

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
ESCUELA DE POSGRADO
SECCION DE POSGRADO DE INGENIERIA



**Estabilización física de subrasante en carreteras de selva alta con fines
de pavimentación en Moyobamba, Región San Martín – 2025**

Tesis para optar el grado de Maestro en Ingeniería Civil con mención en
gerencia de la construcción

Autor:

Núñez Santos Wilson

Código ORCID: 0000-0001-5509-4460 Asesora:

**Avila Alcalde, Yesenia Margot Código
ORCID: 0000-0001-5509-4460**

CHIMBOTE - PERÚ 2025

Índice general

Índice general	ii
Índice de tablas	iii
Palabra Clave:	iv
Constancia de originalidad.....	vi
Título	vii
Resumen	vii
Abstract.....	viii
Introducción.....	1
Metodología.....	24
Resultados.....	27
Análisis y Discusión	34
Conclusiones.....	40
Recomendaciones	42
Referencias Bibliográficas	43
Anexos	46

Índice de tablas

Tabla 1. Resumen de las propiedades físicas de los suelos encontrados en el Camino Vecinal	
Tramo II	27
Tabla 2. Resumen de las propiedades físicas de los suelos encontrados en el Camino Vecinal	
Tramo IV.....	28
Tabla 3. Resumen de resultados obtenidos en laboratorio	
29	
Tabla 4. Resultado de CBR de diseño – tramo II	
.....	32
Tabla 5. Resultado de CBR de diseño – tramo IV	
33	

Palabra Clave:

Tema	Estabilización física de subrasante en carreteras de selva alta con fines de pavimentación
Especialidad	Ingeniería Civil

Keywords:

Topic	Physical stabilization of subgrade in high jungle roads for paving purposes
Specialty	Civil Engineering

Línea de investigación

Línea del programa	Construcción y gestión de la construcción
---------------------------	---

Área	Ingeniería y Tecnología
Sub-área	Ingeniería Civil
Disciplina	Ingeniería Civil

Constancia de originalidad



VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

El que suscribe, Vicerrector de Investigación de la Universidad San Pedro:

HACE CONSTAR

Que, de la revisión del trabajo titulado **"Estabilización física de subrasante en carreteras de selva alta con fines de pavimentación en Moyobamba, Región San Martín - 2025"** del (a) estudiante: **NUÑEZ SANTOS WILSON**, identificado(a) con Código N° **0199620442**, se ha verificado un porcentaje de similitud del **10%**, el cual se encuentra dentro del parámetro establecido por la Universidad San Pedro mediante resolución de Consejo Universitario N° 5037-2019-USP/CU para la obtención de grados y títulos académicos de pre y posgrado, así como proyectos de investigación anual Docente.

Se expide la presente constancia para los fines pertinentes.

Chimbote, 30 de enero de 2026

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
VICERRECTORADO DE INVESTIGACIÓN

Dr. JAVIER MARTÍNEZ CARRIÓN
VICERRECTOR



NOTA: Este documento carece de valor si no tiene adjunta el reporte del Software TURNITIN.

Título

Estabilización física de subrasante en carreteras de selva alta con fines de pavimentación
en Moyobamba, Región San Martín – 2025

Physical Stabilization of Subgrade in High Jungle Roads for Pavement Purposes in
Moyobamba, San Martín Region – 2025

Resumen

El presente trabajo de investigación tuvo como finalidad evaluar la estabilización física de la subrasante en carreteras de selva alta con fines de

pavimentación en Moyobamba, Región San Martín - 2025, bajo un enfoque cuantitativo, con diseño experimental, descriptivo y aplicado, orientado a analizar la relación entre la estabilización física de la subrasante y las condiciones de pavimentación; para ello, la investigación se desarrolló mediante observaciones de campo y ensayos de laboratorio realizados antes y después del proceso de estabilización, evaluándose parámetros como granulometría, límites de Atterberg, densidad seca máxima, humedad óptima y valor CBR, cuyos resultados evidenciaron que la estabilización física permitió incrementar significativamente la capacidad de soporte del suelo, reflejada en el aumento del CBR, el cumplimiento de la densidad mínima exigida y la reducción de las deflexiones, demostrando que la estabilización física de la subrasante mejoró de manera efectiva las condiciones de pavimentación y permitió proponer un diseño técnico adecuado, contribuyendo a un desempeño estructural más estable, duradero y eficiente del pavimento en carreteras de la selva alta peruana.

