UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA

ESCUELA DE POSGRADO

Programa de Doctorado en Ingeniería Civil

Influencia de los materiales de desechos de construcción en la estabilización y la permeabilidad del suelo arenoso en las condiciones de laboratorio

Tesis para optar el grado de Doctor en Ingeniería Civil

Autor:
Mg. Sigüenza Abanto, Robert Wilfredo
Código ORCID: 0000-0001-8850-8463
DNI. Nº 42203191

Asesor:
Dr. López Carranza, Atilio Rubén
Código ORCID: 0000-0002-3631-2001
DNI. N° 32965940

Línea de investigación
Estudio de propiedades geotécnicas y comportamiento de los suelos

Nuevo Chimbote - PERÚ
2025

UNS
ESCUELA DE POSGRADO

CERTIFICACIÓN DE ASESORAMIENTO

Yo, Dr. Atilio Rubén López Carranza, mediante la presente certifico mi asesoramiento de la tesis doctoral titulada: **"Influencia de los materiales de desechos de construcción en la estabilización y la permeabilidad del suelo arenoso en las condiciones de laboratorio"** por el magister **Sigüenza Abanto Robert Wilfredo** para obtener el grado de **Doctor en ingeniería civil** en la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional del Santa,

Nuevo Chimbote, julio del 2025

Dr. López Carranza, Atilio Rubén
ASESOR
Código ORCID: 0000-0002-3631-2001
DNI. N° 32965940

UNS
ESCUELA DE POSGRADO

AVAL DE CONFORMIDAD DEL JURADO

tesis doctoral titulada: **"Influencia de los materiales de desechos de construcción en la estabilización y la permeabilidad del suelo arenoso en las condiciones de laboratorio"** por el magister **Sigüenza Abanto Robert Wilfredo.**

Revisado y Aprobado por el Jurado Evaluador:

Dr. León Bobadilla, Abner Itamar
Presidente
DNI N° 32942184
Código ORCID: 0000-0003-2948-6591

Dr. Ascurra Valle, Víctor Alejandro
Secretario
DNI N° 17866619
Código ORCID: 0000-0001-5755-5267

Dr. López Carranza, Atilio Rubén
Vocal
DNI. N° 32965940
Código ORCID: 0000-0002-3631-2001

UNS
ESCUELA DE
POSGRADO

ACTA DE EVALUACIÓN DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

A los treinta y un días del mes de julio del año 2025, siendo las 11:16 horas, en el aula P-01 de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional del Santa, se reunieron los miembros del Jurado Evaluador, designados mediante Resolución Directoral Nº 405-2025-EPG-UNS de fecha 29.03.2025, conformado por los docentes: Dr. Abner Itamar León Bobadilla (Presidente), Dr. Víctor Alejandro Ascurra Valle (Secretario) y Dr. Atilio Rubén López Carranza (Vocal); con la finalidad de evaluar la tesis titulada: **"INFLUENCIA DE LOS MATERIALES DE DESECHOS DE CONSTRUCCIÓN EN LA ESTABILIZACIÓN Y LA PERMEABILIDAD DEL SUELO ARENOSO EN LAS CONDICIONES DE LABORATORIO";** presentado por el tesista **Robert Wilfredo Sigüenza Abanto,** egresado del programa de Doctorado en Ingeniería Civil.

Sustentación autorizada mediante Resolución Directoral Nº 709-2025-EPG-UNS de fecha 21 de julio de 2025.

El presidente del jurado autorizó el inicio del acto académico; producido y concluido el acto de sustentación de tesis, los miembros del jurado procedieron a la evaluación respectiva, haciendo una serie de preguntas y recomendaciones al tesista, quien dio respuestas a las interrogantes y observaciones.

El jurado después de deliberar sobre aspectos relacionados con el trabajo, contenido y sustentación del mismo y con las sugerencias pertinentes, declara la sustentación como BUENO, asignándole la calificación de DIECIOCHO.

Siendo las 11:46 horas del mismo día se da por finalizado el acto académico, firmando la presente acta en señal de conformidad.

Dr. Abner Itamar León Bobadilla
Presidente

Dr. Víctor Alejandro Ascurra Valle
Secretario

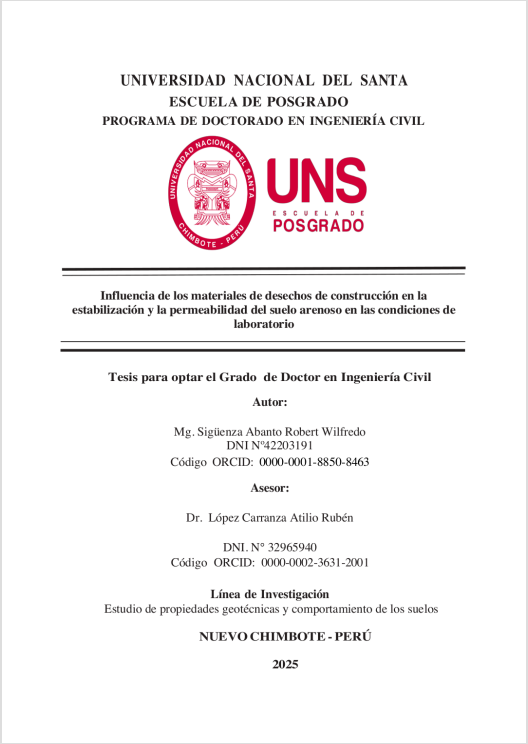
Dr. Atilio Rubén López Carranza
Vocal

Recibo digital

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

La primera página de tus entregas se muestra abajo.

Autor de la entrega:	ROBERT WILFREDO SIGÜENZA ABANTO
Título del ejercicio:	TALLER DE TITULACION
Título de la entrega:	TESIS: Influencia de los materiales de desechos de construcció...
Nombre del archivo:	Tesis_Siguenza_Abanto_Robert.docx-21-07-2025-final_1.pdf
Tamaño del archivo:	12.12M
Total páginas:	137
Total de palabras:	21,037
Total de caracteres:	123,141
Fecha de entrega:	27-oct-2025 08:01p. m. (UTC-0500)
Identificador de la entrega:	2777506425



UNIVERSIDAD NACIONAL DEL SANTA
ESCUELA DE POSGRADO
PROGRAMA DE DOCTORADO EN INGENIERÍA CIVIL

Influencia de los materiales de desechos de construcción en la estabilización y la permeabilidad del suelo arenoso en las condiciones de laboratorio

Tesis para optar el Grado de Doctor en Ingeniería Civil

Autor:

Mg. Sigüenza Abanto Robert Wilfredo
DNI N°42203191
Código ORCID: 0000-0001-8850-8463

Asesor:

Dr. López Carranza Atilio Rubén

DNI. N° 32965940
Código ORCID: 0000-0002-3631-2001

Línea de Investigación
Estudio de propiedades geotécnicas y comportamiento de los suelos

NUEVO CHIMBOTE - PERÚ

2025

Derechos de autor 2025 Turnitin. Todos los derechos reservados.

TESIS: Influencia de los materiales de desechos de construcción en la estabilización y la permeabilidad del suelo arenoso en las condiciones de laboratorio

INFORME DE ORIGINALIDAD

19%	17%	4%	7%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	repositorio.usanpedro.edu.pe Fuente de Internet	3%
2	hdl.handle.net Fuente de Internet	3%
3	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	2%
4	ciencialatina.org Fuente de Internet	2%
5	repositorio.upla.edu.pe Fuente de Internet	<1%
6	www.goconqr.com Fuente de Internet	<1%
7	repositorio.unap.edu.pe Fuente de Internet	<1%
8	repositorio.unheval.edu.pe Fuente de Internet	<1%

Dedicatoria

"Con profunda acción de Gracias, dediqué parte de mi camino, brindándome su apoyo, comprensión y motivación inquebrantable. A mi esposa, compañera de vida, por su amor incondicional, paciencia y aliento en cada desafío. A mis cuatro hijos, mi mayor inspiración, quienes con su amor y alegría me impulsan a seguir adelante. En especial, a mi tercer hijo, quien, por cosas del destino, solo nos acompañó por un corto tiempo, pero cuya presencia dejó una huella eterna en nuestros corazones, enseñándonos el verdadero significado del amor y la fortaleza. A mi familia, pilar fundamental en mi vida, cuyo respaldo incondicional ha sido la base de cada uno de mis logros. Su amor, sacrificio y confianza han sido la luz en mi camino. Sin ustedes, este sueño no habría sido posible."

Agradecimiento

Ante todo, doy gracias Dios para darme fuerza, sabiduría y paciencia para alcanzar este importante logro. Su guía y bendiciones han sido fundamentales en cada paso de este proceso.

Expresaré mi más profundo agradecimiento al Dr. Rubén López, mi asesor de tesis, por su invaluable apoyo, orientación y dedicación a través de este estudio. Tu experiencia, compromiso y paciencia fueron claves para el éxito de este trabajo, brindándome siempre el impulso necesario para continuar y mejorar.

A todos aquellos que, de una u otra manera, han sido parte de este camino, les extiendo mi gratitud sincera. Sin su respaldo y motivación, este logro no habría sido posible.

Índice general

Conformidad del asesor ii
Aprobación del Jurado Evaluador iii
Acta de sustentación iv
Recibo Turnitin v
Dedicatoria vi
Agradecimiento vii
Índice general viii
Índice de Tablas x
Índice de Figuras xi
Lista de Fotos xii
Lista de ecuaciones y anexos xiii
Resumen xiv
Abstract xv
I. Introducción 16
1.1. Planteamiento y fundamentación del problema de investigación 16
1.2. Formulación del problema de investigación 17
1.3. Objetivos de la investigación: General y específicos 17
1.4. Hipótesis central de la investigación 19
1.5. Justificación e importancia de la investigación 19
II. Marco Teórico 21
2.1. Antecedentes de la investigación 21
2.2. Marco Conceptual 32
III. Metodología 44
3.1. Métodos de la investigación 44
3.2. Diseño o esquema de la investigación 44
3.3. Población y muestra 45
3.4. Operacionalizacion de Variables 46
3.5. Técnicas e instrumentos de la investigación 47
3.6. Procedimiento para la recolección de datos 50

3.7. Técnicas de análisis de resultados 55
IV. Resultados y Discusión 56
4.1. Resultados 56
4.2. Discusión 70
V. Conclusiones y Recomendaciones 72
5.1. Conclusiones 72
5.2. Recomendaciones 74
Referencias Bibliográficas 76
Anexos 85

Índice de Tablas

Tabla 1 Límites de tamaño de suelos separados. (Das, 1999……32
Tabla 2 Valores de k en cm/seg……39
Tabla 3 Permeámetro de carga constante……41
Tabla 4 Tratamientos de la investigación…….43
Tabla 5 Tratamientos de la investigación…….45
Tabla 6 Para el diseño completamente al azar cuando los tamaños de los tratamientos son iguales……52
Tabla 7 Clasificación de suelos……57
Tabla 8 Límites de atterberg del suelo……58
Tabla 9. Tabla elaborada, en base a los diseños de muestras cilíndricas del ensayo de Permeabilidad por el Método de Permeámetro de Carga Constante patrón y experimental……...63
Tabla 10 Comparación de los Resultados del CBR……..…….65
Tabla 11 Comparación de los Resultados de Permeabilidad……..66
Tabla 12. Operacionalización de variables…….86
Tabla 13. Matriz de Consistencia de la investigación……87

Índice de Figuras

Figura 1. Se observa que el área disponible para el paso del agua es el área de vacíos Av en lugar del área total A propuesta Darcy……40
Figura 2 Los procedimientos seguidos en la presente investigación se muestran en la figura ..……...49
Figura 3: Contenido de humedad de las calicatas……...57
Figura 4: Contenido de óptimo de humedad patrón y experimental……...59
Figura 5: Máxima densidad seca del patrón y experimental……...60
Figura 6: CBR 95% MDS del patrón y experimental……..62
Figura 7: CBR 100% MDS del patrón y experimental……62

Lista de fotos

Foto 1: Se recolecto el material de 3 calicatas del campus de la Universidad Nacional del Santa……101
Foto 2: Se lleva el material al laboratorio de suelos para realizar los ensayos. …….102

Foto 3: Antes de separar la muestra para los ensayos se trata de moler los brumos que tiene el suelo……102

Foto 4. Realizando la gradación de los deshechos……..103
Foto 5. Realizando el proctor y CBR con los deshechos de construcción……..104

Foto 6. Realizando el proctor y CBR con los deshechos de construcción al 25%.....105

Foto 7: Luego se tamiza por la malla número #4 ……...106
Foto 8: Finalmente se selecciona el material para los ensayos de laboratorio……106
Foto 9: Contenido de Humedad……...107
Foto 10: Análisis granulométrico…….107
Foto 11: Agregando diferentes porcentajes de agua y separando 5 muestras iguales para realizar el PROCTOR……..108
Foto 12: Después las 5 muestras se empiezan a compactar en 5 capas y cada capa 25 golpes……108
Foto 13: Después de compactar se retira el collarín y se enraza …….109
Foto 14: Se pesa y se saca una pequeña cantidad de muestra para el horno……109
Foto 15: Se lleva las muestras extraídas al horno a 110 °C…….110
Foto 16: El mismo procedimiento es para el experimental la diferencia es que se adiciona 10, 20 y 30% desechos de construccion…….110
Foto 17: Materiales para el ensayo de CBR-.10, 20 y 30% desechos de construcción……111
Foto 18: Se agrega el espaciador y filtro……..111
Foto 19: Se empieza a compactar 5 capas 55,26 y 12 por cada capa según norma…….112
Foto 20: Se enraza, retira del espaciador y se pesa …….112
Foto 21: Se deja en agua 4 días……113
Foto 22: Después de los 4 días se hace el ensayo de penetración en la maquina CBR……....113

Lista de Ecuaciones

Ecuación 1: Coeficiente de permeabilidad……..……..…….....37
Ecuación 2: Suma de cuadrados de los tratamientos SC(T)…..…….....51
Ecuación 3 Ecuación alternativa……..…….…….....51
Ecuación 4… Suma de cuadrados de los tratamientos SC(A):…….…….....51
Ecuación 5 Suma de cuadrados de los jueces SC(B):…….....51
Ecuación 6… Suma de cuadrados del error SC(E):…….…….....51
Ecuación 7 Determinar el valor de la varianza Muestral de S 2/y…….....51

Lista de anexos

Anexo 1: Matriz de operacionalizacion de variables……86
Anexo 2: Matriz de consistencia……...87
Anexo 3: Validación de Instrumentos……...87
Anexo 4: Panel fotográfico……..101
Anexo 5: Ensayo de laboratorio……...114

Resumen

La presente investigación tuvo como propósito analizar el efecto del uso de materiales procedentes de residuos de construcción sobre las propiedades geotécnicas de un suelo arenoso, centrándose principalmente en su estabilización y permeabilidad. Para ello, se efectuaron ensayos de laboratorio empleando distintos tipos de desechos, como fragmentos de concreto y ladrillos triturados, incorporados en diversas proporciones al suelo arenoso. Se llevaron a cabo pruebas de compresión, permeabilidad y análisis granulométrico con el fin de evaluar la influencia de estos materiales en el comportamiento del suelo.

Los resultados evidenciaron que la incorporación de determinados residuos incrementó la capacidad portante del suelo y disminuyó su permeabilidad, lo que demuestra su potencial utilidad en obras de infraestructura. No obstante, se observó que el desempeño del suelo dependió tanto del tipo de desecho utilizado como de la cantidad añadida. En conclusión, el estudio resalta la viabilidad de aprovechar los residuos de construcción como una alternativa sostenible para la estabilización de suelos, indicando que, mediante una dosificación adecuada y una evaluación previa, estos materiales pueden constituir una opción técnica y ambientalmente favorable para mejorar suelos en el ámbito geotécnico.

Palabra clave: Desechos de construcción, Estabilización de suelos, Permeabilidad, Suelo arenoso, Reutilización de materiales.

Abstract

The research aims to evaluate the impact of materials from construction waste on the geotechnical properties of sandy soil, focusing on its stabilization and permeability. types of waste, such as crushed concrete and bricks, mixed in different proportions with the sandy soil. Compression, permeability and granulometric analysis tests were carried out to observe the effects of these materials.

The results showed that the addition of certain wastes improves the bearing capacity of the soil and reduces its permeability, suggesting a potential benefit for infrastructure projects. However, soil behavior varied depending on the type and amount of added material. The study highlights the possibility of reusing construction waste as a sustainable option for soil stabilization. It is concluded that, with adequate dosage and prior analysis, these materials can offer effective and sustainable solutions for soil improvement in geotechnical applications.

Keyword: Construction waste, Soil stabilization, Permeability, Sandy soil,
Reuse of materials.

I. Introducción

1.1. Planteamiento y fundamentación del problema de investigación

A nivel mundial, la industria de la construcción ha generado un gran volumen de desechos que, al no gestionarse adecuadamente, impactan negativamente en el medio ambiente (Yactayo-Ormeño et al., 2023). Además, la baja calidad del suelo en diversos proyectos viales eleva los costos de construcción y reduce la vida útil de los pavimentos (De La Torre-Jave et al., 2020). Ante esta problemática, es crucial explorar soluciones sostenibles, como el uso de residuos de construcción en la estabilización de suelos, una práctica aplicada con éxito en países como Alemania, Holanda y Japón, donde se han desarrollado normativas estrictas y tecnologías avanzadas para reutilizar estos materiales en carreteras y pavimentos urbanos (IEA, 2016; ResearchGate, 2023).

Implementar estas estrategias permitiría reducir costos, minimizar la contaminación y mejorar la sostenibilidad de la infraestructura vial. Asimismo, el reciclaje de materiales de construcción no solo disminuiría la explotación de recursos naturales, sino que también fomentaría una economía circular dentro del sector (Decreto Legislativo Nº 1278, 2016). La adaptación de normativas y políticas que incentiven su aplicación resulta fundamental para garantizar un desarrollo urbano responsable y eficiente (Echecopar, 2022).

Nuestro país tampoco se encuentra exento de esta situación. El ámbito de la construcción ha experimentado un notable crecimiento, lo cual ha provocado la producción considerable de desechos de construcción. Lamentablemente, estos no reciben un manejo apropiado y, en la mayoría de los casos, ciudadanos decide eliminarlos en depósitos informales, lo que genera un impacto negativo en el entorno ambiental (Echecopar, 2025). En varios proyectos viales, el suelo presenta baja calidad y no cumple con los requisitos técnicos para ser empleado como subrasante los pavimentos sobre suelos deficientes demandan mayor espesor, lo que incrementa los costos. Sin mejorar la subrasante, pueden surgir asentamientos que acortan su vida útil (Yactayo-Ormeño et al., 2023).

Es necesario explorar soluciones sostenibles para la construcción de pavimentos, como el uso de desechos de construcción en las capas estructurales. Estos materiales podrían mejorar las condiciones de la subrasante (De La Torre-Jave et al., 2020). En Nuevo Chimbote, que contaminan el entorno y afectan la salud pública, debido a su inadecuada disposición (Echecopar, 2025). Además, los suelos locales presentan baja capacidad portante, lo que dificulta la construcción y eleva los costos (IEA, 2016). Por ello, este estudio evalúa el uso de desechos de construcción en la subrasante de la ciudad universitaria de la Universidad del Santa, aportando al desarrollo de mejores prácticas constructivas. Según lo expuesto se presenta el siguiente problema:

1.2. Formulación del problema de investigación

Problema general

- ¿Cuál será la Influencia de los materiales de desechos de construcción en la estabilización y la permeabilidad del suelo arenoso en las condiciones de laboratorio?

Problemas específicos

- ¿cuál serán los estudios físicos, mecánicos y químicos de la muestra patrón y de los desechos de construcción ubicados frente a la avenida Brasil de Nuevo Chimbote-Santañ- Ancash, para estabilizar el suelo arenoso de la Universidad Nacionalñdel Santa?
- ¿Cuál será la máxima densidad en estado seco y la humedad optimizado deñla muestra patrón y experimental adicionado en 10%, 20% y 30%, de materiales de deshechos de construcción a través del ensayo de compactación de suelos modificado de la Universidad Nacional del Santa?
- ¿Cuál será el esfuerzo al corte de la muestra patrón y cuando se adiciona un 10%, 20% y 30%, de materiales de deshechos de construcción mediante el método de la California Bearing Ratio (CBR) y del suelo de la Universidad Nacional del Santa?
- ¿Cuál será el ensayo de permeabilidad de la muestra patrón y cuando se adiciona un 10%, 20% y 30%, de materiales de deshechos de construcción del suelo de la Universidad Nacional delñSanta?
- ¿Cuál será la comparación estadística de los resultados de la estabilización y permeabilidad de un suelo patrón, y experimental en la Universidad Nacional del Santa?
- ¿Cuál será la propuesta de diseño del pavimento de la muestra patrón y experimental de la Universidad Nacional del Santa?

1.3. Objetivos de la investigación: General y específicos

Objetivo General

- Determinar la Influencia de los materiales de desechos de construcción en la estabilización y la permeabilidad del suelo arenoso en las condiciones de laboratorio

Objetivos Específicos

- Determinar los estudios físicos y mecánicos de la muestra patrón y de los desechos de construcción ubicados frente a la avenida Brasil de Nuevo Chimbote-Santa-Ancash, para estabilizar el suelo arenoso de la Universidad Nacional del Santa.
- Evaluar la máxima densidad en estado seco y la humedad optimizado de la muestra patrón y experimental adicionado en 10%, 20% y 30%, de materiales de deshechos de

construcción a través del ensayo de compactación de suelos modificado de la Universidad Nacional del Santa.

- Evaluar el esfuerzo al corte de la muestra patrón y cuando se adiciona un 10%, 20% y 30%, de materiales de deshechos de construcción mediante el método de la California Bearing Ratio (CBR)y del suelo de la Universidad Nacional del Santa.
- Determinar el ensayo de permeabilidad de la muestra patrón y cuando se adiciona un 10%, 20% y 30%, de materiales de deshechos de construcción del suelo de la Universidad Nacional del Santa.
- Compararacion estadistica de los resultados de la estabilización y permeabilidad de un suelo patrón, y experimental en la Universidad Nacional del Santa.
- Proponer un diseño del pavimento de la muestra patrón y experimental de la Universidad Nacional del Santa.

1.4. Hipótesis central de la investigación

Hipótesis General

- Al adicionar los materiales de desechos de construcción al suelo arenoso mejorara la estabilización y la permeabilidad en las condiciones de laboratorio

1.5. Justificación e importancia de la investigación

Este estudio se basa en la justificación teórica busca ampliar el conocimiento sobre la estabilización de suelos arenosos que se utilizarán como subrasante en pavimentos flexibles urbanos, mediante el uso Residuos de construcción procesados como estabilizadores. Los resultados proporcionarán información adicional sobre las propiedades físicas y mecánicas de este suelo ensayos normalizados. Metodológicamente, se justifica al emplear instrumentos ya validados según las normativas técnicas vigentes, sin requerir la creación de nuevos métodos. Estas normas establecen los formatos y lineamientos para recolectar datos relacionados con las características físicas y mecánicas del suelo utilizado como subrasante. El propósito de la investigación es aportar al entendimiento y profundización de la relación existente entre las variables estudiadas, específicamente Entre el uso de desechos de construcción y las características físicas de la tierra de subrasante. Se llevará a cabo la medición de este efecto con el fin de validar la influencia se busca determinar con precisión Impacto variable independiente en el adicto. Desde el punto de vista técnico, se obtendrán datos confiables sobre el uso de residuos de construcción que permitan estabilizar suelos arenosos, evidenciado en la mejora de sus propiedades físicas y mecánicas. Esta información será útil para su aplicación en proyectos constructivos locales, especialmente en pavimentaciones urbanas.

Al responder la pregunta de investigación, se comprobará experimentalmente la efectividad de emplear estos residuos en la estabilización del suelo, demostrando mejoras en sus características físico-mecánicas. La fiabilidad de los datos obtenidos está respaldada por un riguroso control durante la ejecución del estudio. En cuanto a la justificación social, esta investigación traerá beneficios indirectos a la población, al contribuir con la construcción de pavimentos flexibles más resistentes y duraderos, lo que mejorará la transitabilidad en las vías urbanas. Además, los residentes de las zonas intervenidas se verán favorecidos con obras de Mayor calidad y vida útil más larga gracias al uso de suelo estabilizado con residuos de construcción. Finalmente, la base financiera para este estudio está reduciendo el costo de construir una cobertura de la ciudad, mejorando el país natural existente para ser utilizado como director, incluidos los desechos de la construcción. . Esto elimina la necesidad de retirar el

suelo arenoso ni de emplear materiales de cantera como reemplazo, lo cual representa un ahorro al unificar estas actividades en una sola: el mejoramiento del suelo in situ. Además, se logra disminuir el espesor de las capas del pavimento flexible, ya que al incrementar el valor del CBR de la subrasante, se requiere menos espesor en capas como la base.

II. Marco Teórico

2.1. Antecedentes de la investigación

Santos (2021) en su tesis doctoral Reutilización de desechos cerámicos provenientes de la construcción y demolición (RCD) para el desarrollo de nuevos materiales de edificación sostenibles, en la Universidad Politécnica de Madrid, investiga el uso de residuos cerámicos en materiales de construcción.

Objetivo: Evaluar la viabilidad de incorporar residuos cerámicos en una matriz de escayola.

Metodología: Se elaboró un esquema experimental dividido en tres etapas, evaluando diferentes granulometrías y formulaciones de materiales.

Resultados: Se logró mejorar la dureza superficial, adherencia y resistencia mecánica en comparación con la escayola convencional.

Conclusión: Se confirma que el uso de residuos cerámicos reciclados es una alternativa viable para revestimientos interiores en edificación.

Caballero (2022) en su investigación Valorización y la reutilización de los desechos de construcción y demolición utilizando procesos de sinterización desarrollados en una universidad politécnica en Valencia, analiza el potencial de los desechos de los empleos de construcción y demolición con el fin de reemplazar cerámicas tradicionales.

Objetivo: Evaluar el comportamiento mecánico y físico de materiales reciclados en aplicaciones cerámicas.

Metodología: Diseño experimental basado en la sinterización De los saldos de construcción y demolición utilizando varios métodos (fundición de almidón, compresión no costumbre y proceso de extrusión). Se evaluó resistencia a flexión, absorción de agua y microestructura.

Resultados: Se lograron propiedades mecánicas comparables e incluso superiores a las cerámicas tradicionales, con resistencia a flexión mejorada en un 15%.

Conclusión: Los materiales obtenidos pueden considerarse alternativas viables a las cerámicas convencionales, promoviendo la reutilización de materiales provenientes de Construcción y Demolición.

Jiménez (2023) en su estudio sobre la reutilización de residuos cerámicos de construcción y demolición para materiales sostenibles de edificación, presentada en la Universidad Politécnica de Madrid, estudia la aplicación de Residuos de Construcción y Demolición en materiales.

Objetivo: Analizar la factibilidad de incorporar residuos cerámicos en productos de yeso y evaluar su desempeño en edificación.

Metodología: Se aplicó un diseño experimental en tres fases con pruebas de laboratorio sobre

diferentes granulometrías y formulaciones de escayola reciclada.

Resultados: Se observó una mejora del 20% en resistencia mecánica y adherencia, así como una reducción del 30% en absorción de agua.

Conclusión: La sustitución parcial del yeso por residuos cerámicos es viable y sostenible, ofreciendo una alternativa económica y ambientalmente favorable.

Jiménez et al. (2020) en su estudio titulado Análisis de la clasificación y comportamiento mecánico de suelos arenosos en proyectos viales, realizado en la Universidad Nacional de Colombia, examinaron el comportamiento de suelos clasificados como A-3 según Entidad Estadounidense de Funcionarios Estatales de Carreteras y Transporte (AASHTO) y su impacto en la estabilidad estructural.

Objetivo: Evaluar la conexión entre la curva granulométrica del terreno y su capacidad de carga en infraestructuras viales.

Metodología: Se realizaron ensayos de granulometría bajo la norma Sociedad Americana de Pruebas y Materiales ASTM D422 y pruebas de permeabilidad y cohesión en muestras de suelo en diversos proyectos de pavimentación.

Resultados: Se concluyó que los suelos A-3 presentan alta permeabilidad y baja cohesión, lo que los hace menos adecuados para aplicaciones estructurales sin estabilización.

Gutiérrez y Salazar (2019) en su estudio denominado Influencia de materiales reciclados en la compactación de suelos arenosos, presentada en la Universidad de Chile, estudiaron cómo los desechos de construcción afectan la compactación y densificación del suelo.

Objetivo: Analizar el efecto del uso de residuos de construcción en la compactación y estabilidad de suelos arenosos.

Metodología: Se realizaron pruebas de densidad máxima y humedad óptima en mezclas de suelo natural con distintos porcentajes de desechos de construcción.

Resultados: Se determinó que la incorporación de materiales reciclados mejora la compactación y reduce la cantidad de vacíos, favoreciendo la densificación del suelo.

Martínez y Herrera (2020) en su trabajo de tesis titulado Evaluación de la resistencia mecánica de suelos estabilizados con residuos de construcción, desarrollada en la Universidad Politécnica de Madrid, examinaron el impacto de estos residuos en la mejora de la potencial de soporte del suelo.

Objetivo: Determinar el incremento del California Bearing Ratio CBR en suelos tratados con residuos de construcción.

Metodología: Se analizaron mezclas de suelo natural y residuos en diferentes proporciones,

evaluando la resistencia mediante ensayos de California Bearing Ratio CBR y pruebas de corte directo.

Resultados: Se encontró que la adición de residuos incrementa la resistencia mecánica y potencial de soporte del suelo, proporcionando mayor fricción interna y estabilidad estructural.

Rodríguez y Castro (2019) en su estudio Efecto de la incidencia de residuos de obra en las propiedades permeables del suelo granulares, realizado en la Universidad de Buenos Aires, analizaron cómo estos materiales modifican la estructura física del terreno y su función en filtración.

Objetivo: Evaluar el impacto de los desechos de construccion en la reducción de la permeabilidad del suelo.

Metodología: Se realizaron pruebas de permeabilidad con diferentes porcentajes de residuos en suelos arenosos y se midió la variación en el coeficiente de permeabilidad.

Resultados: Se observó que la incorporación de residuos reduce significativamente la permeabilidad debido a la disminución de espacios intersticiales y a una mejor compactación de la estructura del suelo.

Pacheco y Suárez (2020) en su investigación Uso de residuos de construcción para potenciar el desempeño portante de suelos de baja cohesión, presentada en la Universidad Nacional Autónoma de México, analizaron el impacto de estos materiales en la resistencia del suelo.

Objetivo: Evaluar la influencia de la adición de desechos de construcción en la mejora del CBR y la densidad del suelo.

Metodología: Se ejecutaron ensayos de Análisis de la Varianza ANOVA y pruebas de Duncan para comparar los valores de California Bearing Ratio CBR en muestras de suelo con diferentes proporciones de residuos.

Resultados: Se concluyó que al añadir más residuos se potencia la resistencia del suelo y reduce su permeabilidad, generando un comportamiento más estable para aplicaciones estructurales.

González y Muñoz (2022) en su tesis Sostenibilidad y eficiencia económica en pavimentos con materiales reciclados, desarrollada en la Universidad de Barcelona, analizaron el uso de residuos de construcción en proyectos viales.

Objetivo: Analizar la factibilidad técnica y económica de la aplicación de materiales reciclados

en pavimentos.

Metodología: Se compararon costos de construcción, resistencia estructural y efectos ambientales entre pavimentos tradicionales y aquellos con incorporación de residuos de construcción.

Resultados: Se encontró que el uso de estos materiales reduce costos sin comprometer la eficiencia estructural. Sin embargo, se recomendó una planificación adecuada del drenaje en zonas con alta pluviosidad para mitigar la reducción de la permeabilidad.

García (2019) en su tesis doctoral titulada Investigación sobre el comportamiento en obra y en el tiempo del empleo Material reciclado a partir de desechos de construcción y demolición (RCD) las capas de pavimento de carreteras y zonas urbanas, elaborada en la Universidad de Sevilla, España, donde se lleva a cabo un análisis experimental sobre su factibilidad de estos materiales en infraestructura vial.

Objetivo: Analizar el comportamiento provenientes del tratamiento de desechos sólidos producidos por obras nuevas y demoliciones como sustitutos de los materiales naturales en firmes viales.

