	2.25	2.12	1.17	1.27	
Peso del Suelo Seco (B-C)	gr.	7.41	7.57	6.41	6.34	7.00	
Contenido Humedad $W=(A-B)/(B-C)*100$	%	27.53	29.72	33.07	18.45	18.14	
N° De Golpes		29	23	16			

RESULTADOS OBTENIDOS	LÍMITES DE CONSISTENCIA		INDICE PLASTICO
	LIQUIDO	PLASTICO	
	30.0	18.0	12.0

RELACION HUMEDAD - NUMERO DE GOLPES



OBSERVACIONES:

- * Muestra provista e identificada por el solicitante.
- * El contenido de humedad reportado corresponde a la humedad registrada a la llegada de la muestra al laboratorio de C&C INGENIERIA Y GEOTECNIA
- * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de C&C INGENIERIA Y GEOTECNIA

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 Jose Luis Berru Ch. Jefe de Laboratorio C&C INGENIERIA Y GEOTECNIA SAC Suelos Concretos y Pavimentos	 Victor Michel Zavaleta Cueva Ingeniero Civil CIP 96095 C&C INGENIERIA Y GEOTECNIA SAC Suelos Concretos y Pavimentos	
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad

Compactación de suelos en laboratorio utilizando una energía modificada
(Proctor Modificado) - MTC E115



INGENIERIA Y GEOTECNIA S.A.C

01-4875842 / 996636128 / 935356367
Calle Caraz Mz "C", Lote 6
Los Portales de Chavin
3ra Etapa - SMP - Lima
Informescyc01@gmail.com

ENSAYOS DE MATERIALES (LEM)	INFORME DE ENSAYO			Código	FRM_CyC_LEM_004
	RELACIÓN DENSIDAD - HUMEDAD PROCTOR MODIFICADO (ASTM D1557 / MTC E-209)			Revisión	0
				Aprobado	QA-CyC
				Fecha	10/01/2022
SOLICITANTE : ANDRE PALOMINO RAMOS BORJAS / VICTOR CHRISTOPHER CORBERA CADENA			FECHA RECEPCION : 7/11/2022		
PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES GEOTECNICAS DE LOS SUELOS COHESIVOS CON VINAZA EN LA CIUDAD DE SULLANA			RECEPCIONADO POR : M. C. A.		
UBICACIÓN : SULLANA - PIURA - PERU			ENSAYADO POR : J. B. CH.		
CANTERA : ---			TIPO DE MATERIAL : MATERIAL ARCILLOSO		
MUESTRA : M-01 - MATERIAL INTEGRAL (ARCILLA)			FECHA EMISION : 30/11/2022		
PROGRESIVA 01+381 NORTE: - ESTE: - COTA: -					
Preparación de la Muestra: 3000 g		Equipo de Compactación: Pisón 10 lb		N° de Capas: 5	
Clasificación del suelo ASTM D2487 : CL		Molde N°: C&C-LAB-003		N° de Golpes: 56	
		Volumen del Molde: 946 cm³		Agua agregada, Total: -	
Peso Especifico (ASTM C127):		Peso de Molde: 3795 g		Método Usado : A	
Determinación (Puntos)	N°	1	2	3	4
Peso de Suelo + Molde	g	5670	5747	5782	5788
Peso de Molde	g	3795	3795	3795	3795
Peso de Suelo Húmedo Compactado	g	1875	1952	1987	1993
Volumen del Molde	cm³	946	946	946	946
Densidad Húmeda	g/cm³	1.982	2.063	2.100	2.106
Tara (Recipiente)	N°	3	2	3	4
Peso del Suelo Húmedo + Tara	g	914.0	982.5	921.5	709.5
Peso del Suelo Seco + Tara	g	841.5	888.0	825.0	628.0
Peso de Tara (Recipiente)	g	215.5	211.0	222.0	186.5
Peso de Agua	g	72.5	94.5	96.5	81.5
Peso del Suelo Seco	g	629.0	677.0	603.0	441.5
Contenido de Agua	%	11.6	14.0	16.0	18.5
Peso Volumétrico Seco	g/cm³	1.776	1.810	1.810	1.778

CURVA DE COMPACTACIÓN

DATOS OBTENIDOS

DENSIDAD MÁXIMA (g/cm³)
1.814

HUMEDAD ÓPTIMA %
15.0

CORREGIDO DENSIDAD MÁXIMA (g/cm³)
-

HUMEDAD ÓPTIMA %
-

DATOS DE LA GRANULOMETRÍA

Material > N° 4: 83 g

Material Fino < N° 4: 36.1

OBSERVACIONES:

Elaborado por: <i>Jose Luis Berru Ch.</i> Jose Luis Berru Ch. Jefe de Laboratorio C&C INGENIERIA Y GEOTECNIA SAC Suelos Concretos y Pavimentos	Revisado por: <i>Victor Michel Zavaleta Cueva</i> Victor Michel Zavaleta Cueva Ingeniero Civil CIP 96095 C&C INGENIERIA Y GEOTECNIA SAC Suelos Concretos y Pavimentos	Aprobado por: Control de Calidad
---	---	---

CBR de suelos (laboratorio) - MTC E132



INGENIERIA Y GEOTECNIA S.A.C

01-4875842 / 996636128 / 935356367
 Calle Caraz Mz "C", Lote 6
 Los Portales de Chavin
 3ra Etapa - SMP - Lima
 Informescyc01@gmail.com

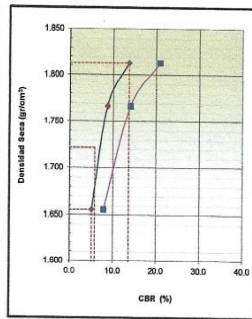
ENSAYOS DE MATERIALES (LEM)	INFORME DE ENSAYO						Código	FRM_CyC_LEM_005					
	RELACION DE CAPACIDAD DE SOPORTE, CBR						Revisión	0					
	(ASTM D-1883 / MTC E-132 / AASTHO T-193)						Aprobado	QA-CyC					
							Fecha	10/01/2022					
						Página	1 de 2						
SOLICITANTE : ANDRE PALOMINO RAMOS BORJAS / VICTOR CHRISTOPHER CORBERA CADENA						FECHA RECEPCION : 7/11/2022							
PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES GEOTECNICAS DE LOS SUELOS COHESIVOS CON VINAZA EN LA CIUDAD DE SULLANA						RECEPCIONADO POR M. C. A.							
UBICACIÓN : SULLANA - PIURA - PERU						ENSAYADO POR : J. B. CH.							
CANTERA : --						TIPO DE MATERIAL: MAT. ARCILLOSO							
MUESTRA : M-01 - MATERIAL INTEGRAL (ARCILLA)						FECHA DE EMISION : 30/11/2022							
PROGRESIVA: 01+381		NORTE: -		ESTE: -		COTA: -							
COMPACTACION													
Molde N°	001		002		003								
Capas N°	5		5		5								
Golpes por capa N°	56		25		10								
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO							
Peso de molde + Suelo húmedo	11906.0	12138.0	12491.0	12816.0	12585.0	12985.0							
Peso de molde (g)	7330.0	7330.0	8172.0	8172.0	8536.0	8536.0							
Peso del suelo húmedo (g)	4576.0	4808.0	4319.0	4644.0	4049.0	4449.0							
Volumen del molde (cm³)	2194.0	2194.0	2126.0	2126.0	2126.0	2126.0							
Densidad húmeda (g/cm³)	2.086	2.191	2.032	2.184	1.905	2.097							
Tara (N°)	-	-	-	-	-	-							
Peso suelo húmedo + tara (g)	585.5	1063.0	534.0	1036.5	536.5	1054.0							
Peso suelo seco + tara (g)	509.0	885.5	464.5	839.5	466.5	834.5							
Peso de tara (g)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00							
Peso de agua (g)	76.50	177.50	69.50	197.00	70.00	219.50							
Peso de suelo seco (g)	509.00	885.50	464.50	839.50	466.50	834.50							
Contenido de humedad (%)	15.0	20.0	15.0	23.5	15.0	26.3							
Densidad seca (g/cm³)	1.813	1.826	1.767	1.769	1.656	1.861							
EXPANSION													
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		EXPANSION		EXPANSION					
				mm	%	mm	%	mm	%				
10/11/2022	11:40	0	0.000	0.000	0.0	0.000	0.000	0.0	0.000				
11/11/2022	11:46	24	30.000	0.762	0.7	38.000	0.965	0.8	52.000				
12/11/2022	11:52	48	28.000	0.711	0.6	32.000	0.813	0.7	45.000				
13/11/2022	11:58	72	25.000	0.635	0.5	25.000	0.635	0.5	35.000				
14/11/2022	12:04	96	20.000	0.508	0.4	25.000	0.635	0.5	25.000				
PENETRACION													
PENETRACION mm	CARGA STAND. kg/cm²	001				002				003			
		CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION
0.000		Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%
0.635		0	0			0	0			0	0		
1.270		38	38.0			25	25.0			14	14.0		
1.905		96	96.0			68	68.0			46	46.0		
2.540	70.5	175	175.0			115	115.0			85	85.0		
3.810	230	230.0	199.5	13.7	178	178.0	127.3	8.8	126	116.0	75.0	5.2	
5.080	354	354.0			258	258.0			180	162.0			
6.350	465	465.0	456.9	21.0	338	338.0	307.3	14.1	210	212.0	172.8	7.9	
7.620	582	582.0			405	405.0			232	252.0			
10.160	684	684.0			496	498.0			282	282.0			
12.700	752	752.0			576	576.0			325	325.0			
	875	875.0			605	605.0			392	392.0			
Elaborado por:			Revisado por:				Aprobado por:						
 Jose Luis Berru Ch. Jefe de Laboratorio C&C INGENIERIA Y GEOTECNIA SAC Suelos Concretos y Pavimentos			 Victor Michel Zavaleta Cueva Ingeniero Civil CIP 96095 C&C INGENIERIA Y GEOTECNIA SAC Suelos Concretos y Pavimentos				 C&C INGENIERIA Y GEOTECNIA S.A.C. CONTROL DE CALIDAD						
Jefe de Laboratorio			Ingeniero de Suelos y Pavimentos				Control de Calidad						



