

UNIVERSIDAD PERUANA UNIÓN
FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
Escuela Profesional de Ingeniería Civil



**Reutilización de concreto reciclado en la estabilización de suelos
arcillosos a nivel de subrasante**

Tesis para obtener el Título Profesional de Ingeniero Civil

Autor:

Dante Quispe Pilco

Asesor:

Ing. Ecler Mamani Chambi

Juliaca, diciembre del 2023

DECLARACIÓN JURADA DE ORIGINALIDAD DE TESIS

Yo Ecler Mamani Chambi, docente de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura, Escuela Profesional de Ingeniería Civil, de la Universidad Peruana Unión.

DECLARO:

Que la presente investigación titulada: **“REUTILIZACION DE CONCRETO RECICLADO EN LA ESTABILIZACION DE SUELOS ARCILLOSOS A NIVEL DE SUBRASANTE.”** del autor Dante Quispe Pilco tiene un índice de similitud de 6 % verificable en el informe del programa Turnitin, y fue realizada en la Universidad Peruana Unión bajo mi dirección.

En tal sentido asumo la responsabilidad que corresponde ante cualquier falsedad u omisión de los documentos como de la información aportada, firmo la presente declaración en la ciudad de JULIACA, a los 01 días del mes de febrero del año 2024.



Ing. Ecler Mamani Chambi

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS



En Puno, Juliaca, Villa Chullunquiani, a 27 día(s) del mes de diciembre del año 2023, siendo las 10:00 horas, se reunieron los miembros del jurado en la Universidad Peruana Unión Campus Juliaca, bajo la dirección del (de la) presidente(a):

Ing. Karen Rubenly Rari Lusi el (la) secretario(a): Ing. Rina Luzme
Yampara Eicona y los demás miembros: Mg. Lily Zoa Gonzales
 y el (la) asesor(a) Ing. Eder Mamani Chambi

con el propósito de administrar el acto académico de sustentación de la tesis titulado:
Reutilización de concreto reciclado en la estabilización de suelos arcillosos a nivel de subrasante

del(los) bachiller(es): a) Dante Quipe Pilco
 b) _____
 c) _____

conducente a la obtención del título profesional de:
Ingeniero Civil
 (Denominación del Título Profesional)

El Presidente inició el acto académico de sustentación invitando al (a la) / a (los) (las) candidato(a)s hacer uso del tiempo determinado para su exposición. Concluida la exposición, el Presidente invitó a los demás miembros del jurado a efectuar las preguntas, y aclaraciones pertinentes, las cuales fueron absueltas por al (a la) / a (los) (las) candidato(a)s. Luego, se produjo un receso para las deliberaciones y la emisión del dictamen del jurado. Posteriormente, el jurado procedió a dejar constancia escrita sobre la evaluación en la presente acta, con el dictamen siguiente:

Bachiller (a): Dante Quipe Pilco

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	
<u>Aprobado</u>	<u>15</u>	<u>B -</u>	<u>Buena</u>	<u>Muy Buena</u>

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	

CALIFICACIÓN	ESCALAS			Mérito
	Vigesimal	Literal	Cualitativa	

(*) Ver parte posterior

Finalmente, el Presidente del jurado invitó al (a la) / a (los) (las) candidato(a)s a ponerse de pie, para recibir la evaluación final y concluir el acto académico de sustentación procediéndose a registrar las firmas respectivas.

[Firma]
 Presidente/a
[Firma]
 Asesor/a
[Firma]
 Bachiller (a)

[Firma]
 Miembro
[Firma]
 Bachiller (b)

[Firma]
 Secretaria
[Firma]
 Miembro
[Firma]
 Bachiller (c)

DEDICATORIA

Yo Dante Quispe Pilco, en primer lugar, dedico este logro a nuestro padre celestial por las oportunidades por sus bendiciones a lo largo de este proceso.

Seguidamente este logro es dedicado a mis padres por su esfuerzo y sacrificio brindándome su apoyo incondicional a lo largo de mi formación profesional y en el transcurso de mi vida.

DANTE QUISPE PILCO

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por brindarme la vida, la salud, la sabiduría y fuerza para poder culminar con este proyecto de tesis.

A esta primera casa superior de estudios la Universidad Peruana Unión, por darme oportunidad de formarme en el ámbito profesional, espiritual y física.

A mis familiares que me brindaron su apoyo incondicional mediante consejos, ánimos en los momentos que hacía falta.

A mi asesor de tesis Ing. Ecler Mamani Chambi, por sus sugerencias, recomendaciones y exigencia para la culminación de este proyecto tesis.

A nuestros jurados: Mg. Lily Zea Gonzales, Mg. Rina Luzmeri Yampara Ticona, que aportaron en mi proyecto de tesis mediante sus observaciones y sugerencias.

A todas las personas que han sido parte del proceso de esta investigación, así mismo a la E.P. Ingeniería Civil facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión y a los docentes que brindaron sus conocimientos y experiencia.

ÍNDICE GENERAL

	Pág.
<u>INDICE DE TABLAS</u>	7
<u>INDICE DE FIGURAS</u>	8
<u>INDICE DE GRAFICAS</u>	8
<u>INDICE DE ANEXOS</u>	9
1. <u>RESUMEN</u>	10
2. <u>INTRODUCCION</u>	<u>11</u>
3. <u>MATERIALES Y MÉTODOS</u>	13
3.1 Materiales.....	13
3.1.1. Concreto reciclado	13
3.1.2. Suelos arcillosos	16
3.2 Metodologia	18
3.2.1.Suelos de subrasante	20
3.2.2..Estabilizacion de suelos con concreto reciclado	21
4. <u>DISCUSION</u>	22
5. <u>RESULTADOS</u>	23
6. <u>CONCLUSIONES</u>	31
7. <u>REFERENCIAS</u>	33
8. <u>ANEXOS</u>	35

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla. 1. Analisis granulometricos del concreto reciclado	14
Tabla. 2. Caracteristicas del concreto reciclado	15
Tabla. 3. Propiedades fisicas de la muestra natural	17
Tabla. 4. Clasificacion de una subrasante según su CBR..	21
Tabla. 5. Propiedades fisicas y mecanicas de la muestra patron.	23
Tabla. 6. Indice de plasticidad el suelo del Grupo 1 adicionando concreto reciclado. ..	23
Tabla. 7. Indice de plasticidad el suelo del Grupo 2 adicionando concreto reciclado. 24	24
Tabla. 8. Indice de plasticidad el suelo del Grupo 3 adicioando concreto reciclado	24
Tabla. 9. Proctor modificado del suelo Grupo 1 con adicion de residuos de concreto .27	27
Tabla. 10. Proctor modicado del suelo Grupo 2 con adicion de residuos de concreto 27	27
Tabla. 11. Proctor modicado del suelo Grupo 3 con adicion de residuos de concreto 28	28
Tabla. 12. Capacidad de soporte del suelo Grupo 1 con concreto reciclado	29
Tabla. 13. Capacidad de soporte del suelo Grupo 2 con concreto reciclado	30
Tabla. 14. Capacidad de soporte del suelo Grupo 3 con concreto reciclado	30
Tabla. 15. Resultados de los G1, G2 y G3	32
.....	

ÍNDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura . 1. Ubicación y excavacion del punto	17
Figura . 2. Demolicion del concreto vereda	18
Figura . 3. Trituracion del concreto y balde de concreto reciclado	19
Figura . 4. Moldes utilizados, saturacion de los moldes y penetracion de moldes..	20
.....	