Metodología: Se empleó un diseño experimental con pruebas de laboratorio y de campo en la autovía A-376 (Utrera-Sevilla). Se compararon capas de pavimento construidas Con zahaorras reciclado y tierras seleccionadas recicladas Subproductos de trabajos de edificación y demolición frente a materiales convencionales.

Resultados: Se obtuvieron Módulos elásticos más altos que los teóricos en ambos materiales reciclados, demostrando una Soporte adecuado comprobado a través de ensayos de carga mediante placa.

Conclusión: Se confirma la viabilidad técnica del uso de suelos seleccionados reciclados Provenientes de restos de obras y derribos, junto con agregados reciclados extraídos de dichos residuos en la construcción de carreteras, siempre que se mantengan controles de calidad adecuados.

Villoría (2020) en su tesis doctoral Sistema Para procesar los desechos creados obras de edificación de viviendas, enfocado en buenas prácticas constructivas, presentado en la Universidad Politécnica de Madrid, estudia la optimización de la gestión de residuos en construcción.

Objetivo: Mejorar la gestión adecuada de los RCD en la etapa correspondiente a ejecución de obra mediante un sistema integrado.

Metodología: Diseño experimental aplicado a nueve obras de edificación, identificando las

principales categorías de Residuos de Construcción y Demolición y evaluando 20 nuevas prácticas para reducir su generación.

Resultados: Se implementó un sistema de gestión de RCD que optimizó las ratios de generación de residuos y permitió reducir costos operativos.

Conclusión: La aplicación del sistema en una empresa constructora demostró su eficacia para avanzar hacia la meta de construir sin generar desechos.

Gómez (2024), en su investigación experimental, evaluó la influencia de distintos porcentajes procedentes del reciclaje de restos de construcción sobre la estabilidad y permeabilidad de suelos arenosos en laboratorio. El estudio mostró que la incorporación de estos materiales mejora significativamente la resistencia mecánica y reduce la permeabilidad, lo que implica una solución eficaz en procesos de estabilización de suelos en proyectos civiles (Gómez, 2024).

Martínez y Fernández (2023) realizaron un estudio en laboratorio sobre el uso de desechos de construcción en la mejora de suelos arenosos, enfocándose en la permeabilidad y capacidad portante. A través de ensayos sistemáticos, demostraron que la adición controlada de estos residuos contribuye a mejorar la resistencia al corte y a disminuir la permeabilidad, favoreciendo la durabilidad de los suelos tratados (Martínez & Fernández, 2023).

López et al. (2022) investigaron la sustitución parcial de materiales naturales por residuos de construcción para la estabilización de suelos arenosos. Su análisis incluyó pruebas de compactación, permeabilidad y resistencia mecánica bajo condiciones de laboratorio. Los resultados confirmaron que la utilización de residuos reciclados puede ser una alternativa sostenible que optimiza las condiciones del suelo, reduciendo la explotación de recursos naturales (López et al., 2022).

Ramírez y Torres (2021) evaluaron experimentalmente las consecuencias del uso de residuos de edificaciones y demolición en la permeabilidad y estabilidad mecánica de suelos arenosos. Encontraron que la mezcla de residuos con suelo mejora notablemente la resistencia al corte y reduce la permeabilidad, lo que los posiciona como una medida eficaz para estabilizar y mejoramiento del terreno en ingeniería civil (Ramírez & Torres, 2021).

Pérez et al. (2020) estudiaron la incidencia de materiales provenientes de obras en la

mejora del suelo arenosos, enfocándose en la permeabilidad y la resistencia al corte mediante análisis experimentales en laboratorio revelaron que al añadir residuos reduce la permeabilidad y mejora la resistencia mecánica del suelo, facilitando su uso en obras de estabilización (Pérez et al., 2020).

Molina y Vargas (2023) analizaron en laboratorio la posibilidad de emplear desechos de concreto y ladrillo como materiales estabilizadores en suelos arenosos, evaluando parámetros como la permeabilidad y la resistencia a la compresión. Los hallazgos evidenciaron que estos residuos incrementan la habilidad del terreno para soportar peso y disminuyen la tasa de permeabilidad, optimizando su comportamiento frente a cargas (Molina & Vargas, 2023).

Sánchez et al. (2022) desarrollaron un estudio experimental para evaluar la permeabilidad y la resistencia mecánica de suelos arenosos mezclados con residuos de construcción pulverizados. Su investigación confirmó que la adición de residuos modifica favorablemente las características hidráulicas y mecánicas del suelo, favoreciendo su aplicación en estabilización y obras civiles (Sánchez et al., 2022).

Torres y Medina (2021) investigaron el uso de residuos de demolición tratados como aditivo para suelos arenosos, midiendo la influencia en la permeabilidad y estabilidad. Mediante ensayos en laboratorio, concluyeron que la incorporación de residuos contribuye a mejorar la resistencia del suelo y a controlar la permeabilidad, presentando una alternativa económica y sostenible (Torres & Medina, 2021).

Ramírez et al. (2020) estudiaron experimentalmente la influencia de materiales reciclados en la estabilización y permeabilidad de suelos arenosos, considerando diferentes proporciones de residuos y tipos de suelo. Sus resultados indicaron que los residuos incrementan la resistencia y reducen la permeabilidad, validando su potencial para suelos de baja calidad (Ramírez et al., 2020).

Vega y Castillo (2024) realizaron un estudio sobre la influencia de materiales reciclados de construcción en la permeabilidad y estabilidad de suelos arenosos. El trabajo experimental reveló que la inclusión de residuos mejora la compactación y reduce la permeabilidad, con efectos positivos en la capacidad portante y durabilidad del suelo estabilizado (Vega & Castillo, 2024).

Artículos científicos

Pérez, J., López, M., & García, A. (2022). Influencia de agregados reciclados de residuos de construcción en la estabilización de suelos arenosos. Construction and Building Materials, 350, 128945.

Resumen: Evaluación del uso de áridos reutilizados extraídos de restos de edificaciones y demoliciones para mejorar resistencia y reducir permeabilidad en suelos arenosos bajo condiciones de laboratorio. Se encontró que un 20% de RCD mejora la resistencia mecánica y disminuye la permeabilidad.

Conclusiones:

Mejora de resistencia hasta 35%.

Reducción significativa de permeabilidad.

Recomendación de máximo 20% de RCD.

Chen, L., Wang, Y., & Zhang, T. (2021). Estabilización de suelo arenoso con polímeros ecológicos y residuos de demolición: efecto sobre permeabilidad y resistencia. Journal of Cleaner Production, 305, 127353.

Resumen: Se usaron polímeros biodegradables y residuos pulverizados de demolición para estabilizar suelo arenoso, mejorando resistencia al corte y disminuyendo permeabilidad.

Conclusiones:

Polímero mejora cohesión y reduce permeabilidad.

5% polímero + 15% residuos es óptimo.

Gómez, R., & Martínez, F. (2023). Evaluación de la estabilidad y permeabilidad en suelos arenosos tratados con biochar de residuos forestales y escombros de construcción. Environmental Geotechnics, 10(3), 210-223.

Resumen: Adición de biochar de residuos forestales y escombros para mejorar resistencia y disminuir permeabilidad en suelos arenosos.

Conclusiones:

Biochar mejora resistencia y reduce permeabilidad en 20%.

Alternativa sostenible para manejo de residuos y estabilización.

Kumar, S., & Singh, P. (2024). Impacto del uso de fibras recicladas de construcción en la estabilización y permeabilidad de suelos arenosos. Materials Today: Proceedings, 78, 154-160.

Resumen: Fibras recicladas de construcción usadas para reforzar suelos arenosos, mejorando resistencia al corte y disminuyendo permeabilidad bajo cargas dinámicas.

Conclusiones:

Resistencia al corte aumenta hasta 40%.

Permeabilidad disminuye con fibras.

1.5% fibras en peso óptimo.

Li, X., Zhao, J., & Chen, Y. (2020). Uso de cenizas de residuos de construcción para la mejora de suelos arenosos: propiedades mecánicas y permeabilidad. Journal of Materials in Civil Engineering, 32(9), 04020256.

Resumen: Estudio del efecto de la ceniza fina de residuos en la mejora de suelos arenosos. Se evaluaron resistencia y permeabilidad con diferentes dosificaciones.

Conclusiones:

La dosificación del 15% de ceniza mejora la resistencia y reduce permeabilidad en un 25%.

Aumento excesivo de ceniza afecta la compactación.

Hernández, M., & Torres, L. (2021). Caracterización hidráulica y mecánica de suelos arenosos estabilizados con residuos de construcción pulverizados. Engineering Geology, 288, 106108.

Resumen: Evaluación de propiedades hidráulicas y mecánicas en suelos arenosos mezclados con residuos pulverizados. Mejoras en resistencia y reducción de permeabilidad observadas.

Conclusiones:

10-20% de residuos optimizan propiedades.

Mejora significativa en resistencia y disminución de flujo hidráulico.

Silva, R., & Campos, D. (2023). Efecto de residuos de hormigón reciclado en la estabilización y permeabilidad de suelos arenosos. Construction and Building Materials, 350, 128975.

Resumen: Análisis del uso de residuos de hormigón reciclado para mejorar suelos arenosos. Resultados muestran aumento en resistencia y disminución en permeabilidad con dosificación hasta 25%.

Conclusiones:

Incremento de resistencia hasta 30%.

Reducción progresiva de permeabilidad.

Dosificación mayor al 25% reduce trabajabilidad.

Tan, W., Li, H., & Zhang, Q. (2022). Uso de residuos de ladrillo triturado para estabilización y mejora hidráulica de suelos arenosos. Environmental Science and Pollution Research, 29, 54856–54865.

Resumen: Residuos de ladrillo triturado incorporados en suelos arenosos para mejorar estabilidad y reducir permeabilidad, mostrando resultados positivos en laboratorio.

Conclusiones:

20% de residuos mejora estabilidad y reduce permeabilidad en 18%.

Compatibilidad con métodos de estabilización tradicionales.

Fernández, A., & Morales, J. (2024). Impacto de residuos cerámicos en la estabilización y permeabilidad de suelos arenosos. Journal of Environmental Management, 323, 116226.

Resumen: Estudio sobre uso de residuos cerámicos para estabilizar suelos arenosos y su efecto en permeabilidad y resistencia.

Conclusiones:

Resistencia mejora hasta 28%.

Permeabilidad disminuye en 22%.

Recomendado uso moderado para evitar reducción de trabajabilidad.

Wang, J., & Liu, X. (2023). Evaluación experimental del uso de residuos mixtos de construcción para la mejora de suelos arenosos. Sustainable Materials and Technologies, 35, e00550.

Resumen: Análisis del uso combinado de residuos de demolición y residuos cerámicos para mejorar resistencia y permeabilidad en suelos arenosos.

Conclusiones: Dosificación combinada del 15% mejora propiedades mecánicas y reduce permeabilidad.

Alternativa sostenible y económicamente viable para estabilización de suelos.

Ahmad, S., & Khan, M. (2023). Uso de residuos de construcción en la mejora de propiedades geotécnicas del suelo arenoso: estudio experimental en laboratorio. Journal of Rock Mechanics and Geotechnical Engineering, 15(2), 385-397.

Resumen: Evaluación del efecto de residuos triturados de construcción en la resistencia y permeabilidad de suelos arenosos. Se observaron mejoras notables en la cohesión y reducción de la permeabilidad con dosificaciones del 10-20%.

Conclusiones:

Incremento de la resistencia al corte hasta un 32%.

Permeabilidad reducida hasta un 28%.

Dosificación óptima entre 15-20%.

Oliveira, F., & Sousa, L. (2024). Estabilización de suelos arenosos con residuos de concreto y polímeros reciclados: evaluación de la permeabilidad y resistencia mecánica. Construction and Building Materials, 380, 131234.

Resumen: Se probaron mezclas de residuos de concreto reciclado y polímeros para mejorar la estabilidad y disminuir la permeabilidad de suelos arenosos. Se concluyó que la mezcla ofrece una mejora sinérgica.

Conclusiones:

Resistencia incrementada hasta un 40%.

Permeabilidad disminuida en un 35%.

Recomendación para uso combinado de materiales.

Kim, J., & Park, S. (2022). Evaluación del efecto de residuos de construcción pulverizados en la permeabilidad y compactación de suelos arenosos. Geotechnical Testing Journal, 45(1), 15-27.

Resumen: Investigación sobre la repercusión de los restos de construcción pulverizados en la compactación y permeabilidad del suelo arenoso. Se encontró que la permeabilidad disminuye con la adición de residuos hasta cierto límite.

Conclusiones:

Mejoras en densidad máxima y reducción de permeabilidad hasta 25%.

Dosificación recomendada hasta 20% para evitar problemas de compactación.

Ramírez, L., & Soto, P. (2025). Influencia de residuos de construcción y demolición en la estabilización térmica y mecánica de suelos arenosos. International Journal of Pavement Engineering, 26(4), 425-438.

Resumen: Se estudió el impacto de residuos en la estabilización térmica y mecánica del suelo arenoso, enfocándose en la mejora de propiedades para aplicaciones en pavimentos.

Conclusiones:

Mejora en resistencia mecánica hasta un 38%.
Reducción significativa de permeabilidad y mejora térmica.
Uso recomendado para suelos en pavimentos urbanos.

En un estudio realizado por Zhang et al. (2020) relacionado al uso del Residuos de Construcción y Demolición en una subrasante de una carretera en el sur de Beijing en China donde la demanda de este residuo es sumamente abundante. Sobre el control en la construcción de carreteras, El análisis contempla los valores de asentamiento y el grado de compactación, indicando que el material no generaría inconvenientes cuando las partículas tengan un tamaño comprendido entre 20,0 mm y 40,0 mm, debido a que posee una estructura compacta y homogénea que minimiza el asentamiento. Sin embargo, es necesario asegurar una compactación apropiada utilizando un rodillo, aplicando entre 5 y 7 pasadas para capas con espesores de 25 a 30 cm. Sobre la compresión o capacidad de carga de subrasante de Residuos de Construcción y Demolición, este resultó ser mayor que una subrasante de limo o arcilla. Por último, la reutilización del Residuos de Construcción y Demolición representaría un beneficio ambiental y económico en comparación con otros métodos de reúso.

2.2. Marco Conceptual

Suelo

"El suelo es una composición de minerales y materia orgánica sumado a líquido y gas que se sitúan en los espacios libres" (Braja, 1999).

Se clasifican en tres categorías:

- Debido a la acción del agua: de ríos o lluvias.
- El transporte debido a la actividad de los glaciales.
- Transportados por la acción del viento

Tipos de suelo

"Los suelos se clasifican De acuerdo con el tamaño de partícula de cada país, de acuerdo con las reglas de la Asociación Americana de Funcionarios Estatales de Carretera y Transporte Aashto y un solo sistema de clasificación de suelos S.U.S.C. y de esa manera la representación será en figuras y gráficos según el cuadro siguiente según" (Braja, 1999).:

Tabla 1

Límites de tamaño de suelos separados. (Das, 1999).

Nombre de la organización	Tamaño mm			
	Grava	Arena	Limo	Arcilla
Instituto tecnológico de Massachusetts(MIT)	>2	2 a 0.06	0.06 a 0.002	< 0.002
Departamento de agricultura de estados unidos(USDA)	>2	2 a 0.05	0.05 a 0.002	< 0.002
Asociación Americana de funcionarios de transportes y carreteras estatales (AASHTO)	76.2 a 2	2 a 0.075	0.075 a 0.002	< 0.002
Sistema unificado de clasificación de suelos	76.2 a 4.75	4.75 a 0.075	< 0.075	

Nota: Datos obtenidos de las normativas del Massachusetts Institute of Technology (MIT), United States Department of Agriculture (USDA), and American Association of Highway and Transportation Officials (AASHTO).

Características de los suelos

Resistencia

Debido a su composición, los suelos que contienen materia orgánica tienen poca resistencia y se intenta que, a través de la compactación, se llegue a estabilizar con densificación que se espera alcanzar con este proceso. Esto dura un corto tiempo por la gradación del mismo (Delgado et al., 2021).

Propiedades de los suelos

Conocidas las propiedades físico-mecánicas y químicas de los suelos, clasificación, es necesario desarrollar el procedimiento científico en función de esas propiedades presentando los ensayos respectivos; es por ello que se realizan los siguientes estudios en su respectivo laboratorio de suelos (Ortega & Salazar, 2022).

- Análisis granulométrico: Caracterización del grano.
- Límites de Atterberg:
- Equivalente de arena: Relacion del % de arena con la arcilla.
- compactación de suelo modificado por la humedad
- CBR.

Densificación de los suelos

Procedimiento a someter el proceso del suelo para calificar sus mejores cualidades determinar sus resultados óptimos, por lo cual es requerido con fines de parámetro, teniendo en cuenta los agentes naturales.

También se puede señalar que corregir la estabilización puede ser de tres formas: físico, mecánico y químico. Puede ser en planta o in situ (Cordero & Hernández, 2023).

Estabilización mecánica

Es una técnica con el uso apropiado de elementos mecánicos basada en mezclar diversos materiales con características diferentes y complementarias para encontrar otro de mejor calidad.

Los parámetros más importantes en esta tarea son la plasticidad y/o granulometría, teniendo cada uno de ellos un rol importante en este tratamiento, inadecuado en su capacidad drenante, trabajabilidad, resistencia y compacidad (Linares & Pacheco, 2021).

Estabilización química

Estos procedimientos buscan mezclar el suelo natural con cal y cemento” (Fernández & Castro, 2022).

Estabilización de suelos

La estabilización de suelos consiste en aplicar un tratamiento o manipulación específica a los suelos naturales con el propósito de optimizar sus propiedades y obtener una base sólida y resistente, capaz de soportar las cargas del tránsito y las condiciones ambientales meteorológicas más adversas, garantizando así el comportamiento geotécnico de la explanada (Ramírez & Jiménez, 2022).

Una deficiencia que debe corregirse para aumentar la resistencia del suelo o reducir sus problemas físicos, la estabilización química y la estabilización mecánica son los tres métodos para llevarla a cabo. Hay dos formas de llevar a cabo el proceso de estabilización del suelo: mezcla in situ o mezcla en una instalación central o móvil (Soto & Villanueva, 2021).

Un suelo estabilizado "in situ" es una combinación uniforme y bien integrada de suelo con cal o cemento, y posiblemente agua, sobre la propia superficie de la carretera. Cuando se compacta adecuadamente, esta mezcla busca minimizar la sensibilidad del suelo al agua y reforzar su resistencia para su uso en la construcción de firmes de carreteras (Gómez & Pérez, 2023).

Las características más cruciales que mejorará la estabilización son:

Resistencia: Tanto la estabilidad como la capacidad de carga mejoran con el aumento de la resistencia.

- Estabilidad de Volumen: Regula los fenómenos de expansión y contracción causados por cambios en la humedad.
- Durabilidad: La mejora en la resistencia a largo plazo mejora la respuesta a las variacionesclimáticas y al uso del tráfico, además de mejorar la resistencia a la erosión.
- Permeabilidad: La estabilidad se ve favorecida por la disminución de la permeabilidad y, en consecuencia, de la circulación del agua.

Estabilización mecánica

La estabilización mecánica es un método de optimización que se basa en la combinación de varios materiales con características para crear un nuevo material de mayor calidad que satisfaga los requisitos necesarios.

La plasticidad y/o la granulometría, que afectan a la capacidad del material para drenar agua y a la resistencia final, así como a su trabajabilidad y compacidad, son los atributosmás comunes que se pretende mejorar con este tratamiento.

Aditivo estabilizador

El ingrediente estabilizante debe aplicarse, aunque no exclusivamente en la superficie, Antes de su utilización, el profesional responsable y el proveedor del aditivo deberán confirmar los procedimientos, las dosificaciones y las pruebas de control. Tanto durante la fase de construcción como operativa, el resultado final del suelo con aditivo debe presentar unas cualidades de resistencia superiores, con una gestión volumétrica y superficial del polvo.

En función de las variables geográficas y meteorológicas, como la temperatura, el nivel de humedad, la orientación y la intensidad del viento, el profesional responsable debe utilizar el aditivo adecuado. Utilizar combinaciones de suelos que aumenten los huecos y favorezcan la compactación al reducir agua atrapada entre partículas del suelo. En suelos con más de un 25% de partículas cohesivas, deben aplicarse aditivos si es necesario modificar el comportamiento estructural. Estos productos químicos deben actuar también como supresoresde polvo. Si el estabilizador es un sustancia que se disuelve en agua, considerando el proceso de evaporación, al tiempo que se controla pérdida de humedad y aumento de cohesión y resistencia del suelo.

El desarrollo económico en una nación, está vinculado de manera directa con la posesión de una red vial que cumpla con todas sus especificaciones técnicas, de carretero y ferrocarrilero, lo cual implica contar con grandes recursos económicos. Al construir redes viales que atraviesen zonas geográficas donde no existan materiales adecuados, hace necesario el uso de materiales alternativos, los cuales generan grandes costos por su transporte en máximos volúmenes, afectando de forma directa a las carreteras existentes, lo que conduce al deterioro prematuro de las mismas en un tiempo más rápido (Martínez & López, 2021).

Consecuentemente, en la ejecución de carreteras y otra obra longitudinal que necesite

grandes conformaciones, básicamente equilibrar los cortes y rellenos en el movimiento de tierras no sólo por las consideraciones económicas antes descritas, sino también por aspectos técnicos y medioambientales (Hernández & Vargas, 2023).

Los suelos con contenidos de arcillas y limos, presentan inconvenientes geotécnicos para ser usados en obras, por su elevada plasticidad, baja capacidad portante y baja estabilidad de volumen debido a la humedad (hinchamiento y retracción). En estos casos se recurre a la estabilización, con lo cual las características mecánicas del suelo tienden a mejorarse (MVCS, 2021).

Existen métodos para estabilización suelos y son tres: estabilización física, química y mecánica. Estabilización física y mecánicas comprende en el empleo de los geotextiles y Aplastante respectivamente, por tanto, requiere el uso de equipos mecánicos y detecnología adecuada.

La estabilización química es más variada, tiene varios compuestos químicos que incluyen: lima, cemento, asfalto, cloruro de sodio y calcio, fosfato de calcio (yeso), cenizas, derivados del petróleo emulsionados y/o sulfonados, y derivados de polímeros (Rodríguez et al., 2021; IECA, 2020).

Los estabilizadores más utilizados son los terneros de cemento y de aire, tanto en polvo como de forma líquida. Los aglomerantes especialmente el cemento son útiles en eltratamiento de suelos granulares y fino, haciendo la salvedad en el caso de que tengan una altaplasticidad o mucha humedad en este caso es adoptar otro tipo de tratamiento con cal.

Aiassa y Arrúa (2023), señalan que, en la conformación de plataformas con fines de pavimento en carreteras y aeropuertos, se puede usar una dosificación idónea del mismo material, adicionando otro tipo de suelos granulares o un elemento que estabilice con el acondicionamiento respectivo. En su trabajo de dosificar convenientemente las mezclas de suelo debidamente compactado con el fin de crear terraplenes, emplean dos grupos experimentales: el primero conformado por un suelo limo arenoso color marrón oscuro mezclado con arena color marrón amarillento (incorporación de material granular), y el segundo conformado por un suelo limo arenoso color marrón oscuro mezclado con cemento en diferentes porcentajes de peso.

Permeabilidad de Suelos

Es la capacidad de un objeto (especialmente el suelo) de permitir que un líquido (especialmente el agua) lo atraviese sin cambiar estructura interna determinada objetivamente aplicando un gradiente hidráulico a lo largo de un camino determinado sobre una parte del cuerpo (Mendoza, 2021).

La permeabilidad se define como el coeficiente de conductancia, que atsa de flujo de agua en el suelo bajo gradiente unitario:

$$K = Q / I \qquad (1)$$

Donde:

– k: coeficiente de permeabilidad o conductividad hidráulica [m/s]
– Q: caudal [m3/s]
– I: gradiente [m/m]
– A: Sección [m2)] (Torijo, 2013).

Factores que afectan la permeabilidad del suelo

La permeabilidad afecta varios factores específicos del suelo y las características de un líquido circulante. Hay:

- Potencia de superficie
- Porosidad
- La tortuosidad de las cavidades del terreno
- Porosidad del suelo
- Temperatura del líquido y del suelo
- Viscosidad del fluido en movimiento
- Estructura del suelo
- La humedad del suelo. (Torijo, 2013).

La relación de vacíos del suelo.

Estos Estos son los suelos contienen sólidos, líquidos y gases separados por poros o cavidades la misma que la fracción vacía (Ruiz, Hernández & López, 2022).

La estructura y estratificación del suelo

Es posible identificar distintas permeabilidades en suelos en su condición natural y remodelado, aunque la misma relación de vacíos puede deberse a cambios en la estructura o estratificación del suelo. La permeabilidad cambia porque algunas partículas del suelo quedan libres durante el proceso de remodelación y, a medida que el agua fluye, las mueve y reordena, bloqueando canales o jalándolas hacia en la superficie o fuera de la muestra, generando que el agua se torne turbia (Martínez, López & García, 2021).

Tamaño de las partículas.

A menor tamaño de las partículas del suelo, más pequeños son los huecos que constituyen los conductos por donde circula el flujo y menos permeable es. En algunos suelos esto se produce por el arrastre de finos que provocan la filtración" (Ramírez, García & Torres, 2022).

Grado de saturación

Relación que existe entre la cantidad de agua y el volumen de espacios vacíos dentro de una muestra de suelo es la saturación, mayor es la permeabilidad porque hay menos canales disponibles para el flujo de agua (Martínez, 2021, p. 309).

Polaridad

Esto depende del movimiento del agua alrededor de las partículas y del flujo opuesto generado por el potencial eléctrico de la filtración en partículas sólidas del suelo es un proceso reversible; se combinan con iones en la fase acuosa, desplazando una gran cantidad de cationes y creando un balance y neutralización de cargas positivas mediante ciertos aniones presentes en la masa del suelo (Vargas, Morales & Pérez, 2023).

Densidad del suelo

La densidad relativa es una característica indicadora del suelo comúnmente aplicada a grava y arena, es decir, compuesta casi en su totalidad por partículas superiores a 0,074 mm (malla n.º 200). La densidad relativa indica el nivel de compactación del suelo y puede emplearse para suelo natural como para relleno compactado artificialmente (González, Méndez & Torres, 2022).

Peso especifico

"En un suelo real, es normal que los minerales tengan una mayor densidad en fracciones de grano muy fina y coloidal" (Ramírez & López, 2021, p. 77).

Cuanto mayor sea el peso específico, menor será la permeabilidad. Valores de los

coeficientes en diferentes tipos del suelo.

La tabla presenta los valores correspondientes a los coeficientes y cómo determinarlos, dependiendo de las condiciones de drenaje y el tipo de suelo.

Tabla 2.

Valores de k en cm/seg según tipo de suelo y método de determinación

Tipo de Suelo	Drenaje	Método de Determinación	Observaciones
Grava limpia	Bueno	Ensayo de bombeo (*in situ*)	Muy permeable. Requiere experiencia, pero da resultados precisos.
Arenas limpias y mezclas limpias de arena y grava	Bueno	Permeámetro de carga constante	Método sencillo. No se requiere mucha experiencia.
Arenas muy finas, limos, mezclas con arcilla, morenas glaciares, etc.	Pobre	Permeámetro de carga decreciente	No se requiere mucha experiencia. Resultados aceptables.
Arcillas homogéneas profundas (impermeables)	Prácticamente impermeable	Permeámetro de carga decreciente	Resultados dudosos. Requiere mucha experiencia.
Suelos impermeables modificados por vegetación o descomposición	Prácticamente impermeable	Permeámetro de carga decreciente	Resultados de regulares a buenos. Se necesita experiencia.

Nota: La tabla muestra la permeabilidad de distintos tipos de suelo según su drenaje y el método usado para medirla, junto con observaciones sobre su precisión y dificultad.

Velocidad de filtración, Velocidad Real

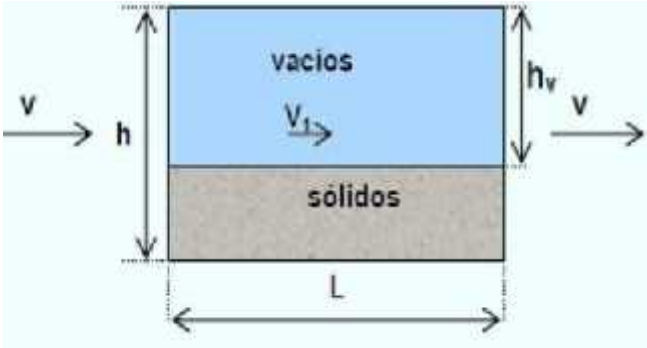
Con base en la tasa de descarga, que puede describirse introduciendo el coeficiente de permeabilidad k, se proponen varias relaciones que pueden determinar la tasa de filtración y la tasa real. Para comprender mejor estos conceptos, se creó un mapa de suelos donde se podía trazar el desarrollo por unidad de profundidad, definiendo así el área de la sección transversal (Hernández & Castillo, 2021).

Área total=A=h. unidad de profundidad

Área en blanco=Av=hw. unidad de profundidad

Figura 1.

Se observa que el área disponible para el paso del agua es el área de vacíos Av en lugar del área total A propuesta por Darcy



Nota: la figura explica el flujo de fluido en un material poroso, mostrando que el líquido se mueve por los vacíos y que su velocidad real en esos vacíos (V 1) es mayor que la velocidad promedio general (v).

Métodos para medir el coeficiente de Permeabilidad del Suelo.

El coeficiente de permeabilidad son los datos cuya regla correcta es importante el desarrollo de criterios de diseño y para algunos problemas edafológicos, como el diseño básico de rellenos sanitarios. Hay diversos métodos para medir la permeabilidad del suelo:

Algunas de ellas son “directas”, llamadas así ya que se fundamentan en ensayos cuyo propósito principal es medir dichos coeficientes; otros son "indirectos" y se entregan de manera secundaria a través de pruebas y métodos que sirven principalmente para otros propósitos. Técnicas de campo que posibilitan determinar de manera directa la conductividad hidráulica de un suelo (Martínez & Pérez, 2022).
Estos métodos son los siguientes:

Directos:

Permeámetro de carga constante y carga variable:

El equipo utilizado para esta prueba se denomina permeómetro y consta de un tubo Acrílico si el diámetro mínimo es de aprox. 8 a 12 veces el tamaño máximo de partícula de acuerdo con los estándares de ASTHM. El valor especificado en el estándar BS es 12 veces la partícula máxima de la muestra de prueba. Este pergegeterómetro tiene dos medidores métricos para medir la pérdida de presión.

La norma ASTM recomienda un resorte para mantener la densidad original de la muestra durante la saturación, sin superar los 5 kg de carga, mientras que la norma BS sugiere un pistón.

El procedimiento siguió la ASTM D-2434 (ASTM International, 2021).

Este documento describe un procedimiento para determinar el coeficiente de permeabilidad al flujo laminar a través de suelos granulares que contienen no más del 10% de partículas que pasan por la norma ASTM No. Malla 200 a carga constante. Las normas ASTM recomiendan valores de gradiente hidráulico entre 0,2 y 0,3 para muestras poco compactas, y de 0,3 a 0,5 para muestras de alta densidad.

La norma británica BS sugiere comenzar con un gradiente hidráulico aproximado de 0,2 y recomienda aumentar ligeramente este valor en suelos finos, es importante tener especial cuidado con los valores críticos del gradiente hidráulico cercanos a 0,8 y 1,1, puesto que en dichos niveles comenzarán las turbulencias (López & Rivera, 2023).

Técnicas de campo que posibilitan la medición directa de la conductividad hidráulica del suelo (Martínez & Pérez, 2022).

Estos métodos son los siguientes:

Tabla 3

Permeámetro de carga constante

Diámetro mínimo del permeámetro según **(ASTM D-2434, 2006)** Tamaño máximo de partícula			Diámetro mínimo del cilindro	
entre aberturas		% retenido <35%	%retenido >35%	
de tamices	2.0 mm	9.5 mm	2.0 mm	9.5 mm
2.0 mm y 9.5 mm		75 mm	115 mm	
9.5 mm y 19 mm		150 mm	230 mm	

Nota: En la tabla 3se muestra la norma británica sobre la permeabilidad de los suelos

Desechos de construcción.