INGENIERIA Y GEOTECNIA S.A.C

01-4875842 / 996636128 / 935356367
 Calle Caraz Mz "C", Lote 6
 Los Portales de Chavin
 3ra Etapa - SMP - Lima
 Informescyc01@gmail.com

ENSAYOS DE MATERIALES (LEM)	INFORME DE ENSAYO RELACION DE CAPACIDAD DE SOPORTE, CBR (ASTM D-1883 / MTC E- 132 / AASTHO T-193)	Código	FRM_Cyc_LEM_005
		Revisión	0
		Aprobado	QA-CyC
		Fecha	10/01/2022
		Página	2 de 2
SOLICITANTE	: ANDRE PALOMINO RAMOS BORJAS / VICTOR CHRISTOPHER CORBERA CADENA	FECHA RECEPCION	: 7/11/2022
PROYECTO	: MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES GEOTECNICAS DE LOS SUELOS COHESIVOS CON VINAZA EN LA CIUDAD DE SULLANA	RECEPCIONADO POR	: M. C. A.
UBICACIÓN	: SULLANA - PIURA - PERU	ENSAYADO POR	: J. B. CH.
CANTERA	: ---	TIPO DE MATERIAL	: MAT. ARCILLOSO
MUESTRA	: M-01 - MATERIAL INTEGRAL (ARCILLA)	FECHA DE EMISION	: 30/11/2022
PROGRESIVA:	01+381	NORTE:	-
		ESTE:	-
		COTA:	-

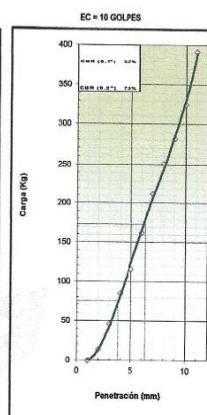
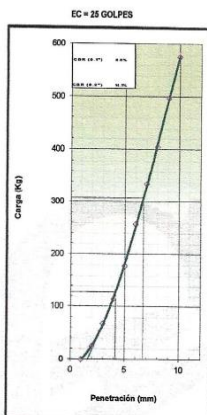
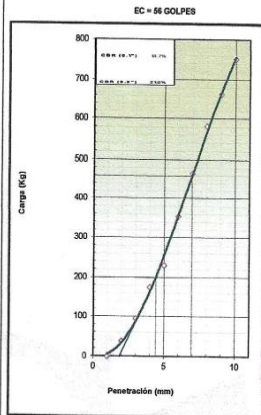


METODO DE COMPACTACION : ASTM D1557
 MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 1.813
 OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 15.0
 95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 1.723

C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	0.1"	13.7	0.2"	21.0
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	0.1"	5.9	0.2"	9.9

RESULTADOS:
 Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. = 13.7 (%)
 Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 5.9 (%)

OBSERVACIONES:
 MATERIAL MUESTREADO POR EL CLIENTE



Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 Jose Luis Berru Ch. Jefe de Laboratorio C&C INGENIERIA Y GEOTECNIA SAC Suelos Concretos y Pavimentos Jefe de Laboratorio	 Victor Michel Zavaleta Cueva Ingeniero Civil CIP 96095 C&C INGENIERIA Y GEOTECNIA SAC Suelos Concretos y Pavimentos Ingeniero de Suelos y Pavimentos	 C&C INGENIERIA Y GEOTECNIA S.A.C. CONTROL DE CALIDAD Control de Calidad



INGENIERIA Y GEOTECNIA S.A.C

01-4875842 / 996636128 / 935356367
 Calle Caraz Mz "C", Lote 6
 Los Portales de Chavin
 3ra Etapa - SMP - Lima
 Informescyc01@gmail.com

ENSAYOS DE MATERIALES (LEM)	INFORME DE ENSAYO				Código	FRM_CyC_LEM_005							
	RELACION DE CAPACIDAD DE SOPORTE, CBR (ASTM D-1883 / MTC E-132 / AASTHO T-193)				Revisión	0							
					Aprobado	QA-CyC							
					Fecha	10/01/2022							
				Página	1 de 2								
SOLICITANTE : ANDRE PALMINO RAMOS BORJAS / VICTOR CHRISTOPHER CORBERA CADENA				FECHA RECEPCION : 7/11/2022									
PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES GEOTECNICAS DE LOS SUELOS COHESIVOS CON VINAZA EN LA CIUDAD DE SULLANA				RECEPCIONADO POR M. C. A.									
UBICACION : SULLANA - PIURA - PERU				ENSAYADO POR : J. B. CH.									
CANTERA : --				TIPO DE MATERIAL : MAT ARCILLOSO									
MUESTRA : M-02 - VINAZA 30% - AGUA 70% DEL O.C.H.				FECHA DE EMISION : 30/11/2022									
PROGRESIVA: 01+381 NORTE: - ESTE: - COTA: -													
COMPACTACION													
Molde N°	004		005		006								
Capas N°	5		5		5								
Golpes por capa N°	56		25		10								
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO							
Peso de molde + Suelo húmedo	13046.0	13277.0	12828.0	12976.0	12995.0	13145.0							
Peso de molde (g)	8656.0	8656.0	8432.0	8432.0	8651.0	8651.0							
Peso del suelo húmedo (g)	4390.0	4621.0	4196.0	4544.0	4044.0	4494.0							
Volumen del molde (cm³)	2134.0	2134.0	2113.0	2113.0	2111.0	2111.0							
Densidad húmeda (g/cm³)	2.057	2.165	1.986	2.150	1.916	2.129							
Tara (N°)	-	-	-	-	-	-							
Peso suelo húmedo + tara (g)	645.5	1093.5	711.5	1229.5	767.0	1256.5							
Peso suelo seco + tara (g)	595.5	964.0	654.5	1050.0	704.0	1046.5							
Peso de tara (g)	186.50	221.50	190.00	211.50	188.50	215.50							
Peso de agua (g)	49.00	129.50	57.00	179.50	63.00	210.00							
Peso de suelo seco (g)	410.00	742.50	464.50	838.50	515.50	831.00							
Contenido de humedad (%)	12.0	17.4	12.3	21.4	12.2	25.3							
Densidad seca (g/cm³)	1.838	1.844	1.769	1.771	1.707	1.699							
EXPANSION													
FECHA	HORA	TIEMPO	EXPANSION		EXPANSION		EXPANSION						
			DIAL	EXPANSION	DIAL	EXPANSION	DIAL	EXPANSION					
			mm	%	mm	%	mm	%					
10/11/2022	11:50	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000					
11/11/2022	11:56	24	25.000	0.635	32.000	0.813	0.7	42.000	1.067				
12/11/2022	12:02	48	22.000	0.559	26.000	0.660	0.6	25.000	0.635				
13/11/2022	12:08	72	18.000	0.457	22.000	0.559	0.5	30.000	0.762				
14/11/2022	12:14	96	12.000	0.305	17.000	0.432	0.4	20.000	0.508				
PENETRACION													
PENETRACION mm	CARGA STAND. kg/cm²	004			005			006					
		CARGA	CORRECCION		CARGA	CORRECCION		CARGA	CORRECCION				
		Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%
0.000		0	0			0	0			0	0		
0.635		52	52.0			35	35.0			22	22.0		
1.270		102	102.0			70	70.0			48	48.0		
1.905		186	186.0			126	126.0			94	94.0		
2.540	70.5	284	284.0	291.2	20.0	202	202.0	191.5	13.2	152	152.0	109.6	7.5
3.810		382	382.0			282	282.0			210	210.0		
5.080	105.7	495	495.0	588.9	27.0	365	365.0	419.8	19.3	255	255.0	247.1	11.3
6.350		624	624.0			456	456.0			312	312.0		
7.620		798	798.0			630	630.0			405	405.0		
10.160		902	902.0			702	702.0			496	496.0		
12.700		1075	1075.0			856	856.0			584	584.0		
Elaborado por:		Revisado por:			Aprobado por:								
 Jose Luis Berru Ch. Jefe de Laboratorio C&C INGENIERIA Y GEOTECNIA SAC Suelos Concretos y Pavimentos Jefe de Laboratorio		 Victor Michel Zavaleta Cueva Ingeniero Civil CIP 96095 C&C INGENIERIA Y GEOTECNIA SAC Suelos Concretos y Pavimentos Ingeniero de Suelos y Pavimentos			 C&C INGENIERIA Y GEOTECNIA S.A.C. VºBº CONTROL DE CALIDAD Control de Calidad								