ÍNDICE DE GRAFICA

	Pág.
Grafica. 1. Grafica del analisis granulometrico	15
Grafica. 2. Limite Liquido del Grupo 1, 2 y 3	24
Grafica. 3. Limite Plastico del grupo 1, 2 y 3	25
Grafica. 4. Indice de Plasticidad del grupo 1, 2 y 3..	25
Grafica. 5. Granulometria del suelo natural con sus distintos porcentajes G1.....	26
Grafica. 6. Granulometria del suelo natural con sus distintos porcentajes G2.....	26
Grafica. 7. Granulometria del suelo natural con sus distintos porcentajes G3.....	27
Grafica. 8. Proctor con los distintos porcentajes del Grupo 1	28
Grafica. 9. Proctor con los distintos porcentajes del Grupo 2	29
Grafica. 10. Proctor con los distintos porcentajes del Grupo 3	29
Grafica. 11. Capacidad de soporte de todos los grupos	30

ÍNDICE DE ANEXOS

<u>Anexo 1.</u> Evidencia de sumision a una revista indexada.....	35
<u>Anexo 2.</u> Copia de resolucion de inscripcion perfil de proyecto de tesis en formato	36

Reutilización de concreto reciclado en la estabilización de suelos arcillosos a nivel de subrasante

i. Resumen

El presente estudio de investigación se enfoca en la reutilización del concreto reciclado como un recurso para mejorar la calidad de los suelos arcillosos a nivel de subrasante. Se seleccionaron cinco puntos de estudio distribuidas a lo largo de un tramo de 4 kilómetros. Mediante los sistemas de clasificación SUCS (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos) y AASHTO (Asociación Americana de funcionarios de Carreteras Estatales y Transporte), se determinó la presencia de suelos arcillosos de baja plasticidad, el estudio comprendió un análisis detallado de las propiedades físicas y mecánicas del suelo, organizadas en tres grupos distintos para su evaluación. Se llevaron a cabo pruebas aplicando diferentes porcentajes de concreto reciclado, variando desde un 20% hasta un 35%, con situaciones excepcionales alcanzando un 40% en los Grupos 2 y 3. Los resultados demostraron mejoras considerables en la capacidad de soporte (CBR) del suelo, especialmente cuando se añadió un 25% de concreto reciclado, la cual mejoró la condición de la subrasante de regular o inadecuada a excelente, según los criterios establecidos en el Manual de transporte y comunicaciones (MTC). Este estudio respalda la efectividad de la reutilización del concreto reciclado como una estrategia viable y sostenible para mejorar la capacidad de soporte. No obstante, se destaca que el porcentaje óptimo de concreto reciclado puede variar en función de las características específicas del suelo y del concreto reciclado empleado.

Palabras clave: Concreto reciclado, capacidad de soporte, estabilización, subrasante, suelos arcillosos.

Reuse of recycled concrete in the stabilization of clay soils at subgrade level

Abstract

The present research study focuses on the reuse of recycled concrete as a resource to improve the quality of clayey soils at subgrade level. five study points were selected along a 4 km stretch. Using the SUCS (Unified Soil Classification System) and AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials) classification systems, the presence of low plasticity clayey soils was determined, the study comprised a detailed analysis of the physical and mechanical properties of the soil, organized into three distinct groups for evaluation. Tests were carried out applying different percentages of recycled concrete, varying from 20% to 35%, with exceptional situations reaching 40% in Groups 2 and 3. The results showed considerable improvements in the bearing capacity (CBR) of the soil, especially when 25% recycled concrete was added, which improved the condition of the subgrade from fair or inadequate to excellent, according to the criteria set out in the Manual on Transport and Communications (MTC). This study supports the effectiveness of reusing recycled concrete as a viable and sustainable strategy for improving bearing capacity. However, it is noted that the optimum percentage of recycled concrete may vary depending on the specific characteristics of the soil and recycled concrete.

Keywords: Recycled concrete, bearing capacity, stabilization, subgrade, clay soil.

1. Introducción

La falta de reutilización de los residuos sólidos resultantes de demoliciones puede tener consecuencias negativas para el medio ambiente. Entre los elementos que se pueden reciclar de manera respetuosa con el medio ambiente en la capa de subrasante del pavimento se incluyen los desechos de construcción y demolición (Kerni, Sonthwal, & Jan, 2015). A nivel global, la producción de concreto reciclado alcanza aproximadamente 100 mil millones de toneladas (Yichao Zhang, 2021). En Europa, Estados Unidos y Japón, se generan más de 900 millones de toneladas de concreto reciclado al año (Initiative, Cement Sustainability, 2019). En América Latina, como en el caso de México, se producen alrededor de 6,000 toneladas de concreto reciclado anualmente (Capital, 2017). El concreto reciclado se emplea cada vez más en proyectos de construcción de carreteras, y existen regulaciones específicas que respaldan y promueven la gestión adecuada de los residuos generados por la construcción y demolición (RCD). En aproximadamente 38 estados de Estados Unidos, se utilizan agregados de concreto reciclado en proyectos viales, y alrededor de 11 estados han implementado procesos de reciclaje de estos agregados para reutilizarlos en la fabricación de nuevo concreto (Julio, 2009)

El concreto ha experimentado avances tecnológicos considerables, pasando de ser una mezcla simple de cemento, agregados y agua a convertirse en un material más avanzado (Rossignolo, 2011). El concreto reciclado puede desempeñar un papel destacado como sustituto en diversas aplicaciones, mejorando las características de resistencia y contribuyendo a la estabilización de suelos arcillosos (Zolotukhin, 2021). Este material reciclado posee propiedades físicas y mecánicas adecuadas para aumentar la resistencia del suelo, especialmente en la construcción de carreteras (Al-Obaydi, 2021). Los suelos arcillosos, que suelen tener una capacidad de soporte baja y pueden experimentar deformaciones, requieren mejoras antes de su uso en la construcción. El concreto reciclado ha demostrado resultados prometedores en comparación con otros materiales, como los residuos de ladrillos, en términos de la Relación de Soporte de California (CBR) (Quispe Ruiz, 2020). Estos hallazgos resaltan la importancia de la reutilización del concreto reciclado como una alternativa sostenible y efectiva para mejorar suelos en proyectos de infraestructura (Ahmed Elansary, 2020)

Esta investigación tiene como enfoque principal la reutilización del concreto como un agente estabilizador de suelos arcillosos en el nivel de subrasante, con el propósito de contribuir a la sostenibilidad medioambiental. La muestra de suelo arcilloso fue extraída de la carretera que conecta la Av. Héroes de la Guerra del Pacífico con la carretera Juliaca-Mañazo, ubicada en el Distrito de Juliaca, Provincia de San Román, Departamento de Puno, en la región sur del país. Esta área presenta un clima templado a frío y se encuentra a una altitud de 3,825 metros sobre el nivel del mar.

El objetivo central de este artículo de investigación es determinar la máxima densidad seca y el contenido óptimo de humedad para diferentes porcentajes de concreto reciclado. Asimismo, se busca encontrar la dosificación ideal de concreto reciclado y realizar cálculos relacionados con la capacidad de soporte CBR en varios porcentajes. Estos análisis y resultados proporcionarán nuevos y valiosos conocimientos sobre la eficacia del concreto reciclado como agente de mejora en suelos arcillosos, lo que tiene importantes implicaciones tanto en términos de sostenibilidad ambiental como de desarrollo de infraestructura vial en la región.

2. Materiales y métodos

2.1. Materiales

2.1.1. Concreto reciclado

(Concreto, 2022) El concreto reciclado se define como la utilización de un concreto que ha sido previamente usado en otra obra que fue demolida, (Lovedeep, 2017) Indica que el concreto reciclado es muy favorable para la estabilización de suelos mejorando un 345% de 6.56% hasta un 29.19 con 40% de concreto reciclado , (Lizarazo, 2015) Menciona que existen varios beneficios asociados con el uso de concreto reciclado en la cual nuestro estudio va correlacionado a la reducción de residuos:

- **Reducción de la demanda de recursos naturales:** Al utilizar agregados reciclados en lugar de extraer nuevos recursos, se reduce la presión sobre

canteras y minas, lo que disminuye la degradación del medio ambiente y el agotamiento de recursos.

- **Reducción de residuos:** El uso de concreto reciclado ayuda a reducir la cantidad de desechos de construcción y demolición que terminan en vertederos, lo que a su vez disminuye la acumulación de residuos.
- **Menor huella de carbono:** La producción de concreto reciclado suele generar menos emisiones de dióxido de carbono (CO₂) en comparación con la producción de concreto convencional, ya que se requiere menos energía para procesar agregados reciclados en lugar de extraer y transportar agregados nuevos.
- **Ahorro de costos:** En algunos casos, el concreto reciclado puede ser más económico que el concreto convencional, lo que puede resultar en ahorros para proyectos de construcción.

(Kerni, Sonthwal, & Jan, 2015) Indica que las carreteras tienen una baja capacidad de soporte. Por este motivo, los profesionales en ingeniería vial buscan de manera continua métodos y técnicas novedosas e ingeniosas que reduzcan la utilización de recursos naturales y estabilicen el suelo, enfoques que salvaguarden el entorno ambiental y aumenten tanto la capacidad de sustento del suelo como su longevidad

El material utilizado en la estabilización del suelo arcilloso es el concreto reciclado, el proceso de producción del concreto reciclado implica la recuperación y el procesamiento de concreto existente que ha llegado al final de su vida útil, como estructuras demolidas, pavimentos viejos, veredas o elementos de construcción desechados. Estos materiales de concreto reciclado se trituraron se tamizaron para obtener partículas más pequeñas que pasaron el tamiz N.º 4 para así utilizarlo agente estabilizador en suelo arcilloso.