Abstract

The present research aimed to evaluate the physical stabilization of the subgrade in high jungle roads for paving purposes in Moyobamba, San Martín Region - 2025, under a quantitative approach, with an experimental, descriptive, and applied design, focused on analyzing the relationship between physical subgrade stabilization and

paving conditions; for this purpose, the research was conducted through field observations and laboratory tests carried out before and after the stabilization process, evaluating parameters such as gradation, Atterberg limits, maximum dry density, optimum moisture content, and CBR value, the results of which evidenced that physical stabilization significantly increased the bearing capacity of the soil, reflected in the increase of CBR values, compliance with the minimum required density, and the reduction of deflections, demonstrating that physical subgrade stabilization effectively improved paving conditions and allowed the proposal of an appropriate technical design, contributing to a more stable, durable, and efficient structural performance of the pavement in high jungle roads of Perú

Introducción

Presentamos los antecedentes internacionales para contextualizar el tema de la Estabilización física de subrasante en carreteras de selva alta con fines de pavimentación en Moyobamba:

Gallego et al. (2023) realizaron un estudio enfocado en la estabilización sostenible de suelos tipo subrasante, empleando materiales reciclados y aditivos naturales para mejorar las propiedades mecánicas de suelos con alta plasticidad y baja capacidad de carga, típicos de regiones tropicales. En este trabajo, se emplearon aditivos como ceniza de cáscara de arroz y polvo de ladrillo molido, los cuales fueron seleccionados por su disponibilidad local y su capacidad para mejorar la cohesión del suelo. Los ensayos de laboratorio incluyeron pruebas de límites de Atterberg, compactación Proctor modificado, y pruebas triaxiales no consolidadas drenadas (UCD) para evaluar la mejora de las propiedades mecánicas del suelo. Los resultados mostraron una notable reducción de la plasticidad, con un aumento significativo de la resistencia estructural y un mejoramiento en la relación densidad-humedad, lo que contribuyó a una mayor estabilidad del suelo. En particular, los hallazgos del estudio son altamente relevantes para regiones tropicales como la selva alta peruana, donde las condiciones de alta humedad limitan el desempeño de los suelos naturales, afectando la estabilidad y durabilidad de las infraestructuras viales.

Asimismo, Luo et al. (2023) realizaron un estudio sobre la estabilización mecánica de subrasantes arcillosos mediante la aplicación de geoceldas, analizando su desempeño estructural en condiciones controladas de humedad y carga cíclica. La investigación incluyó ensayos geotécnicos directos sobre suelo rojo cohesivo, caracterizado por su alta plasticidad y susceptibilidad a deformarse ante condiciones de saturación. Los resultados evidenciaron mejoras sustanciales en la resistencia al corte y en el comportamiento de rigidez del suelo reforzado, junto con una notable reducción

del desplazamiento lateral y del asentamiento vertical acumulado. Los autores concluyen que el confinamiento mecánico proporcionado por las geoceldas permite un desempeño más estable de la subrasante frente a condiciones ambientales adversas, lo que es particularmente relevante para regiones tropicales con alta humedad estacional. Este enfoque no solo incrementa la durabilidad estructural del pavimento, sino que también ofrece una alternativa eficiente para la construcción de carreteras en áreas rurales donde el suelo natural presenta condiciones geotécnicas limitantes.

Gao et al. (2023) llevaron a cabo un estudio de caracterización en campo sobre el desempeño dinámico de subrasantes reforzadas con geoceldas, evaluando su comportamiento bajo tráfico real y cargas dinámicas repetitivas. La investigación analizó suelos arenosos de baja capacidad portante sometidos a refuerzo mecánico, monitoreando parámetros como asentamiento acumulado, respuesta vibracional y rigidez estructural mediante sensores in situ y modelamiento dinámico. Los resultados mostraron que la presencia de geoceldas redujo de manera significativa la deformación permanente del terreno y mejoró la distribución de tensiones, aumentando la estabilidad estructural del pavimento durante el tránsito continuo de vehículos. Asimismo, se evidenció que el confinamiento celular permitió un desempeño más estable del suelo incluso ante cambios de humedad y variaciones ambientales. Este estudio aporta evidencia sólida sobre la efectividad del refuerzo mecánico de subrasante en condiciones reales de operación, lo cual resulta relevante para su aplicación en regiones tropicales donde la estabilidad del suelo se ve afectada por la saturación y la carga repetitiva del tráfico vehicular.

Ali et al. (2022) llevaron a cabo una investigación sobre la estabilización mecánica de suelos débiles, utilizando agregados reciclados de concreto (RCA) para mejorar las propiedades de subrasantes arenosas de baja capacidad portante. A través de ensayos de laboratorio controlados, que incluyeron CBR, corte directo y compactación Proctor, los autores evaluaron el comportamiento del suelo antes y después del tratamiento con RCA en proporciones del 20%, 40% y 60%. Los resultados

mostraron que, conforme aumentaba la proporción de RCA, la resistencia al corte se incrementaba de manera significativa y el valor CBR aumentaba sustancialmente, evidenciando una mejora sólida en la capacidad de carga del suelo. Asimismo, se registró una reducción notable de la deformabilidad del terreno, lo que incrementa la estabilidad estructural de la base del pavimento. Este enfoque no solo mejora el desempeño mecánico del suelo, sino que también constituye una alternativa ambientalmente responsable al reutilizar residuos de construcción, lo que resulta especialmente pertinente en proyectos viales en áreas rurales con recursos limitados.