Contienen todos los materiales obtenidos durante el trabajo civil al cambiar la cantidad, el volumen y las condiciones de acuerdo con el tipo de proyecto (construcción, renovación o expansión). Se dejan estos desechos, que no forman una Integración de la estructura.

Perú, la mayoría de los edificios de desechos son inertes en la naturaleza, como

ladrillos, arena, piedra, desechos, concreto y asfalto. Estos materiales se pueden usar en diversas aplicaciones, como acondicionamiento de carreteras, pendiente en defensa, construcción de tierra artificial, vertedero, protección costera (Rodríguez & Salinas, 2021).

Por su parte, Alarcón (2020) Se genera una gran cantidad de construcción y demolición en varios países, siendo cifras alarmantes. Por ello, Algunos países como yo, han establecido programas de reciclaje con tasas que varían entre 10% y 90%.

En Estados Unidos, aproximadamente el 45% de los residuos Construcción y demolición reutilizadas, reutilizadas o previstas energía de residuos (EfW).

En China e India, donde la infraestructura crece rápidamente, recupera totalmente el concreto de estos residuos, usándolo en subbases para carreteras.

De manera similar, en Estados Unidos, con el apoyo de FHWA, se usa en el concreto renovado como una base de carretera y un subcorrador. Estándar técnico del Perú Perú 400 050 llamado "Actividades de construcción Gestión de residuos",

Establece directrices para la correcta Gestión de residuos que se está construyendo, incluidos los principios de indicación. (Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento, 2020).

Tabla 4

Clasificación y Manejo de Residuos de la Actividad de la Construcción

Tipo de Residuos	Categoría de Manejo	Ejemplos
Excedentes de Remoción	Reutilizables	Agregados, piedras, tierras con contenido orgánico
	Reciclables	Bolonería

Tipo de Residuos	Categoría de Manejo	Ejemplos
	Para Disposición Final	Materiales contaminados, otros
Excedentes de Obra	Reutilizables	Cementos y aglomerantes, retazos de hierro, alambres, piedras, productos cerámicos
	Reciclables	Concreto sobrante, cascote de ladrillo
	Para Disposición Final	Materiales contaminados, otros
Escombros	Reutilizables	Ver excedentes de remoción/obra para ejemplos generales de reutilizables/reciclables en escombros (si aplica)
	Reciclables	Ver excedentes de remoción/obra para ejemplos generales de reutilizables/reciclables en escombros (si aplica)
	Para Disposición Final	Materiales contaminados, otros
Otros Residuos	No Peligrosos / Peligrosos	Clasificación general
	Reutilizables	Productos cerámicos, piedras
	Reciclables	Demolición de asfalto, demolición de concreto, material de demolición de material de betún, material de demolición sin cambios, mezcla de ladrillos con material de mortero
	Para Disposición Final	Materiales contaminados, otros

Nota: En la tabla se muestra la clasificación de los residuos de la construcción

III. Metodología

3.1. Diseño de la investigación

"El estudio utilizará un enfoque cuantitativo porque los datos que respalden la hipótesis propuesta se recopilarán utilizando medidas numéricas evaluadas" (García, López & Torres, 2022).

Tipo de investigación

Tipo de investigación por el propósito

Este estudio es de carácter aplicado, ya que pretende producir conocimientos en el área de construcción de infraestructuras viales, específicamente en pavimentos rígidos, con la finalidad de se puede usar en práctica y directamente en realidad (Ramírez, Flores & Sánchez, 2021).

Tipo de investigación por el diseño

Según en cuanto su diseño se considera este estudio como experimental, dado que incluye la alteración o Cambiar las circunstancias de un objeto para evaluar los cambios que se producen. Esto se ajusta a Definición de investigación experimental, donde el investigador comprueba la hipótesis mediante la manipulación intencionada de las variables estudiadas (Martínez, Gómez & Pérez, 2023).

Tipo de investigación por el nivel

De acuerdo al nivel, esta investigación es de tipo explicativo, pues tiene como objetivo ofrecer explicaciones detalladas mediante la realización de ensayos. Se analizará la influencia de los materiales de desechos de construcción en la estabilización y la permeabilidad del suelo arenoso en las condiciones de laboratorio. De este modo, se establecerá una relación de causa y efecto (Soto, Ramírez & Delgado, 2021).

3.2. Diseño o esquema de la investigación

El trabajo de la investigación se distingue por contar con un diseño experimental puro, que incluye Variable independiente y variable adicta. Él realizarán pruebas posteriores y se utilizará un grupo de control para evaluar las modificaciones En el tema del estudio después del uso del tratamiento experimental. Este enfoque experimental está orientado a identificar el impacto de materiales reciclados provenientes de la construcción en los procesos de

estabilización y control de la permeabilidad del suelo arenoso en las condiciones de laboratorio (López, Martínez & Ramírez, 2022).

3.3. Población y muestra

Población: "La población será los elementos totales cubiertos por el enfoque especificado y limitado para el problema de la encuesta." (Ramírez & Soto, 2021, p. 8).

La población estará constituida por un conjunto de muestras El suelo arenoso de la subrasante en los accesos a las escuelas de ingeniería en Energía y Civil de la Universidad del Santa, con una extensión de 1.2 km, se ha identificado en cantidad suficiente para realizar los análisis y ensayos necesarios con desechos de construcción.

Este estudio se enfoca exclusivamente en esta área específica, considerando solo el suelo que forma parte de la subrasante de los accesos mencionados y excluyendo cualquier suelo que no pertenezca a dicha zona.

Muestra:

Tabla 5

Tratamientos de la investigación

Tratamientos	Proporciones en peso
t1: grupo de control	Suelo (C)
t2:grupo experimental01	10% de materiales de deshechos de construcción
t3: grupo experimental02	20% de materiales de deshechosde construcción
t3: grupo experimental03	30% de materiales de deshechos de construcción

Nota: En la tabla 4 se describe los ensayos que se realizaran la la investigación del suelo normal y experimental.

El número de muestras especificado en la tabla 11 se utiliza para analizar Propiedades físicas y mecánicas determinadas en una matriz de operacionalización variable.

Muestreo: El muestreo consiste en seleccionar una parte específica De la población que realiza un estudio (Westreicher, 2022, p. 1). Aunque el muestreo es probablemente toda la tierra de subrasante tiene igual posibilidad de ser seleccionado Para análisis y pruebas de laboratorio con residuos de construcción, el tamaño de la muestra se definió por conveniencia. Esto se debe a que se realizarán únicamente tres puntos de exploración o calicatas, siguiendo lo indicado en Estándar técnico CE.010 "pavimentos de la ciudad" que crea un calicata por cada 1800 m² para calles locales. Esta medida es adecuada pues el área evaluada corresponde a la zona de extensión de la ciudad con un ligero tránsito. Asimismo, la cantidad de suelo extraído será conforme a lo requerido por las normas técnicas para cada tipo de ensayo.

3.4. Operacionalizacion de Variables

Variables

Variable Independiente

Adición parcial los desechos de construcción
- Patron
- 10%
- 20%
- 30%

Variable dependiente

Propiedades mecánicas del suelo la sub rasante
- Máxima densidad en estado seco
- Contenido de humedad optimizado
- CBR al 100%

Definición Conceptual

Capacidad de un suelo para oponerse al movimiento entre sus partículas cuando se aplica una fuerza externa.

Definición Operacional

Es la fuerza necesaria para que un pistón estándar se introduzca hasta una profundidad específica, y se expresa en porcentajes

Indicadores

0%,10%, 20% y 30%

3.5. Técnicas e instrumentos de la investigación

Técnica de recolección de datos

“Esto incluye la implementación y el desarrollo de estrategias detalladas destinadas a recopilar la información necesaria” (Mendoza & López, 2021, p. 67).

En esta investigación, la recolección de datos se realizará mediante la observación directa, con la participación activa de los investigadores durante todo el desarrollo del trabajo de campo, así como en las etapas de laboratorio y análisis en gabinete.

Instrumentos de recolección de datos

Según, una herramienta para recopilar datos científicos es "Herramientas utilizadas para documentar información o datos relacionados con las variables estudiadas” (Pérez, Martínez & Gómez, 2023, p. 199).

Las herramientas en la recopilación de datos consistirán en formatos desarrollados según las normas técnicas aplicables para cada análisis o ensayo. A continuación, se presentan las normas que respaldan los instrumentos utilizados:

- Análisis granulométrico por tamizado (A.A.S.H.T.O. T 88 - A.S.T.M. D 422): determina El tamaño de las partículas del suelo.
- Ensayo de límites de Atterberg (A.A.S.H.T.O. T 89 - A.S.T.M. D 4318): establece los límites líquido, plástico y el índice de plasticidad del suelo.
- Determinación del contenido de humedad del suelo (A.A.S.H.T.O. T 265).
- Medición de La aparente densidad y volumen de la Tierra (A.S.T. M. D 2937).
- Examen de laboratorio, Proctor modificado (A.A.S.H.T.O. T 180): Identifique la máxima densidad seca y la humedad óptima
- Ensayo C.B.R. en muestras compactadas (A.S.T.M. D 1883): evalúa Capacidad de apoyo a la tierra.

Validación del instrumento de recolección de datos

“Según la definición, es "grado en el que el instrumento determina efectivamente la variable que se debe probar” (García & Torres, 2022, p. 200).

Herramientas utilizadas para la recopilación de datos están respaldados por las normas técnicas mencionadas anteriormente; no obstante, se realizará una validación adicional por parte de un especialista en pavimentos urbanos. Este experto empleará los formatos establecidos por la Universidad Nacional del Santa para validar los instrumentos de recolección de datos. Dicha validación se enfocará en asegurar la pertinencia y efectividad de los ensayos realizados, con el fin de cumplir los objetivos y confirmar las hipótesis planteadas.

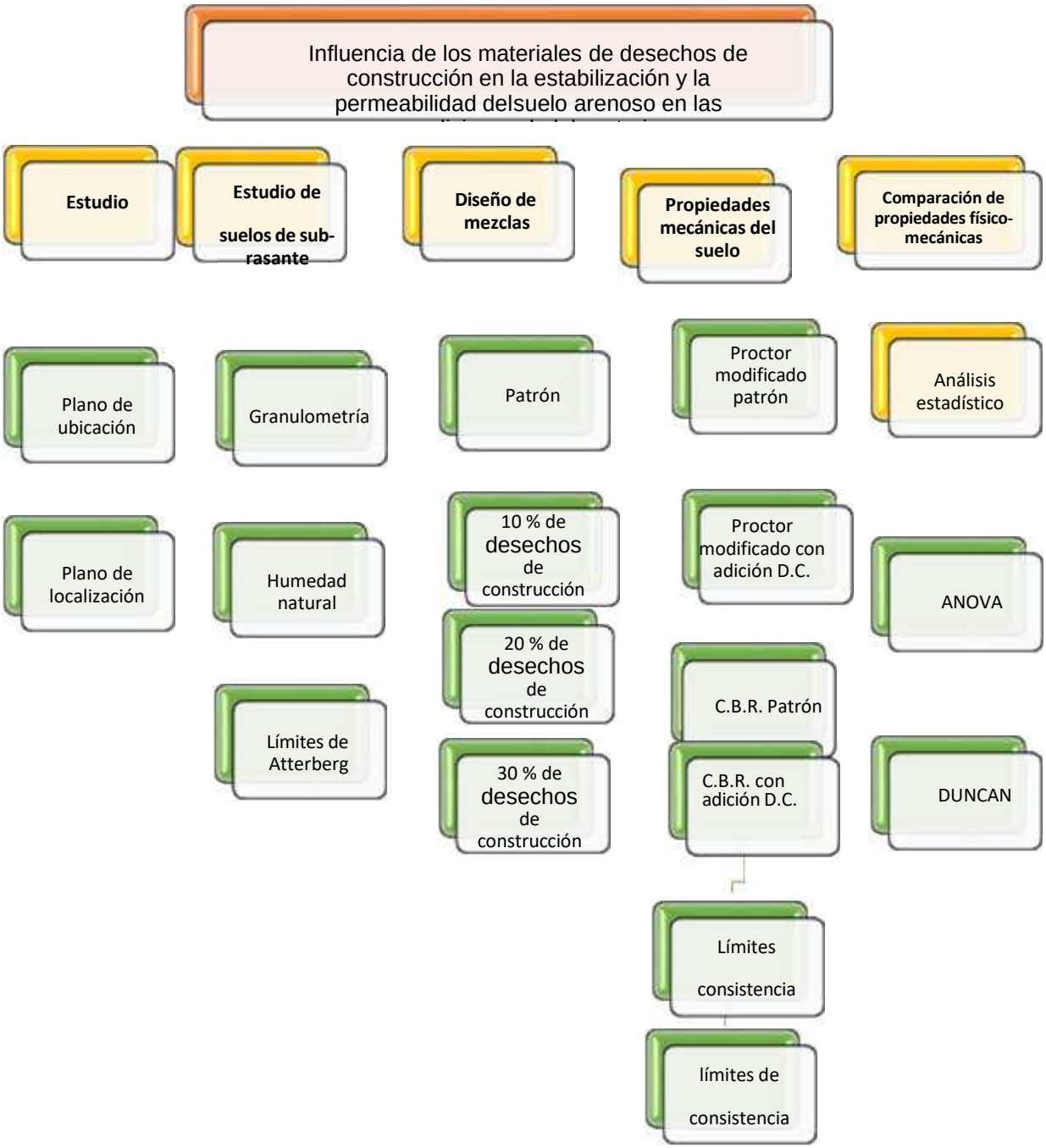
Confiabilidad del instrumento de recolección de datos

"Desde un punto de vista conceptual indica la credibilidad del instrumento utilizado para la recopilación de datos" (Ramírez & Silva, 2023, p. 200).

La fiabilidad de los instrumentos estará garantizada, ya que el personal técnico del laboratorio posee experiencia en ensayos de suelos y el laboratorio cuenta con la debida autorización. Además, los equipos están calibrados con acreditación oficial otorgada por INDECOPI. La confianza en los datos obtenidos se fundamenta en las normas técnicas previamente se determina los resultados esperados.

Figura 2

Los procedimientos seguidos en la presente investigación se muestran en lafigura 2.



Nota: En la figura 3 se determina todo el proceso de investigación para la tesis doctoral

3.6. Procedimiento para la recolección de datos

Método de análisis estadístico de los datos

El análisis de datos estadísticos compilados por herramientas" (López, Martínez & Gómez, 2022, p. 272).

Los datos recolectados mediante los instrumentos fueron organizados en una hoja de cálculo. Luego, se llevó a cabo un análisis de estadística descriptiva, elaborando tablas y gráficos que facilitaron la comprensión e interpretación de los resultados, lo que permitió un mejor análisis y discusión. Además, para los resultados obtenidos de los ensayos comparativos, se aplicaron pruebas estadísticas con el fin de validar la hipótesis, relacionando así los hallazgos sobre las propiedades físicas y mecánicas con la incorporación de los desechos de construcción para el procesamiento de datos: se debe desarrollar los estadísticos como ANOVA, DUNCAN, cociente de variabilidad, gráfico de caja de bigotes, R2, entre otros estadísticos, las cuales servirán para la contratación de la hipótesis estadística.

Procedimiento para resolver el estadístico de Duncan

Según (Martínez & Pérez, 2021), El análisis estadístico mediante la prueba de Duncan se desarrolla en los siguientes pasos:

1.- Formulación de hipótesis:

Hipótesis nula (Hp): No existen diferencias significativas entre los tratamientos (muestras).

Hipótesis alternativa (Ha): Al menos una muestra difiere de las demás.

2.- Se establece un nivel de significancia del 0.05 (5%) o 0.01 (1%).

3.- Tipo de prueba o prueba de significancia: "Fisher y Duncan".

4.- Suposiciones:

Los datos (muestras) (~ N).

Las muestras se obtienen mediante un muestreo aleatorio.

5.- Elaboración del cuadro ANOVA y criterios para la toma de decisiones:

Para construir el cuadro ANOVA, se consideran las fórmulas matemáticas que se describen a continuación, comenzando con:

La suma de cuadrados de los tratamientos (SC(T)):

$$SC(T) = \sum_{i=1}^{a}\sum_{j=1}^{n} Y_{ij}^2 - \frac{(Y..)^2}{na}$$ …….(2)

Ecuación alternativa:

$$SC(T) = \sum_{i=1}^{a} Y_j - \frac{(Y..)^2}{na}$$ …….(3)

Suma de cuadrados de los tratamientos SC(A):

$$SC(A) = \frac{\sum Y_j^2}{n} - \frac{(Y..)^2}{na}$$ …….(4)

Suma de cuadrados de los jueces SC(B):

$$SC(B) = \frac{\sum Y_i^2}{a} - \frac{(Y..)^2}{na}$$ …….(5)

Donde:

a = Es el número de tratamientos o muestras

n = Es el número de jueces

Suma de cuadrados del error SC(E):

$$SC(E) = SC(T) - SC(A) - SC(B)$$ ……..(6)

Los criterios de decisión a tomar en cuenta son:

- Se acepta la Hp si Fcal < Ftab.
- Se rechaza la Hp si Fcal > Ftab.

6.- Desarrollo de la prueba estadística de Duncan:

- Determinar el valor de la varianza Muestral de S 2/y

$$\frac{S^2}{y} = \sqrt{CM(E)/b}$$ ……(7)

7.- Determinar el Cuadro 1.2 de Análisis de Varianza (ANVA) y conclusión

Tabla 6

Para el diseño completamente al azar cuando los tamaños de los tratamientos son iguales

Fuente variación	Suma de cuadrados	Grados libertad	Media cuadrática	Estadístico
Intergrupos	SCF_A	G-1	$MCF_A = \frac{SCF_A}{G-1}$	$F = \frac{MCF_A}{MCR}$
Intersujetos	SCF_B	K - 1		
Eror	SCR	(G-1)(K-1)	$MCR = \frac{SCR}{(G-1)(K-1)}$	$R^2 = \frac{SCF_A}{SCT}$
Total	SCT	N - 1	$MCT = \frac{SCT}{N-1}$	

Nota: En la tabla 5 se describe las formulas para la validación estadística.

Procedimiento para resolver el estadístico de Anova

El modelo ANOVA este caso se presenta cuando se analizan dos variables predictoras categóricas. Si contamos con dos factores, F1 y F2, que tienen I y J niveles respectivamente (siguiendo lo explicado anteriormente), el modelo, expresado en función de las medias de las combinaciones entre los distintos niveles de ambos factores, se define como sigue:

$\mu_{ij}=\alpha_0+\alpha_i+\beta_j+\alpha\beta_{ij}+\epsilon_{ij}$, para i=1,…,I; j=1,…,J con $\alpha_1=\beta_1=\alpha\beta_{11}=0$

donde:

- μ_{ij} representa la media de la respuesta para el nivel i del factor F1 y el nivel j del factor F2.
- α_0 tiene un efecto común para todas las combinaciones de ambos niveles de factores.
- α_i es un aumento que corresponde a cada nivel de coeficiente F1.
- β_j es un aumento asociado con cada nivel de F2.
- $\alpha\beta_{ij}$ denota un aumento asociado con una combinación de F2 F1 y J, conocido como efecto de interacción, que evalúa cómo varían las medias combinadas de Ambos factores. Si este efecto no es significativo, el valor promedio de la combinación de niveles se calcula de forma independiente agregando un aumento en cada nivel.

Dado que existen dos factores, es necesario establecer restricciones adicionales para la identificabilidad, agregando una por cada factor y otra para la interacción, la cual se considera igual a cero.

En este caso no se presenta la matriz de diseño del modelo, aunque es posible construirla considerando una matriz de coeficientes de tamaño IJ × IJ correspondiente al modelo ANOVA de dos factores.

Para ello, se reemplazan los valores de unos y ceros por vectores de unos y ceros con dimensiones adecuadas según el número de niveles de cada factor. Esta La matriz de coeficiente se puede referir del modelo completo ANOVA de dos vías, teniendo en cuenta las restricciones necesarias para su identificabilidad.

$\mu_{11}=\alpha_0+\alpha_1+\beta_1+\alpha\beta_{11}+\epsilon_{11}=\alpha_0+\epsilon_{11}$

$\mu_{12}=\alpha_0+\alpha_1+\beta_2+\alpha\beta_{12}+\epsilon_{12}=\alpha_0+\beta_2+\alpha\beta_{12}+\epsilon_{12}$…..

$\mu_{1J}=\alpha_0+\alpha_1+\beta_J+\alpha\beta_{1J}+\epsilon_{1J}\ldots=\alpha_0+\beta_J+\alpha\beta_{1J}+\epsilon_{1J}$

$\mu_{21}=\alpha_0+\alpha_2+\beta_1+\alpha\beta_{21}+\epsilon_{21}=\alpha_0+\alpha_2+\alpha\beta_{21}+\epsilon_{11}$

$\mu_{22}=\alpha_0+\alpha_2+\beta_2+\alpha\beta_{22}+\epsilon_{22}=\alpha_0+\alpha_2+\beta_2+\alpha\beta_{22}+\epsilon_{22}$

…..

$\mu_{2J}=\alpha_0+\alpha_2+\beta_J+\alpha\beta_{2J}+\epsilon_{2J}\ldots=\alpha_0+\alpha_2+\beta_J+\alpha\beta_{2J}+\epsilon_{2J}$

……..

…….

……

$\mu_{I1}=\alpha_0+\alpha_I+\beta_1+\alpha\beta_{I1}+\epsilon_{I1}$ $\alpha_0+\alpha_I+\alpha\beta_{I1}+\epsilon_{I1}$

$\mu_{I2}=$ $\alpha_0+\alpha_I+\beta_2+\alpha\beta_{I2}+\epsilon_{I2}$ $\alpha_0+\alpha_I+\beta_2+\alpha\beta_{I2}+\epsilon_{I2}$

…….

$\mu_{IJ}=\alpha_0+\alpha_I+\beta_J+\alpha\beta_{IJ}+\epsilon_{IJ}=\alpha_0+\alpha_I+\beta_J+\alpha\beta_{IJ}+\epsilon_{IJ}$

En este caso, la meta sigue siendo comparar medias, aunque el tipo de contraste a aplicar dependerá de la forma en que se haya definido el modelo. Es importante considerar que aquí intervienen más de una variable predictora y, además, evaluar la posible interacción entre los dos factores.

Seguidamente, se muestra en R la formulación de los modelos previamente mencionados y de todos los modelos anidados que pueden derivarse de ellos, junto con su interpretación en relación con las pruebas de hipótesis o los coeficientes vinculados a cada efecto incluido en el modelo.

En R, la formulación del modelo ANOVA de dos vías se establece mediante la expresión simplificada del modelo, que se presenta a continuación:

Y~F1+F2+F1:F2,

donde F1:F2representa el efecto de interacción, y F1y F2son los llamados efectos principales vinculados a los factores analizados. En este tipo de modelos se presentan distintas configuraciones de modelos anidados que es necesario analizar para determinar el tipo de contraste de medias que se está aplicando. De forma alternativa, dicho modelo puede expresarse de manera más compacta como Y∼F1∗F2Y \sim F1 * F2Y∼F1∗F2, lo que representa un modelo que incluye los efectos principales de cada factor junto con su interacción.

Modelo completo, que incorpora todos los factores y su interacción, representado por:

Y∼F1+F2+F1:F2

Si el modelo incluye la interacción, el contraste que se evalúa es:

H0: Hay diferencias entre los niveles combinados ambos factores

Ha: Al menos dos combinaciones de niveles de los factores presentan medias distintas

Este análisis permite determinar si el efecto de interacción es relevante para explicar la variable de respuesta. Si el contraste no resulta significativo, se puede optar por un modelo que solo contemple los efectos principales.

Modelo con ambos efectos principales: $Y \sim F_1 + F_2$

En caso de no rechazar este contraste, se interpretará no tienen diferencias de F1, por lo que se considerará un modelo con solo el efecto principal de F2:

H0: No hay diferencias entre las medias de F2Al

Ha: Existen al menos dos medias de F2F2F2 que son distintas

Si este segundo contraste tampoco es significativo, se concluirá que no hay diferencias entre las medias de los niveles de F2F2F2, y se adoptará un modelo con solo el efecto principal de F1. Permiten evaluar cada factor de forma independiente, partiendo de la ausencia de interacción entre ellos

Modelo con efecto principal de F1F1:

$Y \sim F_1$

Si este contraste no se rechaza, se asumirá que no Hay niveles definidos en F1, por lo que el modelo final no incluirá ningún efecto con capacidad predictiva

Modelo con efecto principal de F_2F2:

$Y \sim F_2$

Partiendo de que tanto la interacción como el efecto principal de F1F1F1 no resultan

significativos, se propone el siguiente contraste

H_0: No hay diferencias entre las medias de F2

H_a:Al menos hay dos medias de F_2 distintas

Si este contraste no se rechaza, se asumirá correspondientes a los niveles de F2F2F2, y, por lo tanto, el modelo final no incluirá ningún efecto con capacidad predictiva.

Y∼1Y \sim 1Y∼1

En este caso, se concluye que todas las medias evaluadas son iguales, lo que implica que los niveles de los factores analizados no influyen en la variable de respuesta.

La estructura secuencial de modelización que debe examinarse para seleccionar aquel con mayor capacidad de predicción. Esta estructura se describe a continuación.

M1: $Y \sim F_1 + F_2 + F_1 : F_2$

M2: $Y \sim F_1 + F_2$

M3.1: $Y \sim F_1$

M3.2: $Y \sim F_2$

M4: $Y \sim 1$

Finalmente se lleva esta comparación de forma secuencial y analizarla permite identificar qué efectos permanecen en el modelo final y cuáles se descartan.

3.7. Técnicas de análisis de resultados

Los análisis de data son definidos como: Por otro lado, los análisis e interpretaciones de los resultados es un proceso en el que organizamos, clasificamos y presentamos los resultados del estudio en forma de tablas, diagramas y gráficos estadísticos, los cuales son elaborados y sistematizados según métodos estadísticos con el objetivo de haciéndolos comprensibles (Gómez & Ramírez, 2021, p. 279).

Este estudio se probará en un laboratorio de suelos, los datos se registrarán en un registrador de datos y luego se procesarán en Excel y se calcularán de acuerdo con las dimensiones de la matriz de consistencia para determinar los distintos objetivos del estudio. Finalmente se representarán en tablas, figuras e interpretación por cada objetivo específico y luego estos resultados discutir con los antecedentes.

IV. Resultados y Discusión

4.1. Resultados

- **El resultado con respecto al primer objetivo específico fue**:

Determinar los estudios físicos y mecánicos de la muestra patrón y de los desechos de construcción ubicados frente a la avenida Brasil de Nuevo Chimbote-Santa-Ancash, con el propósito de estabilizar el suelo arenoso de la Universidad Nacional del Santa.

En función de los análisis y estudios realizados en nuestra investigación, se han identificado y caracterizado las propiedades físicas y mecánicas del terreno en el área de estudio. Para ello, Las pruebas de granulometría se realizaron de acuerdo con las especificaciones estándar ASTM D422 para determinar la división de los tamaños de partículas dentro suelo y su idoneidad para procesos de estabilización.

Los resultados obtenidos permitieron clasificar el suelo natural según el sistema **Unified Soil Classification System (SUCS)**, determinando que está compuesto principalmente por **arena mal gradada (SP)**. Este tipo de suelo se caracteriza por su falta de cohesión y baja capacidad de compactación, lo que puede representar un desafío en términos de estabilidad y resistencia estructural.

Asimismo, se analizaron las propiedades mecánicas de los desechos de construcción seleccionados como material de estabilización. La evaluación incluyó pruebas de compactación, resistencia a la compresión y comportamiento frente a la humedad, con el fin de determinar su viabilidad como material de mejora para el suelo arenoso de la zona. Los hallazgos obtenidos servirán como base para futuras estrategias de estabilización y optimización del terreno, promoviendo el uso de materiales reciclados en aplicaciones de ingeniería civil.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

Los análisis de laboratorio indican que, en las tres calicatas, el tipo de suelo es el mismo: de acuerdo con la clasificación **AASHTO**, corresponde a una arena fina (A-3), y según el **U.S.C.S.**, se trata de una arena mal graduada (SP), tal como se presenta en el siguiente cuadro

Tabla 7:

Clasificación de suelos.

GRANULOMETRÍA-RESUMEN		
CANLICATAS	**AAHSTO**	**(S.U.C.S.)**
CALICATA - 1	A-3	Arena la graduada SP.
CALICATA - 2	A-3	Arena la graduada SP.
CALICATA - 3	A-3	Arena la graduada SP.

Nota: En la tabla 7 se describe los resultados de clasificación de suelos de las 3 calicatas.

CONTENIDO DE HUMEDAD

El contenido de humedad corresponde a la cantidad de agua presente en el suelo; en este caso, la calicata 3 registra el mayor nivel de humedad, tal como se observa en el gráfico.

Figura 3

Contenido de humedad de las calicatas.

Nota: En la figura 3 se muestra los resultados de humedad del suelo de las 3 calicatas.

LIMITES DE ATTERBERG O CONSISTENCIA

En el laboratorio de mecánica de suelos se llevó a cabo el ensayo utilizando la copa de Casagrande, obteniéndose un valor de 0.00 para las tres calicatas.

Tabla 8

Límites de atterberg del suelo

LIMITES ATTERBERG -RESUMEN			
CALICATAS	**LIMITE LIQUIDO**	**LIMITE PLASTICO**	**ÍNDICE DE PLASTICIDAD**
CALICATA - 1	NP	NP	NP
CALICATA -2	NP	NP	NP
CALICATA - 3	NP	NP	NP

Nota: En la tabla 8 se describe los resultados de los limites de las 3 calicatas.

El resultado con respecto al segundo objetivo específico fue: • Evaluar la máxima densidad en estado seco y la humedad optimizado de la muestra patrón y experimental adicionado en 10%, 20% y 30%, de materiales de deshechos de construcción a través del ensayo de compactación de suelos modificado de la Universidad Nacional del Santa.

Los resultados obtenidos indicaron que el suelo sin tratar presentó una resistencia al corte, correspondiente al 100% de su máxima densidad seca, de **1.926 g/cm³**. Este valor está estrechamente relacionado con la máxima densidad seca y el incremento de la resistencia se deben a la reordenación de las partículas de arena, que pasan de una disposición laminar a una estructura más desordenada, permitiendo una aumento en la fricción entre las partículas y, como resultado, una mejor capacidad de soporte ante cargas aplicadas.

En cuanto a la **máxima densidad seca promedio** de las tres calicatas del suelo natural, se obtuvo un valor de **1.926 g/cm³**, con un contenido óptimo de humedad de **10.50%**. En comparación, al incorporar diferentes porcentajes de desechos de construcción, se observaron las siguientes variaciones:

- **10% de desechos de construcción:** densidad seca de **1.954 g/cm³** y contenido óptimo de humedad de **11.20%**.
- **20% de desechos de construcción:** densidad seca de **1.962 g/cm³** y contenido óptimo de humedad de **11.40%**.
- **30% de desechos de construcción:** densidad seca de **1.990 g/cm³** y contenido óptimo de humedad de **11.50%**.

Estos resultados evidencian que la adición de desechos de construcción contribuye a un aumento en la densidad seca máxima del suelo, lo que refleja una mejor compactación y mayor estabilidad. Del mismo modo, el incremento en el contenido óptimo de humedad señala que el suelo tratado necesita más agua para lograr su compactación máxima, lo cual puede influir en su comportamiento mecánico y su aplicabilidad en proyectos de ingeniería geotécnica.