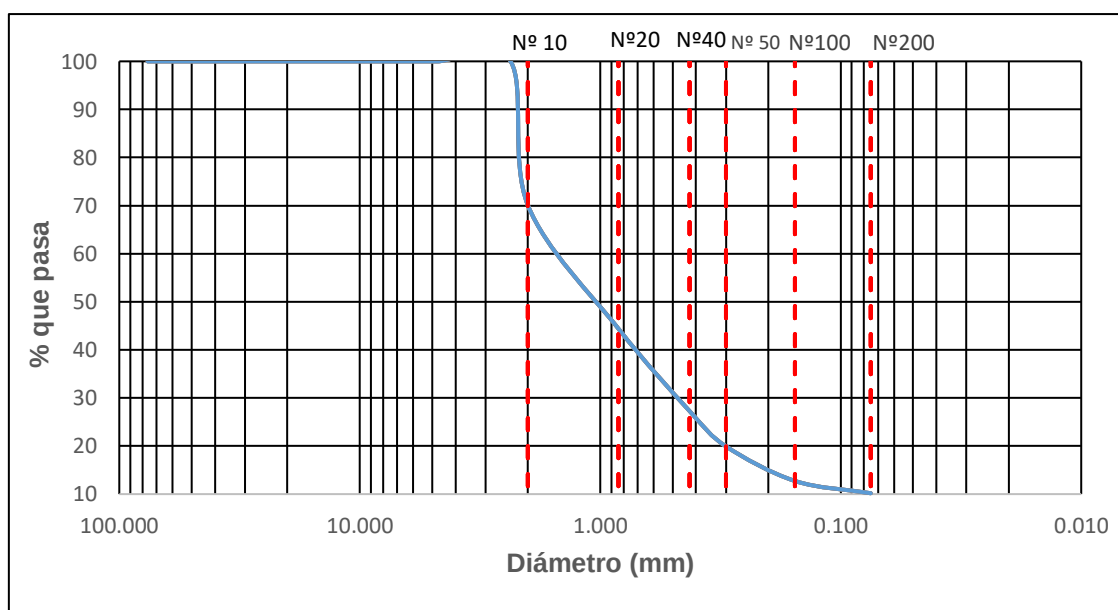
Estas muestras fueron obtenidas de veredas ubicados en las áreas céntricas del terminal terrestre del distrito de Juliaca. Posteriormente, se realizaron análisis granulométricos a estas muestras, cuyos resultados se presentan en la siguiente tabla.

Tabla 1. Análisis granulométricos del concreto reciclado

GRANULOMETRÍA	
(mm)	% QUE PASA
4.75	100
2	70.074
0.84	44.394
0.425	27.264
0.3	19.932
0.155	12.732
0.075	10.182
FONDO	0

Fuente. Resultados de laboratorio

Gráfico 1 Grafica del análisis granulométrico



Fuente. Resultados de laboratorio

Una vez completada la evaluación de su distribución granulométrica, se llevó a cabo la realización de los ensayos correspondientes a los límites de consistencia y a la resistencia a la abrasión en la muestra de concreto reciclado. Los detalles de estos ensayos se encuentran documentados en la tabla 2.

Tabla 2. Características del concreto reciclado

Descripción	Muestra 1 C-01
Porcentaje de pérdida	32.12
Límite líquido	NP
Límite Plástico	NP
Índice de plasticidad	NP
Tamaño máximo	N.º 10
Clasificación de suelos (SUCS)	SP - SM
Clasificación de suelos (AASHTO)	A-1- b
Origen	Residuos de veredas

Fuente. Resultados de laboratorio

2.1.2. Suelos arcillosos

(Crespo Villalaz, 2004) Se considera suelo a una delgada capa que se encuentra sobre la superficie terrestre y que se forma a partir de la desintegración y/o cambios químicos y/o físicos de las rocas, así como de los restos dejados por las actividades de los seres vivos que habitan en ella. (Gomez de Santos, 2019) expresa que “en el sentido general de la ingeniería, suelo se define como el agregado no cementado de granos minerales y materia orgánica descompuesta (partículas sólidas) junto con el líquido y gas que ocupan los espacios vacíos entre las partículas sólidas”. También hace mención que “el suelo se usa como material de construcción en diversos proyectos de ingeniería civil y sirve para soportar las cimentaciones estructurales” (Zapata, 2018) Menciona que los suelos arcillosos tienen diferentes características tanto mecánicas y físicas determinando por diferentes ensayos, como alta plasticidad, baja permeabilidad, baja resistencia en la compresión, alta expansión esto dificultando el uso teniendo un suelo variable y es vulnerable a la erosión. (Das, 2015) El suelo arcilloso presenta dificultad al drenaje, así como la capacidad de soporte ya que son muy bajos. (Yeimi Noriega 1, 2022) La arcilla se refiere a partículas de suelo que son más pequeñas que 0.002 mm y tienen la capacidad de retener significativamente agua y nutrientes. Los suelos que contienen arcilla pueden variar en sus propiedades, mostrando características como gran maleabilidad,

escasa permeabilidad, poca resistencia a la compresión y una tendencia a expandirse en gran medida.

Se procedió a realizar cinco excavaciones utilizando maquinaria, tal como se ilustra en la figura 1, a lo largo de una extensión de 4 kilómetros. Estas excavaciones se ubicaron en puntos predeterminados identificados como (C1 KM 0+000), (C2 1+000), (C3 KM 2+000), (C4 3+000) y (C5 KM 4+000). La selección de estos lugares de excavación se basó en las pautas establecidas en el Manual de Carreteras Suelos Geología y Pavimento (MTC), específicamente en el cuadro 4.1, que indica la cantidad de calicatas necesarias para la exploración de suelos en carreteras de bajo tráfico, con un IMDA (Índice Medio Diario Anual) igual o inferior a 200 vehículos por día. Las excavaciones presentaron diversas clasificaciones, como se detalla en el cuadro N.º 01, que incluyen A-4 (6), A-6 (5), A-6 (8), A-6 (9) y A-7-6(18).

Posteriormente, se llevaron a cabo análisis exhaustivos en estas excavaciones con el objetivo de determinar sus características físicas y mecánicas. Los resultados obtenidos en estas calicatas proporcionan información esencial para evaluar y comprender las propiedades del suelo en esta zona específica de estudio.

Tabla 03. *Propiedades físicas de la muestra natural*

Descripción	C-01 / E - 2	C-02 / E - 2	C-03 / E - 3	C-04 / E - 2	C-05 / E - 2
Contenido de Humedad (W %)	11.1	8.67	21.67	9.55	22.71
Límite líquido (%)	26.22	27.61	31.7	32.48	53.85
Límite Plástico (%)	16.02	16.31	20.59	20.68	25.63
Índice de plasticidad (%)	10.2	11.3	11.11	11.8	28.22
Profundidad, Inicio y Fin / (mts.)	0.60-1.60	0.20-1.70	1.10 - 1.90	0.25 - 2.55	1.00 - 1.60
% Gravas	0	0	0	0	0
% Arenas	32.29	44.69	13.59	19.18	23.87
% Finos	67.71	55.31	86.41	80.82	76.13

Fuente: Elaboración propia.



Figura 1. *Ubicación y excavación del punto*

2.2. Metodología

En esta investigación, se llevó a cabo la recopilación de muestras de concreto reciclado obtenidas de veredas de la demolición del terminal terrestre ubicado en las inmediaciones del distrito de Juliaca, tal como se ilustra en la figura 2. Para esta tarea, se optó por seleccionar fragmentos de concreto reciclado provenientes de la demolición de veredas, dado que estos se encontraban en mayor abundancia y presentaban una distribución más homogénea. Los bloques de concretos escogidos no contenían materiales que pudieran afectar la composición del concreto reciclado, como sustancias contaminantes (materiales adheridos, desechos, aceites, entre otros)



Figura 2. *Demolición del concreto, vereda.*

La muestra de concreto fue sometida a un proceso de trituración, el cual se llevó a cabo de forma manual, tal como se observa en la figura 3, utilizando herramientas manuales. Las partículas resultantes de la trituración se pasaron a través de una malla de tamaño N.º 4. Esta elección de un proceso manual se justificó debido a que las trituradoras mecánicas tienden a operar a una escala más grande. Para determinar las características físicas del material triturado, se llevaron a cabo ensayos de granulometría y límites de consistencia. Además, se realizó el ensayo de abrasión de los Ángeles, siguiendo las pautas establecidas en el manual de ensayo de materiales del MTC. Los resultados y los procedimientos específicos se detallan en la Tabla N.º 2 para referencia y documentación del proceso de análisis de la muestra.