INGENIERIA Y GEOTECNIA S.A.C

01-4875842 / 996638128 / 935356367

Calle Caraz Mz "C", Lote 6
Los Portales de Chavin
3ra Etapa - SMP - Lima

Informescyc01@gmail.com

ENSAYOS DE MATERIALES (LEM)		INFORME DE ENSAYO RELACION DE CAPACIDAD DE SOPORTE, CBR (ASTM D-1883 / MTC E-132 / AASTHO T-193)		Código	FRM_CyC_LEM_005
				Revisión	0
				Aprobado	QA-CyC
				Fecha	10/01/2022
				Página	2 de 2
SOLICITANTE : ANDRE PALOMINO RAMOS BORJAS / VICTOR CHRISTOPHER CORBERA CADENA				FECHA RECEPCION:	7/11/2022
PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES GEOTECNICAS DE LOS SUELOS COHESIVOS CON VINAZA EN LA CIUDAD DE SULLANA				RECEPCIONADO POR :	M. C. A.
UBICACION : SULLANA - PIURA - PERU				ENSAYADO POR :	J. B. CH.
CANTERA : --				TIPO DE MATERIAL:	MAT. ARCILLOSO
MUESTRA : M-02 - VINAZA 30% - AGUA 70% DEL O.C.H.				FECHA DE EMISION:	30/11/2022
PROGRESIVA:	01+381	NORTE:	-	ESTE:	-
				COTA:	-

METODO DE COMPACTACION : ASTM D1557

MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 1.838

OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 12.0

95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 1.746

C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	8.1"	20.0	4.2"	27.0
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	8.1"	11.0	6.2"	16.4

RESULTADOS:

Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. = **20.0** (%)

Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = **11.0** (%)

OBSERVACIONES:

MATERIAL MUESTREADO POR EL CLIENTE

EC = 56 GOLPES

EC = 25 GOLPES

EC = 10 GOLPES

<p>Elaborado por:</p> <p>Jose Luis Berru Ch. Jefe de Laboratorio C&C INGENIERIA Y GEOTECNIA SAC Suelos Concretos y Pavimentos</p> <p>Jefe de Laboratorio</p>	<p>Revisado por:</p> <p>Victor Michel Zavaleta Cueva Ingeniero Civil CIP 96095 C&C INGENIERIA Y GEOTECNIA SAC Suelos Concretos y Pavimentos</p> <p>Ingeniero de Suelos y Pavimentos</p>	<p>Aprobado por:</p> <p>Control de Calidad</p>
---	--	--



INGENIERIA Y GEOTECNIA S.A.C

01-4875842 / 996636128 / 935356367
 Calle Caraz Mz "C", Lote 6
 Los Portales de Chavin
 3ra Etapa - SMP - Lima
 Informescyc01@gmail.com

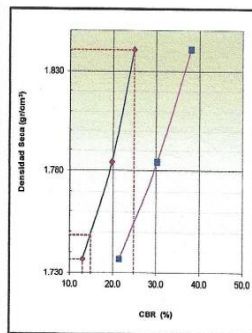
ENSAYOS DE MATERIALES (LEM)	INFORME DE ENSAYO				Código	FRM_CyC_LEM_005							
	RELACION DE CAPACIDAD DE SOPORTE, CBR (ASTM D-1883 / MTC E-132 / AASTHO T-193)				Revisión	0							
					Aprobado	QA-CyC							
					Fecha	10/01/2022							
				Página	1 de 2								
SOLICITANTE : ANDRE PALOMINO RAMOS BORJAS / VICTOR CHRISTOPHER CORBERA CADENA					FECHA RECEPCION : 7/11/2022								
PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES GEOTECNICAS DE LOS SUELOS COHESIVOS CON VINAZA EN LA CIUDAD DE SULLANA					RECEPCIONADO POR M. C. A.								
UBICACIÓN : SULLANA - PIURA - PERU					ENSAYADO POR : J. B. CH.								
CANTERA : ---					TIPO DE MATERIAL: MAT. ARCILLOSO								
MUESTRA : M-03 - VINAZA 45% - AGUA 55% DEL O.C.H.					FECHA DE EMISION : 30/11/2022								
PROGRESIVA: 01+381 NORTE: - ESTE: -					COTA: -								
COMPACTACION													
Molde Nº	007		008		009								
Capas Nº	5		5		5								
Golpes por capa Nº	56		25		10								
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO							
Peso de molde + Suelo húmedo	12774.0	12975.0	12480.0	12806.0	12406.0	12835.0							
Peso de molde (g)	8426.0	8426.0	8245.0	8245.0	8286.0	8286.0							
Peso del suelo húmedo (g)	4348.0	4549.0	4235.0	4561.0	4122.0	4549.0							
Volumen del molde (cm³)	2124.0	2124.0	2135.0	2135.0	2132.0	2132.0							
Densidad húmeda (g/cm³)	2.047	2.142	1.984	2.136	1.933	2.134							
Tara (Nº)	-	-	-	-	-	-							
Peso suelo húmedo + tara (g)	856.5	958.2	875.6	1230.5	858.6	1242.5							
Peso suelo seco + tara (g)	789.0	859.5	806.8	1099.5	790.5	1056.5							
Peso de tara (g)	186.50	221.50	190.00	211.50	186.50	215.50							
Peso de agua (g)	67.50	98.70	68.80	161.00	68.10	186.00							
Peso de suelo seco (g)	602.50	638.00	616.80	868.00	602.00	841.00							
Contenido de humedad (%)	11.2	15.5	11.2	18.8	11.3	22.1							
Densidad seca (g/cm³)	1.841	1.855	1.785	1.799	1.737	1.747							
EXPANSION													
FECHA	HORA	TIEMPO	EXPANSION		EXPANSION								
			DIAL	%	DIAL	%							
10/11/2022	11:50	0	0.000	0.000	0.000	0.000							
11/11/2022	11:56	24	22.000	0.559	28.000	0.711							
12/11/2022	12:02	48	20.500	0.521	23.000	0.584							
13/11/2022	12:08	72	17.000	0.432	20.000	0.508							
14/11/2022	12:14	96	10.000	0.254	15.000	0.381							
PENETRACION													
PENETRACION mm	CARGA STAND. kg/cm²	007				008				009			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%
0.000		0	0			0	0			0	0		
0.635		58	58.0			38	38.0			25	25.0		
1.270		112	112.0			78	78.0			52	52.0		
1.905		202	202.0			162	162.0			102	102.0		
2.540	70.5	325	325.0	361.8	24.9	245	245.0	287.9	19.8	165	165.0	189.5	13.0
3.810		525	525.0			384	384.0			255	255.0		
5.080	105.7	714	714.0	830.7	38.1	584	584.0	660.6	30.3	358	358.0	468.0	21.5
6.350		896	896.0			735	735.0			524	524.0		
7.620		1134	1134.0			865	865.0			658	658.0		
10.160		1296	1296.0			938	938.0			745	745.0		
12.700		1456	1456.0			1052	1052.0			852	852.0		
Elaborado por:		Revisado por:				Aprobado por:							
 Jose Luis Berru Ch. Jefe de Laboratorio C&C INGENIERIA Y GEOTECNIA SAC Suelos Concretos y Pavimentos		 Victor Michel Zavaleta Cueva Ingeniero Civil CIP 96095 C&C INGENIERIA Y GEOTECNIA SAC Suelos Concretos y Pavimentos				 C&C INGENIERIA Y GEOTECNIA SAC CONTROL DE CALIDAD							
Jefe de Laboratorio		Ingeniero de Suelos y Pavimentos				Control de Calidad							



INGENIERIA Y GEOTECNIA S.A.C

01-4875842 / 996636128 / 935356367
 Calle Caraz Mz "C", Lote 6
 Los Portales de Chavin
 3ra Etapa - SMP - Lima
 Informescyc01@gmail.com

ENSAYOS DE MATERIALES (LEM)	INFORME DE ENSAYO RELACION DE CAPACIDAD DE SOPORTE, CBR (ASTM D-1883 / MTC E-132 / AASTHO T-193)	Código	FRM_CyC_LEM_005
		Revisión	0
		Aprobado	QA-CyC
		Fecha	10/01/2022
		Página	2 de 2
SOLICITANTE : ANDRE PALOMINO RAMOS BORJAS / VICTOR CHRISTOPHER CORBERA CADENA		FECHA RECEPCION : 7/11/2022	
PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES GEOTECNICAS DE LOS SUELOS COHESIVOS CON VINAZA EN LA CIUDAD DE SULLANA		RECEPCIONADO POR : M. C. A.	
UBICACIÓN : SULLANA - PIURA - PERU		ENSAYADO POR : J. B. CH.	
CANTERA : --		TIPO DE MATERIAL: MAT. ARCILLOSO	
MUESTRA : M-03 - VINAZA 45% - AGUA 55% DEL O.C.H.		FECHA DE EMISION: 30/11/2022	
PROGRESIVA: 01+381	NORTE: -	ESTE: -	COTA: -