De manera complementaria, Biswas et al. (2022) realizaron una investigación enfocada en la estabilización mecánica de subrasantes blandas mediante el uso de geoceldas, evaluando el comportamiento estructural de un lecho granular reforzado colocado sobre suelos de baja capacidad portante. Para ello, se aplicaron ensayos de carga de placa y pruebas de desempeño bajo cargas repetitivas, analizando el efecto de diferentes granulometrías del material de relleno sobre la distribución de tensiones y deformaciones verticales. Los resultados mostraron que la incorporación de geoceldas incrementó significativamente la capacidad de soporte del terreno, al reducir de manera considerable el asentamiento permanente y mejorar el módulo de rigidez del sistema base–subrasante. Además, se observó que el confinamiento celular generado por la geocelda permitió una redistribución más uniforme de cargas, mitigando la deformabilidad del suelo y prolongando la vida útil del pavimento. Este enfoque constituye una solución mecánicamente eficiente y extrapolable a contextos tropicales con suelos húmedos como los de Moyobamba, donde las variaciones de humedad y la baja cohesión del terreno comprometen la estabilidad de la infraestructura vial.

En lo que respecta a los antecedentes nacionales, se presentan los estudios desarrollados en el contexto peruano que abordan la estabilización de subrasantes y el mejoramiento de suelos para fines de pavimentación, los cuales permiten contextualizar la investigación y contrastar sus resultados con experiencias previas realizadas en el país.

En su investigación, Llontop y Maluquis (2024) examinan la estabilización de la subrasante en la carretera Centro Poblado SIME - Emp LA-111, ubicada en el distrito de Pitipo, en la provincia de Ferreñafe, Lambayeque. La subrasante de esta área presenta un suelo de tipo arenoso-clayey, que, debido a las lluvias frecuentes y el alto tráfico vehicular, ha sufrido procesos de degradación que afectan la durabilidad de la infraestructura vial. Los autores emplearon el sistema CONSOLID, un aditivo especializado desarrollado para mejorar la resistencia mecánica de los suelos, mediante la combinación de dos productos: "solidry" y "consolid". Se realizaron diversos ensayos, incluyendo pruebas de compactación (Proctor modificado), resistencia a la compresión, y CBR, para comparar la resistencia de la subrasante antes y después de aplicar el sistema CONSOLID. Los resultados indicaron una mejora significativa en las propiedades del suelo, especialmente en los valores de CBR, que aumentaron hasta un 128% en comparación con el suelo sin estabilizar. Este incremento no solo mejora la capacidad de carga de la subrasante, sino que también reduce la deformación bajo condiciones de humedad.

Chancuaña y Huamán (2024) desarrollaron un estudio aplicado a la carretera Desvío Quinistaquillas-Omate en el sur del Perú, en el cual analizaron la estabilización de subrasantes compuestas por suelos finos y cenizas volcánicas provenientes de depósitos geológicos cercanos. A través de ensayos CBR y Proctor modificado, se evaluó el desempeño mecánico del suelo antes y después del tratamiento. Los resultados mostraron que la adición de cenizas volcánicas generó un incremento significativo en el CBR respecto al suelo natural, evidenciando una mejora sustancial en la capacidad de carga. Asimismo, se registró una reducción notable en la deformabilidad bajo cargas repetidas, lo que contribuyó a una respuesta más estable del terreno frente al tránsito vehicular. Este estudio demostró que el aprovechamiento de materiales volcánicos locales constituye una estrategia efectiva para aumentar la estabilidad estructural de carreteras en zonas geotécnicamente complejas, ofreciendo una alternativa eficiente y económicamente viable para suelos de baja capacidad portante en el contexto peruano.

Zapata y Vásquez (2024) llevaron a cabo un estudio sobre la estabilización de subrasantes arenosas con una mezcla de ceniza de cebada y yeso, aplicado en el contexto geotécnico peruano. Los ensayos de CBR demostraron que la adición conjunta de estos materiales incrementó el CBR del suelo desde valores cercanos al 20% hasta aproximadamente el 42%, evidenciando una mejora sustancial de la capacidad portante. Asimismo, se registró una reducción del asentamiento bajo carga y una mayor rigidez del suelo, mostrando un comportamiento más estable frente al tránsito repetitivo. Estos resultados confirman que el empleo de residuos agroindustriales y materiales de disponibilidad local constituye una alternativa técnica eficiente y sostenible para la estabilización mecánica de subrasantes en el país.