Figura 3. *Trituración del concreto y balde de concreto reciclado*

Evaluación de los cambios en el valor del índice de plasticidad en la capa de subrasante tratada con concreto reciclado.

se llevó a cabo el análisis de la alteración en el índice de plasticidad en la capa de subrasante en la cual fueron tratadas con concreto reciclado en suelos en donde se extrajeron las muestras, Se emplearon proporciones de 20%, 25%, 30% y 35% en el grupo 2 y 3 fueron necesario hasta 40%, y para la cuantificación de estas variaciones se aplicaron pruebas de límite plástico y límite líquido. Estas evaluaciones de límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad como se muestra en la tabla N.º 6,7 y 8 así como en el grafico 2 y 3 que se realizaron en el laboratorio de mecánica de suelos.

La realización de la granulometría a los distintos porcentajes se encuentra en la Grafica 4,5 y 6 con la incorporación de los distintos porcentajes de concreto reciclado

Determinación de la alteración en la densidad máxima de la subrasante al ser modificada con concreto reciclado.

Para determinar la variación en la densidad máxima seca de las subrasantes alteradas mediante la incorporación de concreto reciclado en carreteras rurales, en proporciones de 20%, 25%, 30% y 35%, se empleó el ensayo de Proctor modificado. Este procedimiento se llevó a cabo en el laboratorio de mecánica de suelos dando como resultados en las tablas 9,10 y 11, así como en las graficas 7,8 y 9

Evaluación de la Alteración en la Capacidad de soporte de la subrasante estabilizada mediante Concreto Reciclado

Con el propósito de evaluar la capacidad de Soporte, se utilizó el ensayo de CBR como se muestra en la Figura 4. (Relación de Soporte de California) en un proceso en el cual se expuso la muestra de suelo de referencia en conjunto con el concreto reciclado. Los resultados de este procedimiento se detallan en las tablas 12, 13 y 14, así como la unión de los CBR al 100% de todos los grupos como se observa en el Grafico 10.



Figura 4. *Moldes utilizados, saturación de los moldes y penetración de*

moldes

2.2.1. Suelo de subrasante

(Enrique Chirinos Ñaños, 2021) La subrasante la capa del suelo que se encuentra en la base de la estructura del pavimento que tiene la finalidad de soportar cargas que se aplican sobre el pavimento ya que de esto es esencial para la ejecución de buenas carreteras

(MTC, 2014) La clasificación de una subrasante mediante el CBR, se clasifica a que categoría pertenece según la tabla N.º 4

Ordoñez y Minaya (2006) mencionan que “la capacidad de soporte de la sub rasante, es la capacidad que tiene el suelo de soportar los esfuerzos verticales transmitidos por las cargas de tránsito. La deformación del suelo la deflexión resultante deberá ser menor a las admisibles”. “El parámetro más importante para caracterizar la subrasante es su capacidad de soporte, el cual es típicamente representado por el CBR (Relación de Soporte de California) el cual es determinado mediante ensayos de campo y laboratorio”.(Villalobos, 2014) indica que la granulometría es el estudio y la clasificación del tamaño de las partículas en una muestra de material, como arena o suelo, para comprender su distribución de tamaños.

Tabla 4. Clasificación de una subrasante según su CBR

CATEGORÍAS DE LA	
SUBRASANTE	CBR
So: Subrasante Inadecuada	CBR < 3%
S1: Subrasante Pobre	De CBR ≥ 3 % A CBR < 6 %
S2: Subrasante Regular	De CBR ≥ 6 % A CBR < 10 %
S3: Subrasante Buena	De CBR ≥ 10 % A CBR < 20 %
S4: Subrasante Muy Buena	De CBR ≥ 20 % A CBR < 30 %
S5: Subrasante Excelente	De CBR ≥ 30 %

Fuente: (MTC, 2014)

2.2.2. Estabilización de suelos con concreto reciclado

La estabilización de suelos es un método para mejorar las propiedades de un suelo y hacerlo más adecuado para la construcción de infraestructuras como carreteras, pavimentos, cimientos de edificios y otras estructuras, los resultados de la estabilización del suelo con el concreto reciclado se muestra en la Tabla N°5,6 y 7, en sus distintos porcentajes reemplazando el concreto reciclado en función de su peso.

(Soto, 2020) Indica que la estabilización de suelo existentes mediante la incorporación de materiales o agentes específicos como el concreto reciclado, una serie de ventajas que comprenden el fortalecimiento de la resistencia del suelo ante la erosión y otros factores climáticos, la viabilización del uso de suelos de calidad deficiente sin la necesidad de extraerlos y trasladarlos a vertederos, la reducción de su capacidad de expansión al absorber agua, y la creación de plataformas geotécnicamente estables que sirvan como sólidos cimientos para la edificación de diversas estructuras civiles.(Ponce, 2020) Indica que la estabilización de la subrasante se refiere a la acción de modificar o cambiar las características naturales del suelo, con el fin de obtener un material que cumpla con los estándares establecidos por la MTC. Estas mejoras se manifiestan en la capacidad del suelo para soportar cargas.

3. Discusión

(Kashoborozi, 2017), citado como un precedente en el ámbito internacional, ha evidenciado que la inclusión de concreto reciclado en proporciones ponderadas del 30%, 40% y 50% en un suelo subrasante catalogado como arena arcillosa, produce una variación en los resultados de la capacidad de soporte CBR, los cuales son del 34%, 46% y 59.00% respectivamente.

(Bizarreta, 2021) efectuó un estudio de la incorporación del concreto reciclado en porcentajes de 20%, 40% y 60% en donde da a conocer de la disminución del índice de expansión. cuando se agrega un 60% de residuos de concreto fino (RC-fino), la expansión prácticamente desaparece, se da a conocer que el CBR

(Índice de Soporte California) a medida que se incrementa el porcentaje de residuos de concreto fino (RC-fino), aumenta proporcionalmente el valor del CBR a comparación con el natural, se registra un aumento de 6 veces con un 20% de RC-fino, 12 veces con un 40%, y 17 veces con un 60%.

(Soto, 2020) En el estudio que realizó ha comprobado que la inclusión de agregado reciclado en diversas proporciones de agregado de residuos de concreto (ARC), específicamente en niveles de 10%, 20%, 30%, 40%, 50% y 60%, con lleva a un aumento en la capacidad de soporte (% CBR) de un suelo subrasante con características limosas y contenido de material orgánico. Las mejoras en la capacidad de soporte son del 9.87%, 15.24%, 21.60%, 24.09%, 22.53% y 19.86% respectivamente para cada nivel de adición de ARC.

La presencia de concreto reciclado en proporciones de 7%, 11% y 21% demuestra una capacidad para potenciar las características de resistencia de los suelos arcillosos destinados al empleo en subrasantes de proyectos de saneamiento (Ramos, 2021).

4. Resultados

Se realizó al mezclado del concreto reciclado pasante la malla N.º 4 ya que es más comercial en las trituradoras para así lograr en futuras obras la reutilización del concreto reciclado en grandes volúmenes, la adición del concreto reciclado fue de 20%, 25%, 30% y 35% al suelo de acuerdo a su peso, los resultados de la muestra patrón de las 5 calicatas son como se muestra en la Tabla N.º 4 Según los datos obtenidos se ha visto mezclarlo la muestra 1 y 2 como también la muestra 3 y 4, porque son el mismo tipo de suelo, teniendo así 3 grupos obteniendo los siguientes resultados como se muestra en la Tabla N.º 5.

Tabla 5. *Propiedades físicas y mecánicas de la muestra patrón*

Descripción	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3
Límite Líquido (%)	31.95	34.46	53.85
Límite plástico (%)	17.43	18.5	25.63
Índice de plasticidad (%)	14.52	15.96	28.22
Óptimo contenido de humedad	14	14.85	16.3

Máxima densidad seca	1.876	1.817	1.69	—
% Gravas	0	0	0	
% Arenas	33.7	14.32	56.23	
% Finos	66.3	85.68	43.77	
Clasificación SUCS	CL	CL	CL	
Clasificación AASHTO	A-6 (8)	A-6 (10)	A-7-6-(18)	

Fuente. Elaboración propia

Tabla 6. Índice de plasticidad el suelo del Grupo 1 adicionando concreto reciclado

Descripción	Grupo 01				
	0%	20%	25%	30%	35%
Límite líquido	31.95	32.92	31.4	31.71	31.88
Límite plástico	17.43	21.39	22.92	25.35	26.13
Índice de plasticidad	14.52	11.53	8.48	6.36	5.75

Fuente. Resultado de laboratorio.