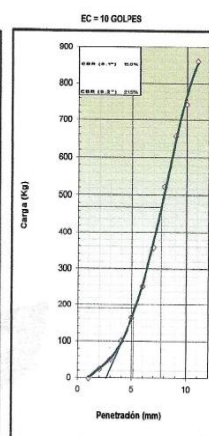
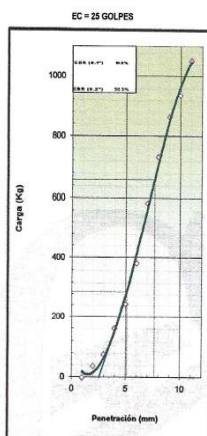
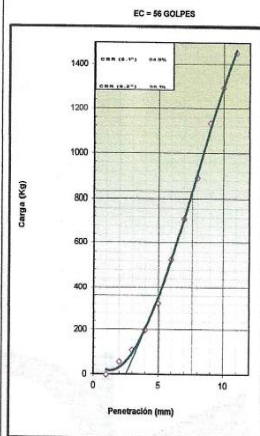


METODO DE COMPACTACION : ASTM D1557
 MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 1.841
 OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 15.0
 95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 1.749

C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	0.1"	24.9	3.2"	38.1
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	0.1"	14.9	3.2"	23.9

RESULTADOS:
 Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. = 24.9 (%)
 Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 14.9 (%)

OBSERVACIONES:
 MATERIAL MUESTREADO POR EL CLIENTE



Elaborado por: <i>Jose Luis Berru Ch.</i> Jose Luis Berru Ch. Jefe de Laboratorio C&C INGENIERIA Y GEOTECNIA SAC Suelos Concretos y Pavimentos Jefe de Laboratorio	Revisado por: <i>Victor Michel Zavaleta Cueva</i> Victor Michel Zavaleta Cueva Ingeniero Civil CIP 96095 C&C INGENIERIA Y GEOTECNIA SAC Suelos Concretos y Pavimentos Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Aprobado por: Control de Calidad
---	--	---



INGENIERIA Y GEOTECNIA S.A.C

01-4875842 / 996636128 / 935356367

Calle Caraz Mz "C", Lote 6
Los Portales de Chavin
3ra Etapa - SMP - Lima

Informescyc01@gmail.com

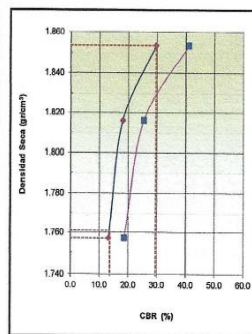
ENSAYOS DE MATERIALES (LEM)		INFORME DE ENSAYO RELACION DE CAPACIDAD DE SOPORTE, CBR (ASTM D-1883 / MTC E-132 / AASTHO T-193)				Código	FRM_CyC_LEM_005						
						Revisión	0						
						Aprobado	QA-CyC						
						Fecha	10/01/2022						
						Página	1 de 2						
SOLICITANTE : ANDRE PALOMINO RAMOS BORJAS / VICTOR CHRISTOPHER CORBERA CADENA						FECHA RECEPCION : 7/11/2022							
PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES GEOTECNICAS DE LOS SUELOS COHESIVOS CON VINAZA EN LA CIUDAD DE SULLANA						RECEPCIONADO POR M. C. A.							
UBICACIÓN : SULLANA - PIURA - PERU						ENSAYADO POR : J. B. CH.							
CANTERA : ---						TIPO DE MATERIAL: MAT. ARCILLOSO							
MUESTRA : M-04 - VINAZA 60% - AGUA 40% DEL O.C.H.						FECHA DE EMISION : 30/11/2022							
PROGRESIVA: 01+381		NORTE: -		ESTE: -		COTA: -							
COMPACTACION													
Molde N°	001		002		003								
Capas N°	5		5		5								
Golpes por capa N°	56		25		10								
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO							
Peso de molde + Suelo húmedo	11710.0	11875.0	12432.0	12875.0	12652.0	12891.0							
Peso de molde (g)	7330.0	7330.0	8172.0	8172.0	8536.0	8536.0							
Peso del suelo húmedo (g)	4380.0	4545.0	4260.0	4503.0	4116.0	4455.0							
Volumen del molde (cm³)	2145.0	2145.0	2126.0	2126.0	2126.0	2126.0							
Densidad húmeda (g/cm³)	2.042	2.119	2.004	2.118	1.936	2.095							
Tara (N°)	-	-	-	-	-	-							
Peso suelo húmedo + tara (g)	954.5	954.5	854.5	1256.5	867.5	1482.0							
Peso suelo seco + tara (g)	866.5	863.5	774.5	1072.5	787.5	1220.5							
Peso de tara (g)	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00							
Peso de agua (g)	88.00	121.00	80.00	184.00	80.00	241.50							
Peso de suelo seco (g)	866.50	863.50	774.50	1072.50	787.50	1220.50							
Contenido de humedad (%)	10.2	14.0	10.3	17.2	10.2	19.8							
Densidad seca (g/cm³)	1.854	1.858	1.816	1.808	1.757	1.749							
EXPANSION													
FECHA	HORA	TIEMPO	EXPANSION		EXPANSION		EXPANSION						
			DIAL	%	DIAL	%	DIAL	%					
18/11/2022	09:30	0	0.000	0.00	0.000	0.00	0.000	0.00					
17/11/2022	09:36	24	20.000	0.508	25.000	0.635	35.000	0.889					
18/11/2022	09:42	48	16.000	0.406	20.000	0.508	24.000	0.610					
19/11/2022	09:48	72	14.000	0.356	17.000	0.432	20.000	0.508					
20/11/2022	09:54	96	12.000	0.305	15.000	0.381	16.000	0.406					
PENETRACION													
PENETRACION mm	CARGA STAND. kg/cm²	001				002				003			
		DIAL (div)	kg	kg	%	DIAL (div)	kg	kg	%	DIAL (div)	kg	kg	%
0.000		0	0			0	0			0	0		
0.635		63	63.0			48	48.0			30	30.0		
1.270		174	174.0			146	146.0			76	76.0		
1.905		285	285.0			234	234.0			135	135.0		
2.540	70.5	465	465.0	432.1	29.7	335	335.0	263.6	18.1	214	214.0	193.0	13.3
3.810		675	675.0			480	480.0			294	294.0		
5.080	105.7	845	845.0	896.2	41.1	615	615.0	554.8	25.4	388	388.0	408.3	18.7
6.350		1034	1034.0			720	720.0			452	452.0		
7.620		1198	1198.0			840	840.0			588	588.0		
10.160		1384	1384.0			1045	1045.0			675	675.0		
12.700		1595	1595.0			1235	1235.0			789	789.0		
Elaborado por:		Revisado por:				Aprobado por:							
 Jose Luis Berru Ch. Jefe de Laboratorio C&C INGENIERIA Y GEOTECNIA SAC Suelos Concretos y Pavimentos Jefe de Laboratorio		 Victor Michel Zavaleta Cueva Ingeniero Civil CIP 96095 C&C INGENIERIA Y GEOTECNIA SAC Suelos Concretos y Pavimentos Ingeniero de Suelos y Pavimentos				 C&C INGENIERIA Y GEOTECNIA S.A.C. CONTROL DE CALIDAD Control de Calidad							



INGENIERIA Y GEOTECNIA S.A.C

01-4875842 / 996636128 / 935356387
 Calle Caraz Mz "C", Lote 6
 Los Portales de Chavin
 3ra Etapa - SMP - Lima
 Informescyc01@gmail.com

ENSAYOS DE MATERIALES (LEM)	INFORME DE ENSAYO RELACION DE CAPACIDAD DE SOPORTE, CBR (ASTM D-1883 / MTC E- 132 / AASTHO T-193)	Código	FRM_CyC_LEM_005	
		Revisión	0	
		Aprobado	QA-CyC	
		Fecha	10/01/2022	
		Página	2 de 2	
SOLICITANTE	: ANDRE PALOMINO RAMOS BORJAS / VICTOR CHRISTOPHER CORBERA CADENA		FECHA RECEPCION	: 7/11/2022
PROYECTO	: MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES GEOTECNICAS DE LOS SUELOS COHESIVOS CON VINAZA EN LA CIUDAD DE SULLANA		RECEPCIONADO POR	: M. C. A.
UBICACION	: SULLANA - PIURA - PERU		ENSAYADO POR	: J. B. CH.
CANTERA	: ---		TIPO DE MATERIAL	: MAT. ARCILLOSO
MUESTRA	: M-04 - VINAZA 60% - AGUA 40% DEL O.C.H.		FECHA DE EMISION	: 30/11/2022
PROGRESIVA:	01+381	NORTE:	ESTE:	COTA:

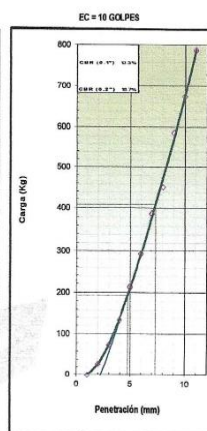
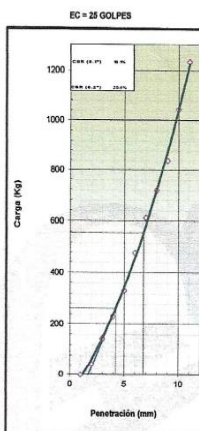
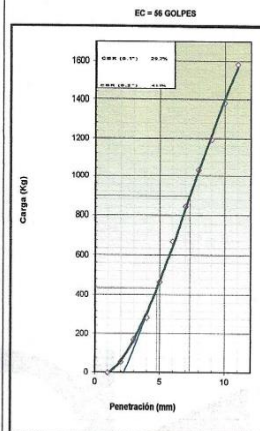