Champi (2024) analizó la estabilización mecánica de subrasantes mediante la incorporación de virutas de acero y aluminio, evaluando su efecto como refuerzo granular estructural en la distribución de cargas vehiculares. El trabajo incluyó ensayos CBR, mediciones de deformación y pruebas de compactación, observándose como resultado un incremento significativo del CBR del suelo tratado, así como una reducción de la deformación plástica acumulada bajo cargas repetitivas, lo que evidenció un comportamiento más rígido y resistente del terreno. Este resultado, complementado con el análisis técnico-económico, demostró que el uso de partículas metálicas recicladas no solo mejora el desempeño geotécnico del suelo, sino que también reduce costos, aportando una alternativa de estabilización viable y sostenible para su aplicación en carreteras peruanas.

Valdez-Gonzales (2024) desarrolló el estudio titulado Mejoramiento del CBR en subrasante arcillosa mediante el uso de antracita, en el cual evaluó el comportamiento de suelos arcillosos reforzados con este material granular aplicado como estabilizador mecánico. Mediante ensayos CBR, pruebas de compactación y análisis de deformación bajo carga, el autor evidenció que la incorporación de antracita incrementó sustancialmente la capacidad portante del suelo, reflejada en valores CBR superiores al suelo natural, y además generó una reducción notable del asentamiento y de la

deformación plástica. El estudio concluye que la estructura rígida y granulada de la antracita favorece la distribución uniforme de cargas y mejora la rigidez del suelo, lo que resulta especialmente beneficioso para subrasantes sometidas a tráfico vehicular en regiones donde las características arcillosas del terreno limitan su desempeño estructural.

Vargas (2024) desarrolló un estudio de estabilización de subrasante en el sector Barraza, Laredo, aplicando procedimientos de evaluación geotécnica mediante ensayos CBR, Proctor modificado y seguimiento de deformación bajo carga vehicular simulada. Los resultados mostraron un incremento significativo en la capacidad portante del suelo tratado frente al suelo natural, así como una reducción considerable de asentamientos y deformaciones verticales permanentes. Este resultado, acompañado de una mejora en el comportamiento densidad–humedad que facilitó una compactación más eficiente, evidenció que los métodos de estabilización mecánica implementados constituyen una solución efectiva para mejorar el desempeño estructural de subrasantes en la costa norte del Perú.

Mamani et al. (2023) desarrolló una investigación sobre la estabilización de subrasantes mediante la adición de ceniza de quinua y cal, aprovechando residuos agroindustriales generados en el altiplano y zonas rurales andinas. El estudio incluyó ensayos de límites de Atterberg, CBR y compactación Proctor modificado, los cuales permitieron caracterizar las propiedades físico-mecánicas del suelo antes y después del tratamiento. Los resultados mostraron una reducción considerable del índice de plasticidad, contribuyendo a un suelo menos expansivo y más estable frente a variaciones de humedad. Del mismo modo, se observó un aumento significativo del CBR, lo que indica una mejora sustancial en la capacidad de soporte del terreno. Estos hallazgos confirman el potencial de los residuos agrícolas como aditivos estabilizadores en suelos de baja capacidad, ofreciendo una alternativa técnica que combina sostenibilidad ambiental y eficiencia para la infraestructura vial en el Perú.

Jácome (2022) analizó el desempeño de una subrasante sometida a estabilización mediante el sistema “Consolid”, el cual actúa como un tratamiento físicoestructural para reforzar el terreno. Las muestras de suelo fueron sometidas a ensayos CBR, pruebas de densidad y registros de asentamiento inducido bajo carga cíclica. Los resultados evidenciaron que el suelo estabilizado con Consolid presentó un incremento marcado de la resistencia mecánica y del CBR, superando ampliamente los valores obtenidos en el suelo sin tratamiento. Asimismo, la deformación acumulada bajo tráfico simulado disminuyó considerablemente, demostrando una mayor rigidez y estabilidad del sistema suelo-pavimento. La investigación valida la aplicabilidad del sistema Consolid para mejorar subrasantes deficientes en carreteras secundarias y rurales, aportando evidencia concreta sobre su efectividad en el contexto geotécnico peruano.

Asimismo, En el estudio de Maldonado y Jesus (2022), se analiza la estabilización de una subrasante arcillosa ubicada en la carretera Canta-Huayllay, específicamente en el tramo KM 57-59, en la región de Lima, donde los suelos presentan alta plasticidad y baja capacidad de carga. Los investigadores compararon dos métodos de estabilización: el primero, mediante sustitución parcial del suelo por materiales más resistentes, y el segundo, utilizando adición de cal de obra, un enfoque comúnmente utilizado en la ingeniería vial. Se realizaron pruebas de compactación y resistencia a la compresión no confinada, así como análisis de CBR, para medir las mejoras en las propiedades mecánicas del suelo tratado. Los resultados mostraron que la adición de cal presentó una mejora notable en la resistencia estructural, con un aumento del CBR en un 60%, lo que permitió una mayor estabilidad del pavimento. Sin embargo, el método de sustitución de suelo no generó mejoras significativas, principalmente debido a la heterogeneidad del material sustituido.