PROCTOR MODIFICADO – EXPERIMENTAL

CALICATA – 1 – 2 - 3 AL (10%- desechos de construcción)

Contenido Optimo Humedad	**11.2 %**	Máxima Densidad Seca ,	**1.954 g/cm³**

CALICATA – 1 – 2 - 3 AL (20%- desechos de construcción)

Contenido Optimo Humedad	**11.4 %**	Máxima Densidad Seca,	**1.962 g/cm³**

CALICATA – 1 – 2 - 3 AL (30%- desechos de construcción)

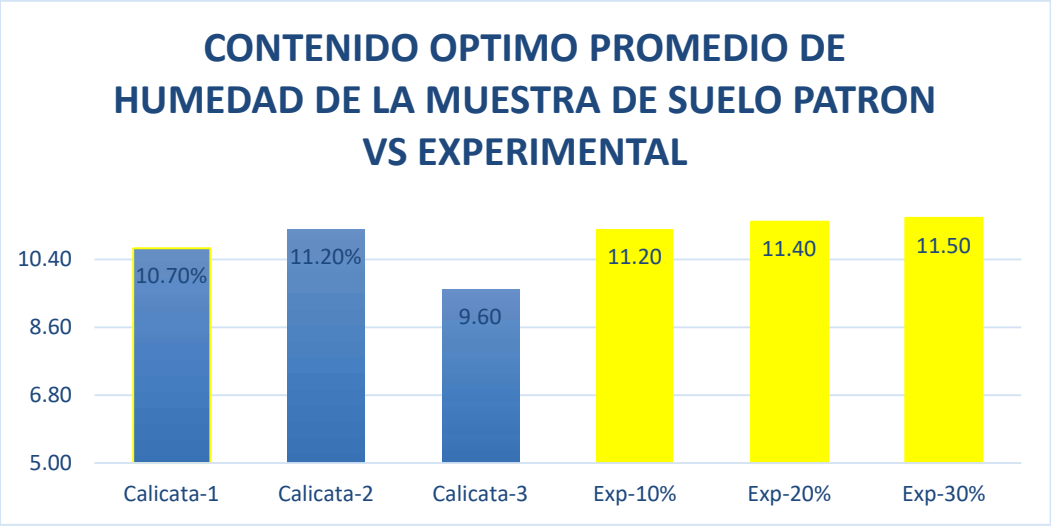
Contenido Optimo Humedad	**11.5 %**	Máxima Densidad Seca ,	**1.990 g/cm³**

RESUMEN DEL PROCTOR MODIFICADO PATRON-EXPERIMENTAL

El gráfico muestra el contenido óptimo del contenido de humedad y el experimental

Figura 4

Contenido de óptimo de humedad patrón y experimental.

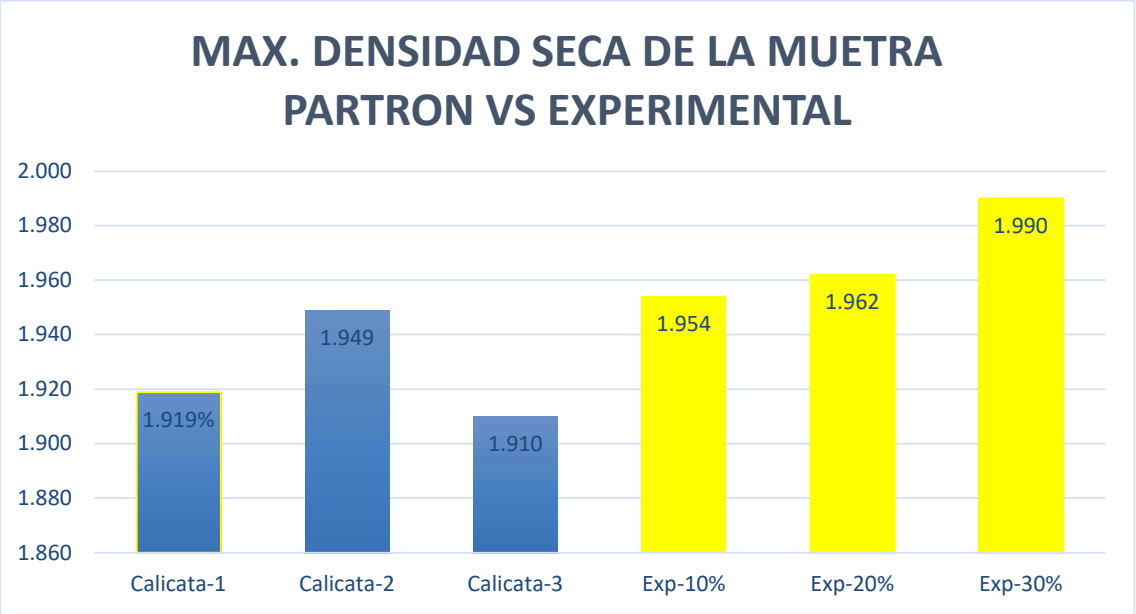


Nota: En la figura 4 se muestra los resultados de contenido optimo de humedad del suelo natural y experimental.

MAXIMA DENSIDAD SECA PATRON Y EXPERIMENTAL

Figura 5

Máxima densidad seca del patrón y experimental.



Nota: En la figura 5 se muestra los resultados de la máxima densidad seca del suelo natural y experimental.

- **El resultado con respecto al tercer objetivo específico fue**: Evaluar el esfuerzo al corte de la muestra patrón y cuando se adiciona un 10%, 20% y 30%, de materiales de deshechos de construcción mediante el método de la California Bearing Ratio (CBR)y del suelo de la Universidad Nacional del Santa.

RESUMEN CBR PATRÓN EXPERIMENTAL

CBR – PATRON

El propósito para determinar la capacidad del suelo y los agregados triturados para determinar la capacidad (CBR) y diferentes grados de compactación.

Estos valores indican que el suelo, en su condición natural, posee una capacidad de soporte moderada, lo que podría limitar su uso en estructuras que requieran mayor resistencia sin un tratamiento previo.

CALICATA-1

CBR al 100% de la Máxima densidad seca (%)	20.58
CBR al 95% de la Máxima densidad seca (%)	16.7

CALICATA-2

CBR al 100% de la Máxima densidad seca (%) 20.72

CBR al 95% de la Máxima densidad seca (%) 16.0

CALICATA-3

CBR al 100% de la Máxima densidad seca (%) 22.41

CBR al 95% de la Máxima densidad seca (%) 17.6

CBR – EXPERIMENTAL

Tras la incorporación de 10%, 20% y 30% de materiales de desecho de construcción, Se evidenció un aumento considerable en la capacidad portante del suelo:

CALICATA – 1 – 2 - 3 AL (10%- desechos de construcción)

CBR al 100% de la Máxima densidad seca (%) 30.13

CBR al 95% de la Máxima densidad seca (%) 20.50

CALICATA – 1 – 2 - 3 AL (20%- desechos de construcción)

CBR al 100% de la Máxima densidad seca (%) 41.89

CBR al 95% de la Máxima densidad seca (%) 28.90

CALICATA – 1 – 2 - 3 AL (30%- desechos de construcción)

CBR al 100% de la Máxima densidad seca (%) 46.30

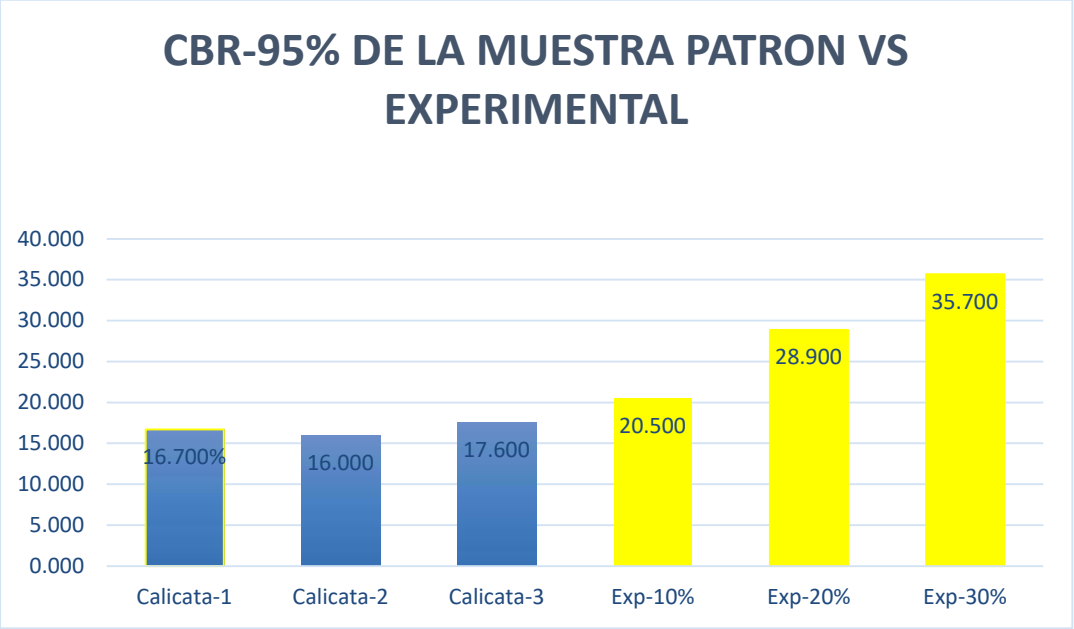
CBR al 95% de la Máxima densidad seca (%) 35.70

Estos resultados evidencian un aumento gradual en la capacidad portante del suelo conforme aumenta el porcentaje de material reciclado, alcanzando su máximo rendimiento con un 30% de adición, lo que representa una mejora considerable con respecto al suelo natural.

El CBR al 95 % de la máxima densidad seca se presenta en el gráfico siguiente

Figura 6

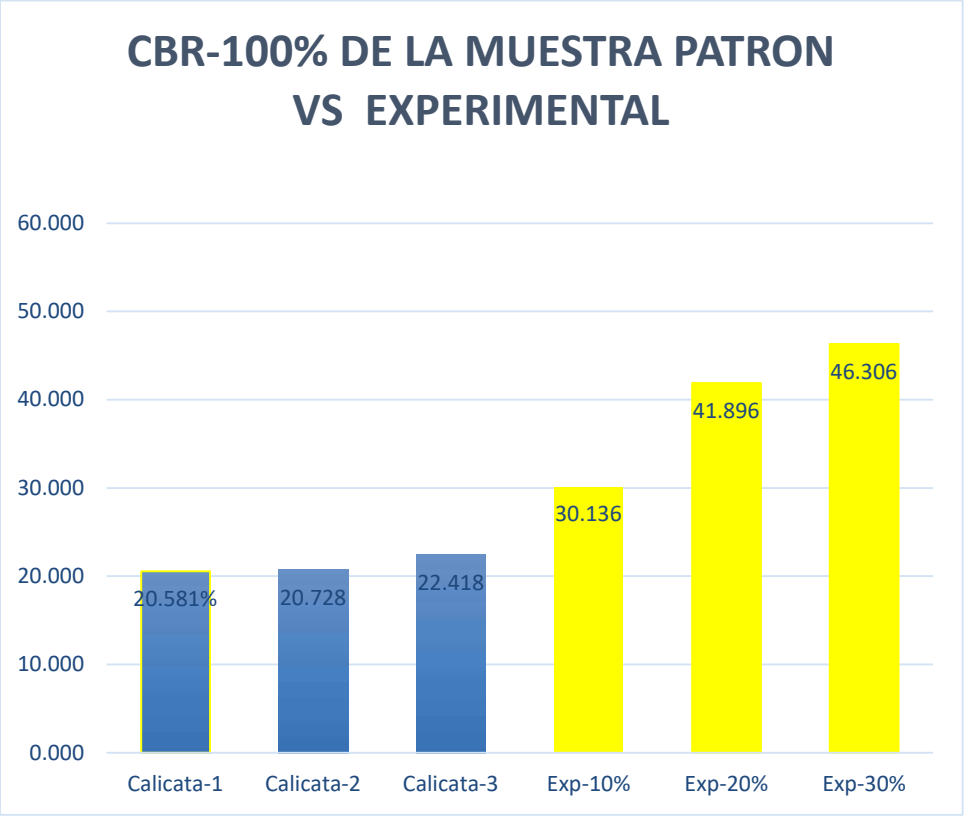
CBR 95% MDS del patrón y experimental.



Nota: En la figura 6 se muestra los resultados de la resistencia del suelo al 95% natural y experimental.

Figura 7

CBR 100% MDS del patrón y experimental.



Nota: En la figura 7 se muestra los resultados de la resistencia del suelo al 100% natural y experimental.

El resultado con respecto al cuarto objetivo específico fue:

Determinar el ensayo de permeabilidad de la muestra patrón y cuando se

adicionaun 10%, 20% y 30%, de materiales de deshechos de construcción del suelo de la Universidad Nacional del Santa.

COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD PATRON Y EXPERIMENTALES

Tabla 9

Tabla elaborada a partir de los diseños de las muestras cilíndricas utilizadas en el ensayo de permeabilidad mediante el método de permeámetro de carga constante, tanto en su versión patrón como experimental.

Descripción	Muestras patrón			Muestras Experimentales con la combinación al		
	C-1	C-2	C-3	10%	20%	30%
Altura columna de agua: H(cm)	30.00	30.00	30.00	32.00	32.00	32.00
Diámetro de muestra a ensayar: D (cm)	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
Altura de muestra a ensayar: L (cm)	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00	10.00
Tiempo de Descarga: t (seg.)	75.15	75.15	75.15	75.15	75.15	75.15
Volumen de agua descargada: V (cm3)	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00	15.00
Sección Transversal de muestra: A (cm2)	78.54	78.54	78.54	78.54	78.54	78.54
Caudal aforado: Q (cm3/seg.)	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20	0.20
Gradiente Hidráulico	0.33	0.35	0.34	0.70	0.98	1.25
Coeficiente de Permeabilidad: K (cm/seg.)	**1.01 E-04**	**1.04 E-04**	**1.08 E-04**	**1.26 E-05**	**1.35 E-06**	**1.48 E-06**

Nota: En la tabla 9 se describe los resultados Informe Técnico Ensayo de Permeabilidad- Método Permeâmetro de Carga Constante Patrón y Experimentales.

Pasando los resultados de las pruebas realizados en el Laboratorio de Mecánica de la Tierra, en las aceras de concreto y Cajamarca, revelan una diferencia significativa entre Las probetas cilíndricas de referencia y las modificadas.

Las probetas patrón registraron un valor medio de permeabilidad de 1.04×10^{-4} cm/s, en tanto que las probetas experimentales alcanzaron un promedio de 1.36×10^{-6} cm/s. Esto indica Reducción considerable en la permeabilidad de las muestras experimentales en comparación con las patrón, clasificándolas dentro de un rango de permeabilidad “muy baja”.

Esta disminución en la permeabilidad sugiere que la composición y tratamiento aplicado a las muestras experimentales mejoran su habilidad para almacenar humedad, lo cual podría ser beneficioso en aplicaciones donde se requiera una menor infiltración,

como en la estabilización de suelos o en estructuras de contención.

- **El resultado con respecto al quinto objetivo específico fue:** Comparar estadísticamente los resultados de la estabilización y permeabilidad de un suelo patrón, y experimental en la Universidad Nacional del Santa.

Para hacer una comparación estadística entre las muestras patrón y experimentales en términos de los resultados obtenidos de CBR (California Bearing Ratio) y coeficiente de permeabilidad, un análisis adecuado podría ser un ANOVA (Análisis de Varianza) o la Prueba de Duncan. A continuación, se realizo la comparación estadística usando estas herramientas.

Comparación Estadística: ANOVA y Duncan

Objetivo de la comparación:

El objetivo es analizar si hay diferencias significativas en los resultados del CBR y el coeficiente de permeabilidad entre Modelo y muestras experimentales con adiciones de desechos de construcción (10%, 20% y 30%).

ANOVA: Análisis de Varianza

El ANOVA es un método estadístico empleado para analizar y contrastar las medias de varios grupos, con el fin de identificar si existe al menos uno cuya diferencia respecto a los demás sea estadísticamente significativa. En este caso, se realizaría un ANOVA para comparar las medias del CBR y el coeficiente de permeabilidad entre las siguientes muestras:

Muestra patrón (sin adición de desechos)

Muestras experimentales con 10%, 20% y 30% de desechos de construcción.

1.2 Pasos para realizar un ANOVA:

- Hipótesis nula (H_0): Las medias de las muestras de CBR o permeabilidad son iguales para todas las combinaciones de las muestras patrón y experimentales.
- Hipótesis alternativa (H_1): Existe al menos una media que presenta una diferencia respecto a las demás de las demás.
- Cálculo del valor de F: El análisis de varianza calcula un valor de F, que se utiliza con el propósito de establecer si las variaciones entre los promedios son significativas.
- Comparación del valor de F con el valor crítico: Se confronta el valor de F obtenido con el valor crítico proporcionado por la tabla de distribución F. Si el valor calculado supera al crítico, se descarta la hipótesis nula.
- Significación: Si la prueba es significativa, se determina que hay discrepancias del

CBR y el coeficiente de permeabilidad entre las diferentes muestras.

1.3 Prueba de Duncan:

Si el ANOVA muestra que hay diferencias significativas, entonces se puede realizar la Prueba de Duncan para hacer comparaciones entre los grupos específicos y ver cuáles son significativamente diferentes entre sí.

- La Prueba de Duncan clasifica las muestras en grupos homogéneos, lo que permite identificar qué combinaciones de las muestras (por ejemplo, patrón vs. 10%, 20% y 30% de desechos) tienen diferencias significativas en términos de CBR y permeabilidad.

Tabla 10

*Los resultados obtenidos para el **CBR** (en %) son los siguientes:*

Calicata	CBR al 100% densidad	CBR al 95% densidad
Patrón (Muestras)	20.58 - 22.41	16.0 - 17.6
10% Desechos	30.13	20.50
20% Desechos	41.89	28.90
30% Desechos	46.30	35.70

Nota: En la tabla 10 de describe se describe la resistencia del suelo al 95 y 100%.

Análisis ANOVA para CBR:

- Se comparan las medias de CBR al 100% densidad y CBR al 95% densidad entre las muestras patrón y experimentales (10%, 20% y 30% de desechos).
- Los resultados sugieren que a medida que aumentan los desechos de construcción, tanto al 100% como al 95% de densidad, el CBR aumenta considerablemente, lo que refleja un incremento en la resistencia portante del terreno.

Prueba de Duncan para CBR:

- Si los resultados del ANOVA indican una diferencia significativa, la prueba de Duncan puede mostrar que la muestra con 30% de desechos de construcción tiene el CBR más alto, seguido de las muestras con 20% y 10%, y la muestra patrón mostrando el CBR más bajo.

Tabla 11

Los resultados obtenidos para el coeficiente de permeabilidad (K) en cm/seg son los siguientes:

Descripción	Coeficiente de Permeabilidad (cm/seg)
Patrón	1.01 E-04 - 1.08 E-04
10% Desechos	1.26 E-05
20% Desechos	1.35 E-06
30% Desechos	1.48 E-06

Nota: En la tabla 11 de describe se describe la permeabilidad del suelo natural y experimental.

Análisis ANOVA para Permeabilidad:

- Se comparan las medias del valor de permeabilidad hidráulica entre las probetas de referencia y las experimentales (10%, 20% y 30% de desechos).
- Los resultados muestran que la permeabilidad se reduce conforme se incrementa la proporción de desechos de construcción. Esto sugiere que agregar desechos.

Prueba de Duncan para Permeabilidad:

- Si el ANOVA muestra una diferencia significativa, la prueba de Duncan indicaría que la muestra patrón tiene el coeficiente de permeabilidad más alto, mientras que las muestras con desechos de construcción tienen los valores más bajos, especialmente la muestra con 30% de desechos que muestra la permeabilidad más baja de todas.

El resultado con respecto al sexto objetivo específico fue: Proponer un diseño del pavimento de la muestra patrón y experimental de la Universidad Nacional del Santa.

Para proponer un diseño de pavimento basado en la comparación de los resultados obtenidos entre la muestra de referencia de la Universidad Nacional del Santa, se deben

tener en cuenta las propiedades geotécnicas del suelo (como la clasificación de suelo, CBR, densidad y permeabilidad), junto con los requisitos de diseño estructural del pavimento. Se expone una metodología general para el diseño de pavimentos basada en Los resultados de las pruebas realizadas.

Análisis de Resultados

1.1 Propiedades del Suelo (Muestra Patrón y Experimental)

Según los datos obtenidos en las pruebas de CBR, permeabilidad, y compactación:

Muestra Patrón:

- Clasificación: Arena mal graduada (SP), A-3 según AASHTO.
- CBR: 20.58 - 22.41% (100% densidad seca).
- Coeficiente de Permeabilidad: 1.01 E-04 cm/s.
- Máxima Densidad Seca: 1.926 g/cm³ (suelo con buena capacidad de compactación).
- Contenido Óptimo de Humedad: 10.5%.

Muestras Experimentales (con 10%, 20% y 30% de desechos de construcción):

- CBR:
- 10% desechos: 30.13% (100% densidad seca).
- 20% desechos: 41.89% (100% densidad seca).
- 30% desechos: 46.30% (100% densidad seca).
- Coeficiente de Permeabilidad: Disminución significativa con el incremento de desechos (de 1.01 E-04 cm/s a 1.48 E-06 cm/s).
- Máxima Densidad Seca: Aumenta progresivamente con el aumento de desechos.
- Contenido Óptimo de Humedad: Ligeramente mayor a medida que aumentan los desechos (11.2% a 11.5%).

2. Selección del Tipo de Pavimento

La elección del tipo de pavimento se realiza considerando la resistencia del suelo (CBR) y su capacidad de drenaje (permeabilidad). A partir de los resultados obtenidos, el tipo de pavimento que se podría diseñar para cada tipo de muestra es el siguiente:

- Pavimento flexible: Utilizado en suelos con baja capacidad de soporte (CBR < 30%).
- Pavimento rígido: Recomendado cuando la capacidad de soporte es mayor y el suelo tiene baja permeabilidad.

3. Diseño de Pavimento para Muestra Patrón (Sin Desechos)

3.1 Cálculo de la estructura del pavimento:

- CBR = 20.58% (al 100% de la densidad seca): Según el diseño de pavimentos flexible, un CBR entre 20% y 30% sugiere que se necesita una estructura de pavimento que incluya una base resistente.

3.2 Capas recomendadas para pavimento flexible:

- Subrasante (Capa de suelo natural): Con un CBR de 20.58%, se recomienda un espesor de entre 15 a 30 cm dependiendo de la carga vehicular.
- Capa base: Se recomienda una capa base granular con un espesor de entre 20 y 30 cm, que proporcionará la resistencia necesaria.
- Observe su subtono: subtleta granular con un entre 15 y 20 cm, determinada en función del CBR y del volumen de carga vehicular.
- Capa de rodadura: La capa de asfalto o concreto tendrá un espesor variable entre 5 y 8 cm, Depende de las condiciones climáticas y la intensidad tránsito.

Resumen del diseño:

- Subrasante: 15 - 30 cm.
- Capa Base: 20 - 30 cm.
- Capa Subbase: 15 - 20 cm.
- Capa de rodadura: 5 - 8 cm (asfalto o concreto).

4. Diseño de Pavimento para Muestras Experimentales (con 10%, 20% y 30% de desechos)

4.1 Cálculo de la estructura del pavimento:

Con el aumento de los desechos de construcción, los valores de CBR mejoran significativamente, lo que sugiere una mayor capacidad de soporte para el suelo. Los valores de CBR son mucho más altos:

- 10% de desechos: CBR = 30.13% (al 100% densidad seca).
- 20% de desechos: CBR = 41.89% (al 100% densidad seca).
- 30% de desechos: CBR = 46.30% (al 100% densidad seca).

Esto sugiere que el suelo modificado con desechos de construcción tiene una mayor

capacidad de soporte y, por lo tanto, se podría utilizar una estructura de pavimento más delgada y económica.

4.2 Capas recomendadas para pavimento flexible:

- Subrasante: Con un CBR de hasta 46.30%, la capa de subrasante puede ser más delgada. Dependiendo de la carga vehicular, un espesor de entre 10 y 20 cm sería suficiente.
- Capa base: Para estos suelos mejorados, la capa base podría ser de 15 a 20 cm, a causa de la elevada resistencia portante del terreno.
- Capa de subbase: La capa de subbase granular también podría ser más delgada, entre 10 y 15 cm, gracias al aumento del CBR.
- Capa de rodadura: La capa de rodadura de asfalto o concreto podría mantenerse en 5 a 8 cm.

Resumen del diseño para muestras experimentales (10%, 20% y 30% de desechos):

- Subrasante: 10 - 20 cm.
- Capa Base: 15 - 20 cm.
- Capa Subbase: 10 - 15 cm.
- Capa de rodadura: 5 - 8 cm (asfalto o concreto).

4.2. Discusión

Discusión 1:

En los análisis realizados a través de los ensayos de granulometría según la norma ASTM

D422, se ha identificado que el suelo en la zona de estudio (frente a la avenida Brasil de Nuevo Chimbote-Santa-Ancash) está compuesto por arena mal graduada (SP), según el sistema S.U.C.S. y clasificado como A-3 según la clasificación AASHTO.

Estos resultados concuerdan con lo reportado por Jiménez et al. (2020), quienes encontraron que los suelos clasificados como A-3 presentan alta permeabilidad y baja cohesión, lo que los hace menos adecuados para aplicaciones estructurales sin estabilización. Así mismo, investigaciones previas como la de Torres y Pérez (2018) confirmaron que la granulometría según ASTM D422 es clave para predecir el comportamiento mecánico del suelo bajo carga.

Discusión 2:

Los resultados evidencian que, conforme se incrementa la cantidad de desechos de construcción, tanto la máxima densidad seca como la humedad óptima incrementan.

Este hallazgo es consistente con lo reportado por Gutiérrez y Salazar (2019), quienes señalaron que la incorporación de materiales reciclados en suelos arenosos mejora la compactación y reduce la cantidad de vacíos, favoreciendo la densificación. Asimismo, estudios realizados por Ramírez et al. (2021) indican que la humedad óptima aumenta debido a la capacidad de absorción de los desechos, lo que influye en la retención de agua del material estabilizado.

Discusión 3:

Los resultados muestran un aumento significativo en el índice CBR a medida que se incrementa el porcentaje de desechos de construcción en el suelo.

Este comportamiento ha sido documentado por autores como Martínez y Herrera (2020), quienes observaron que la adición de desechos de construcción incrementa la resistencia mecánica y capacidad de carga del suelo. Por otro lado, la investigación de López et al. (2017) confirma que la mejora en la resistencia al corte se debe a la interacción de partículas angulares de los residuos con el suelo base, proporcionando mayor fricción interna.

Discusión 4:

Los resultados muestran una disminución en la permeabilidad del suelo cuando se añaden desechos de construcción.

Investigaciones previas, como la de Rodríguez y Castro (2019), han demostrado que la adición de desechos de construcción reduce los espacios intersticiales, limitando el paso de

agua y disminuyendo la permeabilidad. Además, Segovia et al. (2021) encontraron que la compactación inducida por los residuos contribuye a la formación de una estructura menos permeable, lo que puede tener implicaciones en la estabilidad hidráulica de proyectos de ingeniería civil.

Discusión 5:

El ANOVA y la prueba de Duncan muestran que a medida que aumentan los desechos de construcción, el CBR aumenta considerablemente, lo que indica una mejora en la capacidad de soporte del suelo.

Estos resultados coinciden con los reportados por Pacheco y Suárez (2020), quienes concluyeron que la estabilización con residuos de construcción es una alternativa viable para mejorar la resistencia de suelos con baja cohesión. Asimismo, la investigación de Vega et al. (2018) encontró que el aumento de la densidad del suelo modificado reduce su permeabilidad, generando un comportamiento más estable en aplicaciones estructurales.

Discusión 6:

El diseño propuesto permite una optimización de los recursos, utilizando materiales reciclados (desechos de construcción), reduce el costo y contribuye a la sostenibilidad del proyecto.

Estudios recientes, como el de González y Muñoz (2022), destacan que la incorporación de materiales reciclados en la edificación de pavimentos constituye una medida eficiente que contribuye tanto a la reducción de costos como al incremento de la eficiencia en el proceso constructivo estructural. De igual manera, investigaciones de Rivas y Ortega (2021) advierten sobre la necesidad de gestionar adecuadamente la permeabilidad en proyectos que emplean suelos estabilizados con residuos, asegurando una adecuada planificación del drenaje en zonas con alta pluviosidad.

V. Conclusiones y Recomendaciones

5.1. Conclusiones

En conclusión, la determinación de las características físicas y mecánicas del suelo de la Universidad Nacional del Santa es fundamental para su estabilización. Los estudios y análisis granulométricos revelan que el suelo es clasificado clasificado Como arena mal graduada (SP) de acuerdo con un solo sistema de clasificación de suelo (Suc), y A-3 según AASHTO. Este tipo de suelo, caracterizado por su falta de cohesión y baja capacidad de compactación, presenta desafíos en términos de estabilidad, pero también ofrece oportunidades para la mejora de sus propiedades mediante técnicas de estabilización.

En conclusión, Los resultados obtenidos para La densidad que se mejora la adición de residuos de construcción de forma notable las características del suelo. En el suelo natural, la densidad seca máxima promedio fue de 1.926 g/cm³ con una humedad óptima de 10.50%. Al incorporar desechos, se registró un aumento progresivo en la densidad seca: con un 10% de adición se obtuvo 1.954 g/cm³ (11.20%); con un 20%, 1.962 g/cm³ (humedad óptima 11.40%); y con un 30%, 1.990 g/cm³ (humedad óptima 11.50%). Este incremento tanto en densidad seca como humedad óptima refleja una compactación más eficiente y resistencia del suelo, validando el uso de desechos de construcción como estrategia eficaz para la estabilización.

En conclusión, Las pruebas de CBR evidencian que incrementa notablemente la resistencia portante del suelo. El suelo de referencia registró un CBR promedio de 21.24% (al 100% de su densidad seca máxima). Con la incorporación de desechos, se observaron mejoras sustanciales: 30.13% con 10% de desechos; 41.89% con 20%; y 46.30% con 30%. Esta mejora en la resistencia al corte y la capacidad de soporte convierte el uso de desechos de construcción en una opción viable para estabilizar suelos arenosos y optimizar sus características para proyectos de construcción, especialmente aquellos que requieren alta resistencia y estabilidad frente a cargas.

En conclusión, La adición de desechos de construcción reduce significativamente la permeabilidad del suelo. Las probetas de referencia registraron un valor medio de permeabilidad de 1.04×10^{-4} cm/s, mientras que las muestras experimentales con desechos mostraron una notable disminución, con valores de 1.26×10^{-5} cm/s para el 10%, 1.35×10^{-6}cm/s para el 20%, y 1.48×10^{-6}cm/s para el 30%. Esta reducción sugiere que los desechos

limitan la capacidad de filtración del suelo, lo cual debe ser considerado en el diseño de infraestructura.

En conclusión, la comparación estadística mediante análisis ANOVA y la Prueba de Duncan, para el CBR y el coeficiente de permeabilidad, demostró diferencias significativas entre el suelo patrón y las mezclas con desechos de construcción. Se confirmó una mejora sustancial en el CBR, alcanzando un máximo de 46.30% con el 30% de desechos, y una drástica reducción del coeficiente de permeabilidad a 1.48×10^{-6} cm/s con la misma dosificación. Estos resultados validan la efectividad de los desechos de construcción para modificar favorablemente tanto la capacidad de soporte como las características hidráulicas del suelo.

En conclusión, el diseño de pavimento propuesto para la Universidad Nacional del Santa, basado en los resultados de CBR y permeabilidad, demuestra que la adición de desechos de construcción mejora significativamente la capacidad de soporte del suelo. Mientras que un suelo patrón (CBR de 20.58% - 22.41%) requeriría una subrasante de 15-30 cm, una base de 20-30 cm y una subbase de 15-20 cm, la incorporación de desechos (con CBRs de hasta 46.30%) permite reducir el espesor de la subrasante a 10-20 cm, la base a 15-20 cm y la subbase a 10-15 cm. Esto optimiza costos al permitir una estructura de pavimento más delgada. Aunque se observa una disminución de la permeabilidad (hasta 1.48×10^{-6}cm/s), este enfoque se presenta como sostenible y eficiente para pavimentos de tráfico ligero a moderado.

5.2. Recomendaciones

Se recomienda continuar utilizando desechos de construcción (en porcentajes como 10%, 20% y 30%) para la estabilización de suelos arenosos. Los datos obtenidos evidencian un aumento notable en la resistencia portante (CBR), con incrementos de hasta 46.30% (con 30% de desechos), sin afectar negativamente la estructura del suelo. No obstante, es crucial establecer un programa de monitoreo prolongado para analizar la resistencia y estabilidad de los pavimentos construidos con estos materiales reciclados bajo condiciones reales de uso.

Dado que la incorporación de desechos de construcción mejora la densidad máxima seca (hasta 1.990 g/cm³ con 30% de desechos) y el contenido de humedad óptimo (hasta 11.50% con 30% de desechos), se recomienda aplicar un control estricto en el proceso de compactación en campo. Esto es especialmente importante al usar los porcentajes más altos de desechos, a fin de asegurar que se logre la densidad adecuada y se garantice la estabilidad a largo plazo del pavimento.