METODO DE COMPACTACION : ASTM D1557
 MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 1.854
 OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 15.0
 95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 1.761

C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	0.1"	29.7	0.2"	41.0
C.B.R. al 90% de M.D.S. (%)	0.1"	13.9	0.2"	19.6

RESULTADOS:
 Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. = 29.7 (%)
 Valor de C.B.R. al 90% de la M.D.S. = 13.9 (%)

OBSERVACIONES:
 MATERIAL MUESTREADO POR EL CLIENTE



Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 José Luis Berru Ch. Jefe de Laboratorio C&C INGENIERIA Y GEOTECNIA SAC Suelos Concretos y Pavimentos	 Víctor Michel Zavaleta Cueva Ingeniero Civil CIP 96095 C&C INGENIERIA Y GEOTECNIA SAC Suelos Concretos y Pavimentos	 C&C INGENIERIA Y GEOTECNIA SAC CONTROL DE CALIDAD Vº Bº
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad



INGENIERIA Y GEOTECNIA S.A.C

01-4875842 / 996636128 / 935356367
 Calle Caraz Mz "C", Lote 6
 Los Portales de Chavin
 3ra Etapa - SMP - Lima
 Informescyc01@gmail.com

ENSAYOS DE MATERIALES (LEM)	INFORME DE ENSAYO RELACION DE CAPACIDAD DE SOPORTE, CBR (ASTM D-1883 / MTC E-132 / AASTHO T-193)		Código	FRM_CyC_LEM_005									
			Revisión	0									
			Aprobado	QA-CyC									
			Fecha	10/01/2022									
			Página	1 de 2									
SOLICITANTE : ANDRE PALOMINO RAMOS BORJAS / VICTOR CHRISTOPHER CORBERA CADENA			FECHA RECEPCION : 7/11/2022										
PROYECTO : MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES GEOTECNICAS DE LOS SUELOS COHESIVOS CON VINAZA EN LA CIUDAD DE SULLANA			RECEPCIONADO POR M. C. A.										
UBICACION : SULLANA - PIURA - PERU			ENSAYADO POR : J. B. CH.										
CANTERA : -			TIPO DE MATERIAL: MAT. ARCILLOSO										
MUESTRA : M-05 - VINAZA 75% - AGUA 25% DEL O.C.H.			FECHA DE EMISION : 30/11/2022										
PROGRESIVA: 01+381 NORTE: - ESTE: - COTA: -													
COMPACTACION													
Molde Nº	004		005										
Capas Nº	5		5										
Golpes por capa Nº	56		25										
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO									
Peso de molde + Suelo húmedo	12955.0	13085.0	12500.0	12795.0									
Peso de molde (g)	8656.0	8656.0	8432.0	8432.0									
Peso del suelo húmedo (g)	4299.0	4439.0	4148.0	4363.0									
Volumen del molde (cm³)	2134.0	2134.0	2113.0	2113.0									
Densidad húmeda (g/cm³)	2.015	2.080	1.963	2.065									
Tara (Nº)	-	-	-	-									
Peso suelo húmedo + tara (g)	2546.5	942.2	2514.0	1542.5									
Peso suelo seco + tara (g)	2339.0	838.5	2308.0	1345.0									
Peso de tara (g)	0.00	0.00	0.00	0.00									
Peso de agua (g)	207.50	103.70	206.00	197.50									
Peso de suelo seco (g)	2339.00	838.50	2308.00	1345.00									
Contenido de humedad (%)	8.9	12.4	8.9	14.7									
Densidad seca (g/cm³)	1.850	1.851	1.802	1.800									
EXPANSION													
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION			
				mm	%		mm	%		mm	%		
16/11/2022	09:30	0	0.000	0.000	0.0	0.000	0.000	0.0	0.000	0.000	0.0		
17/11/2022	09:36	24	18.000	0.457	0.4	22.000	0.559	0.5	30.000	0.782	0.7		
18/11/2022	09:42	48	15.000	0.381	0.3	18.000	0.457	0.4	22.000	0.559	0.5		
19/11/2022	09:48	72	12.000	0.305	0.3	15.000	0.381	0.3	16.000	0.457	0.4		
20/11/2022	09:54	96	9.000	0.229	0.2	12.000	0.305	0.3	14.000	0.356	0.3		
PENETRACION													
PENETRACION mm	CARGA STAND. kg/cm²	004				005				006			
		Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%	Dial (div)	kg	kg	%
0.000	0	0			0	0			0	0			
0.635	68	68.0			48	48.0			35	35.0			
1.270	184	184.0			158	158.0			95	95.0			
1.905	295	295.0			288	288.0			175	175.0			
2.540	70.5	502	502.0	486.5	33.5	385	365.0	355.9	24.5	256	256.0	316.8	
3.810	698	698.0			508	508.0			398	398.0			
5.080	105.7	895	895.0	1013.7	46.5	659	659.0	747.9	34.3	467	467.0	618.2	
6.350	1152	1152.0			854	854.0			612	612.0			
7.620	1325	1325.0			1054	1054.0			760	760.0			
10.160	1502	1502.0			1165	1165.0			858	858.0			
12.700	1685	1685.0			1325	1325.0			984	984.0			
Elaborado por:			Revisado por:				Aprobado por:						
 Jose Luis Berru Ch. Jefe de Laboratorio C&C INGENIERIA Y GEOTECNIA SAC Suelos Concretos y Pavimentos Jefe de Laboratorio			 Victor Michel Zavaleta Cueva Ingeniero Civil CIP 96095 C&C INGENIERIA Y GEOTECNIA SAC Suelos Concretos y Pavimentos Ingeniero de Suelos y Pavimentos				 C&C INGENIERIA Y GEOTECNIA S.A.C. CONTROL DE CALIDAD						

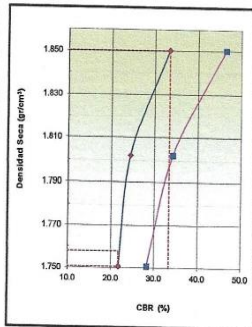


INGENIERIA Y GEOTECNIA S.A.C

01-4875842 / 996636128 / 935356367

Calle Caraz Mz "C", Lote 6
Los Portales de Chavin
3ra Etapa - SMP - Lima
Informescyc01@gmail.com

ENSAYOS DE MATERIALES (LEM)	INFORME DE ENSAYO		Código	FRM_CyC_LEM_005
	RELACION DE CAPACIDAD DE SOPORTE, CBR		Revisión	0
	(ASTM D-1883 / MTC E- 132 / AASTHO T-193)		Aprobado	QA-CyC
			Fecha	10/01/2022
			Página	2 de 2
SOLICITANTE	ANDRE PALOMINO RAMOS BORJAS / VICTOR CHRISTOPHER CORBERA CADENA		FECHA RECEPCION	7/11/2022
PROYECTO	MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES GEOTECNICAS DE LOS SUELOS COHESIVOS CON VINAZA EN LA CIUDAD DE SULLANA		RECEPCIONADO POR	M. C. A.
UBICACION	SULLANA - PIURA - PERU		ENSAYADO POR	J. B. CH.
CANTERA	---		TIPO DE MATERIAL	MAT. ARCILLOSO
MUESTRA	M-05 - VINAZA 75% - AGUA 25% DEL O.C.H.		FECHA DE EMISION	30/11/2022
PROGRESIVA:	01+381	NORTE: -	ESTE: -	COTA: -

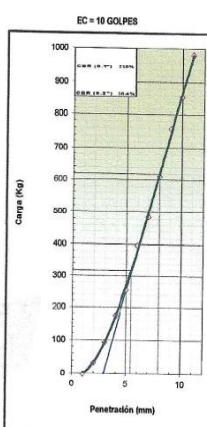
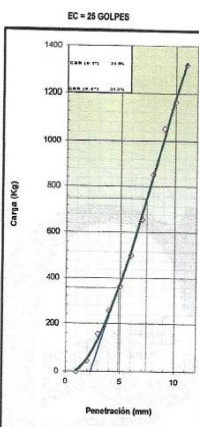
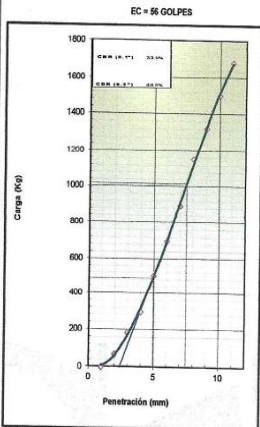


METODO DE COMPACTACION : ASTM D1557
 MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3) : 1.850
 OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 15.0
 95% MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3) : 1.756

C.B.R. al 100% de M.D.S. (%)	0.1"	33.5	0.2"	49.5
C.B.R. al 95% de M.D.S. (%)	0.1"	21.7	0.2"	28.7