Tabla 7. Índice de plasticidad el suelo del Grupo 2 adicionando concreto reciclado

Descripción	Grupo 02					
	0%	20%	25%	30%	35%	40%
Límite líquido	34.46	33.4	33.25	33.08	32.04	31.99
Límite plástico	18.5	22.63	22.54	22.52	23	22.59
Índice de plasticidad	15.96	10.77	10.71	10.56	9.04	9.4

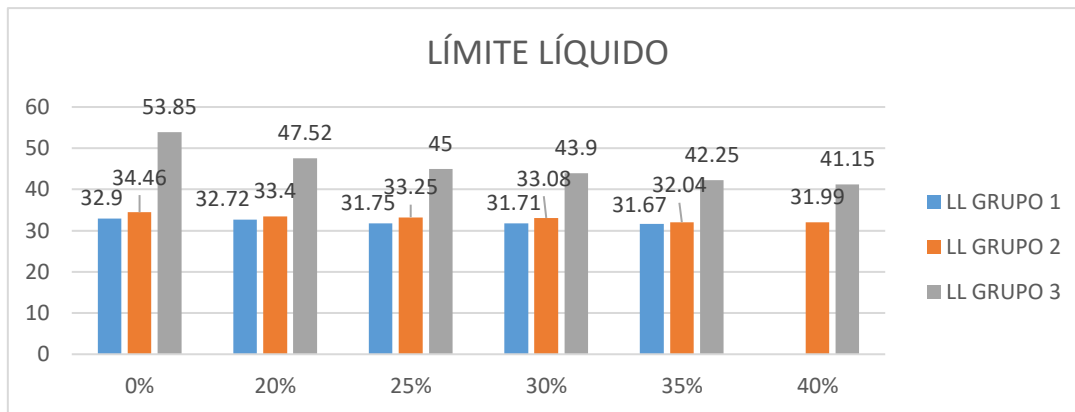
Fuente. Resultado de laboratorio.

Tabla 8. Índice de plasticidad el suelo del Grupo 3 adicionando concreto reciclado

Descripción	Grupo 03					
	0%	20%	25%	30%	35%	40%
Límite líquido	53.85	47.52	45	43.9	42.25	41.15
Límite plástico	25.63	25.18	26.57	27.1	26.61	26.61
Índice de plasticidad	28.22	22.34	18.43	16.8	15.64	14.54

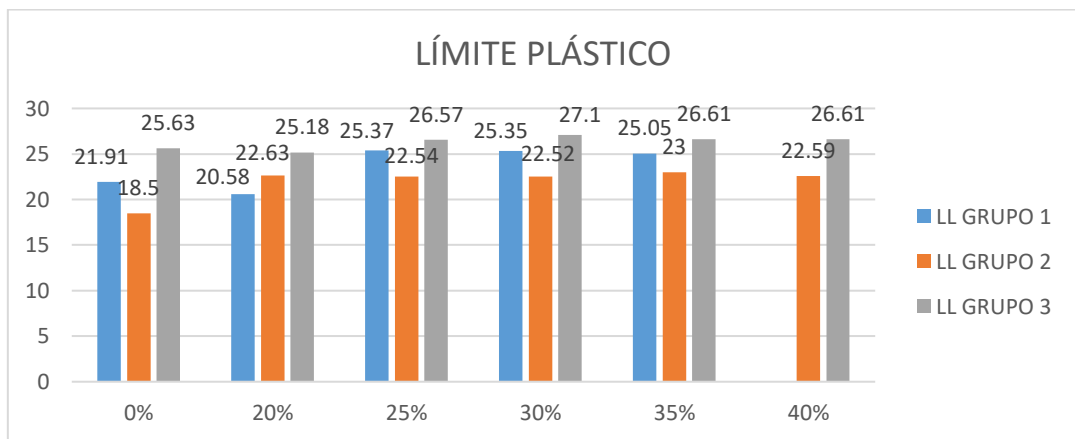
Fuente. Resultado de laboratorio.