Linares Chávez et al. (2021) realizaron una investigación experimental sobre la estabilización mecánica de suelos arcillosos de subrasante mediante la incorporación de polietileno reciclado fundido como elemento estructural de refuerzo. Mediante ensayos

CBR, Atterberg y Proctor, se verificó el desempeño del suelo modificado respecto a su condición original. Los resultados indicaron un incremento sustancial del CBR y de la resistencia al corte, acompañado de una disminución significativa de la plasticidad, lo que resulta en un suelo con menor susceptibilidad a deformarse y mayor rigidez estructural. Este método no solo mejora el comportamiento mecánico del suelo bajo tránsito, sino que también promueve la reutilización de residuos plásticos, aportando un enfoque técnico alineado con políticas de gestión ambiental y sostenibilidad aplicables en el desarrollo vial del Perú.

Seguidamente, se desarrolla la fundamentación científica del estudio, sustentada en conceptos y teorías especializadas directamente vinculadas al objeto de investigación, las cuales permiten explicar y respaldar el análisis de la estabilización física de la subrasante y su influencia en las condiciones de pavimentación.

La estabilización física de la subrasante es entendida específicamente desde las definiciones de distintos autores que trabajan el tema. Das (2015) define la estabilización mecánica como el proceso de mejorar la capacidad del suelo mediante compactación y mezcla con agregados granulares sin usar agentes químicos. Cerni et al. (2012) señalan que dicha estabilización consiste en reforzar el suelo mediante geosintéticos, de modo que las cargas se redistribuyen internamente, reduciendo la deformación y aumentando la rigidez estructural. Para Zhang et al. (2011), la estabilización física se basa en el confinamiento lateral del suelo dentro de celdas tridimensionales, lo que evita el desplazamiento de partículas y aumenta el módulo resiliente del terreno. Finalmente, Giroud (2018) afirma que este tipo de reforzamiento genera un efecto estructural tridimensional que actúa como una red de soporte interna, incrementando la resistencia y durabilidad de la subrasante frente a tráfico continuo.

La teoría de la mecánica de suelos, definida originalmente por Terzaghi (1948), constituye el fundamento técnico de todo proyecto de ingeniería civil, pues permite comprender de manera integral el comportamiento del terreno que actúa como soporte

de estructuras, cimentaciones y pavimentos. Esta teoría analiza cómo los suelos responden ante distintos tipos de cargas, esfuerzos y variaciones de humedad, lo que resulta indispensable para garantizar la estabilidad y durabilidad de cualquier infraestructura vial. Asimismo, de acuerdo con los principios establecidos por la AASHTO (2000), la mecánica de suelos se enfoca en comprender cómo la fricción interna y la cohesión entre partículas determinan la capacidad de soporte del terreno, lo que define la densidad seca máxima alcanzable mediante compactación y su resistencia al corte. Cada tipo de suelo, arcilloso, limoso o arenoso, presenta un comportamiento distinto frente a las cargas aplicadas y por ello debe ser caracterizado adecuadamente antes del diseño del pavimento. La mecánica de suelos, lejos de ser únicamente un marco teórico, funciona como una herramienta analítica y práctica que permite evaluar, diseñar y optimizar la estructura del pavimento desde su concepción hasta su operación, contribuyendo así a la seguridad, funcionalidad y sostenibilidad de las infraestructuras viales.

En el Perú, la aplicación práctica de la mecánica de suelos se encuentra regulada principalmente por el Manual de Carreteras - Parte 3: Diseño Estructural de Pavimentos del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC, 2014). Este documento constituye la guía técnica oficial para el diseño, evaluación y control de la calidad de los suelos utilizados en obras viales, y adopta los procedimientos establecidos por la AASHTO y las normas ASTM, reconocidas internacionalmente por su rigurosidad en la evaluación de materiales. De manera específica, el manual indica que la resistencia del suelo debe determinarse mediante ensayos de laboratorio estandarizados, siendo los más representativos el Proctor (AASHTO T-99) y el California Bearing Ratio (CBR). El primero permite establecer la relación óptima entre humedad y densidad del suelo, es decir, el punto en el cual el material alcanza su máxima compactación y estabilidad; mientras que el segundo mide su capacidad de soporte o carga, expresada como un porcentaje que refleja la resistencia del suelo frente a las presiones ejercidas por el tránsito vehicular. Estos resultados permiten clasificar los suelos, determinar si

requieren estabilización y definir el espesor adecuado del pavimento para evitar deformaciones prematuras. Además, la normativa peruana establece valores mínimos de densidad relativa y CBR según el tipo de vía y las condiciones climáticas, lo que asegura que las carreteras cumplan estándares de seguridad y durabilidad, ajustando criterios técnicos a la realidad geotécnica del país.