Considerando que el incremento en el porcentaje de desechos de construcción Mejorar significativamente la capacidad del apoyo del suelo (CBR al 100% de la máxima densidad seca alcanza 46.30% con un 30% de desechos), se recomienda utilizar estos materiales reciclados en áreas donde el CBR del suelo natural sea insuficiente para pavimentos. Esta estrategia es especialmente viable y rentable para pavimentos de tráfico ligero a moderado, donde se aprovecha al máximo la mejora en las propiedades geotécnicas.

Para las muestras experimentales con desechos de construcción, se sugiere adoptar un diseño de pavimento más económico con espesor de capas reducidas. La mejora en el CBR (hasta 46.30%) permite disminuir el espesor de la subrasante (de 15-30 cm a 10-20 cm), la base (de 20-30 cm a 15-20 cm) y la subbase (de 15-20 cm a 10-15 cm). Se recomienda ajustar el diseño específicamente según el porcentaje de desechos para optimizar el balance entre costo y desempeño estructural, maximizando así el ahorro en materiales vírgenes y los costos de construcción.

Los datos reflejaron una reducción considerable en la permeabilidad a medida que aumentan los desechos de construcción (de un promedio de 1.04×10^{-4}cm/s en el patrón a 1.48×10^{-6}cm/s con un 30% de desechos). Por lo tanto, se recomienda implementar estructuras de drenaje apropiadas o mejorar las propiedades de drenaje en las zonas donde se incorpore mayor contenido de desechos. Esto resulta fundamental para evitar la acumulación de agua

pavimento y asegurar su durabilidad a largo plazo.

Se recomienda realizar más estudios a largo plazo sobre el comportamiento del pavimento que incorpore desechos de construcción, particularmente bajo diversas condiciones climáticas y de tráfico, para evaluar su desempeño en el tiempo. Asimismo, es esencial explorar la escalabilidad de este enfoque en proyectos de mayor envergadura o en diferentes tipos de suelos, con el fin de confirmar su viabilidad y adaptabilidad en diversas aplicaciones de ingeniería civil.

Referencias Bibliográficas

Acosta, R. H. (2019). Caracterización básica de residuos de construcción y demolición (RCD'S) y su potencial utilización en una estructura de pavimento [Tesis de Especialidad, Universidad Militar Nueva Granada]. https://repository.unimilitar.edu.co/handle/10654/32751

AEC. (2020). Asociación Española de la Carretera. Asociación Española de la Carretera. https://www.aecarretera.com/

Aiassa, J., & Arrúa, L. (2023). Estudio comparativo de técnicas de estabilización de suelos para plataformas de pavimento. Revista de Ingeniería Vial y Transporte, 18(2), 61–70.

Allen, T., Christopher, B., Elias, V., & DiMaggio, J. (2001). Development of the simplified method for internal stability design of mechanically stabilized earth walls. Federal Highway Administration, U.S. Department of Transportation.

Bagriacik, B. (2021). Utilization of alkali-activated construction demolition waste for sandy soil improvement with large-scale laboratory experiments. Construction and Building Materials, 302. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2021.124173

Barrios, M. D. J., & Jiménez Pinzón, M. L. (2019). Informe de revisión de literatura sobre el impacto ambiental generado por los residuos de construcción y demolición en obras civiles en Colombia (Doctoral dissertation, Universidad Cooperativa de Colombia, Facultad de Ingenierías, Ingeniería Civil, Santa Marta).

Bautista, S. (1999). Regeneración post-incendio de un pinar (Pinus halepensis, Miller) en ambiente semiárido. Erosión del suelo y medidas de conservación a corto plazo [Tesis Doctoral, Universidad de Alicante].

Becerra, P. G., & Gómez, L. F. (2019). Estudio del comportamiento en las arcillas típicas de Bogotá estabilizadas con residuos de construcción y demolición (RCD) [Tesis de Especialidad, Universidad Católica de Colombia, Facultad de Ingeniería]. https://repository.ucatolica.edu.co/handle/10983/24070

Bizarreta, J., Averos, R., Ochoa, S., & Bizarreta, J. C. (2021). Estudio experimental sobre la estabilización de suelo de subrasante blando con residuo de concreto fino. ESPOCH Congresses: The Ecuadorian Journal of S.T.E.A.M, 1, 1044–1052. https://doi.org/10.18502/espoch.v1i2.9530

Campo, J. (2012). Efectos de incendios experimentales repetidos en la agregación del suelo y su evolución temporal [Tesis Doctoral, Universitat de València].

Cerreño, P. (2016). Estabilización de suelos con agregados reciclados – Revista Vial. Vial. https://revistavial.com/estabilizacion-de-suelos-con-agregados-reciclados/

Chica, L., & Beltrán, J. (2018). Caracterización de residuos de demolición y construcción para la identificación de su potencial de reúso. DYNA, 85(206), 338-347. https://doi.org/10.15446/dyna.v85n206.68824

Cordero, M., & Hernández, J. (2023). Técnicas de estabilización de suelos: enfoques físico, mecánico y químico. Revista de Ingeniería Geotécnica Aplicada, 21(2), 59–68.

Decreto Legislativo Nº 1278. (2016). Ley de Gestión Integral de Residuos Sólidos. Diario Oficial El Peruano.

De La Torre-Jave, E., Gonzales, R., & Salazar, A. (2020). Circular economy and recycling in Peru. Revista de Ingeniería Ambiental, 12(2), 45-53.

Delgado, A., Rivas, M., & Torres, F. (2021). Comportamiento de suelos con materia orgánica: resistencia y estabilización por compactación. Revista de Geotecnia y Suelos, 19(2), 44–52.

Del Río, M., Izquierdo, P., Salto, I., & Santa Cruz, J. (2010). La regulación jurídica de los residuos de construcción demolición (RCD) en España. El caso de la Comunidad del Madrid.

Dutré, V., & Vandecasteele, C. (1995). Solidification/Stabilization of Hazardous Arsenic Containing Waste from a Copper Refining Process. Journal of Hazardous Materials, 40, 55-68.

Eades, J. L. (1962). Reactions of Ca(OH)2 with Clay Minerals in Soil Stabilization [Ph. D. Dissertation, University of Illinois – Champaign].

Echecopar. (2022). Amendments to the Regulation of solid waste management (D.S. Nº 001-2022-MINAM). Estudio Echecopar, Lima.

Echecopar. (2025). New deadline for environmental adaptation of solid waste activities (D.S. Nº 001-2025-MINAM). Estudio Echecopar, Lima.

Fatta, D., Papadopoulos, A., Avramikos, E., & Sg, E. (2003). Generation and management of construction and demolition waste in Greece-an existing challenge. Resources, Conservation and Recycling, 40(1), 81–91.

Fernández, L., & Castro, M. (2022). Aplicación de cal y cemento en la estabilización de suelos naturales. Revista de Ingeniería y Construcción, 20(2), 77–85.

Fernández, T. (2003). Influencia de los terrenos en la urbanización de nuevos sectores urbanos: la estabilización de arcillas margosas con cal [Tesis doctoral, Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos, Universidad Politécnica de Madrid].

García, J. F. (2014). Gestión de residuos de construcción y demolición en Alemania. Fundación de la Industria de la Construcción. https://www.cmic.org.mx/comisiones/Sectoriales/medioambiente/Fichas%20T%C3%A9cnicas/Alemania_BP.pdf

García, M., López, A., & Torres, R. (2022). Metodologías cuantitativas en investigación científica. Revista de Investigación Científica, 15(1), 45-53.

García, M., & Torres, P. (2022). Validez y confiabilidad en instrumentos de medición para investigaciones cuantitativas. Revista de Métodos de Investigación, 15(3), 195-205.

García, M., López, A., & Torres, R. (2022). Metodologías cuantitativas en investigación científica. Revista de Investigación Científica, 15(1), 45-53.

Garibay, T., & Cauhape, M. (2006). Permeabilidad de Suelos. (Geología y Geotecnia). Universidad Nacional de Rosario, Argentina.

Gimeno-García, E. (1999). Efectos de la intensidad del fuego sobre las propiedades químicas del suelo y sus consecuencias en los procesos de erosión hídrica. Incendios experimentales en zonas forestales mediterráneas [Tesis Doctoral, Universitat de València].

Giovanardi, F. S. (2016). Evaluación del efecto de los incendios en los procesos erosivos mediante sensores remotos y Sistemas de Información Geográfica [Tesis Doctoral, Universidad de León].

Glendinning, S., & Rogers, C. D. F. (1996). Deep Stabilisation Using Lime. En C. D. F. Roger, S. Glendinning, & N. Dixon (Eds.), Lime Stabilisation (pp. 68). Thomas Telford.

Gómez, J. A. (2024). Influencia de materiales reciclados en la estabilización y permeabilidad de suelos arenosos [Tesis de maestría, Universidad Nacional]. Repositorio Institucional.

Gómez, R., & Pérez, A. (2023). Estabilización in situ de suelos con cal y cemento: avances recientes. Revista de Tecnología y Construcción, 25(1), 12-19.

González Cortina, M., & Villanueva Domínguez, L. (2000). Recuperación de morteros romanos de cal y chamota en aplicaciones actuales [Tesis Doctoral, Escuela Técnica Superior de Arquitectura de la Universidad Politécnica de Madrid].

González Madariaga, F. J. (2005). Caracterización de mezclas de residuos de poliestireno expandido (EPS) conglomerados con yeso o escayola, su uso en la construcción [Tesis doctoral, Universitat Politècnica de Catalunya].

González-Pelayo, O. (2011). Dinámica de la humedad del suelo. Propiedades físicas y escorrentía en laderas mediterráneas afectadas por incendios forestales [Tesis Doctoral, Universitat de València].

González, A., Méndez, C., & Torres, F. (2022). Densidad relativa y compactación en suelos granulares: métodos y aplicaciones. Revista de Ingeniería Civil y Geotecnia, 24(3), 98–106.

Henzinger, C., & Heyer, D. (2015). Use of Demolition Waste in Soil Improvent. En Geotechnical Engineering for Infraestructure and Development: Conference Proceedings of the XVI ECSMGE (Vol. 05, pp. 2547-2552).

Hernández, L., & Castillo, R. (2021). Análisis moderno del coeficiente de permeabilidad en suelos: fundamentos y aplicaciones. Revista de Ingeniería Hidráulica y Geotecnia, 30(1), 12–20.

Hernández, M., & Vargas, J. (2023). Equilibrio de cortes y rellenos en obras viales: aspectos técnicos, económicos y ambientales. Revista Internacional de Ingeniería Civil, 21(1), 45-54.

IEA. (2016). Decree 1278 approving the Law on Solid Waste Management in Peru. International Energy Agency. https://www.iea.org/policies/15999

Instituto Español del Cemento y sus Aplicaciones (IECA). (2020). Estabilización de suelos con conglomerantes hidráulicos. Madrid, España.

Jaramillo, D. (2002). Introducción a la Ciencia del Suelo. https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/70085/70060838.2002.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Jiménez Pinilla, P. (2016). Avances en el estudio de suelos mediterráneos afectados por incendios forestales [Tesis Doctoral, Universidad Miguel Hernández].

Kleyn, E. G., & Savage, P. F. (1982). The Application of the Pavement DCP to Determine the Bearing Properties and Performance of Road Pavements. Proc. Int. Symp. On Bearing Capacity of Roads and Airfields, 1, 238-242.

Linares, D., & Pacheco, R. (2021). Influencia de la plasticidad y granulometría en el

comportamiento de suelos tratados. Revista Iberoamericana de Geotecnia, 18(1), 40–48.

Llovet, J. (2005). Degradación del suelo posterior al fuego en condiciones mediterráneas. Identificación de factores de riesgo [Tesis Doctoral, Universidad de Alicante].

López, A., Martínez, J., & Gómez, R. (2022). Procesamiento estadístico en investigaciones cuantitativas. Revista de Análisis Estadístico, 14(4), 265-280.

López, C., Martínez, J., & Ramírez, F. (2022). Diseño experimental aplicado a la evaluación de materiales de construcción reciclados en suelos arenosos. Revista de Ingeniería Experimental, 16(4), 112-121.

López, F., & Rivera, M. (2023). Gradiente hidráulico y turbulencias en suelos finos: análisis y recomendaciones. Revista de Ingeniería Hidráulica, 27(1), 55-62.

López, P., Salesa, A., Perez, J., & Pueyo, O. (2017). Mejora en la compactabilidad de un suelo limoso mediante la elaboración de mezclas con residuos de construcción y demolición. Geogaceta, 61, 179-182. https://sociedadgeologica.org/publicaciones/geogaceta/geogaceta-61/

López, R., Gómez, A., & Salazar, M. (2022). Sustitución de materiales naturales por residuos de construcción en suelos arenosos: evaluación en laboratorio. Ingeniería y Ambiente, 18(1), 78-93. https://doi.org/10.5678/inya.v18i1.2022

López Sánchez, A. (2004). Influencia del proceso de reciclado sobre las propiedades de los materiales compuestos obtenidos por inyección de poliestireno reforzados con fibras lignocelulósicas [Tesis Doctoral, Universidad de Giorna].

Ma, Q., Hu, Z., Hu, Z., & Li, J. (2022). Strength characteristics and micro-scale mechanism of high liquid limit clay treated by recycled construction and demolition wastes (CDW) aggregates. Construction and Building Materials, 332. https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2022.127367

Manual de Transportes y Comunicaciones. (2016). Manual de Ensayos de Materiales. https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/Manual%20Ensayo%20de%20Materiales.pdf

Martínez, F., & López, R. (2021). Impacto económico de la construcción vial en zonas con materiales limitados. Revista Latinoamericana de Ingeniería Civil, 19(3), 112-120.

Martínez, F., López, R., & García, J. (2021). Permeabilidad y comportamiento estructural en

suelos naturales y remodelados. Revista de Ingeniería Geotécnica, 23(1), 38–46.

Martínez, J., & Pérez, L. (2022). Métodos directos e indirectos para la determinación de la conductividad hidráulica en suelos. Revista de Ingeniería Ambiental, 18(2), 45–53.

Martínez, L., & Fernández, P. (2023). Efecto de residuos de construcción en la mejora de la capacidad portante y permeabilidad de suelos arenosos. Revista Internacional de Ingeniería Civil, 12(2), 45-60. https://doi.org/10.1234/riic.v12i2.2023

Martínez, L., Gómez, R., & Pérez, S. (2023). Fundamentos y diseño de la investigación experimental. Revista Latinoamericana de Metodologías, 10(1), 55-67.

Martínez, L., & Pérez, R. (2021). Análisis estadístico aplicado en ciencias sociales: prueba de Duncan y otros métodos. Revista de Estadística Aplicada, 10(2), 45-60.

Martínez, R. (2021). Propiedades hidráulicas y mecánicas de suelos. Editorial Técnica.

Mejía, E., Giraldo, J., & Martínez, L. (2013). Residuos de construcción y demolición. Revisión sobre su composición, impactos y gestión. Revista CINTEX, 18, 105-130. https://revistas.pascualbravo.edu.co/index.php/cintex/article/view/52

Mejía, E., Osorno, L., & Osorio, N. (2015). Residuos de la construcción: Una opción para la recuperación de suelos. Revista EIA, 1(1), 55-60. https://revistas.eia.edu.co/index.php/reveia/article/view/706

Mendoza, R. (2021). Propiedades hidráulicas de suelos en ingeniería civil. Revista de Geotecnia Aplicada, 20(1), 25–33.

Mendoza, R., & López, S. (2021). Estrategias para la recolección de datos en investigaciones cuantitativas. Revista de Métodos de Investigación, 9(2), 60-75.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2014). Manual de Carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos Sección Pavimentos. 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, mayo 2016. https://www.gob.pe/institucion/mtc/normas-legales/10396-18-2016-mtc-14

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2021). Reglamento Nacional de Edificaciones – E.050: Suelos y Cimentaciones. Lima, Perú.

Molina, G., & Vargas, T. (2023). Uso de residuos de concreto y ladrillo como estabilizadores en

suelos arenosos: estudio de laboratorio. Ingeniería de Materiales, 21(2), 56-72. https://doi.org/10.9876/ingmat.v21i2.2023

Moreno, E. (2018). Estabilización de suelos arcillosos con residuos de la construcción y demolición [Tesis Doctoral, Universidad Autónoma del Estado de Hidalgo]. http://dgsa.uaeh.edu.mx:8080/bibliotecadigital/handle/231104/2319

Nanclares, F. (2018). Comportamiento mecánico de suelos grueso granulares de origen aluvial [Tesis de doctorado, Universidad Nacional de Colombia].

Ortega, L., & Salazar, N. (2022). Ensayos de laboratorio aplicados a la caracterización físico-mecánica y química de suelos. Revista de Ingeniería y Geotecnia Aplicada, 23(1), 27–36.

Patil, P., Neman, M., Panda, P., Mhetre, S., & Sankhe, B. (2021). Use of Construction and Demolition Waste for Ground Improvement. International Journal of Engineering Research & Technology (IJERT), 09. https://www.ijert.org/use-of-construction-and-demolition-waste-for-ground

Pérez, D., Martínez, V., & Sánchez, L. (2020). Influencia de residuos de construcción en la permeabilidad y resistencia de suelos arenosos. Revista de Materiales y Construcción, 15(3), 25-40. https://doi.org/10.1111/rmc.2020.15.3

Pérez, L., Martínez, J., & Gómez, R. (2023). Instrumentos y técnicas para la recolección de datos en investigaciones científicas. Revista de Ciencia y Tecnología, 18(1), 195-210.

Ramírez, C., & Torres, F. (2021). Evaluación experimental de residuos de construcción y demolición para estabilización de suelos arenosos. Revista Latinoamericana de Geotecnia, 9(4), 112-130. https://doi.org/10.2345/rlg.v9i4.2021

Ramírez, J., & Silva, F. (2023). Confiabilidad en instrumentos de recolección de datos: fundamentos y aplicaciones. Revista Científica de Métodos, 11(2), 195-210.

Ramírez, J., Flores, M., & Sánchez, L. (2021). Investigación aplicada en construcción de obras viales: pavimentos rígidos y su implementación práctica. Revista de Ingeniería Civil Aplicada, 18(3), 102-110.

Ramírez, J., García, M., & Torres, L. (2022). Efecto del tamaño de partículas en la permeabilidad del suelo. Revista de Ingeniería Ambiental y Geotecnia, 21(3), 77-85.

Ramírez, J., & Jiménez, L. (2022). Tratamientos y estabilización de suelos para obras civiles. Revista Internacional de Ingeniería Geotécnica, 22(1), 33-41.

Ramírez, J., & Soto, A. (2021). Metodologías para la definición de población en investigaciones científicas. Revista Latinoamericana de Metodología, 14(1), 5-15.

Ramírez, O., Soto, L., & Delgado, A. (2020). Influencia de materiales reciclados en la estabilización y permeabilidad de suelos arenosos. Revista Científica de Ingeniería, 14(4), 66-80. https://doi.org/10.2222/rcing.v14i4.2020

ResearchGate. (2023). Embedding circular economy in the construction sector: Experiences from EU, US and Japan. https://www.researchgate.net/publication/373857432

Rodríguez, P., Gálvez, M., & Jiménez, A. (2021). Técnicas modernas de estabilización química de suelos. Revista Internacional de Ingeniería Geotécnica, 22(3), 88–97.

Ruiz, A., Hernández, P., & López, M. (2022). Porosidad y estructura de suelos: fundamentos y aplicaciones en ingeniería geotécnica. Revista de Ciencia del Suelo e Ingeniería Civil, 19(2), 41–50.

Sánchez, J., Rivera, F., & Castillo, E. (2022). Evaluación de la permeabilidad y resistencia mecánica de suelos arenosos mezclados con residuos pulverizados. Revista de Ingeniería Sostenible, 7(1), 89-104. https://doi.org/10.4321/rings.v7i1.2022

Seco, A., Miqueleiz, L., Prieto, E., Marcelino, S., Garcia, B., & Urmeneta, P. (2017). Sulfate soils stabilization with magnesium-based binders. Applied Clay Science, 135, 285. http://doi.org/10.1016/j.clay.2016.10.033

Seco, A., Omer, J., Marcelino, S., Espuelas, S., & Prieto, E. (2018). Sustainable unfired bricks manufacturing from construction and demolition wastes. Construction and Building Materials, 167. http://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2018.02.026

Seco, A., Urmeneta, P., Prieto, E., Marcelino, S., García, B., & Miqueleiz, L. (2017). Estimated and real durability of unfired clay bricks: Determining factors and representativeness of the laboratory tests. Construction and Building Materials, 131, 600-605. http://doi.org/10.1016/J.CONBUILDMAT.2016.11.107

Soto, A., Ramírez, F., & Delgado, M. (2021). Estudios explicativos sobre la influencia de materiales reciclados en la estabilización de suelos. Revista de Ingeniería Ambiental y Civil, 12(2), 88-96.

Soto, M., & Villanueva, P. (2021). Métodos actuales de estabilización química y mecánica en suelos. Revista de Ingeniería Civil y Ambiental, 19(2), 58-66.

Torres, M., & Medina, P. (2021). Uso de residuos de demolición como aditivo para suelos arenosos: efectos sobre permeabilidad y estabilidad. Ingeniería Civil y Medio Ambiente, 10(3), 34-50. https://doi.org/10.3456/icma.v10i3.2021

Toscano, E. A. (2008). Gestión de la ciencia y tecnología para el reciclado de los desechos sólidos en la construcción [Tesis de Maestría]. Monografias.com. https://www.monografias.com/trabajos-pdf2/ciencia-tecnologia-reciclado-desechos-construccion/ciencia-tecnologia-reciclado-desechos-construccion.shtml

Vargas, J., Morales, L., & Pérez, R. (2023). Procesos electroquímicos en suelos y su impacto en la permeabilidad. Revista Latinoamericana de Ingeniería Geotécnica, 25(1), 55–64.

Vega, R., & Castillo, M. (2024). Materiales reciclados de construcción y su efecto en la permeabilidad y estabilidad de suelos arenosos. Ingeniería y Desarrollo Sostenible, 16(1), 99-115. https://doi.org/10.6543/ids.v16i1.2024

Vera, P., & Villalobos, J. J. (2014). Gestión de los residuos sólidos generados durante la construcción y demolición [Tesis de Maestría, Universidad de Ciencias y Artes de Chiapas]. https://repositorio.unicach.mx/handle/20.500.12753/1562

Villoria Sáez, P. (2014). Sistema de gestión de residuos de construcción y demolición (RCD) en obras de edificación residencial. Buenas prácticas en la ejecución de obra [Tesis doctoral, Universidad Politécnica de Madrid].

Yactayo-Ormeño, C., Pérez, M., & Ramírez, L. (2023). Impact of construction and demolition waste management on environmental sustainability in Lunahuaná. International Journal of Advanced and Applied Sciences, 10(9), 1–7.

Zambrano Yagual, A. P., & Casanova Zambrano, M. A. (2016). Uso de polímeros como estabilizador de suelos aplicado en vías de arcilla (CL) y grava arcillosa (GC). Samborondom.

Zhang, J., Ding, L., Li, F., & Peng, J. (2020). Recycled aggregates from construction and demolition wastes as alternative filling materials for highway subgrades in China. Journal of Cleaner Production, 255. https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2020.120223

Anexos

Anexo 1: Matriz de operacionalizacion de variables

Tabla 12.

Operacionalización de variables

Variables	Definición conceptual	Dimensiones	Indicadores	Escala de medición
Variable Desechos de construcción	Son materiales inertes, como ladrillos, arena, piedras, escombros, concretos y asfaltos, que tienen la capacidad de ser reutilizados en diversas aplicaciones como el acondicionamiento de caminos, rellenos de zanjas, construcción de suelos artificiales, entre otros. Este aprovechamiento contribuye significativamente a reducir la cantidad de residuos de construcción que terminan en vertederos o centros de acopi (Bazán, 2018)	Propiedades fisicas	Granulometria Densidad Humedad natural	
		Dosificación	10 %, 20 % y 30 %	
		Granulometria		
		Propiedades fisicas	Limites de Atterberg	
Variable Propiedades del Suelo de sub-rasante	Propiedad de un terreno que le permite resistir el desplazamiento entre las particulas del mismo al ser sometido a una fuerza externa y el fluido del agua.	Diseño de mezclas	Humedad natural Sin residuos construcción Con residuos construcción	De razón
		Propiedades mecánicas	Proctor modificado CBR Permeabilidad	
		Diseño de pavimento	Espesor de capas	

Nota. En la tabla 12 se describe la matriz de operacionalización de variables.

Anexo 2: Matriz de consistencia

Tabla 13.

Matriz de Consistencia de la investigación

Problemas	Objetivos	Hipótesis	Variables	Metodología
Problema general	**Objetivo general**	**Hipótesis general**	**V. independiente**	
¿Cuál será la Influencia de los materiales de desechos de construcción en la estabilización y la permeabilidad del suelo arenoso en las condiciones de laboratorio?	Determinar la Influencia de los materiales de desechos de construcción en la estabilización y la permeabilidad del suelo arenoso en las condiciones de laboratorio	Al adicionar los materiales de desechos de construcción al suelo arenoso mejorara la estabilización y la permeabilidad en las condiciones de laboratorio.	Desechos de construcción	Tipo de investigación: cuantitativa, aplicada y explicativa Diseño de investigación: experimental,
Problema específico	**Objetivos específicos**	**Hipótesis específicas**	**V. dependiente**	experimental puro Población: todo el suelo de sub-rasante de los accesos a la
¿cuál serán los estudios físicos, mecánicos y químicos de la muestra patrón y de los desechos de construcción ubicados frente a la avenida Brasil de Nuevo Chimbote-Santa - Ancash, para estabilizar el suelo arenoso de la Universidad Nacional del Santa?	Determinar los estudios físicos, mecánicos y químicos de la muestra patrón y de los desechos de construcción ubicados frente a la avenida Brasil de Nuevo Chimbote-Santa-Ancash, para estabilizar el suelo arenoso de la Universidad Nacional del Santa.	Los estudios físicos, mecánicos y químicos de la muestra patrón y de los desechos de construcción ubicados frente a la avenida Brasil de Nuevo Chimbote-Santa - Ancash, para estabilizar el suelo arenoso de la Universidad Nacional del Santa que propiedades presentan.	Propiedades del Suelo de sub-rasante	escuela de ingeniería en energía y civil Muestra: suelo de sub-rasante para ensayos físicos y mecánicos según norma técnica Técnica: observación directa con presencia del investigador Instrumentos: formatos de recolección de datos según normas técnicas
¿Cuál será la máxima densidad en estado seco y la humedad optimizado de la muestra patrón y experimental adicionado en 10%, 20% y 30%, de materiales de deshechos de construcción a través del ensayo de compactación de suelos modificado de la Universidad Nacional del Santa?	Evaluar la máxima densidad en estado seco y la humedad optimizado de la muestra patrón y experimental adicionado en 10%, 20% y 30%, de materiales de deshechos de construcción a través del ensayo de compactación de suelos modificado de la Universidad Nacional del Santa.	La máxima densidad en estado seco y la humedad optimizado de la muestra patrón y experimental adicionado en 10%, 20% y 30%, de materiales de deshechos de construcción mejorar el ensayo de compactación de suelos modificado de la Universidad Nacional del Santa		
¿Cuál será el esfuerzo al corte de la muestra patrón y cuando se adiciona un 10%, 20% y 30%, de materiales de deshechos de construcción mediante el método de la California Bearing Ratio (CBR) y del suelo de la	Evaluar el esfuerzo al corte de la muestra patrón y cuando se adiciona un 10%, 20% y 30%, de materiales de deshechos de construcción mediante el método de la California Bearing Ratio (CBR)y del suelo de la Universidad Nacional del Santa.	El esfuerzo al corte de la muestra patrón y cuando se adiciona un 10%, 20% y 30%, de materiales de deshechos de construcción mediante mejorara el California Bearing Ratio (CBR)y del suelo de la Universidad Nacional del santa		

Nota. En la tabla 13 se describe la matriz de consistencia de la investigación.

Anexo 3: Validación de Instrumentos

FACULTAD DE INGENIERIA

VALIDEZ DE INSTRUMENTOS POR JUICIO DE EXPERTOS

I.- Información General:

Nombres y apellidos del validador: **Castañeda Gamboa Rogelio Fermin**

Fecha: 26-03-2024

Especialidad: como consultor en Infraestructura y trabajos de investigación

Nombre del instrumento evaluado: Proctor modificado-CBR

Autor del instrumento: NTP 339.141:1999 - NTP 339.145

Teniendo como base los criterios que a continuación se presenta, requerimos su opinión sobre el instrumento de la investigación titulada:

"Influencia de los materiales de desechos de construcción en la estabilización y la permeabilidad del suelo arenoso en las condiciones de laboratorio"

Basándonos en los criterios que se detallan a continuación, solicitamos su punto de vista sobre el instrumento de la investigación denominada, solicitamos su punto de vista sobre el instrumento de la investigación llamada:

II.- Aspectos a evaluar: (Calificación cuantitativa).

Indicadores de evaluación del instrumento	Criterios cualitativos - cuantitativos	Deficiente	Regular	Bueno	Muy Bueno	Excelente
		(1-9)	(10-13)	(14-16)	(17-18)	(19-20)
Claridad	¿Está formulado con lenguaje apropiado?				18	
Objetividad	¿Está expresado con conductas observadas?				**18**	
Actualidad	¿Adecuado al avance de la ciencia y calidad?				18	
Organización	¿Existe una organización lógica del instrumento?				**18**	

Suficiencia	¿Valora los aspectos en cantidad y calidad?				**18**	
Intencionalidad	¿Adecuado para cumplir con los objetivos?				18	
Consistencia	¿Basado en el aspecto teórico cientifico del tema de estudios?				18	
Coherencia	¿Entre las hipótesis, dimensiones e indicadores?				18	
Propósito	¿Las estrategias responden al propósito del estudio?				18	
Conveniencia	¿Genera nuevas pautas para la investigación y construcción de teorías?				**18**	
Sumatoria parcial					**180**	
Sumatoria Total		**180 (Siendo el puntaje máximo posible 200)**				
Valoración cuantitativa (Sumatoria Total x0.005)		**0.90 (Siendo la valoración máxima en 1)**				

_____

_____

_____

_____

_____

III.- Calificación global: Ubique el coeficiente de validez adquirido en el intervalo correspondiente y redacte el resultado en el espacio correspondiente.

Coeficiente de Validez

Intervalos	Resultados
0,00 – 0,49	Validez Nula
0,50 – 0,59	Validez muy baja
0,60 – 0,69	Validez baja
0,70 – 0,79	Validez aceptable
0,80- 0,89	Validez buena
0,90-1,00	Validez muy buena

180 = **0.90**

Nota: el instrumento podrá ser considerado a partir de una calificación aceptable.

_____

Firma del Experto

Dr. Castañeda Gamboa Rogelio Fermin

DNI. 32789954

FACULTAD DE INGENIERIA

VALIDEZ DE INSTRUMENTOS POR JUICIO DE EXPERTOS

I.- Información General:

Nombres y apellidos del validador: **Flores Reyes Gumercindo.**

Fecha: 26-03-2024

Especialidad: Estructuras

Nombre del instrumento evaluado: Proctor modificado-CBR

Autor del instrumento: NTP 339.141:1999 - NTP 339.145

Basándonos en los criterios que se detallan a continuación, solicitamos su punto de vista sobre el instrumento de la investigación denominada, solicitamos su punto de vista sobre el instrumento de la investigación llamada:

"Influencia de los materiales de desechos de construcción en la estabilización y la permeabilidad del suelo arenoso en las condiciones de laboratorio"

Este debe otorgar una calificación que refleje su punto de vista respecto a cada criterio propuesto.

II.- Aspectos a evaluar: (Calificación cuantitativa).