RESULTADOS:
 Valor de C.B.R. al 100% de la M.D.S. = **33.5** (%)
 Valor de C.B.R. al 95% de la M.D.S. = 21.7 (%)

OBSERVACIONES:
 MATERIAL MUESTREADO POR EL CLIENTE



Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 Jose Luis Berru Ch. Jefe de Laboratorio C&C INGENIERIA Y GEOTECNIA SAC Suelos Concretos y Pavimentos Jefe de Laboratorio	 Victor Michel Zavaleta Cueva Ingeniero Civil CIP 96095 C&C INGENIERIA Y GEOTECNIA SAC Suelos Concretos y Pavimentos Ingeniero de Suelos y Pavimentos	 Control de Calidad



INGENIERIA Y GEOTECNIA S.A.C

01-4875842 / 996636128 / 935356367
 Calle Caraz Mz "C", Lote 6
 Los Portales de Chavin
 3ra Etapa - SMP - Lima
 Informescyc01@gmail.com

ENSAYOS DE MATERIALES (LEM)	INFORME DE ENSAYO	Código	FRM_CyC_LEM_005
	RELACION DE CAPACIDAD DE SOPORTE, CBR (ASTM D-1883 / MTC E-132 / AASTHO T-193)	Revisión	0
		Aprobado	QA-CyC
		Fecha	10/01/2022
		Página	1 de 2

SOLICITANTE	: ANDRÉ PALOMINO RAMOS BORJAS / VICTOR CHRISTOPHER CORBERA CADENA	FECHA RECEPCION	: 7/11/2022
PROYECTO	: MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES GEOTECNICAS DE LOS SUELOS COHESIVOS CON VINAZA EN LA CIUDAD DE SULLANA	RECEPCIONADO POR	: M. C. A.
UBICACIÓN	: SULLANA - PIURA - PERU	ENSAYADO POR	: J. B. CH.
CANTERA	: -	TIPO DE MATERIAL	: MAT. ARCILLOSO
MUESTRA	: M-06 - VINAZA 90% - AGUA 10% DEL O.C.H.	FECHA DE EMISION	: 30/11/2022
PROGRESIVA:	01+381	NORTE:	-
		ESTE:	-
		COTA:	-

COMPACTACION						
Molde N°	004		005		006	
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		10	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo	12669.0	13015.0	12470.0	12687.0	12593.0	12865.0
Peso de molde (g)	8656.0	8656.0	8432.0	8432.0	8651.0	8651.0
Peso del suelo húmedo (g)	4213.0	4359.0	4038.0	4255.0	3912.0	4214.0
Volumen del molde (cm³)	2134.0	2134.0	2113.0	2113.0	2111.0	2111.0
Densidad húmeda (g/cm³)	1.974	2.043	1.911	2.014	1.853	1.996
Tara (N°)	-	-	-	-	-	-
Peso suelo húmedo + tara (g)	952.5	1979.5	876.5	2003.0	912.5	2375.5
Peso suelo seco + tara (g)	901.0	1801.0	827.5	1786.5	862.5	2078.0
Peso de tara (g)	215.00	221.50	185.50	211.50	194.50	215.50
Peso de agua (g)	51.50	178.50	49.00	216.50	50.00	297.50
Peso de suelo seco (g)	686.00	1579.50	642.00	1575.00	668.00	1862.50
Contenido de humedad (%)	7.5	11.3	7.6	13.7	7.5	16.0
Densidad seca (g/cm³)	1.836	1.835	1.776	1.770	1.724	1.721

EXPANSION											
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
21/11/2022	10:50	0	0.000	0.000	0.0	0.000	0.000	0.0	0.000	0.000	0.0
22/11/2022	10:56	24	18.000	0.457	0.4	23.000	0.584	0.5	26.000	0.660	0.6
23/11/2022	11:02	48	14.000	0.356	0.3	18.000	0.457	0.4	22.000	0.559	0.5
24/11/2022	11:08	72	9.000	0.229	0.2	13.000	0.330	0.3	17.000	0.432	0.4
25/11/2022	11:14	96	8.000	0.203	0.2	10.000	0.254	0.2	13.000	0.330	0.3

PENETRACION															
PENETRACION mm	CARGA STAND. kg/cm²	004						005				006			
		CARGA		CORRECCION		Dial (div)	kg	%	CARGA		CORRECCION		Dial (div)	kg	%
		kg	%	kg	%				kg	%	kg	%			
0.000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.635	72	72.0			52	52.0			42	42.0					
1.270	192	192.0			155	155.0			130	130.0					
1.905	288	288.0			275	275.0			205	205.0					
2.540	70.5	542	542.0	495.6	34.1	492	492.0	241.7	23.5	235	235.0	187.3	12.9		
3.810	724	724.0			595	595.0			365	365.0					
5.080	105.7	942	942.0	1034.2	47.4	785	785.0	834.9	38.3	485	485.0	417.6	19.2		
6.350		1186	1186.0			1086	1086.0			560	560.0				
7.620		1356	1356.0			1255	1255.0			632	632.0				
10.160		1585	1585.0			1352	1352.0			698	698.0				
12.700		1795	1795.0			1426	1426.0			765	765.0				

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
 Jose Luis Berru Ch. Jefe de Laboratorio C&C INGENIERIA Y GEOTECNIA SAC Suelos Concretos y Pavimentos Jefe de Laboratorio	 Victor Michel Zavaleta Cueva Ingeniero Civil CIP 96095 C&C INGENIERIA Y GEOTECNIA SAC Suelos Concretos y Pavimentos Ingeniero de Suelos y Pavimentos	 C&C INGENIERIA Y GEOTECNIA SAC CONTROL DE CALIDAD Control de Calidad

Anexo 4. Ficha Técnica de Vinaza



CAÑA BRAVA

RUC: 20525413447

Sede Principal: Carretera Ignacio Escudero

a Tamarindo Km 6 – Sullana

Oficinas Piura: Avenida Los Tallanes Mz. E

lote 3 Urb. San Eduardo

Teléfono: (01) 285150

<http://www.canabrava.com.pe>

VINAZA DE CAÑA DE AZÚCAR

FICHA TECNICA






La vinaza de caña de azúcar es un derivado vegetal del cultivo de caña de azúcar, una de las características propias es la textura densa (espesa), de color marrón oscuro y de sabor ligeramente agri dulce 100% natural. Gracias a su proceso industrial (plantas azucareras) de la cocción de caña, y sometiéndose a la quema y prensado, y con la evaporación de residuos de aguas, fermentación y destilación (en su totalidad) se obtiene este producto.

Este producto no lleva ningún tipo de aditivo químico y tampoco se extrae de animales, con lo cual se trata de un endulzante natural, con propiedades muy beneficiosas para el suelo para la producción de abonos orgánicos, siendo un gran biofertilizante para los cultivos. Su uso fomenta al crecimiento de plantas, aumenta la altura, número y diámetro de tallos, lo cual índice en una mayor producción del campo.

CONCEPTOS	DESCRIPCIÓN
TEXTURA:	Líquido viscoso meloso
OLOR:	Miel y azúcar caramelizado
SABOR:	Dulce y ligeramente amargo
COLOR:	Café oscuro
PH:	4.2 – 5.2
BRIX:	60° - 62°
CENIZAS:	12%

Anexo 5. Certificados de Calibración de equipos usados

Balanza

 Laboratorio PP	Punto de Precisión SAC LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA CON REGISTRO N° LC - 033	 Registro N° LC - 033
CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM-468-2022		
Página: 1 de 3		
Expediente :	T 436-2022	La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la incertidumbre en la medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95 %.
Fecha de Emisión :	2022-07-27	
1. Solicitante :	C & C INGENIERIA Y GEOTECNIA S.A.C.	Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones en que se realizaron las mediciones y no debe ser utilizado como certificado de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.
Dirección :	SAN MARTIN DE PORRES MZA. C LOTE. 6 - SAN MARTIN DE PORRES - LIMA	
2. Instrumento de Medición :	BALANZA	Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.
Marca :	OHAUS	
Modelo :	AR3130	PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.
Número de Serie :	J0951226030747P	
Alcance de Indicación :	310 g	
División de Escala de Verificación (e) :	1 mg	
División de Escala Real (d) :	1 mg	
Procedencia :	NO INDICA	
Identificación :	NO INDICA	
Tipo :	ELECTRÓNICA	
Ubicación :	LABORATORIO	
Fecha de Calibración :	2022-07-26	
3. Método de Calibración	La calibración se realizó mediante el método de comparación según el PC-011 4ta Edición, 2010; Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase I y II del SNM-INDECOPI.	
4. Lugar de Calibración	LABORATORIO de C & C INGENIERIA Y GEOTECNIA S.A.C. CALLE CESAR VALLEJO MZA. B-1 LOTE 17 VISTA ALEGRE - CHORRILLOS - LIMA	
 PT-06.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02	 Jefe de Laboratorio Ing. Luis Loayza Capcha Reg. CIP N° 152631	
Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106 www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.		