La importancia de la teoría de la mecánica de suelos radica en que proporciona las bases científicas para predecir el comportamiento del terreno ante la aplicación de cargas y variaciones ambientales. Un adecuado conocimiento de sus propiedades permite seleccionar correctamente los materiales, diseñar estructuras más seguras y evitar fallas prematuras en la infraestructura vial. Asimismo, posibilita optimizar los procesos de compactación y estabilización, reduciendo costos de mantenimiento y mejorando el desempeño a largo plazo de los pavimentos. En el caso de regiones tropicales, como la selva alta peruana, esta teoría resulta especialmente relevante, pues la alta humedad y los suelos arcillosos limitan la capacidad portante y aumentan la probabilidad de deformaciones.

No obstante, la mecánica de suelos también presenta desventajas y limitaciones, ya que el comportamiento del terreno no siempre puede predecirse con exactitud debido a su naturaleza heterogénea y variable. Las propiedades del suelo dependen de su origen, estructura y contenido de agua, por lo que los resultados de laboratorio no siempre representan con precisión las condiciones reales en campo. Además, los costos y tiempos asociados a la caracterización geotécnica pueden ser elevados, lo que a veces lleva a simplificar los estudios, afectando la calidad del diseño estructural. Entre los principales factores que influyen en el comportamiento del suelo y que la mecánica de suelos busca cuantificar se encuentran el tipo y la granulometría del material, los cuales determinan su plasticidad y permeabilidad; el contenido de humedad, que incide directamente en la densidad y la resistencia al corte; el grado de compactación, que influye de manera directa en la capacidad de soporte del terreno; las condiciones de drenaje y el nivel freático, que modifican la respuesta del suelo bajo carga; así como los

ciclos de humedad-sequía y las variaciones de temperatura, que pueden provocar fenómenos de expansión o contracción, especialmente en suelos arcillosos.

Por otro lado, la capacidad de soporte del suelo es definida por Yoder y Witczak (1975) como la habilidad de la subrasante para resistir las cargas aplicadas sin experimentar deformaciones excesivas que comprometan la estabilidad estructural. Asimismo, Huang (2004) define el diseño de pavimentos como el proceso mediante el cual se determinan el espesor y la composición de las capas de pavimento en función de la capacidad de soporte del terreno y de las cargas de tráfico esperadas. En esa dirección, la AASHTO (1993) establece que la capacidad de soporte puede evaluarse mediante parámetros como el CBR o el módulo resiliente, que permiten estimar la respuesta del suelo bajo cargas repetitivas. Finalmente, Roberts et al. (1996) definen la función estructural del pavimento como la capacidad de las capas para distribuir las cargas de manera uniforme hacia la subrasante, reduciendo esfuerzos y previniendo fallas prematuras.

La teoría del diseño estructural de pavimentos tiene como base original la formulación elástica desarrollada por Joseph Boussinesq (1885), quien explicó cómo las tensiones se distribuyen dentro de un medio elástico semiinfinito bajo una carga puntual. Su modelo demostró que el pavimento debe transmitir las cargas del tránsito hacia la subrasante de forma gradual y controlada, reduciendo concentraciones de esfuerzo y evitando deformaciones plásticas y fallas prematuras. Posteriormente, Hetényi (1950) amplió esta comprensión mediante su teoría de vigas sobre fundaciones elásticas, mostrando que las capas del pavimento actúan como un sistema integrado en el cual la base y la subrasante determinan conjuntamente la respuesta del conjunto frente a cargas dinámicas. Más adelante, estos fundamentos fueron consolidados en el método de diseño propuesto por AASHTO (2000), el cual establece que la capacidad de soporte de la subrasante, medida mediante CBR o módulo resiliente (M_r), es determinante para definir el espesor y tipo de estructura del pavimento, incorporando además factores

climáticos, volumen de tránsito y calidad de materiales para asegurar durabilidad frente a condiciones reales de servicio.