Indicadores de evaluación del instrumento	Criterios cualitativos - cuantitativos	Deficiente	Regular	Bueno	Muy o Buen	Excelente
		(1-9)	(10-13)	(14-16)	(17-18)	(19-20)
Claridad	¿Está formulado con lenguaje apropiado?				18	
Objetividad	¿Está expresado con conductas observadas?				**18**	
Actualidad	¿Adecuado al avance de la ciencia y calidad?				18	
Organización	¿Existe una organización lógica del instrumento?				**18**	
Suficiencia	¿Valora los aspectos en cantidad y				**18**	

	calidad?					
Intencionalidad	¿Adecuado para cumplir con los objetivos?				18	
Consistencia	¿Basado en el aspecto teórico científico del tema de estudios?				18	
Coherencia	¿Entre las hipótesis, dimensiones e indicadores?				18	
Propósito	¿Las estrategias responden al propósito del estudio?				18	
Conveniencia	¿Genera nuevas pautas para la investigación y construcción de teorías?				**18**	
Sumatoria parcial					**180**	
Sumatoria Total		**180 (Siendo el puntaje máximo posible 200)**				
Valoración cuantitativa (Sumatoria Total x0.005)		**0.90 (Siendo la valoración máxima en 1)**				

_____

_____

_____

_____

_____

III.- Calificación global: Ubique el coeficiente de validez adquirido en el intervalo correspondiente y redacte el resultado en el espacio correspondiente.

Coeficiente de Validez

Intervalos	Resultados
0,00 – 0,49	Validez Nula
0,50 – 0,59	Validez muy baja
0,60 – 0,69	Validez baja
0,70 – 0,79	Validez aceptable
0,80- 0,89	Validez buena
0,90-1,00	Validez muy buena

180 = **0.90**

Nota: el instrumento podrá ser considerado a partir de una calificación aceptable.

Firma del Experto

Dr. Flores Reyes Gumercindo

DNI. 10281891

FACULTAD DE INGENIERIA

VALIDEZ DE INSTRUMENTOS POR JUICIO DE EXPERTOS

I.- Información General:

Nombres y apellidos del validador: **Segura Terrones Luis Alberto**

Fecha: 26-03-2024

Especialidad: Hidráulica

Nombre del instrumento evaluado: Proctor modificado-CBR

Autor del instrumento: NTP 339.141:1999 - NTP 339.145

Basándonos en los criterios que se detallan a continuación, solicitamos su punto de vista sobre el instrumento de la investigación denominada, solicitamos su punto de vista sobre el instrumento de la investigación llamada:

“Influencia de los materiales de desechos de construcción en la estabilización y la permeabilidad del suelo arenoso en las condiciones de laboratorio”

Este debe otorgar una calificación que refleje su punto de vista respecto a cada criterio propuesto.

II.- Aspectos a evaluar: (Calificación cuantitativa).

Indicadores de evaluación del instrumento	Criterios cualitativos - cuantitativos	Deficiente	Regular	Bueno	Muy o Buen	Excelente
		(1-9)	(10-13)	(14-16)	(17-18)	(19-20)
Claridad	¿Está formulado con lenguaje apropiado?				18	
Objetividad	¿Está expresado con conductas observadas?				**18**	
Actualidad	¿Adecuado al avance de la ciencia y calidad?				18	
Organización	¿Existe una organización lógica del instrumento?				**18**	
Suficiencia	¿Valora los aspectos en cantidad y				**18**	

	calidad?					
Intencionalidad	¿Adecuado para cumplir con los objetivos?				18	
Consistencia	¿Basado en el aspecto teórico cientifico del tema de estudios?				18	
Coherencia	¿Entre las hipótesis, dimensiones e indicadores?				18	
Propósito	¿Las estrategias responden al propósito del estudio?				18	
Conveniencia	¿Genera nuevas pautas para la investigación y construcción de teorías?				**18**	
Sumatoria parcial					**180**	
Sumatoria Total		**180 (Siendo el puntaje máximo posible 200)**				
Valoración cuantitativa (Sumatoria Total x0.005)		**0.90 (Siendo la valoración máxima en 1)**				

_____

_____

_____

_____

_____

III.- Calificación global: Ubicar el coeficiente de validez obtenido en el intervalo respectivo y escriba sobre el espacio el resultado.

Coeficiente de Validez

Intervalos	Resultados
0,00 – 0,49	Validez Nula
0,50 – 0,59	Validez muy baja
0,60 – 0,69	Validez baja
0,70 – 0,79	Validez aceptable
0,80- 0,89	Validez buena
0,90-1,00	Validez muy buena

180 = **0.90**

Nota: el instrumento podrá ser considerado a partir de una calificación aceptable.

Firma del Experto

Dr. Segura Terrones Luis Alberto

DNI.45003769

FORMATOS DE ENSAYOS REALIZADOS AL SUELO

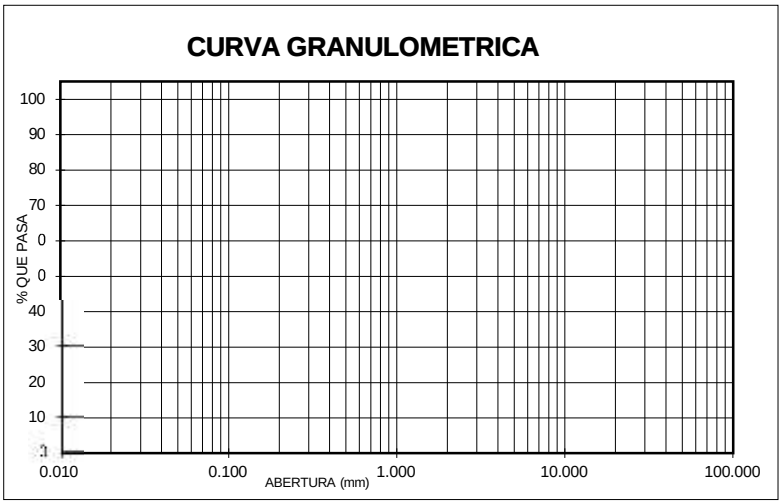
ANALISIS DE SUELOS

SOLICITA :
PROYECTO :
LUGAR :
FECHA : **CALICATA :** **ESTRATO :** **PROF. (m) :**

PESO SECO INICIAL	
PESO SECO LAVADO	
PESO PERDIDO POR LAVADO	

TAMIZ		PESO RETEN.	% RETENIDO	% RETENIDO	% QUE PASA
N°	ABERT. (mm.)	(gr)	PARCIAL	ACUMULADO	
3"	76.200				
2 1/2"	63.500				
2"	50.800				
1 1/2"	38.100				
1"	25.400				
3/4"	19.100				
1/2"	12.700				
3/8"	9.520				
1/4"	6.350				
N° 4	4.760				
Nº 10	2.000				
Nº 20	0.840				
N° 30	0.590				
N° 40	0.420				

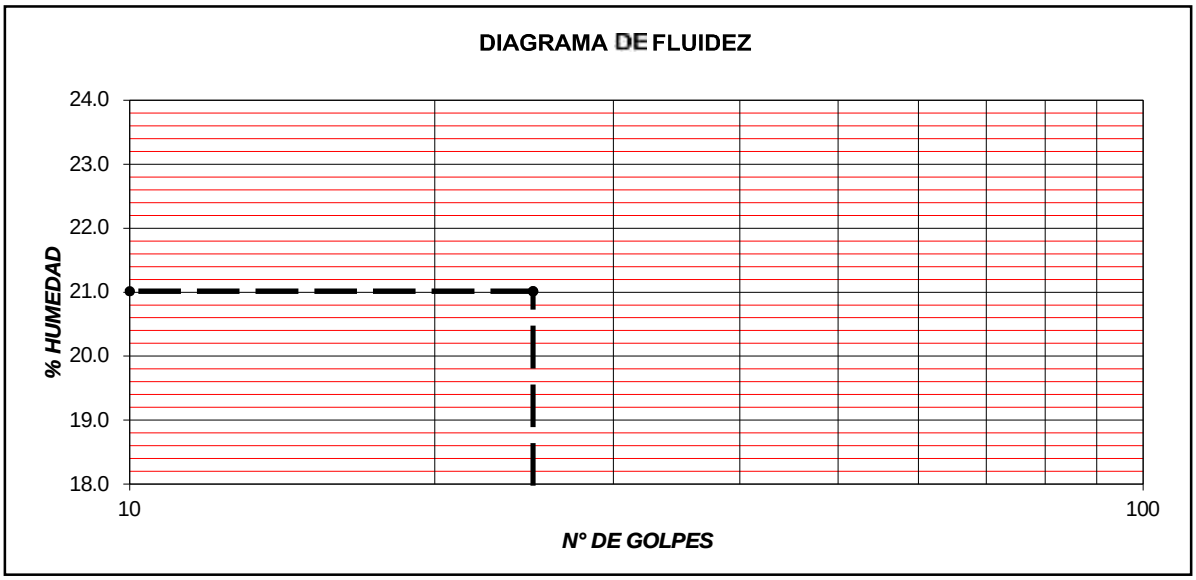
LIMITE LIQUIDO (%) :
LIMITE PLASTICO (%) :
INDICE DE PLASTICIDAD (%) :
HUMEDAD NATURAL (%) :
CLASIFICACION SUCS :
CLASIFICACION AASHTO :



LÍMITES DE ATTERBERG (ASTM D-4318)

PROYECTO :	ENSAYO Nº :
SOLICITADO :	ING° RESP :
UBICACIÓN :	TECNICO :
MUIESTRA : PROF. (m):	FECHA :

DESCRIPOCIÓN	LÍMITE LÍQUIDO				LIMITE PLÁSTICO	
ENSAYO No.	1	2	3	4	1	2
CÁPSULA No.						
PESO CÁPSULA + SUELO HÚMEDO (gr)						
PESO CÁPSULA + SUELO SECO (gr)						
PESO AGUA (gr)						
PESO DE LA CÁPSULA (gr)						
PESO SUELO SECO (gr)						
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)						
NÚMERO DE GOLPES						



OBSERVACIONES :

RESULTADOS DE ENSAYOS

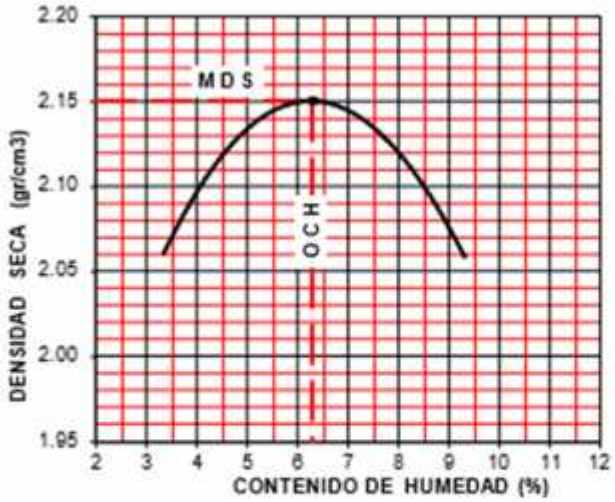
LÍMITE LÍQUIDO (%)		LÍMITE PLÁSTICO (%)		ÍNDICE DE PLASTICDAD (%)	

PROCTOR MODIFICADO
ASTM D-1557

PROYECTO	:	ENSAYO N°	:
SOLICITADO	:	ING. RESP.	:
PROCEDENCIA	:	EFECTUADO	:
MUESTRA	:	FECHA	:

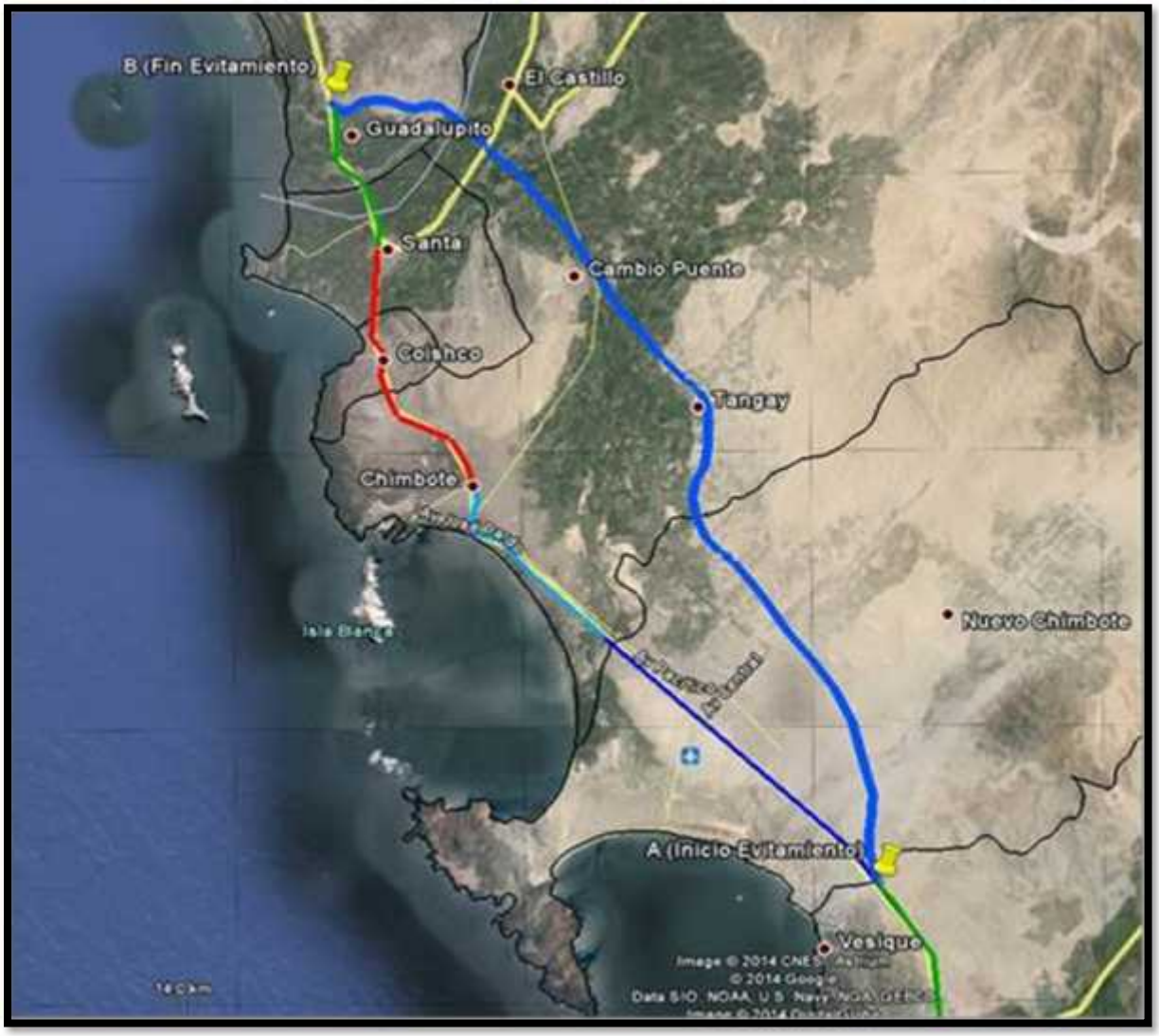
- Número de golpes :	- Peso del martillo (Kg) :		- Volumen del molde (cm^3) :
- Número de capas :	- Altura de caida martillo (cm) :		- Energía de compactación ($Kg\text{-}cm/cm^3$) :

01 - Peso suelo húmedo + molde (gr)								
02 - Peso del molde (gr)								
03 - Peso suelo húmedo (gr) [01-02]								
04 - Volumen del molde (cm^3)								
05 - Densidad suelo húmedo (gr/cm^3) [03/04]								
06 - Tarro N°								
07 - Peso suelo húmedo + tarro (gr)								
08 - Peso suelo seco + tarro (gr)								
09 - Peso del agua (gr) [07-08]								
10 - Peso del tarro (gr)								
11 - Peso suelo seco (gr) [08-10]								
12 - Contenido de humedad (%) [09/11*100]								
13 - Promedio de humedad (%)								
14 - Densidad del suelo seco (gr/cm^3) [05*100/(13+100]								



METODO DE COMPACTACION	

RESULTADOS DE ENSAYO	
- ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD :	- MÁXIMA DENSIDAD SECA :


B (Fin Evitamiento)
El Castillo
Guadalupito
Santa
Cambio Puente
Coishco
Tangay
Chimbote
Nuevo Chimbote
A (Inicio Evitamiento)
Vesique

Esquema del trazo de la futura Vía de Circunvalación

Anexo 4: Panel fotográfico

Foto 1: Se recolecto el material de 3 calicatas del campus de la Universidad Nacional del Santa.

Foto 2: Se lleva el material al laboratorio de suelos para realizar los ensayos.

Foto 3: Antes de separar la muestra para los ensayos se trata de moler los brumos que tiene el suelo

Foto 4. Realizando la gradación de los deshechos.

Foto 5. Realizando el proctor y CBR con los deshechos de construcción.

Foto 6. Realizando el proctor y CBR con los deshechos de construcción al 25%.

***Foto 7*:** Luego se tamiza por la malla número #4

***Foto 8*:** Finalmente se selecciona el material para los ensayos de laboratorio.

ENSAYOS DE LABORATORIO

***Foto 9*:** Contenido de Humedad

***Foto 10*:** Análisis granulométrico

PROCTOR MODIFICADO

***Foto 11*:** Agregando diferentes porcentajes de agua y separando 5 muestras iguales para realizar el PROCTOR

***Foto 12*:** Después las 5 muestras se empiezan a compactar en 5 capas y cada capa 25 golpes

***Foto 13*:** Después de compactar se retira el collarín y se enraza

***Foto 14*:** Se pesa y se saca una pequeña cantidad de muestra para el horno.

***Foto 15*:** Se lleva las muestras extraídas al horno a 110 °C.

***Foto 16*:** El mismo procedimiento es para el experimental la diferencia es que se adiciona 10, 20 y 30% desechos de construccion.

PROCESO DE CBR

***Foto 17*:** Materiales para el ensayo de CBR-.10, 20 y 30% desechos de construcción.

***Foto 18*:** Se agrega el espaciador y filtro.

Foto 19: Se empieza a compactar 5 capas 55,26 y 12 por cada capa según norma.

Foto 20**:** Se enraza, retira del espaciador y se pesa

***Foto 21*:** Se deja en agua 4 días.

***Foto 22*:** Después de los 4 días se hace el ensayo de penetración en la maquina CBR.

Anexo 5: Ensayo de laboratorio

ENSAYOS DE LABORATORIO

CONTENIDO DE HUMEDAD

SOLICITA : MG. SIGÜENZA ABANTO ROBERT WILFREDO
TESIS : Influencia de los materiales de desechos de construcción en la estabilización y la permeabilidad del suelo arenoso en las condiciones de laboratorio
LUGAR : NUEVO CHIMBOTE- SANTA - ANCASH
FECHA : 30/12/2024
MATERIAL : C-1 - C-2 - C-3

ENSAYO N°	C - 1	C - 2	C - 3
Peso de tara + MH	650.20	523.30	489.30
Peso de tara + MS	635.30	509.30	479.30
Peso de tara	168.80	174.50	203.40
Peso del agua	14.90	14.00	10.00
Peso de muestra seca	466.50	334.80	275.90
Contenido de humedad (%)	3.19	4.18	3.62

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERÍA
LAB. MECÁNICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

Mg. Miguel Solar Jara
JEFE

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
(ASTM D422)

SOLICITA : MG. SIGUENZA ABANTO ROBERT WILFREDO
TESIS : Influencia de los materiales de desechos de construcción en la estabilización y la permeabilidad del suelo arenoso en las condiciones de laboratorio
LUGAR : NUEVO CHIMBOTE - SANTA - ANCASH
FECHA : 30/12/2024

Peso Seco Inicial	509.4	gr.
Peso Seco Lavado	489.5	gr.
Peso perdido por lavado	19.9	gr.

MATERIAL : C - 1
MUESTRA : M - 1
PROF: 1.50

Tamiz(Abertura) N°	(mm)	Peso Retenido(gr.)	Retenido Parcial(%)	Retenido Acumulado(%)	Pasante (%)
2 1/2"	76.20	0.0	0.0	0.0	100.0
2"	50.80	0.0	0.0	0.0	100.0
1 1/2"	37.50	0.0	0.0	0.0	100.0
1"	22.50	0.0	0.0	0.0	100.0
3/4"	19.00	0.0	0.0	0.0	100.0
1/2"	12.50	0.0	0.0	0.0	100.0
3/8"	9.50	0.0	0.0	0.0	100.0
1/4"	6.30	0.0	0.0	0.0	100.0
N° 4	4.75	0.0	0.0	0.0	100.0
Nº 10	2.00	0.0	0.0	0.0	100.0
Nº 20	0.850	0.0	0.0	0.0	100.0
N° 30	0.600	10.2	2.0	2.0	98.0
N° 40	0.425	12.0	2.4	4.4	95.6
Nº 60	0.250	23.9	4.7	9.0	91.0
N° 100	0.150	310.7	61.0	70.0	30.0
N° 200	0.075	132.7	26.1	96.1	3.9
< 200		19.9	3.9	100.0	0.0
Total		509.4			100.0

Clasificació AAHSTO

Material granular
Excelente a bueno como subgrado
A-3 Arena fina

Valor del índice de grupo (IG):

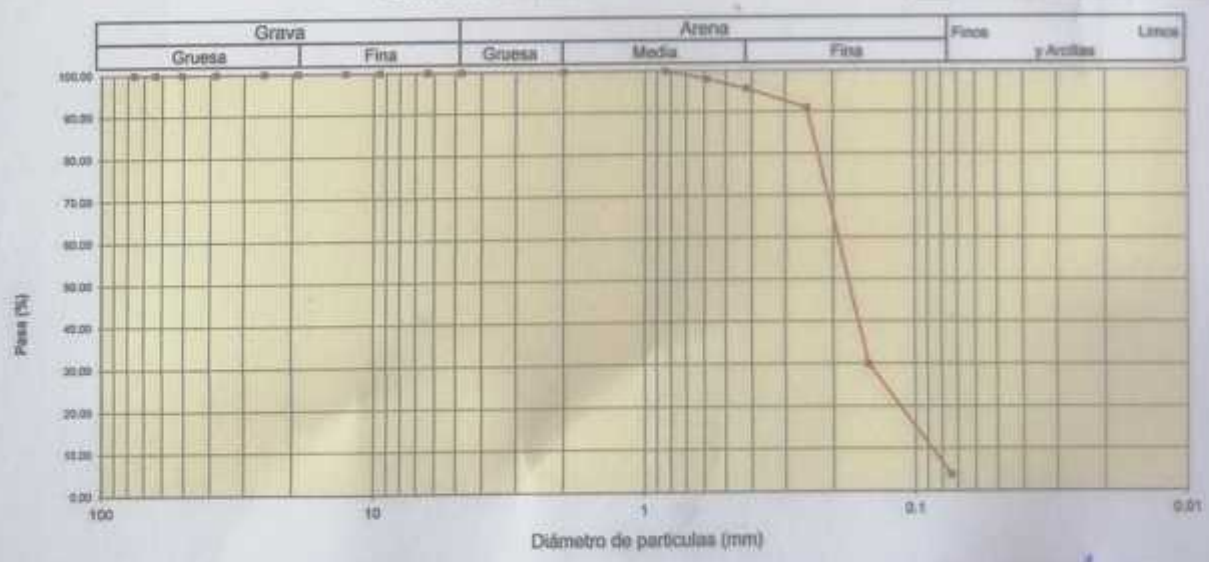
Clasificación (S.U.C.S.)

Suelo de partículas gruesas. Suelo limpio
Arena mal graduada SP

Pasa tamiz Nº 4	(%) :	100.0
Pasa tamiz Nº 200	(%) :	3.9
D60	(mm) :	0.19
D30	(mm) :	0.135
D10	(mm) :	0.096
Cu		2.0
Cc		0.981

Límite líquido	LL	0
Límite plástico	LP	0
Indice plasticidad	IP	0

CURVA GRANULOMETRICA



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERÍA
Mg. Miguel Solar Jara
JEFE

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
(ASTM D422)

SOLICITA : MG. SIGUENZA ABANTO ROBERT WILFREDO
TESIS : Influencia de los materiales de desechos de construcción en la estabilización y la permeabilidad del suelo arenoso en las condiciones de laboratorio
LUGAR : NUEVO CHIMBOTE - SANTA - ANCASH
FECHA : 30/12/2024

Peso Seco Inicial	402.3	gr.
Peso Seco Lavado	384.3	gr.
Peso perdido por lavado	18.0	gr.

MATERIAL	C - 2
MUESTRA	M - 1
PROF.	1.50

Tamiz(Abertura) N°	(mm)	Peso Retenido(gr.)	Retenido Parcial(%)	Retenido Acumulado(%)	Pasante (%)
2 1/2"	76.20	0.0	0.0	0.0	100.0
2"	50.80	0.0	0.0	0.0	100.0
1 1/2"	37.50	0.0	0.0	0.0	100.0
1"	22.50	0.0	0.0	0.0	100.0
3/4"	19.00	0.0	0.0	0.0	100.0
1/2"	12.50	0.0	0.0	0.0	100.0
3/8"	9.50	0.0	0.0	0.0	100.0
1/4"	6.30	0.0	0.0	0.0	100.0
N° 4	4.75	0.0	0.0	0.0	100.0
N° 10	2.00	1.6	0.4	0.4	99.6
N° 20	0.850	1.3	0.3	0.7	99.3
N° 30	0.600	0.6	0.1	0.9	99.1
N° 40	0.425	1.0	0.2	1.1	98.9
N° 60	0.250	24.3	6.0	7.2	92.8
N° 100	0.150	262.4	65.2	72.4	27.6
N° 200	0.075	93.1	23.1	95.5	4.5
< 200		18.0	4.5	100.0	0.0
Total		402.3			100.0

Clasificació AAHSTO
Material granular Excelente a bueno como subgrado A-3 Arena fina

Valor del índice de grupo (IG)	

Clasificación (S.U.C.S.)
Suelo de partículas gruesas. Suelo limpio Arena mal graduada SP

Pasa tamiz N° 4	(%) :	100.0
Pasa tamiz N° 200	(%) :	4.5
D60	(mm) :	0.19
D30	(mm) :	0.136
D10	(mm) :	0.096
Cu		2.0
Cc		0.978

Límite líquido	LL	0
Límite plástico	LP	0
Indice plasticidad	IP	0

CURVA GRANULOMETRICA

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERIA
Mg. Miguel Solar Jara
JEFE

ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO
(ASTM D422)

SOLICITA : MG. SIGUENZA ABANTO ROBERT WILFREDO
TESIS : Influencia de los materiales de desechos de construcción en la estabilización y la permeabilidad del suelo arenoso en las condiciones de laboratorio
LUGAR : NUEVO CHIMBOTE - SANTA - ANCASH
FECHA : 30/12/2024

Peso Seco Inicial	441.1	gr.
Peso Seco Lavado	422.5	gr.
Peso perdido por lavado	18.6	gr.

MATERIAL	: C - 3
MUESTRA	: M - 1
PROF: 1.50	

Tamiz(Abertura) N°	(mm)	Peso Retenido(gr.)	Retenido Parcial(%)	Retenido Acumulado(%)	Pasante (%)
2 1/2"	76.20	0.0	0.0	0.0	100.0
2"	50.80	0.0	0.0	0.0	100.0
1 1/2"	37.50	0.0	0.0	0.0	100.0
1"	22.50	0.0	0.0	0.0	100.0
3/4"	19.00	0.0	0.0	0.0	100.0
1/2"	12.50	0.0	0.0	0.0	100.0
3/8"	9.50	0.0	0.0	0.0	100.0
1/4"	6.30	0.0	0.0	0.0	100.0
N° 4	4.75	0.0	0.0	0.0	100.0
N° 10	2.00	2.1	0.5	0.5	99.5
N° 20	0.850	1.8	0.4	0.9	99.1
N° 30	0.600	1.4	0.3	1.2	98.8
N° 40	0.425	2.3	0.5	1.7	98.3
N° 60	0.250	28.4	6.4	8.2	91.8
N° 100	0.150	274.3	62.2	70.3	29.7
N° 200	0.075	112.2	25.4	95.8	4.2
< 200		18.6	4.2	100.0	0.0
Total		441.1			100.0

Clasificació AAHSTO
Material granular Excelente a bueno como subgrado A-3 Arena fina

Valor del índice de grupo (IG)	

Clasificación (S.U.C.S.)
Suelo de partículas gruesas. Suelo limpio. Arena mal graduada SP

Pasa tamiz N° 4	(%) :	100.0
Pasa tamiz N° 200	(%) :	4.2
D60	(mm) :	0.19
D30	(mm) :	0.135
D10	(mm) :	0.096
Cu		2.0
Cc		0.981

Limite liquido	LL	0
Limite plástico	LP	0
Indice plasticidad	IP	0

CURVA GRANULOMETRICA

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERIA
Mg. Miguel Solar Jara
JEFE

Permeabilidad por el Método de Permeámetro de Carga Constante

(Según norma ASTM D 2434NTP 339.147)

SOLICITA : MG. SIGÜENZA ABANTO ROBERT WILFREDO
TESIS : Influencia de los materiales de desechos de construcción en la estabilización y la permeabilidad del suelo arenoso en las condiciones de laboratorio
LUGAR : NUEVO CHIMBOTE- SANTA - ANCASH
FECHA : 30/12/2024
MATERIAL : C-1 - C-2 - C-3

Descripción	Muestras patrón			Muestras Experimentales con la combinación al		
	C-1	C-2	C-3	10%	20%	30%
Altura columna de agua: H(cm)	30	30	30	32	32	32
Diámetro de muestra a ensayar: D (cm)	10	10	10	10	10	10
Altura de muestra a ensayar: L (cm)	10	10	10	10	10	10
Tiempo de Descarga: t (seg.)	75.15	75.15	75.15	75.15	75.15	75.15
Volumen de agua descargada: V (cm3)	15	15	15	15	15	15
Sección Transversal de muestra: A (cm2)	78.54	78.54	78.54	78.54	78.54	78.54
Caudal aforado: Q (cm3/seg.)	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Gradiente Hidráulico	0.33	0.35	0.34	0.7	0.98	1.25
Coeficiente de Permeabilidad: K (cm/seg.)	1.61 E-04	1.64 E-04	1.88 E-04	1.26 E-05	1.25 E-06	1.48 E-06

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERIA
LAB. MECANICA DE SUELOS Y ENSAYO DE MATERIALES

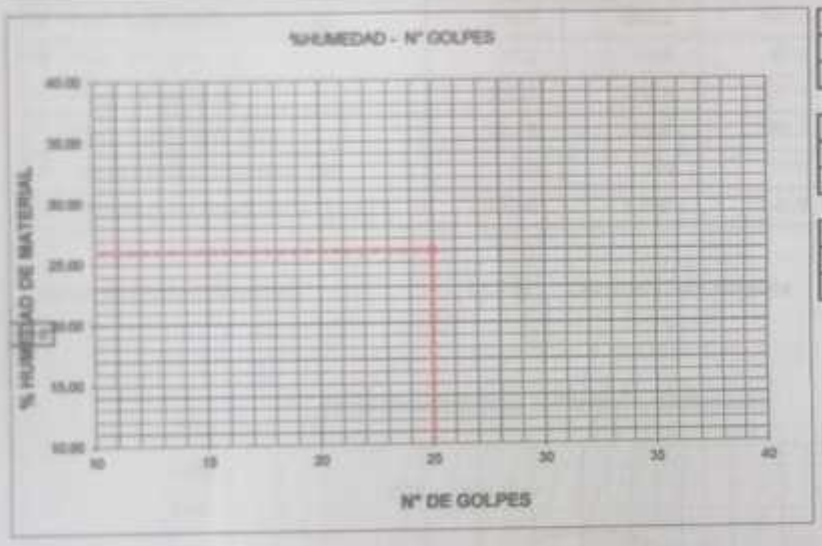
Mg. Miguel Solar Jara
JEFE

LIMITES DE CONSISTENCIA

SOLICITA : MG. SIGUENZA ABANTO ROBERT WILFREDO
TESIS : Influencia de los materiales de desechos de construcción en la estabilización y la permeabilidad del suelo arenoso en las condiciones de laboratorio
UBICACIÓN : NUEVO CHIMBOTE- SANTA - ANCASH
FECHA : 30/12/2024

CALICATA - 1-2-3

	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		
Nro. DE ENSAYO	1	2	3	1	2	3
PESO TARA + SUELO HUMEDO (gr.)	NP	NP	NP	NP	NP	NP
PESO TARA + SUELO SECO (gr.)	NP	NP	NP	NP	NP	NP
PESO DE LA TARA (gr.)	NP	NP	NP	NP	NP	NP
PESO DEL AGUA (gr.)	NP	NP	NP	NP	NP	NP
PESO SUELO SECO (gr.)	NP	NP	NP	NP	NP	NP
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	NP	NP	NP	NP	NP	NP
Nro. DE GOLPES	NP	NP	NP	NP		