Laboratorio PP

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



Registro N° LC - 033

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM-466-2022

Página: 1 de 3

Expediente : T 436-2022
Fecha de Emisión : 2022-07-27

1. Solicitante : C & C INGENIERIA Y GEOTECNIA S.A.C.

Dirección : SAN MARTIN DE PORRES MZA. C LOTE. 6 SAN MARTIN DE PORRES - SAN MARTIN DE PORRES - LIMA

2. Instrumento de Medición : BALANZA

Marca : OHAUS

Modelo : EB30

Número de Serie : 8033203095

Alcance de Indicación : 30 000 g

División de Escala de Verificación (e) : 1 g

División de Escala Real (d) : 1 g

Procedencia : CHINA

Identificación : NO INDICA

Tipo : ELECTRÓNICA

Ubicación : LABORATORIO

Fecha de Calibración : 2022-07-26

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la incertidumbre en la medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95 %.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones en que se realizaron las mediciones y no debe ser utilizado como certificado de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

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

3. Método de Calibración


La calibración se realizó mediante el método de comparación según el PC-011 4ta Edición, 2010; Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase I y II del SNM-INDECOPI.

4. Lugar de Calibración

LABORATORIO de C & C INGENIERIA Y GEOTECNIA S.A.C.
CALLE CESAR VALLEJO MZA. B-1 LOTE 17 VISTA ALEGRE - CHORRILLOS - LIMA



PT-06.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02


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



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

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

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



Laboratorio PP

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



Registro N° LC - 033

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LM-467-2022

Página: 1 de 3

Expediente : T 436-2022
Fecha de Emisión : 2022-07-27

1. Solicitante : C & C INGENIERIA Y GEOTECNIA S.A.C.

Dirección : SAN MARTIN DE PORRES MZA. C LOTE. 6 SAN MARTIN DE PORRES - SAN MARTIN DE PORRES - LIMA

2. Instrumento de Medición : BALANZA

Marca : OHAUS

Modelo : SCOUT PRO SP202

Número de Serie : 7126212239

Alcance de Indicación : 200 g

División de Escala de Verificación (e) : 0,01 g

División de Escala Real (d) : 0,01 g

Procedencia : CHINA

Identificación : NO INDICA

Tipo : ELECTRÓNICA

Ubicación : LABORATORIO

Fecha de Calibración : 2022-07-26

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$. La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la incertidumbre en la medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95 %.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones en que se realizaron las mediciones y no debe ser utilizado como certificado de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

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

3. Método de Calibración

La calibración se realizó mediante el método de comparación según el PC-011 4ta Edición, 2010; Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase I y II del SNM-INDECOPI.

4. Lugar de Calibración

LABORATORIO de C & C INGENIERIA Y GEOTECNIA S.A.C.
CALLE CESAR VALLEJO MZA. B-1 LOTE 17 VISTA ALEGRE - CHORRILLOS - LIMA



PT-06.F06 / Diciembre 2016 / Rev 02

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



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

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

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

Comparador de Cuadrante

KOSSOMET
KOSSODO METROLOGÍA S.A.C.

LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LC - 006



Certificado de Calibración

Calibration Certificate

N° DM22-C-0250

Cliente: <i>Customer</i>	C & C INGENIERIA Y GEOTECNIA SAC. Calle Caraz Mz. C Lote 06 Los Portales de Chavin 3era Etapa - San Martin de Porres - Lima	<p>Este Certificado de Calibración documenta la trazabilidad a los patrones Nacionales o Internacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).</p> <p>KOSSODO METROLOGÍA S.A.C. mantiene y calibra sus patrones de referencia para garantizar la cadena de trazabilidad de las mediciones que realiza, así mismo realiza certificaciones metrológicas a solicitud de los interesados y brinda asistencia técnica en temas relacionados al campo de la metrología en la industria peruana.</p> <p>Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones el usuario debería recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.</p> <p><i>This Calibration Certificate documents the traceability to national or international standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI).</i></p> <p><i>KOSSODO METROLOGIA S.A.C. supports and calibrates his standards of reference to guarantee the chain of traceability of the measurements realized, as well as the metrological certifications realize at the request of the interested parties and offers technical assistance in topics related to the metrology field in the Peruvian industry.</i></p> <p><i>In order to assure the quality of measurements the user should recalibrate his instruments at appropriate intervals.</i></p>
Dirección: <i>Address</i>	COMPARADOR DE CUADRANTE	
Instrumento de Medición: <i>Measuring instrument</i>	INSIZE	
Marca: <i>Brand</i>	2307-1	
Modelo / Cod. Fabricante: <i>Model / Cod. Manufacturer</i>	6785 (*)	
Número de serie: <i>Serial Number</i>	No indica	
Identificación: <i>Identification</i>	Laboratorio de Dimensión y Presión - Kossodo Metrología S.A.C.	
Lugar de Calibración: <i>Place of Calibration</i>	OT-02202197	
Orden de Trabajo: <i>Work order</i>	2022-10-24	
Fecha de calibración: <i>Date of calibration</i>	2022-10-25	
Fecha de emisión: <i>Date of issue</i>		

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL OBJETO CALIBRADO

Technical Characteristics of the calibrated object

Intervalo de indicación: <i>Indication Interval</i>	0 in a 1 in	Resolución: <i>Resolution</i>	0,001 in
Tipo de Indicación: <i>Type of indication</i>	Analogico		

MÉTODO DE CALIBRACIÓN

Calibration Method

La calibración se realizó por comparación directa entre las indicaciones de lectura del comparador de cuadrante y los valores de los bloques planoparalelos patrones, siguiendo el procedimiento, PC-014 "Procedimiento de calibración de Comparadores de Cuadrante" (edición 3, Julio 2019) DM-INACAL.

Calibration was performed by direct comparison between the indications of the dial comparator reading and the values of the standard flat-block blocks, following the procedure, PC-014 "Calibration procedure of Quadrant Comparators" (edition 3, July 2019) DM- INACAL



Jefe de Laboratorio

Laboratory Boss

Olga Toro Sayas

Supervisor de Laboratorio

Laboratory Boss

Giovanni M. De La Cruz Cuya

FO-LAB-2-3 Versión: 3 Aprobado el 2021-02-26

Página 1 de 3

Prohibida la reproducción total o parcial de este documento sin la autorización de Kossodo Metrología S.A.C. Este documento carece de validez sin sello y firmas correspondientes
partial or total reproduction of this document is prohibited without authorization of Kossodo Metrologia S.A.C. This document is not valid without the respective stamp and signature

Dirección: Jr. Chota 1161 - Lima - Perú | Teléfonos: (+ 51-1) 619-8400 | Anexo Ventas: 1414 | Anexo Laboratorio: 1406 | E-mail: metrologia@kossomet.com | www.kossomet.com

Certificado de Calibración

Calibration Certificate

N° DM22-C-0249

Cliente: <i>Customer</i>	C & C INGENIERIA Y GEOTECNIA SAC.	<p>Este Certificado de Calibración documenta la trazabilidad a los patrones Nacionales o Internacionales, que realizan las unidades de medida de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).</p> <p>KOSSODO METROLOGÍA S.A.C. mantiene y calibra sus patrones de referencia para garantizar la cadena de trazabilidad de las mediciones que realiza, así mismo realiza certificaciones metrológicas a solicitud de los interesados y brinda asistencia técnica en temas relacionados al campo de la metrología en la industria peruana.</p> <p>Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones el usuario debería recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.</p> <p><i>This Calibration Certificate documents the traceability to national or international standards, which realize the units of measurement according to the International System of Units (SI).</i></p> <p><i>KOSSODO METROLOGIA S.A.C. supports and calibrates his standards of reference to guarantee the chain of traceability of the measurements realized, as well as the metrological certifications realize at the request of the interested parties and offers technical assistance in topics related to the metrology field in the Peruvian industry.</i></p> <p><i>In order to assure the quality of measurements the user should recalibrate his instruments at appropriate intervals.</i></p>
Dirección: <i>Address</i>	Calle Caraz Mz. C Lote 06 Los Portales de Chavin 3era Etapa - San Martin de Porres - Lima	
Instrumento de Medición: <i>Measuring instrument</i>	COMPARADOR DE CUADRANTE	
Marca: <i>Brand</i>	INSIZE	
Modelo / Cod. Fabricante: <i>Model / Cod. Manufacturer</i>	2307-1	
Número de serie: <i>Serial Number</i>	5757 (*)	
Identificación: <i>Identification</i>	No indica	
Lugar de Calibración: <i>Place of Calibration</i>	Laboratorio de Dimensión - Kossodo Metrología S.A.C.	
Orden de Trabajo: <i>Work order</i>	OT-02202197	
Fecha de calibración: <i>Date of calibration</i>	2022-10-24	
Fecha de emisión: <i>Date of issue</i>	2022-10-25	

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DEL OBJETO CALIBRADO

Technical Characteristics of the calibrated object

Intervalo de indicación: <i>Indication Interval</i>	0 in a 1 in	Resolución: <i>Resolution</i>	0,001 in
Tipo de Indicación: <i>Type of indication</i>	Análogo		

MÉTODO DE CALIBRACIÓN

Calibration Method

La calibración se realizó por comparación directa entre las indicaciones de lectura del comparador de cuadrante y los valores de los bloques planoparalelos patrones, siguiendo el procedimiento, PC-014 "Procedimiento de calibración de Comparadores de Cuadrante" (edición 3, Julio 2019) DM-INACAL.