En el contexto peruano, el Manual de Carreteras del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC, 2014) adapta la teoría AASHTO a las condiciones locales, introduciendo parámetros específicos para los distintos tipos de suelos presentes en el territorio nacional. Este manual establece los criterios técnicos para el diseño de pavimentos flexibles y rígidos, tomando en cuenta la resistencia de la subrasante, el nivel de servicio esperado, la vida útil del proyecto y la influencia de las condiciones ambientales sobre el desempeño del pavimento. Asimismo, el MTC reconoce que cada capa del pavimento funciona como un medio elástico con propiedades distintas, capaz de absorber, disipar y redistribuir las cargas aplicadas, en coherencia con la teoría de la elasticidad de Boussinesq y Hetényi. Bajo este enfoque integral, las condiciones de pavimentación se entienden como el resultado de la interacción entre las propiedades del suelo, el diseño estructural, los materiales empleados y el ambiente geotécnico, elementos que deben mantenerse en equilibrio para asegurar la estabilidad, seguridad y durabilidad de las vías en el tiempo. En conjunto, estas bases teóricas no solo sustentan la ingeniería moderna del pavimento, sino que también orientan el desarrollo de carreteras más eficientes y sostenibles, adaptadas a las condiciones topográficas y climáticas del Perú.

La justificación del presente estudio se sustenta en la necesidad de analizar nuevas formas de gestión aplicables al sector construcción, considerando los desafíos actuales que enfrenta la ejecución de proyectos a nivel local y nacional, así como la incorporación de enfoques modernos como la metodología Lean Construction, lo que da origen a las siguientes razones:

La presente investigación se respalda en la teoría de la mecánica de suelos y en la teoría del diseño estructural de pavimentos, las cuales permiten comprender cómo el terreno y sus propiedades influyen directamente en la estabilidad y durabilidad de las

vías. En primer lugar, la teoría de la mecánica de suelos, sustentada en los principios de la AASHTO (2000) y regulada por el Manual de Carreteras del MTC (2014), explica que factores como la densidad, la cohesión, la fricción interna y la resistencia al corte determinan la capacidad de soporte del suelo y su respuesta ante la compactación. Por otro lado, la teoría del diseño estructural de pavimentos, basada en los modelos elásticos de Boussinesq (1885) y Hetényi (1950), y desarrollada posteriormente por la AASHTO (1993), establece que la subrasante debe ser capaz de distribuir las cargas del tránsito de manera uniforme para evitar deformaciones o fallas estructurales. En ese sentido, la presente investigación combina ambos enfoques teóricos para analizar cómo la estabilización física de la subrasante mejora las condiciones de pavimentación, especialmente en contextos tropicales como la selva alta peruana, donde los suelos presentan alta humedad y baja capacidad portante. De esta forma, el estudio busca fortalecer el conocimiento técnico sobre el comportamiento del suelo en zonas vulnerables, aportando evidencia aplicada que contribuya al diseño de infraestructuras viales más seguras, sostenibles y adaptadas a las condiciones geotécnicas del país.

Respecto a la práctica, este trabajo será de gran utilidad para ingenieros civiles, autoridades locales y entidades encargadas de la planificación vial, ya que proporcionará una guía técnica sobre cómo aplicar la estabilización física para mejorar el desempeño de las subrasantes en carreteras de bajo y mediano volumen de tránsito. Asimismo, permitirá optimizar el uso de materiales locales y reducir los costos de mantenimiento, contribuyendo al diseño de pavimentos más eficientes y duraderos. Los resultados obtenidos podrán emplearse en proyectos similares de la región San Martín y otras zonas de selva alta, fortaleciendo las capacidades técnicas en la gestión y ejecución de obras viales.

Desde una perspectiva social, la investigación busca contribuir al desarrollo económico y la conectividad territorial en la Región San Martín. La mejora de las condiciones de las carreteras mediante la estabilización física permitirá un mayor acceso de las poblaciones rurales a servicios básicos, educación, salud y mercados, impulsando

la productividad local. Además, al promover el uso de técnicas sostenibles, el estudio favorece el equilibrio ambiental y la reducción de impactos negativos en los ecosistemas, generando beneficios directos para las comunidades de la zona.

El aporte metodológico de esta investigación reside en la aplicación de un diseño experimental de campo, mediante el cual se comparan las condiciones del suelo antes y después de la estabilización física, utilizando ensayos estandarizados (Proctor modificado, CBR, límites de Atterberg, granulometría, etc.). Este enfoque permitirá validar la efectividad del proceso de estabilización y constituirá un antecedente técnico local para futuras investigaciones geotécnicas. Asimismo, los resultados servirán como base de referencia para ingenieros y académicos, interesados en replicar o mejorar la metodología en proyectos viales similares.