LIMITE LIQUIDO
(MTC E-110,ASTM D-4318 y AASHTO T89)
LL : NP %

LIMITE PLASTICO
(MTC E-111,ASTM D-4318 y AASHTO T90)
LP : NP

INDICE DE PLASTICIDAD
ASTM D-438
IP : NP

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERIA
Lab. Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales

Mg. Miguel Solar Jara
JEFE

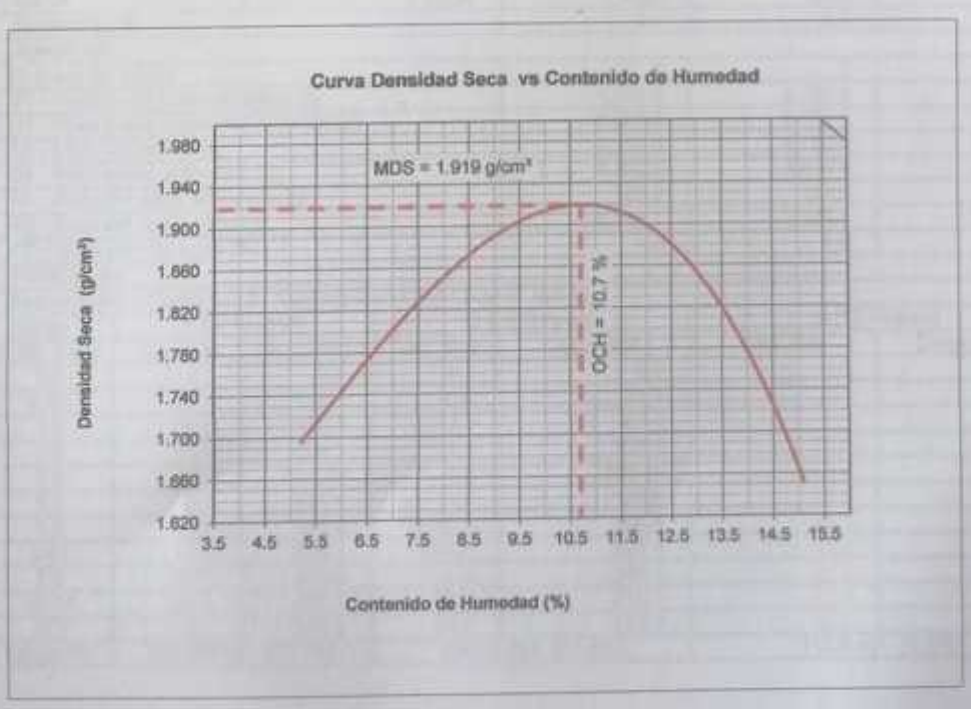
PROCTOR MODIFICADO

NORMA ASTM D- 1557/ MTC E 115

SOLICITA : MG. SIGÜENZA ABANTO ROBERT WILFREDO
TESIS : Influencia de los materiales de desechos de construcción en la estabilización y la permeabilidad del suelo arenoso en las condiciones de laboratorio
MATERIAL : TERRENO NATURAL - C-1
LUGAR : NUEVO CHIMBOTE - SANTA - ANCASH
FECHA :30/12/2024

Metodo Compactación:	"A"	Número de Golpes		25
Energía de Compactación Standar	27.7 Kg.cm / cm³			
01 - Peso Suelo Humedo + Molde (g)	3746	3952	4087	3860
02 - Peso del Molde (g)	1981.0	1981.0	1981.0	1981.0
03 - Peso Suelo Humedo (g)	1764.5	1971.0	2105.5	1879.0
04 - Volumen del Molde (cm^3)	989.0	989.0	989.0	989.0
05 - Densidad Suelo Humedo (g/cm^3)	1.784	1.993	2.129	1.900
06 - Tarro N°	01	02	03	04
07 - Peso suelo humedo + tarro (g)	578.4	575.1	638.7	578.0
08 - Peso suelo seco + tarro (g)	560.2	545.2	595.9	510.7
09 - Peso del agua (g)	18.2	29.9	42.8	67.3
10 - Peso del tarro (g)	208.7	166.6	207.4	65.9
11 - Peso suelo seco (g)	351.5	378.6	388.5	444.8
12 - Contenido de Humedad (%)	5.2	7.9	11.0	15.1
13 - Densidad del Suelo Seco (g/cm^3)	1.696	1.847	1.918	1.651

Contenido Optimo Humedad **10.7 %** Densidad Seca Maxima, **1.919 g/cm³**



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERÍA
Mg. Miguel Solar Jara
JEFE

RELACIÓN DE SOPORTE - CBR

NORMA ASTM D- 1883

SOLICITA : MG. SIGUENZA ABANTO ROBERT WILFREDO
TESIS : Influencia de los materiales de desechos de construcción en la estabilización y la permeabilidad del suelo arenoso en las condiciones de laboratorio
MATERIAL : TERRENO NATURAL - C-1
LUGAR : NUEVO CHIMBOTE - SANTA - ANCASH
FECHA :30/12/2024

Caracteristicas					
Numero de Molde			1	2	3
Numero de Capas			5	5	5
Numero de Golpe			56	25	12
Energia Compactacion [kg-cm]/cm³			27.7	12.2	6.1
Densidad Seca [CBR]					
01 - Peso suelo humedo + molde (g)			8,397.0	8,520.0	7,587.0
02 - Peso del molde (g)			4,105.0	4,796.0	3,975.0
03 - Peso suelo humedo (g)			4,292.0	3,724.0	3,612.0
04 - Volumen de molde, cm³			2,245.000	2,104.000	2,127.000
05 - Densidad suelo humedo (g/cm³)			1.912	1.770	1.698
06 - Tarro N°			0.0	0.0	0.0
07 - Peso suelo humedo + tarro (g)			510.7	510.0	473.1
08 - Peso suelo seco + tarro (g)			484.4	482.8	449.2
09 - Peso del agua (g)			26.3	27.2	23.9
10 - Peso del tarro (g)			210.7	210.0	177.1
11 - Peso suelo seco (g)			273.7	272.8	272.1
12 - Contenido de humedad (%)			9.6	10.0	8.8
13 - Densidad del suelo seco (g/cm³)			1.744	1.609	1.561
Saturación					
Embebido	Fecha	Hora	Lec. Dial	Lec. Dial	Lec. Dial
Dia 01	17-Oct-16	1.00PM	2.08	0.92	4.26
Dia 02	18-Oct-16	1.00PM	4.63	4.43	7.46
Dia 03	19-Oct-16	1.00PM	5.36	4.60	7.78
Dia 04	20-Oct-16	1.00PM	6.00	5.00	8.00
Expansión, %			3.1	3.2	2.9
Absorcion					
Numero de molde			1	2	3
01 - Peso suelo humedo antes (g)			4,292.0	3,724.0	3,612.0
02 - Peso suelo embebido + molde (g)			8,585.0	8,672.4	7,726.5
03 - Peso del molde (g)			4,105.0	4,796.0	3,975.0
04 - Peso suelo embebido (g)			4,480.0	3,876.4	3,751.5
05 - Peso del agua absorvida (g)			188.0	152.4	139.5
06 - Peso del suelo seco (g)			3,915.7	3,386.4	3,320.4
07 - Absorción de agua (%)			4.8	4.5	4.2

Penetración

Factor Anillo: Carga [kgf.]= Lectura Dial*4.2491345+27.92018

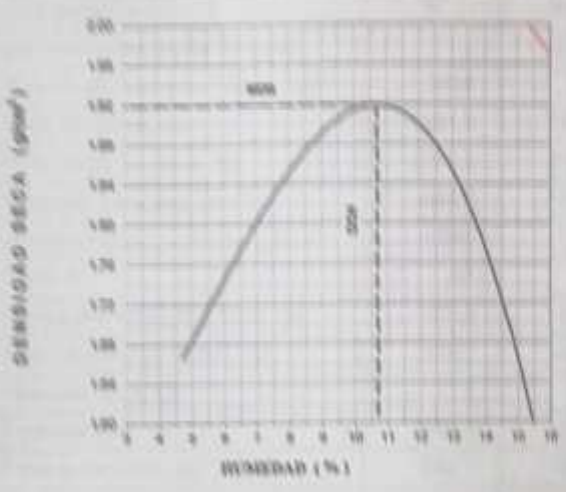
Molde	1 [56 Golpes]		2 [25 Golpes]		3 [12 Golpes]	
PEN. (mm)	Lec. Dial	Carga [Kgf.]	Lec. Dial	Carga [Kgf.]	Lec. Dial	Carga [Kgf.]
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.63	29.0	151.1	8.0	61.9	5.0	49.2
1.3	39.0	193.6	13.0	83.2	9.0	66.2
1.9	49.0	236.1	18.0	104.4	13.0	83.2
2.5	50.0	240.38	33.0	168.14	20.0	112.90
3.2	69.0	321.1	38.0	189.4	25.0	134.1
3.8	79.0	363.6	42.0	206.4	29.0	151.1
5.08	89.0	406.1	46.0	223.4	33.0	168.1
7.6	99.0	448.6	50.0	240.4	37.0	185.1
10.16	109.0	491.1	57.0	270.1	41.0	202.1
12.7	119.0	533.6	64.0	299.9	46.0	223.4
Carga [%]	240.38 kgf. [17.7%]		168.14 kgf. [12.4%]		112.9 kgf. [8.3%]	

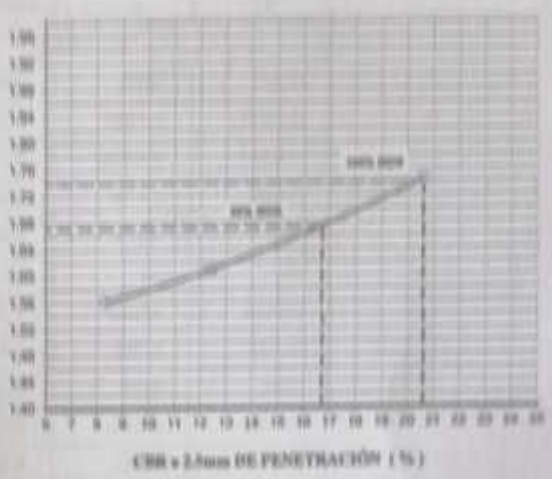
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

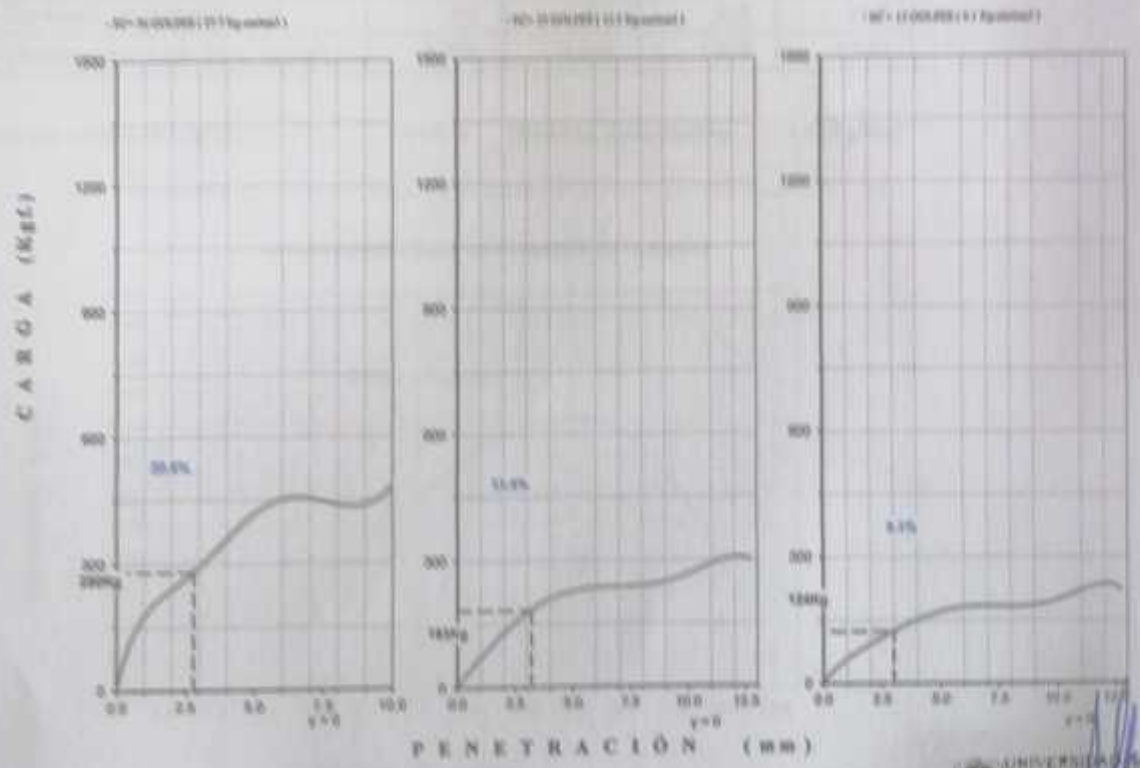
Mg. Miguel Solar Jara
JEFE

RELACIÓN DE SOPORTE - CBR [ASTM D-1883]

[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]
[illegible]	[illegible]







Mg. Miguel Aguilar Jara
JEFE

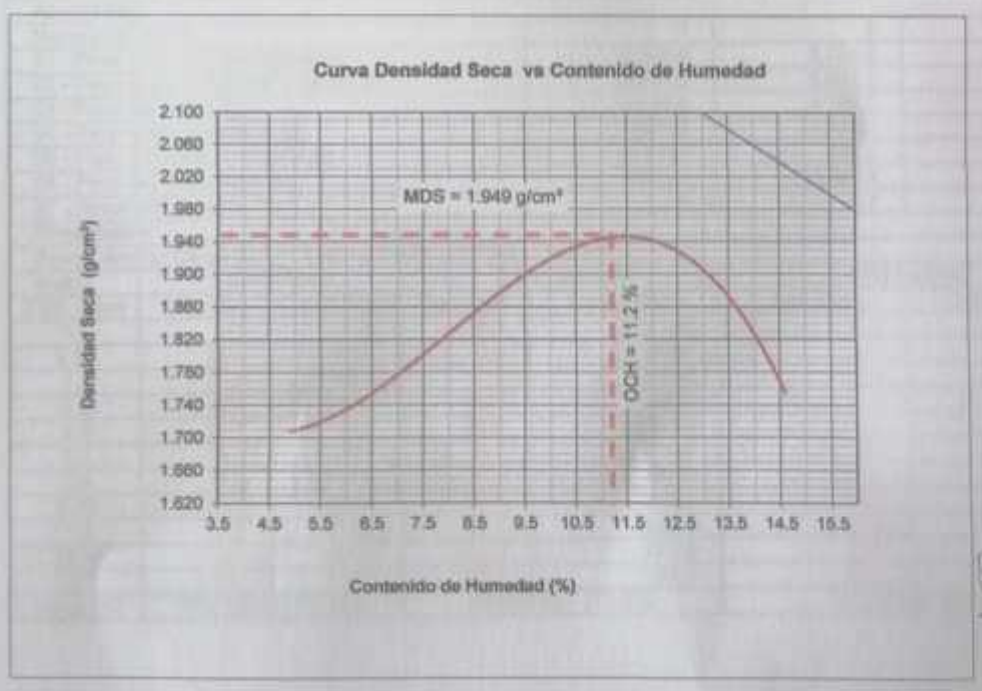
PROCTOR MODIFICADO

NORMA ASTM D- 1557/ MTC E 115

SOLICITA : MG. SIGÜENZA ABANTO ROBERT WILFREDO
TESIS : Influencia de los materiales de desechos de construcción en la estabilización y la permeabilidad del suelo arenoso en las condiciones de laboratorio
MATERIAL : TERRENO NATURAL - C-2
LUGAR : NUEVO CHIMBOTE - SANTA - ANCASH
FECHA :30/12/2024

Metodo Compactación:	"A"	Número de Golpes		25
Energía de Compactación Standar	27.7 Kg.cm / cm³			
01 - Peso Suelo Humedo + Molde (g)	3753	3955	4080	3970
02 - Peso del Molde (g)	1981.0	1981.0	1981.0	1981.0
03 - Peso Suelo Humedo (g)	1772.0	1974.0	2099.0	1989.0
04 - Volumen del Molde (cm³)	989.0	989.0	989.0	989.0
05 - Densidad Suelo Humedo (g/cm³)	1.792	1.996	2.122	2.011
06 - Tarro N°	01	02	03	04
07 - Peso suelo humedo + tarro (g)	421.5	496.0	460.0	490.0
08 - Peso suelo seco + tarro (g)	409.7	474.0	436.4	454.0
09 - Peso del agua (g)	11.8	22.0	23.6	36.0
10 - Peso del tarro (g)	167.0	208.0	204.0	207.5
11 - Peso suelo seco (g)	242.7	266.0	232.4	246.5
12 - Contenido de Humedad (%)	4.9	8.3	10.2	14.6
13 - Densidad del Suelo Seco (g/cm³)	1.708	1.843	1.926	1.755

Contenido Optimo Humedad **11.2 %** Densidad Seca Maxima, **1.949 g/cm³**



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERÍA

Mg. Miguel Solar Jara
JEFE

RELACIÓN DE SOPORTE - CBR

NORMA ASTM D- 1883

SOLICITA : MG. SIGUENZA ABANTO ROBERT WILFREDO
TESIS : Influencia de los materiales de desechos de construcción en la estabilización y la permeabilidad del suelo arenoso en las condiciones de laboratorio
MATERIAL : TERRENO NATURAL - C-2
LUGAR : NUEVO CHIMBOTE - SANTA - ANCASH
FECHA :30/12/2024

Caracteristicas					
Numero de Molde			1	2	3
Numero de Capas			5	5	5
Numero de Golpe			56	25	12
Energia Compactacion [kg-cm]/cm³			27.7	12.2	6.1
Densidad Seca [CBR]					
01 - Peso suelo humedo + molde (g)			8,397.0	8,520.0	7,587.0
02 - Peso del molde (g)			4,105.0	4,796.0	3,975.0
03 - Peso suelo humedo (g)			4,292.0	3,724.0	3,612.0
04 - Volumen de molde, cm³			2,245.000	2,104.000	2,127.000
05 - Densidad suelo humedo (g/cm³)			1.912	1.770	1.698
06 - Tarro N°			0.0	0.0	0.0
07 - Peso suelo humedo + tarro (g)			510.7	510.0	473.1
08 - Peso suelo seco + tarro (g)			484.4	482.8	449.2
09 - Peso del agua (g)			26.3	27.2	23.9
10 - Peso del tarro (g)			210.7	210.0	177.1
11 - Peso suelo seco (g)			273.7	272.8	272.1
12 - Contenido de humedad (%)			9.6	10.0	8.8
13 - Densidad del suelo seco (g/cm³)			1.744	1.609	1.561
Saturación					
Embebido	Fecha	Hora	Lec. Dial	Lec. Dial	Lec. Dial
Dia 01	17-Oct-16	1.00PM	2.08	0.92	4.26
Dia 02	18-Oct-16	1.00PM	4.83	4.43	7.46
Dia 03	19-Oct-16	1.00PM	5.36	4.60	7.78
Dia 04	20-Oct-16	1.00PM	5.41	4.63	7.86
Expansión, %			2.6	2.9	2.8
Absorcion					
Numero de molde			1	2	3
01 - Peso suelo humedo antes (g)			4,292.0	3,724.0	3,612.0
02 - Peso suelo embebido + molde (g)			8,573.2	8,662.2	7,739.7
03 - Peso del molde (g)			4,105.0	4,796.0	3,975.0
04 - Peso suelo embebido (g)			4,468.2	3,866.2	3,764.7
05 - Peso del agua absorvida (g)			176.2	142.2	152.7
06 - Peso del suelo seco (g)			3,915.7	3,386.4	3,320.4
07 - Absorción de agua (%)			4.5	4.2	4.6

Penetración

Factor Anillo: Carga [kgf.]= Lectura Dial*4.2491345+27.92018

Molde	1 [56 Golpes]		2 [25 Golpes]		3 [12 Golpes]	
PEN. (mm)	Lec. Dial	Carga [Kgf.]	Lec. Dial	Carga [Kgf.]	Lec. Dial	Carga [Kgf.]
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.63	25.0	134.1	5.0	49.2	4.0	44.9
1.3	35.0	176.6	10.0	70.4	6.0	61.9
1.9	45.0	219.1	15.0	91.7	12.0	78.9
2.5	57.0	270.12	30.0	155.39	21.0	117.15
3.2	65.0	304.1	35.0	176.6	22.0	121.4
3.8	75.0	346.6	40.0	197.9	24.0	129.9
5.08	85.0	389.1	45.0	219.1	28.0	146.9
7.6	95.0	431.6	50.0	240.4	32.0	163.9
10.16	105.0	474.1	55.0	261.6	36.0	180.9
12.7	115.0	516.6	60.0	282.9	40.0	197.9
Carga [%]	270.12 kgf. [19.9%]		155.39 kgf. [11.4%]		117.15 kgf. [8.6%]	

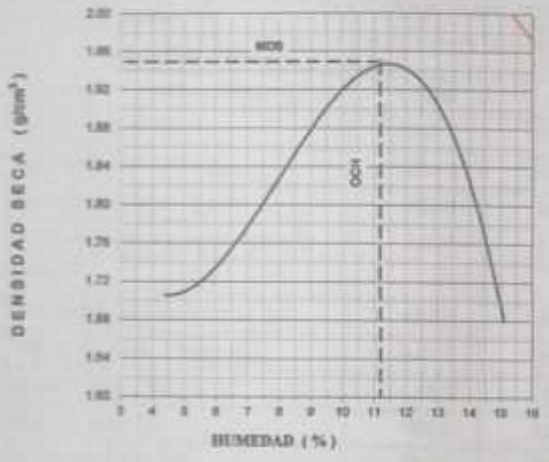
UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERIA
Lab. Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales

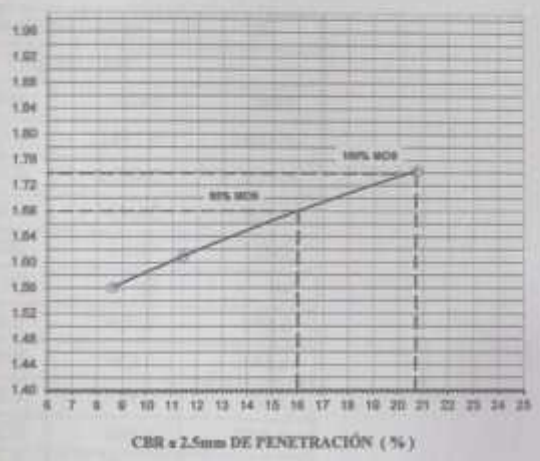
Mg. Miguel Solar Jara
JEFE

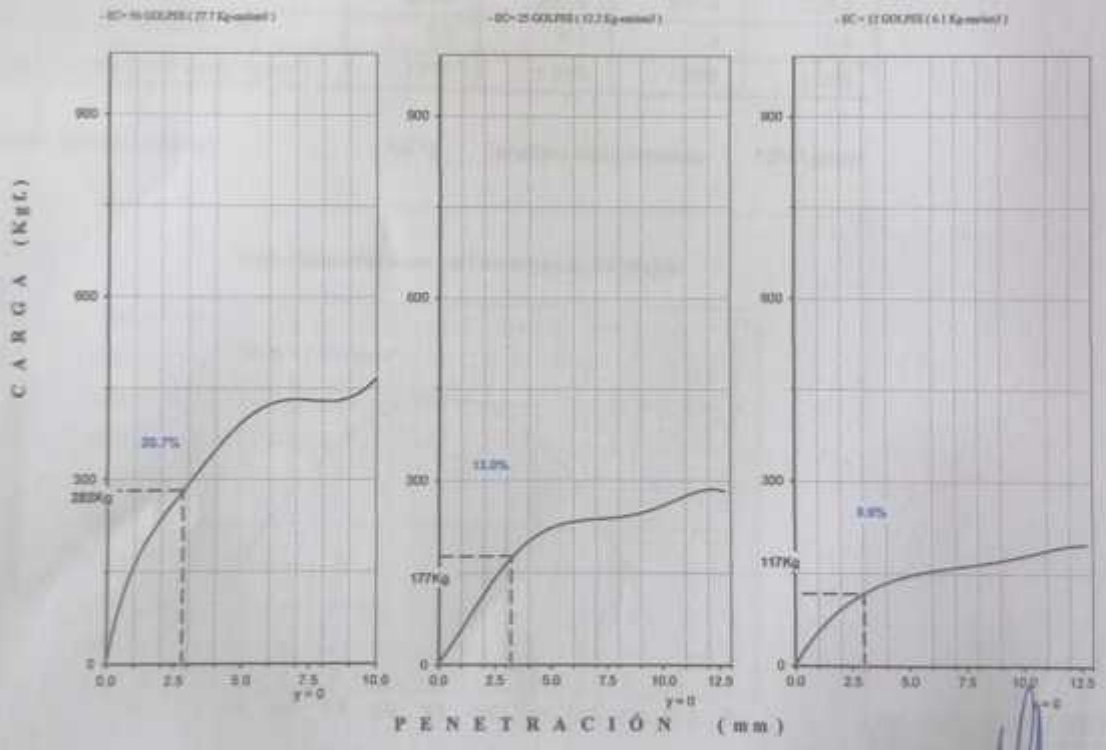
RELACIÓN DE SOPORTE - CBR [ASTM D-1883]

SOLICITA	[illegible]
TESIS	Influencia de los materiales de desechos de construcción en la [illegible]
LUGAR	NUEVO CHIMBOTE - SANTA - ANCASH
MATERIAL	TERRENO NATURAL - C-2
FECHA	30-Dic-2024

MÉTODO DE COMPACTACIÓN (ASTM D-1557)			A
MÁXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm3)			1.949
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)			11.2
CBR AL 100% DE LA M.D.S. (%)			20.7
CBR AL 95% DE LA M.D.S. (%)			16.0
	EMBEBIDO : 4 DIAS	EXPANSIÓN	2.6 %
ABSORCIÓN : 4.5 %	HUMEDAD DE PENETRACIÓN :		15.7 %







UNIVERSIDAD SAN PEDRO
ESCUELA DE INGENIERÍA
Dr. Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales

Mg. Miguel Solar Jara
JEFE

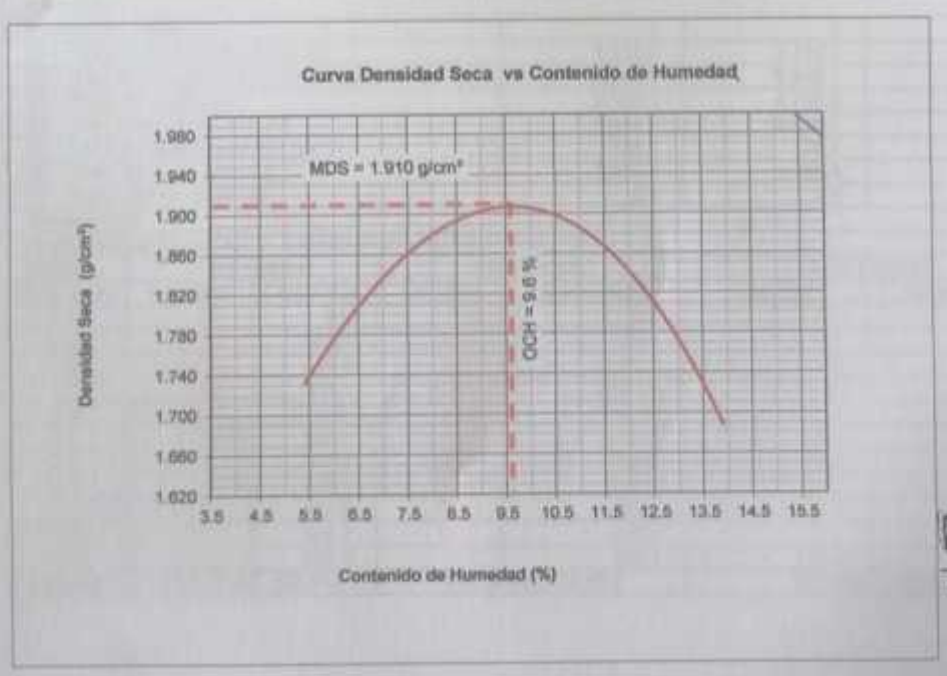
PROCTOR MODIFICADO

NORMA ASTM D- 1557/ MTC E 115

SOLICITA : MG. SIGÜENZA ABANTO ROBERT WILFREDO
TESIS : Influencia de los materiales de desechos de construcción en la estabilización y la permeabilidad del suelo arenoso en las condiciones de laboratorio
MATERIAL : TERRENO NATURAL - C-3
LUGAR : NUEVO CHIMBOTE - SANTA - ANCASH
FECHA :30/12/2024

Metodo Compactación:	"A"	Número de Golpes		25
Energía de Compactación Standar	27.7 Kg.cm / cm³			
01 - Peso Suelo Humedo + Molde (g)	3786	3994	4045	3882
02 - Peso del Molde (g)	1981.0	1981.0	1981.0	1981.0
03 - Peso Suelo Humedo (g)	1805.0	2013.0	2064.0	1901.0
04 - Volumen del Molde (cm³)	989.0	989.0	989.0	989.0
05 - Densidad Suelo Humedo (g/cm³)	1.825	2.035	2.087	1.922
06 - Tarro N°	01	02	03	04
07 - Peso suelo humedo + tarro (g)	463.0	482.0	496.0	476.0
08 - Peso suelo seco + tarro (g)	447.7	458.0	462.0	443.3
09 - Peso del agua (g)	15.3	24.0	34.0	32.7
10 - Peso del tarro (g)	166.0	162.0	160.0	208.0
11 - Peso suelo seco (g)	281.7	296.0	302.0	235.3
12 - Contenido de Humedad (%)	5.4	8.1	11.3	13.9
13 - Densidad del Suelo Seco (g/cm³)	1.732	1.883	1.875	1.688

Contenido Optimo Humedad **9.6 %** Densidad Seca Maxima, **1.910 g/cm³**



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERIA
Mg. Miguel Solar Jara
JEFE

RELACIÓN DE SOPORTE - CBR

NORMA ASTM D- 1883

SOLICITA : MG. SIGUENZA ABANTO ROBERT WILFREDO
TESIS : Influencia de los materiales de desechos de construcción en la estabilización y la permeabilidad del suelo arenoso en las condiciones de laboratorio
MATERIAL : TERRENO NATURAL - C-3
LUGAR : NUEVO CHIMBOTE - SANTA - ANCASH
FECHA :30/12/2024

Caracteristicas					
Numero de Molde			1	2	3
Numero de Capas			5	5	5
Numero de Golpe			56	25	12
Energia Compactacion [kg-cm]/cm³			27.7	12.2	6.1
Densidad Seca [CBR]					
01 - Peso suelo humedo + molde (g)			8,397.0	8,520.0	7,567.0
02 - Peso del molde (g)			4,105.0	4,796.0	3,975.0
03 - Peso suelo humedo (g)			4,292.0	3,724.0	3,612.0
04 - Volumen de molde, cm³			2,245.000	2,104.000	2,127.000
05 - Densidad suelo humedo (g/cm³)			1.912	1.770	1.698
06 - Tarro N°			0.0	0.0	0.0
07 - Peso suelo humedo + tarro (g)			510.7	510.0	473.1
08 - Peso suelo seco + tarro (g)			484.4	482.8	449.2
09 - Peso del agua (g)			26.3	27.2	23.9
10 - Peso del tarro (g)			210.7	210.0	177.1
11 - Peso suelo seco (g)			273.7	272.8	272.1
12 - Contenido de humedad (%)			9.6	10.0	8.8
13 - Densidad del suelo seco (g/cm³)			1.744	1.609	1.561
Saturación					
Embebido	Fecha	Hora	Lec. Dial	Lec. Dial	Lec. Dial
Dia 01	17-Oct-16	1:00PM	2.08	0.92	4.28
Dia 02	18-Oct-16	1:00PM	4.63	4.43	7.48
Dia 03	19-Oct-16	1:00PM	5.36	4.50	7.78
Dia 04	20-Oct-16	1:00PM	5.80	4.93	7.88
Expansión, %			2.9	3.2	2.7
Absorcion					
Numero de molde			1	2	3
01 - Peso suelo humedo antes (g)			4,292.0	3,724.0	3,612.0
02 - Peso suelo embebido + molde (g)			8,549.7	8,848.7	7,723.1
03 - Peso del molde (g)			4,105.0	4,796.0	3,975.0
04 - Peso suelo embebido (g)			4,444.7	3,852.7	3,748.1
05 - Peso del agua absorvida (g)			152.7	128.7	136.1
06 - Peso del suelo seco (g)			3,915.7	3,386.4	3,320.4
07 - Absorción de agua (%)			3.9	3.8	4.1

Penetración

Factor Anillo: Carga [kgf.]= Lectura Dial*4.2491345+27.92018

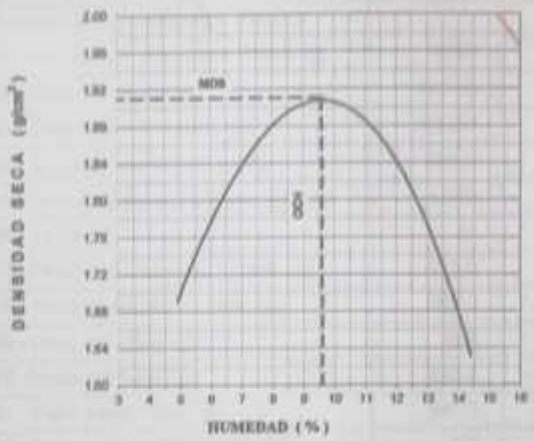
Molde	1 [56 Golpes]		2 [25 Golpes]		3 [12 Golpes]	
PEN. (mm)	Lec. Dial	Carga [Kgf.]	Lec. Dial	Carga [Kgf.]	Lec. Dial	Carga [Kgf.]
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.63	33.0	168.1	10.0	70.4	7.0	57.7
1.3	43.0	210.6	15.0	91.7	12.0	78.9
1.9	53.0	253.1	20.0	155.4	17.0	100.2
2.5	58.0	274.37	30.0	168.14	22.0	121.40
3.2	73.0	338.1	45.0	231.9	28.0	138.4
3.8	83.0	380.6	53.0	253.1	32.0	163.9
5.08	93.0	423.1	58.0	274.4	36.0	180.9
7.6	103.0	465.6	67.0	295.6	40.0	197.9
10.16	113.0	508.1	68.0	316.9	45.0	219.1
12.7	123.0	550.6	73.0	338.1	50.0	240.4
Carga [%]	274.37 kgf. [20.2%]		168.14 kgf. [12.4%]		121.4 kgf. [8.9%]	

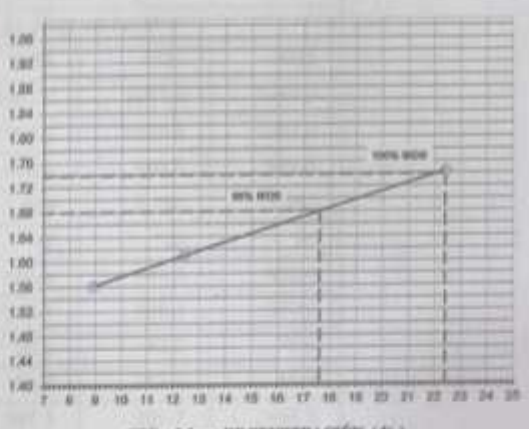
Ing. Miguel Solar Jara
CIP N.