Calibration was performed by direct comparison between the indications of the dial comparator reading and the values of the standard flat-block blocks, following the procedure, PC-014 "Calibration procedure of Quadrant Comparators" (edition 3, July 2019) DM- INACAL.



Jefe de Laboratorio

Laboratory Boss

Olga Toro Sayas

Supervisor de Laboratorio

Laboratory Boss

Giovanni M. De La Cruz Cuya



*Laboratorio
de Calibración*

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

022-CF-2022

Área de Metrología

Página 1 de 3

Expediente : 521-05-2022

Solicitante : **C & C INGENIERIA Y GEOTECNIA SAC.**

Dirección : Calle Caraz MZ. C Lote 6 - San Martin de Porres - Lima

Equipo/ Instrumento : **PRENSA CBR**

Marca de la Celda : Keli

Modelo de la Celda : A-FED

Serie de la Celda : 51B1618

Identificación : No indica

Ubicación : Laboratorio Central de Tecnovias

Procedencia : No indica

Alcance de indicación : 5000 kgf

División de escala : 1 kgf

Tipo de Indicación : Digital

Marca del Indicador : High Weight

Modelo de Indicador : 315-X5

Serie del Indicador : 13121186

Dirección de Fuerza : Compresión

Fecha de calibración : 2022-05-26

Lugar : **Laboratorio - C & C INGENIERIA Y GEOTECNIA SAC.**
Ca. Cesar Vallejo Mz. B-1 Lote 17 Vista Alegre - chorrillos - Lima - Perú

Método utilizado : Calibración por comparación con celda patrón tomando como referencia la norma ISO 7500 - 1.

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura $k=2$. La incertidumbre fue determinada según la "guía para la Expresión de la incertidumbre en la medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95%.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentos vigentes.

Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas del producto o como certificado del sistema de calidad.

CORPORACIÓN 2M & N S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado del instrumento ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados. El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.



2022-05-27

Fecha de emisión



ALVAREZ NAVARRO ANGEL
GUSTAVO
CORPORACION 2M N S.A.C.
JEFE DE METROLOGIA LAB.01
metrologia@2myn.com
Fecha: 27/05/2022 10:44
Firmado con www.tocapu.pe




VELASCO NAVARRO MIRIAN
ARACELI
CORPORACION 2M N S.A.C.
GERENTE GENERAL
logistica@2myn.com
Fecha: 27/05/2022 12:52
Firmado con www.tocapu.pe

Código de Servicio : 03742

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA POR CORPORACIÓN 2M & N S.A.C.

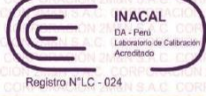
Jr. Chiclayo N° 489 Int. A Rimac - Lima - Perú | Tel.: (01) 381-6230 RPC: 989-645-623 / 961-505-209

Página web: www.2myn.com | Correos: ventas@2myn.com | metrologia@2myn.com



**CORPORACIÓN
2M & N S.A.C.**
Especialistas en Metrología

**LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LC - 024**



INACAL
DA - Perú
Laboratorio de Calibración
Acreditado
Registro N° LC - 024

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
263-CT-T-2022
Área de Metrología


Página 1 de 5

Expediente	: 801-08-2022	<p>La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura k=2. La incertidumbre fue determinada según la "guía para la Expresión de la incertidumbre en la medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95%.</p>
Solicitante	: C & C INGENIERIA Y GEOTECNIA SAC.	<p>Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del equipo o reglamentaciones vigentes.</p> <p>Los resultados no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad</p> <p>CORPORACIÓN 2M & N S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este equipo, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados. El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.</p>
Dirección	: Calle Caraz Mz. C Lote 6 San Martin de Porres - Lima	
Equipo	: HORNO	
Marca	: A&A INSTRUMENTS	
Modelo	: STHX-3A	
Serie	: 18012	
Identificación	: No indica	
Ubicación	: Laboratorio Central (*)	
Procedencia	: No indica	
Tipo de Ventilación	: Turbulencia de aire	
Nro. de Niveles	: 2	
Alcance del Equipo	: 50 °C a 300 °C (**)	


Características Técnicas del Controlador del Medio Isotermo

Descripción	TERMÓMETRO CONTROLADOR
Marca / Modelo	AutComp / TCD
Alcance de indicación	0 °C a 300 °C
Resolución	0,1 °C
Tipo	Digital
Identificación	No indica


Fecha de Calibración	: 2022-08-18	
Lugar de Calibración	: Laboratorio C & C INGENIERIA Y GEOTECNIA SAC. Ca. Cesar Vallejo Mz. B-1 Lote 17 Vista Alegre - Chorrillos - Lima	
Método utilizado:	: Por comparación directa siguiendo el procedimiento, PC-018-"Procedimiento de Calibración o Caracterización de Medios Isotermos con aire como medio termostático" SNM-INDECOPI (Segunda Edición) - Junio 2009.	



2022-08-19
Fecha de emisión



ALVAREZ NAVARRO ANGEL
GUSTAVO
CORPORACION 2M N S.A.C.
JEFE DE METROLOGIA LAB.01
metrologia@2myn.com
Fecha: 19/08/2022 12:22
Firmado con www.tocapu.pe



VELASCO NAVARRO MIRIAN
ARACELI
CORPORACION 2M N S.A.C.
GERENTE GENERAL
logistica@2myn.com
Fecha: 21/08/2022 21:48
Firmado con www.tocapu.pe

Cód. de Servicio: 01890-A

Cód. FT-T-03 Rev. 03

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN ESCRITA POR CORPORACIÓN 2M & N S.A.C.

Jr. Chiclayo N° 489 Int. A Rimac - Lima - Perú | Telf.: (01) 381-6230 RPC: 989-645-623 / 961-505-209
Página web: www.2myn.com | Correos: ventas@2myn.com | metrologia@2myn.com



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO
POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACION
INACAL - DA CON REGISTRO N° LC - 001



Registro N° LC - 001

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° 1AD-00011-2022



Expediente : 1A00158

Página 1 de 3

- Fecha de emisión : 2022-01-11
1. Solicitante : C & C INGENIERIA Y GEOTECNIA S.A.C.
2. Dirección : Calle Caraz Mz. C Lote 6 Los Portales de Chavin
3era Etapa SMP - LIMA - LIMA
3. Instrumento : PIE DE REY
- Marca / Fabricante : TOOL SIZE
 - Modelo : No indica
 - Número de serie : 34120102475
 - Procedencia : No indica
 - Código de identificación : No indica
 - Intervalo de indicación : 0 mm a 300 mm
 - Resolución : 0,01 mm
 - Tipo de indicación : Digital
 - Código de fábrica : No indica
 - Ubicación : No indica
4. Lugar de calibración : Laboratorio de Longitud y Ángulo de METROIL S.A.C.
5. Fecha de calibración : 2022-01-11

6. Método de calibración
La calibración se efectuó por comparación directa, según el PC-012 Edición 5 "Procedimiento de calibración de Pie de Rey" del INDECOPI-SNM.

7. Trazabilidad

Los resultados de la calibración realizada tienen trazabilidad a los patrones nacionales del INACAL - DM, en concordancia con el Sistema Internacional de Unidades de Medida (SI) y el Sistema Legal de Unidades de Medida del Perú (SLUMP)

Código	Instrumento patrón	Certificado de calibración
IL-160	Bloque patrón de longitud Grado 0	LLA-206-2021 / INACAL-DM
IL-205	Bloque patrón de longitud Grado 0	LLA-280-2021 / INACAL-DM
IL-178	Varilla patrón Incertidumbre de 0,3 µm	LLA-046-2021 / INACAL-DM
IL-029	Micrómetro de exteriores Incertidumbre de 1 µm	L-1457-2021 / METROIL S.A.C.
IT-231	Termómetro de contacto Incertidumbre de 0,07 °C	T-0631-2021 / METROIL S.A.C.

8. Condiciones de calibración

Temperatura ambiental : Inicial : 20,1 °C Final : 20,3 °C
Humedad relativa : Inicial : 58,1 % H.R. Final : 59 % H.R.

Los resultados del certificado son válidos sólo para el objeto calibrado y se refieren al momento y condiciones en que se realizaron las mediciones y no deben utilizarse como certificado de conformidad con normas de producto.

Se recomienda al usuario recalibrar el instrumento a intervalos adecuados, los cuales deben ser elegidos con base en las características del trabajo realizado, el mantenimiento, conservación y el tiempo de uso del instrumento.

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

Este certificado de calibración es trazable a patrones nacionales o internacionales, los cuales realizan las unidades de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente, excepto con autorización previa por escrito de METROIL S.A.C.

El certificado de calibración no es válido sin la firma del responsable técnico de METROIL S.A.C.


LABORATORIO
VIB
METROIL
JORGE L. GUTIÉRREZ VILLAGÓMEZ
Laboratorio de Calibración

METROLOGIA E INGENIERIA LINO S.A.C.

Av. Venezuela N° 2040 Lima 01 - Perú Central Telef.: (511) 713-9080 / (511) 713-5656 / 999 072 424

Consulta Técnica: (511) 713-5610 / 975 432 445 / RPM #958 436 704 E-mail: ventas@metroil.com.pe / Web: www.metroil.com.pe