Grafica 2. Límite líquido del grupo 1, 2 y 3



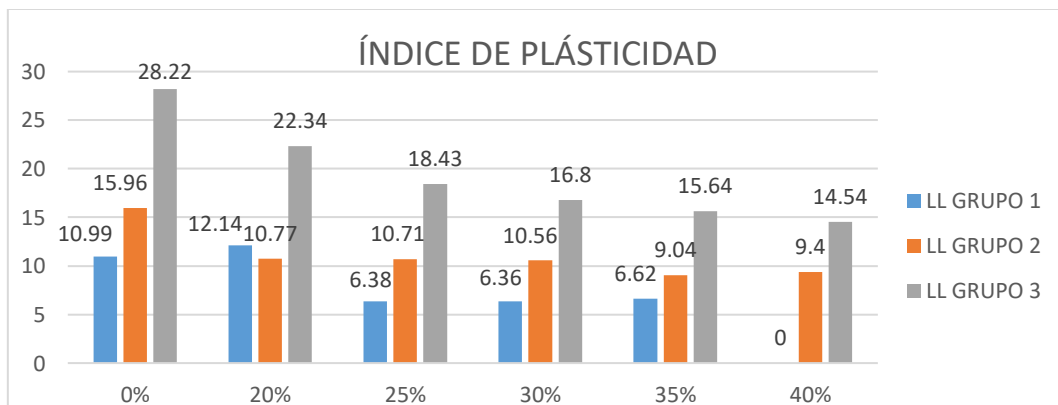
Fuente: Resultados de laboratorio

Grafica 3. Límite plástico del grupo 1, 2 y 3



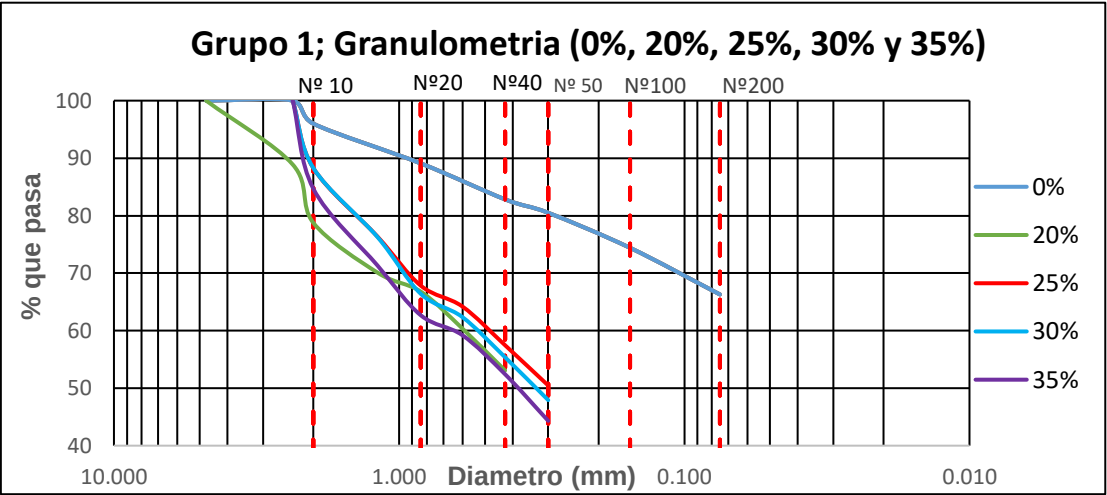
Fuente: Resultados de laboratorio

Grafica 4. Índice de plasticidad del grupo 1, 2 y 3



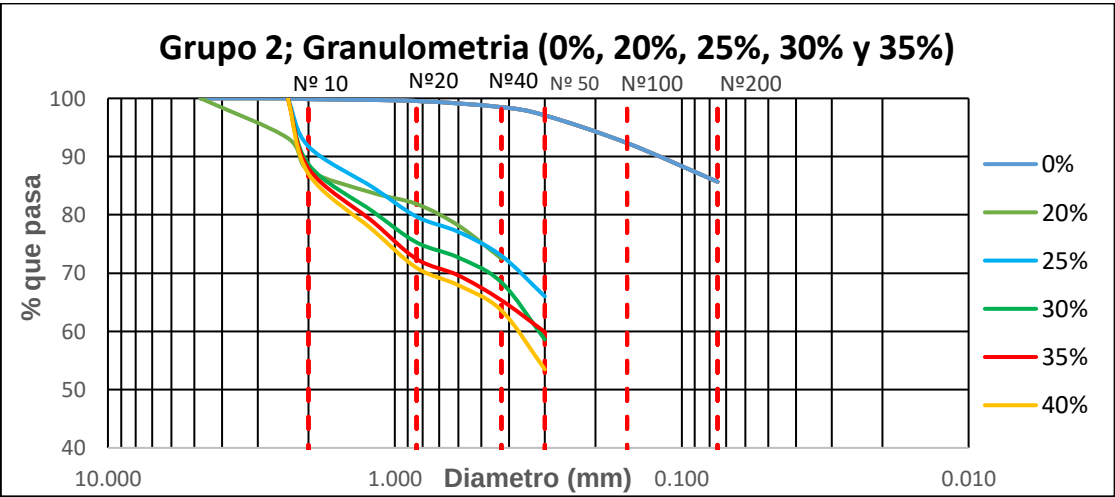
Fuente: Resultados de laboratorio

Grafica 5. Granulometría del suelo natural con sus distintos porcentajes G1



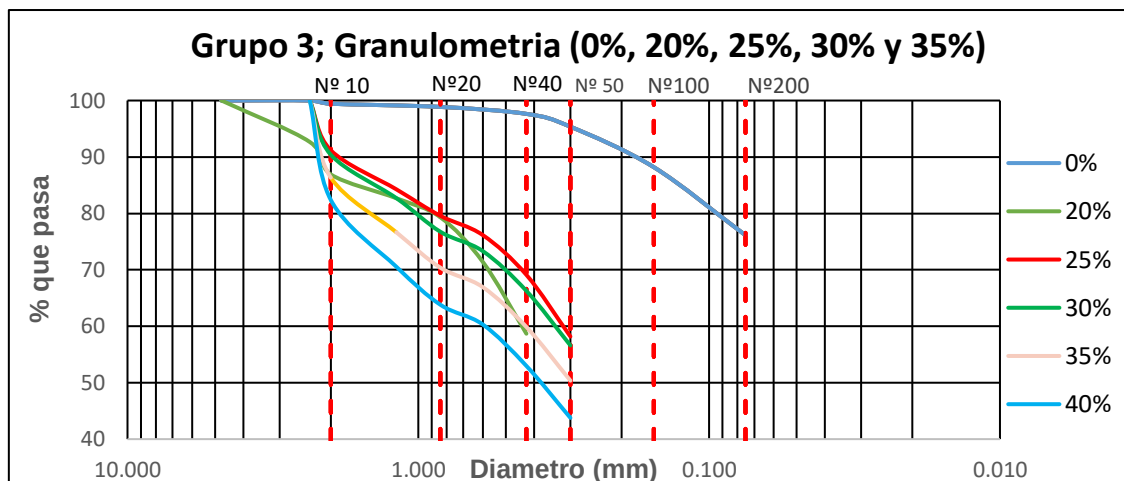
Fuente: Resultados de laboratorio

Grafica 6. Granulometría del suelo natural con sus distintos porcentajes G2



Fuente: Resultados de laboratorio

Grafica 7. Granulometría del suelo natural con sus distintos porcentajes G3



Fuente: Resultados de laboratorio

Tabla 9. Proctor modificado del suelo Grupo 1 con adición de residuos de concreto

Descripción	Grupo 01				
	0%	20%	25%	30%	35%
Máxima densidad seca (gr/cm3)	1.876	1.874	1.87	1.873	1.872
Óptimo contenido de humedad (%)	14	13.55	13.5	13.3	13.1

Fuente. Resultados de laboratorio

Tabla 10. Proctor modificado del suelo Grupo 2 con adición de residuos de concreto

Descripción	Grupo 02					
	0%	20%	25%	30%	35%	40%
Máxima densidad seca (gr/cm3)	1.817	1.843	1.852	1.866	1.887	1.813
Óptimo contenido de humedad (%)	14.85	14.3	14	13.6	13.25	13

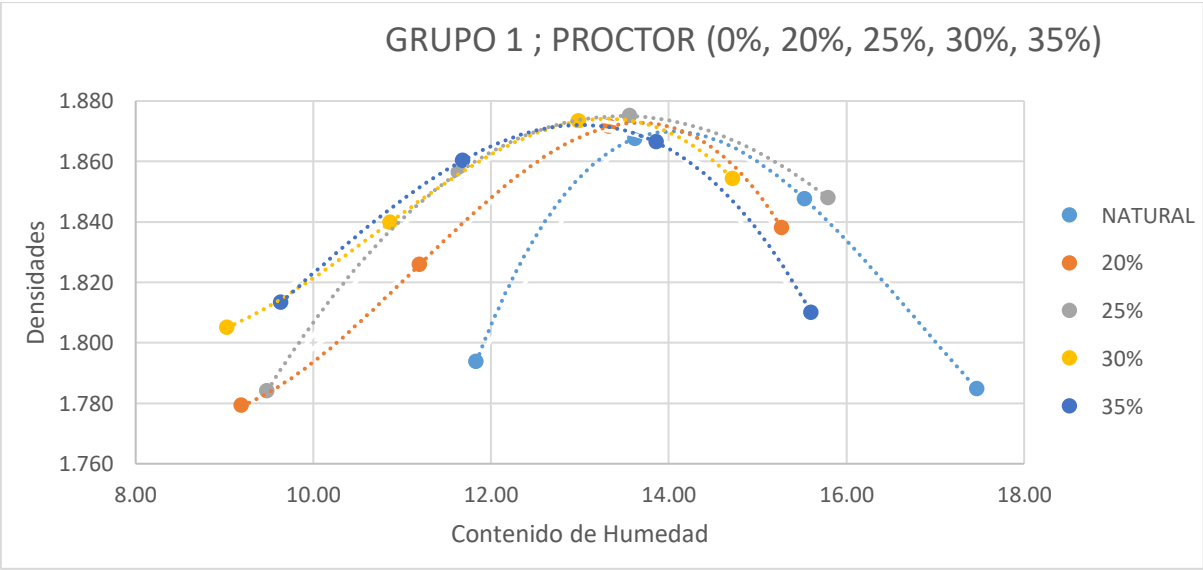
Fuente. Resultados de laboratorio

Tabla 11. Proctor modificado del suelo Grupo 3 con adición de residuos de concreto

Descripción	Grupo 03					
	0%	20%	25%	30%	35%	40%
Máxima densidad seca (gr/cm3)	1.69	1.732	1.735	1.781	1.789	1.819
Óptimo contenido de humedad (%)	16.3	15.5	15.3	14	13	11.15

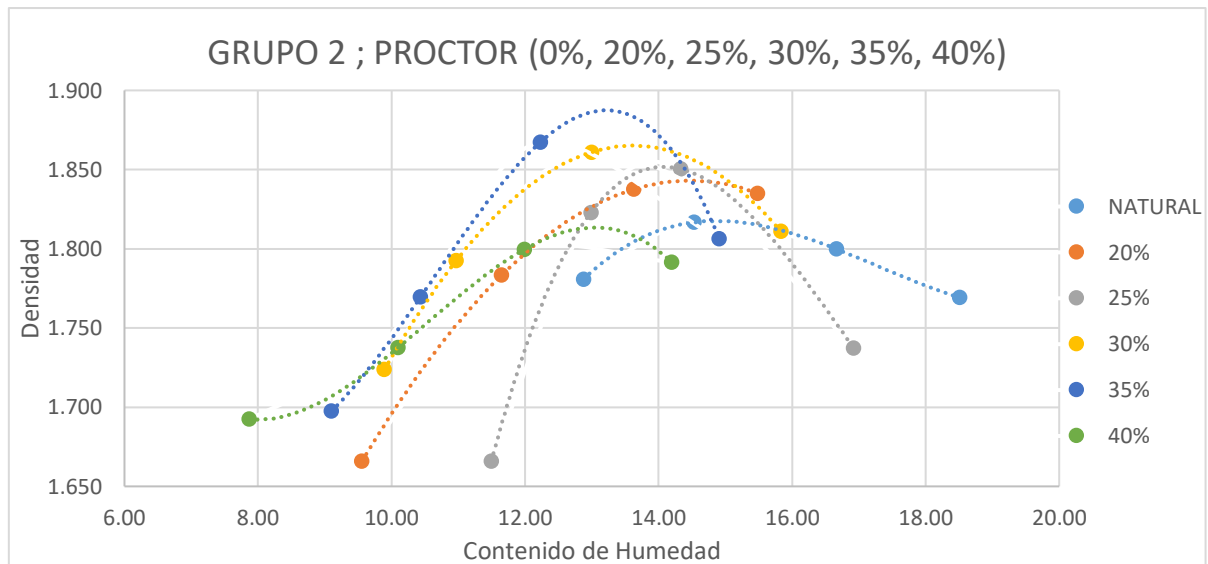
Fuente. Resultados de laboratorio

Grafica 8. Proctor con los distintos porcentajes del Grupo 1.