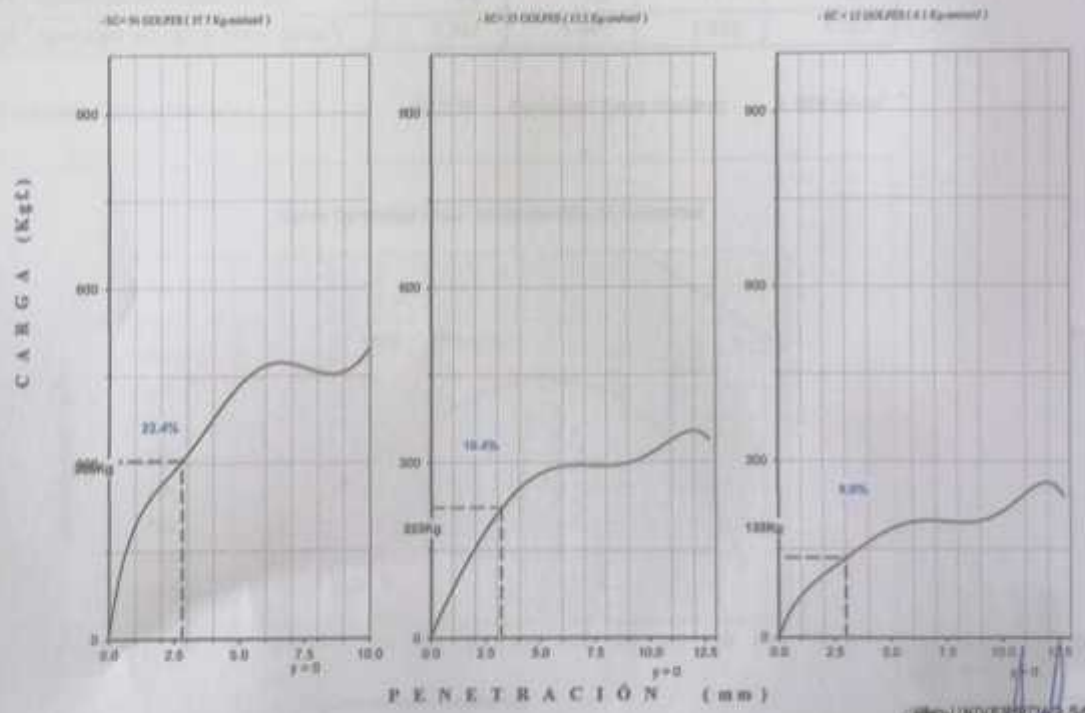
RELACIÓN DE SOPORTE - CBR [ASTM D-1883]

SOLICITA	[illegible]
TESIS	[illegible]
LUGAR	NUEVO CHIMBOTE - SANTA - ANCASH
MATERIAL	TERRENO NATURAL - G-8
FECHA	09-Dic-2024

MÉTODO DE COMPACTACIÓN (ASTM D-1557)			A
MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3)			1.810
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)			9.0
CBR AL 100% DE LA M.D.S. (%)			22.4
CBR AL 95% DE LA M.D.S. (%)			17.6
	EMBEBIDO : 4 DIAS	EXPANSIÓN :	2.9 %
ABSORCIÓN : 3.9 %	HUMEDAD DE PENETRACIÓN :		13.5 %







UNIVERSIDAD SAN PEDRO
DECANATO DE INGENIERÍA

Mg. Miguel Solar Jara
JEFE

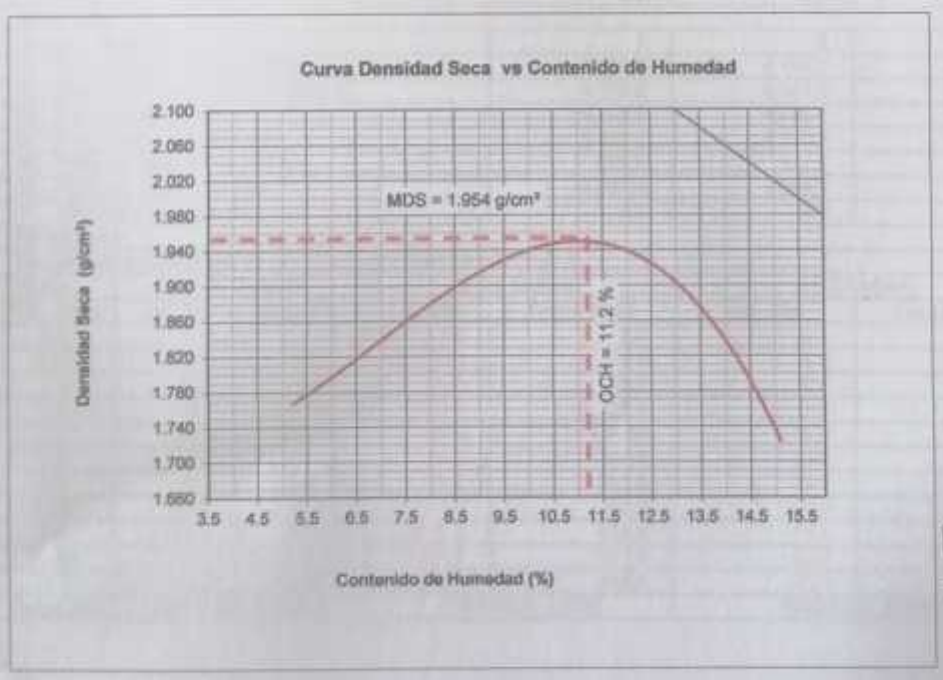
PROCTOR MODIFICADO EXPERIMENTA 10%

NORMA ASTM D- 1557/ MTC E 115

SOLICITA : MG. SIGÜENZA ABANTO ROBERT WILFREDO
TESIS : Influencia de los materiales de desechos de construcción en la estabilización y la permeabilidad del suelo arenoso en las condiciones de laboratorio
MATERIAL : TERRENO NATURAL - C-1- C-2 y C-3
LUGAR : NUEVO CHIMBOTE - SANTA - ANCASH
FECHA :30/12/2024

Metodo Compactación:	"A"	Número de Golpes		25
Energía de Compactación Standar	27.7 Kg.cm / cm³			
01 - Peso Suelo Humedo + Molde (g)	3819	3939	4121	3942
02 - Peso del Molde (g)	1981.0	1981.0	1981.0	1981.0
03 - Peso Suelo Humedo (g)	1838.0	1958.0	2139.5	1961.0
04 - Volumen del Molde (cm³)	989.0	989.0	989.0	989.0
05 - Densidad Suelo Humedo (g/cm³)	1.858	1.980	2.163	1.983
06 - Tarro N°	01	02	03	04
07 - Peso suelo humedo + tarro (g)	570.0	560.4	648.3	600.0
08 - Peso suelo seco + tarro (g)	552.0	534.1	599.1	530.0
09 - Peso del agua (g)	18.0	26.3	49.2	70.0
10 - Peso del tarro (g)	208.7	166.6	207.4	65.9
11 - Peso suelo seco (g)	343.3	367.5	391.7	464.1
12 - Contenido de Humedad (%)	5.2	7.2	12.6	15.1
13 - Densidad del Suelo Seco (g/cm³)	1.767	1.847	1.921	1.723

Contenido Optimo Humedad **11.2 %** Densidad Seca Maxima, **1.954 g/cm³**



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERÍA
Mg. Miguel Solar Jara
JEFE

RELACIÓN DE SOPORTE - CBR-EXPERIMENTAL 10%

NORMA ASTM D- 1883

SOLICITA : MG. SIGUENZA ABANTO ROBERT WILFREDO
TESIS : Influencia de los materiales de desechos de construcción en la estabilización y la permeabilidad del suelo arenoso en las condiciones de laboratorio
MATERIAL : TERRENO NATURAL - C-1- C-2 y C-3
LUGAR : NUEVO CHIMBOTE - SANTA - ANCASH
FECHA :30/12/2024

Caracteristicas					
Numero de Molde			1	2	3
Numero de Capas			5	5	5
Numero de Golpe			56	25	12
Energia Compactacion [kg-cm]/cm³			27.7	12.2	6.1
Densidad Seca [CBR]					
01 - Peso suelo humedo + molde (g)			8,914.0	8,980.0	7,987.0
02 - Peso del molde (g)			4,105.0	4,796.0	3,975.0
03 - Peso suelo humedo (g)			4,809.0	4,184.0	4,012.0
04 - Volumen de molde, cm³			2,245.000	2,104.000	2,127.000
05 - Densidad suelo humedo (g/cm³)			2.142	1.989	1.886
06 - Tarro N°			0.0	0.0	0.0
07 - Peso suelo humedo + tarro (g)			510.7	510.0	473.1
08 - Peso suelo seco + tarro (g)			484.4	482.8	449.2
09 - Peso del agua (g)			26.3	27.2	23.9
10 - Peso del tarro (g)			210.7	210.0	177.1
11 - Peso suelo seco (g)			273.7	272.8	272.1
12 - Contenido de humedad (%)			9.6	10.0	8.8
13 - Densidad del suelo seco (g/cm³)			1.954	1.808	1.734
Saturación					
Embebido	Fecha	Hora	Lec. Dial	Lec. Dial	Lec. Dial
Dia 01	17-Oct-16	1.00PM	2.08	0.92	4.28
Dia 02	18-Oct-16	1.00PM	4.83	4.43	7.46
Dia 03	19-Oct-16	1.00PM	5.38	4.50	7.78
Dia 04	20-Oct-16	1.00PM	5.50	4.70	7.90
Expansión, %			2.7	3.0	2.9
Absorcion					
Numero de molde			1	2	3
01 - Peso suelo humedo antes (g)			4,809.0	4,184.0	4,012.0
02 - Peso suelo embebido + molde (g)			9,120.2	9,151.2	8,164.0
03 - Peso del molde (g)			4,105.0	4,796.0	3,975.0
04 - Peso suelo embebido (g)			5,015.2	4,355.2	4,189.0
05 - Peso del agua absorvida (g)			206.2	171.2	177.0
06 - Peso del suelo seco (g)			4,387.4	3,804.7	3,688.1
07 - Absorción de agua (%)			4.7	4.5	4.8

Penetración

Factor Anillo: Carga [kgf.]= Lectura Dial*4.2491345+27.92018

Molde	1 [56 Golpes]		2 [25 Golpes]		3 [12 Golpes]	
PEN. (mm)	Lec. Dial	Carga [Kgf.]	Lec. Dial	Carga [Kgf.]	Lec. Dial	Carga [Kgf.]
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.63	17.0	100.2	10.0	70.4	4.0	44.9
1.3	30.0	155.4	15.0	91.7	9.0	66.2
1.9	45.0	219.1	23.0	125.7	17.0	100.2
2.5	65.0	389.10	35.0	176.64	32.0	163.89
3.2	105.0	474.1	56.0	265.9	35.0	176.6
3.8	130.0	560.3	79.0	363.6	48.0	231.9
5.08	180.0	792.8	97.0	440.1	60.0	282.9
7.6	200.0	877.7	106.0	478.3	71.0	329.6
10.16	230.0	1005.2	128.0	571.6	82.0	376.3
12.7	250.0	1090.2	139.0	618.5	91.0	414.6
Carga [%]	389.1 kgf. [26.6%]		176.64 kgf. [13%]		163.89 kgf. [12%]	

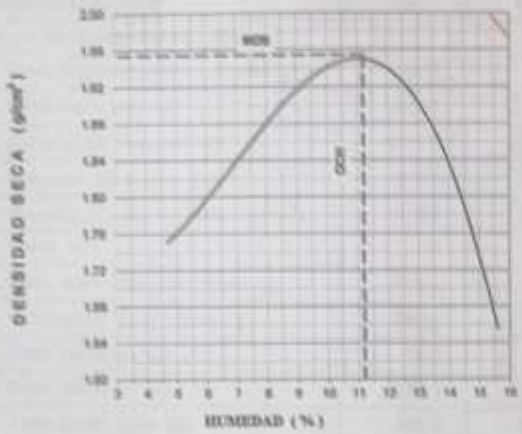
UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE INGENIERIA
Lab. Mecánica de Suelos y Ensayo de Materiales

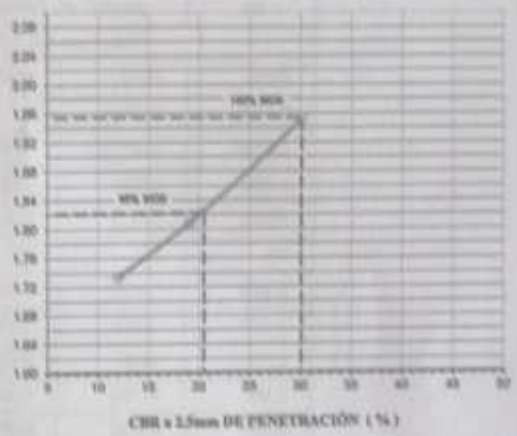
Mg. Miguel Solar Jara
JEFE

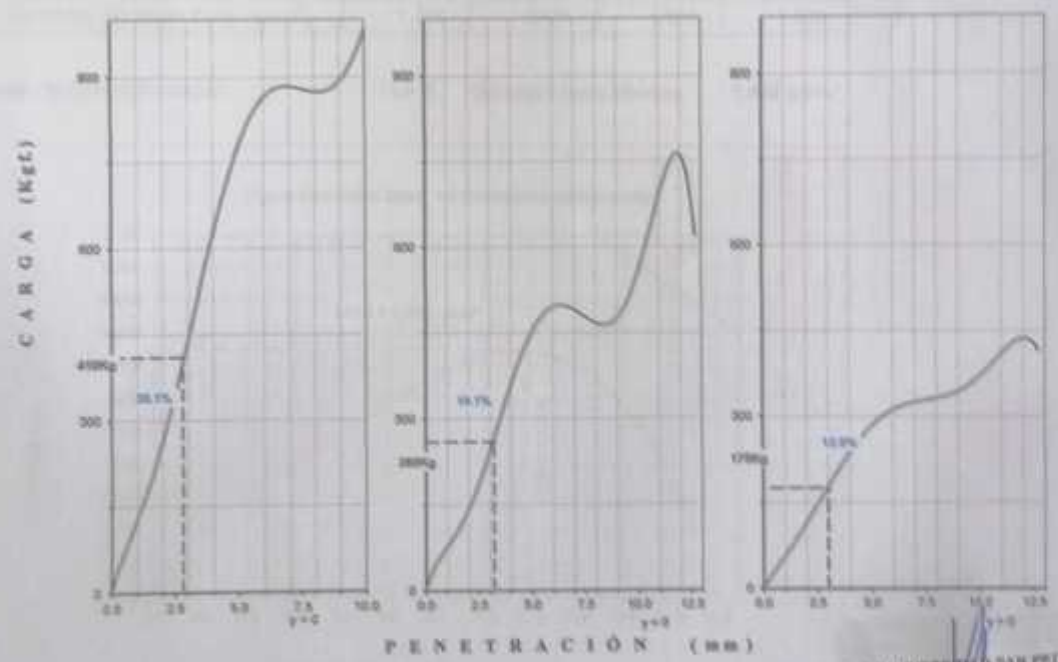
RELACIÓN DE SOPORTE - CBR [ASTM D-1883]- EXPERIMENTAL 10%

SOLICITA	[illegible]
TESIS	[illegible]
LUGAR	NUEVO CHIMBOTE - SANTA - ANCASH
MATERIAL	TERRENO NATURAL - [illegible]
FECHA	[illegible]

MÉTODO DE COMPACTACIÓN (ASTM D-1557)			A
MÁXIMA DENSIDAD SECA (g/cm3)			1.694
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%)			11.2
CBR AL 100% DE LA M.D.S. (%)			10.1
CBR AL 95% DE LA M.D.S. (%)			8.5
	EMBEBIDO : 4 DIAS	EXPANSIÓN	3.7 %
ABSORCIÓN : 4.7 %	HUMEDAD DE PENETRACIÓN :		15.5 %







Mg. Miguel Solar Jara

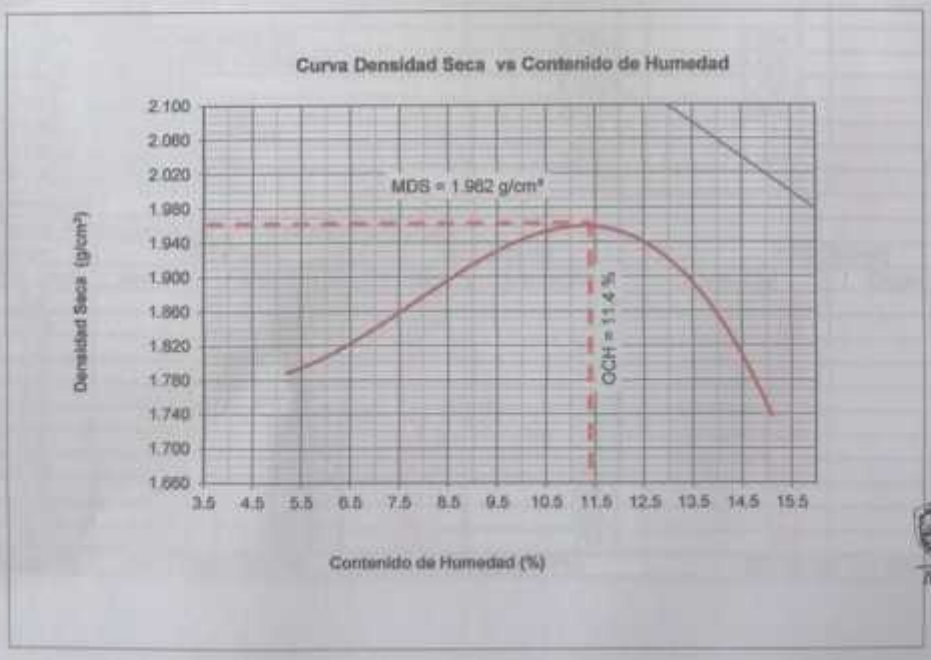
PROCTOR MODIFICADO EXPERIMENTA 20%

NORMA ASTM D- 1557/ MTC E 115

SOLICITA : MG. SIGÜENZA ABANTO ROBERT WILFREDO
TESIS : Influencia de los materiales de desechos de construcción en la estabilización y la permeabilidad del suelo arenoso en las condiciones de laboratorio
MATERIAL : TERRENO NATURAL - C-1- C-2 y C-3
LUGAR : NUEVO CHIMBOTE - SANTA - ANCASH
FECHA :30/12/2024

Metodo Compactación:	"A"	Número de Golpes		56
Energía de Compactación Standar	27.7 Kg.cm / cm³			
01 - Peso Suelo Humedo + Molde (g)	3842	3981	4131	3960
02 - Peso del Molde (g)	1981.0	1981.0	1981.0	1981.0
03 - Peso Suelo Humedo (g)	1861.0	2000.0	2149.5	1979.0
04 - Volumen del Molde (cm³)	989.0	989.0	989.0	989.0
05 - Densidad Suelo Humedo (g/cm³)	1.882	2.022	2.173	2.001
06 - Tarro N°	01	02	03	04
07 - Peso suelo humedo + tarro (g)	578.4	575.1	638.7	578.0
08 - Peso suelo seco + tarro (g)	560.2	545.2	595.9	510.7
09 - Peso del agua (g)	18.2	29.9	42.8	67.3
10 - Peso del tarro (g)	208.7	166.6	207.4	65.9
11 - Peso suelo seco (g)	351.5	378.6	388.5	444.8
12 - Contenido de Humedad (%)	5.2	7.9	11.0	15.1
13 - Densidad del Suelo Seco (g/cm³)	1.789	1.874	1.958	1.738

Contenido Optimo Humedad **11.4 %** Densidad Seca Maxima, **1.962 g/cm³**



UNIVERSIDAD SAN PEDRO
Mg. Miguel Solar Jara
JEFE

RELACIÓN DE SOPORTE - CBR-EXPERIMENTAL 20%

NORMA ASTM D- 1883

SOLICITA : MG. SIGUENZA ABANTO ROBERT WILFREDO
TESIS : Influencia de los materiales de desechos de construcción en la estabilización y la permeabilidad del suelo arenoso en las condiciones de laboratorio
MATERIAL : TERRENO NATURAL - C-1- C-2 y C-3
LUGAR : NUEVO CHIMBOTE - SANTA - ANCASH
FECHA :30/12/2024

Caracteristicas					
Numero de Molde			1	2	3
Numero de Capas			5	5	5
Numero de Golpe			56	25	12
Energia Compactacion [kg-cm]/cm³			27.7	12.2	6.1
Densidad Seca [CBR]					
01 - Peso suelo humedo + molde (g)			8,397.0	8,520.0	7,587.0
02 - Peso del molde (g)			4,105.0	4,796.0	3,975.0
03 - Peso suelo humedo (g)			4,292.0	3,724.0	3,612.0
04 - Volumen de molde, cm³			2,245.000	2,104.000	2,127.000
05 - Densidad suelo humedo (g/cm³)			1.912	1.770	1.698
06 - Tarro N°			0.0	0.0	0.0
07 - Peso suelo humedo + tarro (g)			510.7	510.0	473.1
08 - Peso suelo seco + tarro (g)			484.4	482.8	449.2
09 - Peso del agua (g)			26.3	27.2	23.9
10 - Peso del tarro (g)			210.7	210.0	177.1
11 - Peso suelo seco (g)			273.7	272.8	272.1
12 - Contenido de humedad (%)			9.6	10.0	8.8
13 - Densidad del suelo seco (g/cm³)			1.744	1.609	1.561
Saturación					
Embebido	Fecha	Hora	Lec. Dial	Lec. Dial	Lec. Dial
Dia 01	17-Oct-16	1.00PM	2.08	0.92	4.26
Dia 02	18-Oct-16	1.00PM	4.83	4.43	7.46
Dia 03	19-Oct-16	1.00PM	5.36	4.50	7.78
Dia 04	20-Oct-16	1.00PM	5.21	4.33	7.26
Expansión, %			2.5	2.7	2.4
Absorcion					
Numero de molde			1	2	3
01 - Peso suelo humedo antes (g)			4,292.0	3,724.0	3,612.0
02 - Peso suelo embebido + molde (g)			8,514.5	8,628.4	7,689.9
03 - Peso del molde (g)			4,105.0	4,796.0	3,975.0
04 - Peso suelo embebido (g)			4,409.5	3,832.4	3,714.9
05 - Peso del agua absorvida (g)			117.5	108.4	102.9
06 - Peso del suelo seco (g)			3,915.7	3,386.4	3,320.4
07 - Absorción de agua (%)			3.0	3.2	3.1

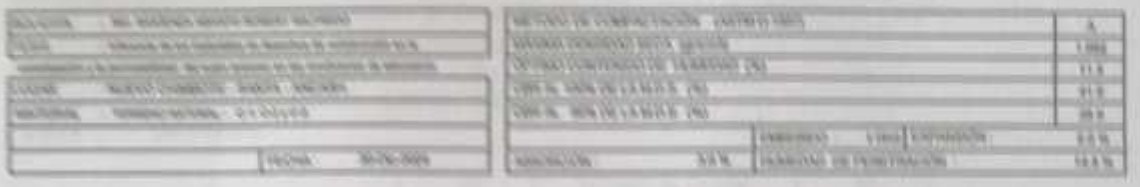
Penetración

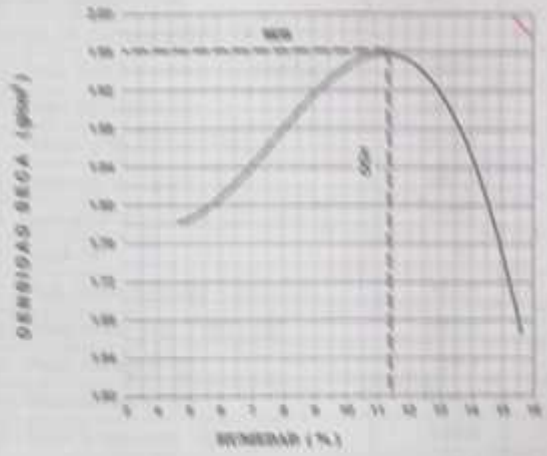
Factor Anillo: Carga [kgf.]= Lectura Dial*4.2491345+27.92018

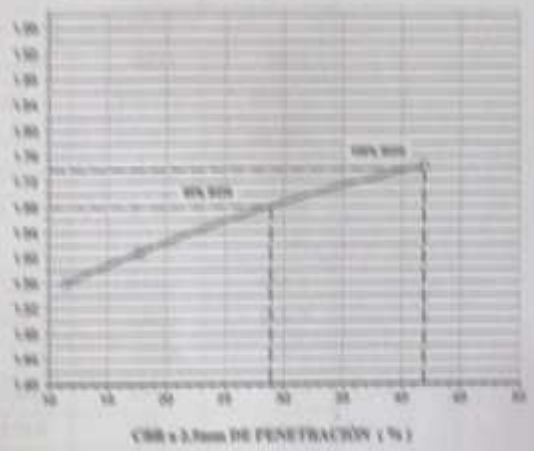
Molde	1 [56 Golpes]		2 [25 Golpes]		3 [12 Golpes]	
PEN. (mm)	Lec. Dial	Carga [Kgf.]	Lec. Dial	Carga [Kgf.]	Lec. Dial	Carga [Kgf.]
0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
0.63	22.0	121.4	11.0	74.7	5.0	49.2
1.3	45.0	219.1	23.0	125.7	12.0	78.9
1.9	73.0	338.1	37.0	185.1	19.0	108.7
2.5	105.0	474.08	50.0	240.38	30.0	155.39
3.2	155.0	686.5	76.0	350.9	39.0	193.6
3.8	210.0	920.2	105.0	474.1	54.0	257.4
5.08	245.0	1047.7	125.0	559.1	68.0	316.9
7.6	280.0	1217.7	143.0	635.5	79.0	363.6
10.16	310.0	1345.2	158.0	699.3	87.0	397.6
12.7	340.0	1472.6	176.0	775.8	96.0	435.6
Carga [%]	474.08 kgf. [34.8%]		240.38 kgf. [17.7%]		155.39 kgf. [11.4%]	

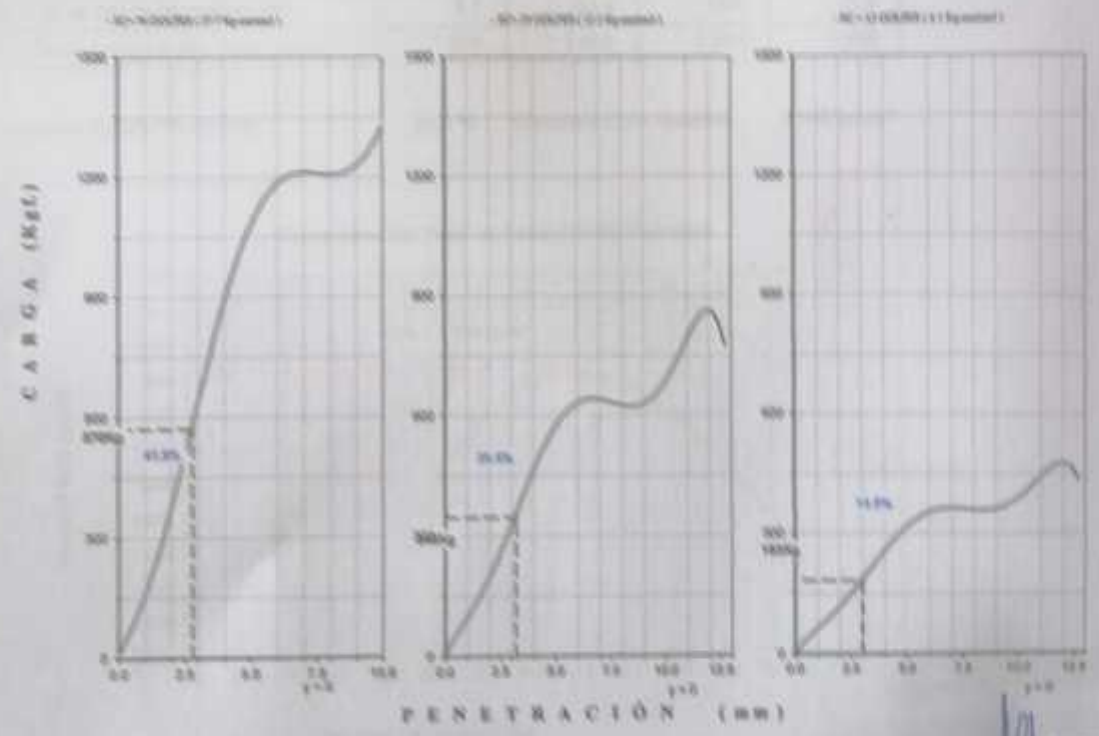
UNIVERSIDAD SAN PEDRO
Mg. Miguel Solar Jara
JEFE

RELACIÓN DE SOPORTE - CBR [ASTM D-1883]- EXPERIMENTAL 20%









Mg. Miguel Solar Jara