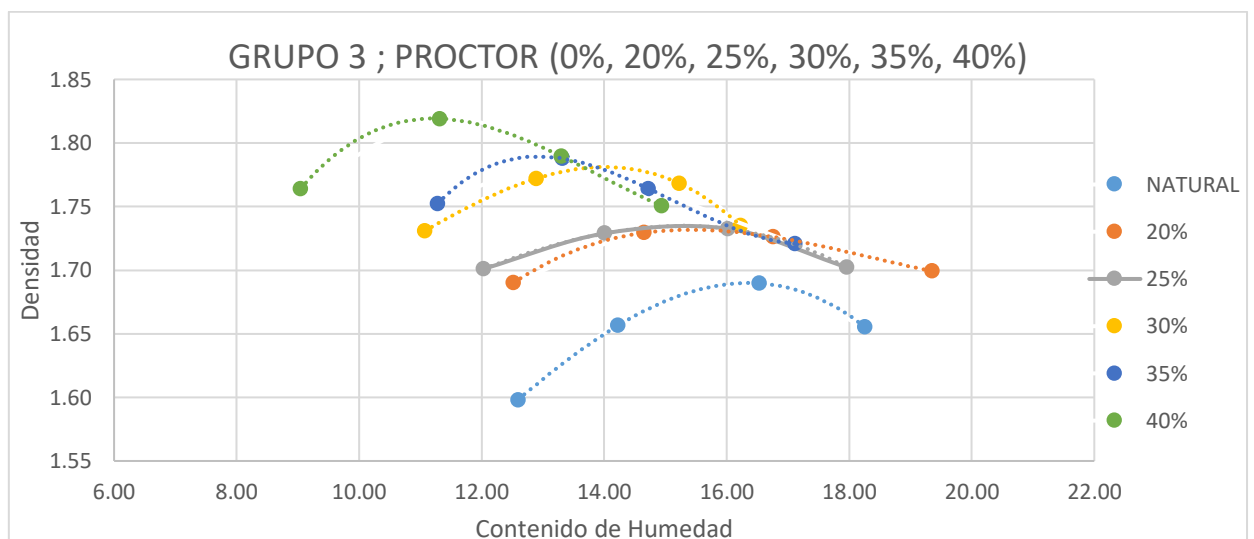
Fuente: Resultados de laboratorio

Grafica 9. Proctor con los distintos porcentajes del Grupo 2.



Fuentes: Resultados de laboratorio

Grafica 10. Proctor con los distintos porcentajes del Grupo 3.



Fuente: Resultados de laboratorio

Tabla 12. Capacidad de soporte del suelo Grupo 1 con concreto reciclado.

Descripción	Grupo 01				
	0%	20%	25%	30%	35%
CBR al 100% de la MDS	9.70 %	26.18 %	38.80 %	35.80 %	32.50 %
CBR al 95% de la MDS	7.30 %	19.10 %	22.20 %	25.00 %	22.10 %

Fuente. Resultados de laboratorio

Tabla 13. Capacidad de soporte del suelo Grupo 2 con concreto reciclado.

Descripción	Grupo 02					
	0%	20%	25%	30%	35%	40%
CBR al 100% de la MDS	8.20 %	11.00 %	13.40 %	24.00 %	30.50 %	20.60 %
CBR al 95% de la MDS	7.10 %	8.70 %	7.80 %	14.00 %	19.60 %	14.00 %

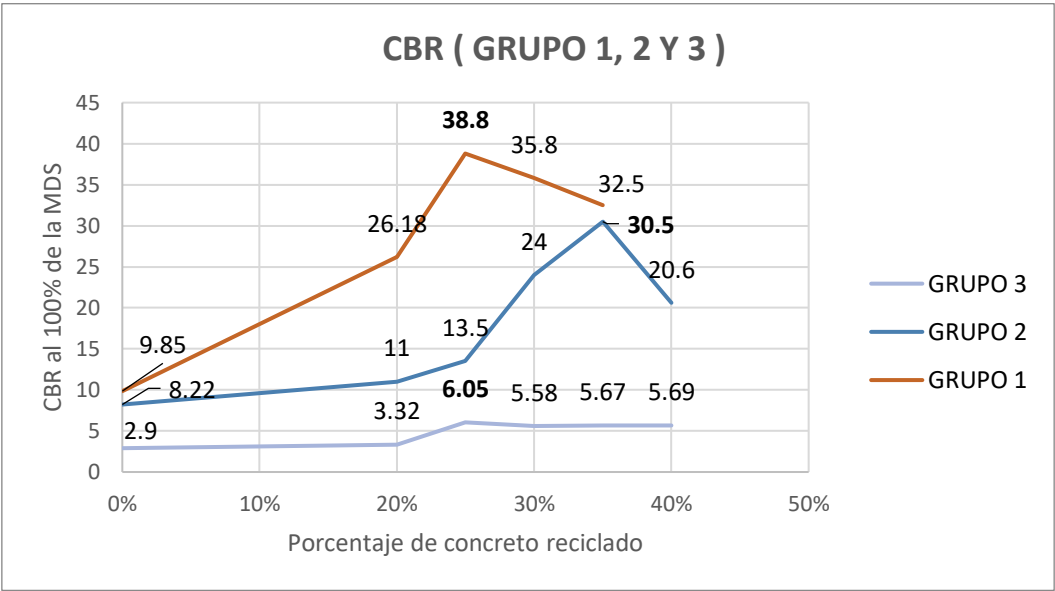
Fuente. Resultados de laboratorio

Tabla 14. Capacidad de soporte del suelo Grupo 3 con concreto reciclado.

Descripción	Grupo 03					
	0%	20%	25%	30%	35%	40%
CBR al 100% de la MDS	2.90 %	3.32 %	6.05 %	5.58 %	5.67 %	5.69 %
CBR al 95% de la MDS	2.00 %	2.70 %	4.45 %	3.80 %	4.80 %	4.98 %

Fuente. Resultados de laboratorio

Grafico 11. Capacidad de soporte de todos los grupos



Fuente: Resultados de laboratorio

5. Conclusiones

Este estudio analizó el impacto del concreto reciclado de demolición como agente estabilizador en suelos de subrasante y reveló resultados significativos. La incorporación de concreto reciclado demostró tener efectos positivos en la estabilización de suelos con textura fina, mejorando sus propiedades mecánicas y características de resistencia. A través de la evaluación de diversas variables, como el índice de plasticidad, la densidad máxima seca, y la capacidad de soporte (CBR), se confirmó que la adición de concreto reciclado produjo cambios medibles en el comportamiento de los suelos. Se observó una tendencia a la disminución del índice de plasticidad con mayores proporciones de concreto reciclado, lo que indica una mejora en la maleabilidad del suelo. Además, se registró un aumento en la densidad máxima seca, sugiriendo una mayor compactación y resistencia.

Los resultados del CBR reflejaron un incremento en la resistencia estructural de los suelos estabilizados con concreto reciclado, respaldando la hipótesis inicial de que el concreto reciclado de demolición puede desempeñar un papel fundamental como agente estabilizador en suelos, mejorando su capacidad de soporte y deformaciones. La dosificación óptima varió según el grupo, siendo el 30% óptimo para el Grupo 1, el 35% óptimo del Grupo 2 y el 25% óptimo de concreto reciclado para el Grupo 3. Estos hallazgos son relevantes en términos de sostenibilidad y mejoramiento de la infraestructura vial, destacando que la eficacia de la estabilización puede depender de factores como la proporción de concreto reciclado y las condiciones del suelo y el concreto reciclado.

Tabla 15. Resultados de los G1 , G2 Y G3

GRUPO	Densidad Máxima Seca (gr/cm3)	Humedad (%)	Dosificación Óptima de concreto Reciclado	Capacidad de Soporte (CBR) (%)
1	1.87	14	30%	0%: 11.3%, 20%: 25.21%, 25%: 31.5%, 30%: 34.10%, 35%: 31.8%
2	1.817	14.85	35%	0%: 8.7%, 20%: 10.4%, 25%: 11.2%, 30%: 24%, 35%: 31.2%, 40%: 21.6%
3	1.69	16.3	25%	0%: 2.9%, 20%: 3.32%, 25%: 6.05%, 30%: 5.58%, 35%: 5.67%, 40%: 5.69%

Fuente: Elaboración propia

6. Referencias

- Ahmed Elansary, M. M. (2020, Octubre). Effect of recycled coarse aggregate on physical and mechanical properties of concrete. Guiza, egipto.
- Al-Obaydi, M. A. (2021). Improvement in Field CBR Values of Subgrade Soil Using Construction-Demolition Materials.
- Bizarrea, S. d. (2021). Estudio Experimental sobre la Estabiliacion de Suelo de Subrasante Blando con Residuos de Concreto Fino. *Knowledge E* .
- Capital. (2017). <https://www.youtube.com/watch?v=KBLAjOO596I&t=65s>. Retrieved from <https://www.youtube.com/watch?v=KBLAjOO596I&t=65s>.
- Concreto, R. (2022). *Agregados Reciclados*. Retrieved from <https://360enconcreto.com/blog/detalle/agregados-reciclados-que-y-para-que/>
- Crespo Villalaz, C. (2004). *Mecánica de Suelos y Cimentaciones* (5a ed. ed.). Mexico: Limusa.
- Das, B. M. (2015). *Fundamentos de Ingeniería Geotécnica* (4ta ed. ed.). México: Cengage Learning Editores.
- Enrique Chirinos Ñaños, E. R. (2021). MÉTODOS DE ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS PARA MEJORAR EL CBR CON FINES DE PAVIMENTACION.
- Gomez de Santos, C. (2019, Junio 21). Comportamiento geotécnico de suelos arcillosos compactados, respuesta a cargas estáticas y dinámicas. Madrid, España.
- Initiative, Cement Sustainability. (2019). RECICLANDO CONCRETO.
- Julio, W. (2009). RECICLADO CONCRETO .
- Kashoborozi, E. A. (2017). Use of Crushed Concrete Aggregate waste in Stabilizacion of Clavey Soil for Sub Base Pavement Construction. *Research Gate*.
- Kerni, V., Sonthwal, V. K., & Jan, U. (2015, mayo). Review on Stabilization of Clayey Soil Using Fines.
- Lazaro, K. B. (2015). Mejoramiento del Agregado Obtenido de escombros de la construccion para Bases y sub-bases de estructura de pavimento en nuevo Chimbote Santa . Chimbote , Peru .
- Lizarazo, I. F. (2015). Ventajas y Usos del Concreto Reciclado . Bogota, Colombia.

- Lovedeep, S. S. (2017, Marzo). Improvement in CBR Value of Soil using Waste concrete Fines. India.
- MTC. (2014, Abril). MANUAL DE CARRETERAS SECCION SUELOS Y PAVIMENTOS. Lima, Peru.
- Ponce, H. E. (2020). Analisis Comparativo de las propiedades Mecanicas de un Afirmado Natural y Estabilizado con Cemento Reciclado al 2%, 4% y 6% para Base, los Olivos -2020. Lima, Peru .
- Quispe Ruiz, J. d. (2020). Estabilizacion de subrasante mediante uso de residuos de construccion y demolicion - Jiron Amazonas Distrito del Chilca. Amazonas.
- Ramos, J. S. (2021). INCLUSIÓN DE CONCRETO RECICLADO AL 7%,11% y 21% para obtener un mejoramiento de CBR en suelos arcillosos utilizados a nivel de subrasante en obras de saneamiento . Trujillo , Trujillo, Peru.
- Rossignolo, J. (2011). Concreto Leve Estructural. São Paulo.: Ed, Pini.
- Soto, J. M. (2020). Estabilizacion de subrasante con concreto reciclado y agregado natural, mediante metodos granulometricos, carretera Maras - Moray , Cusco 2021. Cusco.
- Villalaz, I. C. (2004). *Mecanica de suelos y cimentaciones* . Mexico : Limussa .
- Villalobos, F. (2014). *Mecanica de suelos*. Chile: UNIVERSIDAD CATOLICA DE LA SANTISIMA CONCEPCION.
- Yeimi Noriega 1, J. A. (2022). Uso de estabilizadores de suelo: una revisión del impacto al corte y asentamiento. Pimentel, Lambayeque, Peru.
- Yichao Zhang, Y. L. (2021). Application of Industrial Solid Waste in Preparation of Recycled Concrete: A Review. <https://doi.org/10.1088>.
- Zapata, R. (2018). Tipos de suelos : Caracterizacion de suelos arcillosos y limosos. Argentina.
- Zolotukhin, S. K. (2021). New approaches to the development of construction technologies. Rusia.

ANEXOS

Anexo 1. Evidencia de sumisión a una revista indexada.



PONTIFICIA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CHILE
Escuela de Ingeniería
Departamento de Ingeniería y Gestión de la Construcción



OM Omar Zegarra Marmanillo 

[ric] Submission Ackn... 10/10/2023

Dante Quispe Pilco: Thank you for...

[ric] Acuse de recibo de la presentación  

 Traducido de: Inglés | [Mostrar mensaje original](#) | [Activar la traducción automática](#) 

OM Omar Zegarra Marmanillo <ozegarra@uc.cl>      

Para: DANTE QUISPE PILCO Mar 10/10/2023 12:21

Dante Quispe Pilco:

Gracias por enviar el manuscrito "ESPAÑOL ESPAÑOL" a la Revista Ingeniería de Construcción. Con el sistema de gestión de revistas en línea que estamos utilizando, podrá seguir su progreso a través del proceso editorial iniciando sesión en el sitio web de la revista:

URL de envío: <https://ojs.uc.cl/index.php/ric/authorDashboard/submission/68569>

Nombre de usuario: dante

Si tiene alguna pregunta, póngase en contacto conmigo. Gracias por considerar esta revista como un lugar para su trabajo.

Omar Zegarra Marmanillo

Omar Zegarra Marmanillo

{journalName} <http://ojs.uc.cl/index.php/ric>

"AÑO DEL FORTALECIMIENTO DE LA SOBERANÍA NACIONAL"

RESOLUCIÓN N° 1065-2022/UPeU-FIA-CF-T

Lima, Nafia 25 de octubre de 2022

VISTO:

El expediente de **Dante Quispe Pilco**, identificado(a) con Código Universitario N° 201620209, de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión;

CONSIDERANDO:

Que la Universidad Peruana Unión tiene autonomía académica, administrativa y normativa, dentro del ámbito establecido por la Ley Universitaria N° 30220 y el Estatuto de la Universidad;

Que la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión, mediante sus reglamentos académicos y administrativos, ha establecido las formas y procedimientos para la aprobación e inscripción del perfil de proyecto de tesis en formato artículo y la designación o nombramiento del asesor para la obtención del título profesional;

Que **Dante Quispe Pilco**, ha solicitado: la inscripción del perfil de proyecto de tesis titulado "Influencia de concreto reciclado proveniente de procesos de demolición como agente estabilizador en suelos finos a nivel de subrasante" y la designación del Asesor, encargado de orientar y asesorar la ejecución del perfil de proyecto de tesis en formato artículo;

Estando a lo acordado en la sesión del Consejo de la Facultad de Ingeniería y Arquitectura de la Universidad Peruana Unión, celebrada el 25 de octubre de 2022, y en aplicación del Estatuto y el Reglamento General de Investigación de la Universidad;

SE RESUELVE:

Aprobar el perfil de proyecto de tesis en formato artículo titulado "**Influencia de concreto reciclado proveniente de procesos de demolición como agente estabilizador en suelos finos a nivel de subrasante**" y disponer su inscripción en el registro correspondiente, designar como asesor a **Ing. Ecler Mamami Chambi** para que oriente y asesore la ejecución del perfil de proyecto de tesis en formato artículo el cual fue dictaminado por: **Ing. Rina Luzmeri Yampara Ticona** y **Mg. Lily Zea Gonzales**, otorgándoles un plazo máximo de doce (12) meses para la ejecución.

Regístrese, comuníquese y archívese.




Dra. Erika Inés Acuña Salinas
DECANA




Dr. Santiago Ramírez López
SECRETARIO ACADÉMICO

cc:
-Interesado
Asesor
Dirección General de Investigación
Archivo