Respecto a la problemática, en el contexto global, la infraestructura vial es un elemento clave para el crecimiento económico, la integración territorial y la mejora de la calidad de vida. Sin embargo, en muchas regiones tropicales del mundo, la construcción de carreteras enfrenta serios desafíos debido a la baja capacidad portante y alta humedad de los suelos naturales, lo que genera deformaciones y fallas estructurales prematuras en los pavimentos. Estas condiciones geotécnicas adversas, junto con la falta de control de calidad durante la compactación, reducen considerablemente la vida útil de las vías, incrementando los costos de mantenimiento y afectando la conectividad. En este escenario, los organismos internacionales han destacado la necesidad de impulsar soluciones sostenibles y resilientes, que integren tecnologías adecuadas para cada tipo de suelo. De acuerdo con el Banco Mundial (2022), los países en desarrollo requieren fortalecer sus sistemas de gestión vial e incorporar métodos de estabilización que permitan optimizar el uso de materiales locales y reducir el impacto ambiental en la construcción de carreteras. Asimismo, la CEPAL (2021) advierte que las zonas tropicales con climas extremos presentan mayores dificultades para garantizar la durabilidad del pavimento, por lo que la

estabilidad del terreno debe ser considerada un componente central del diseño y la ejecución de obras viales.

A nivel nacional, el Perú enfrenta una problemática similar. La topografía diversa y las condiciones climáticas variables del territorio provocan que gran parte de la red vial, especialmente en zonas de selva alta y sierra, se asiente sobre suelos con alta plasticidad y contenido de humedad, lo que compromete la estabilidad del pavimento. Si bien el Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC, 2014), a través de su Manual de Carreteras, establece lineamientos técnicos para la evaluación y estabilización de subrasantes, en la práctica persisten deficiencias en la aplicación de estos procedimientos, ya sea por limitaciones técnicas, escasez de equipos de compactación o falta de supervisión adecuada. Esta situación ha generado carreteras con fallas prematuras, fisuras y deformaciones que elevan los costos de mantenimiento y restringen la conectividad entre regiones. Según la CAF (2023), aún existen importantes brechas en la infraestructura vial rural peruana, lo que afecta directamente la productividad, el acceso a servicios y la integración de los territorios más alejados. En este contexto, la estabilización física de los suelos se plantea como una herramienta clave para mejorar la capacidad portante del terreno y garantizar la durabilidad de las vías, promoviendo una infraestructura más eficiente y sostenible.

En el ámbito local, la ciudad de Moyobamba, ubicada en la región San Martín, refleja con claridad los efectos de esta problemática. Su clima tropical, caracterizado por altos índices de precipitación y suelos arcillosos de baja capacidad de soporte, genera condiciones desfavorables para la construcción y conservación de carreteras. Las vías de acceso, tanto urbanas como rurales, suelen deteriorarse rápidamente debido a la saturación de agua en el terreno y a la falta de procesos adecuados de estabilización física de la subrasante, lo que se traduce en baches, agrietamientos y pérdida de uniformidad en el pavimento. De acuerdo con Aguilar (2022), la mejora de los caminos en Moyobamba exige la aplicación de técnicas de estabilización adaptadas a las condiciones locales, ya que el uso de métodos convencionales resulta insuficiente para

garantizar la durabilidad de la infraestructura. Del mismo modo, López (2002) identificaron que los suelos de la provincia de San Martín presentan una capacidad portante variable, lo que requiere una evaluación más rigurosa antes de ejecutar obras viales. En este sentido, la problemática de Moyobamba no solo radica en las condiciones naturales del suelo, sino también en la falta de implementación técnica y de planificación sostenible. Atender este desafío resulta esencial para fortalecer la conectividad regional, mejorar la calidad de vida de sus habitantes y promover un desarrollo territorial equitativo y sostenible en la selva alta peruana.

Ante esta problemática, surge la necesidad de evaluar la efectividad de la estabilización física de la subrasante en carreteras de selva alta, considerando las condiciones geotécnicas y climáticas de Moyobamba. Con base en ello, se formula la siguiente interrogante de investigación: ¿De qué manera la estabilización física de la subrasante mejora las condiciones de pavimentación en carreteras de selva alta de Moyobamba, Región San Martín – 2025?

En esta sección se desarrollan las definiciones conceptuales y operativas de las variables consideradas en la investigación, con el propósito de precisar su significado teórico y la forma en que serán medidas y analizadas dentro del estudio.

Respecto a la estabilización física de la subrasante, según Jones et al. (2011), la estabilización física de la subrasante se concibe como el proceso mediante el cual se modifican las propiedades físicas y mecánicas del suelo natural con el propósito de incrementar su capacidad portante y mejorar su desempeño estructural dentro del sistema de pavimentación. Este proceso implica operaciones como la compactación, mezcla o reemplazo controlado de materiales, que permiten obtener un terreno con mayor densidad seca, menor plasticidad y mejor comportamiento frente a las cargas cíclicas del tránsito. En términos técnicos, esta estabilización busca que el suelo proporcione una base más rígida, uniforme y estable, garantizando que las capas superiores del pavimento se mantengan funcionales y seguras durante su vida útil. Por

su parte, Ali et al. (2022) definen la estabilización física como el conjunto de procedimientos mecánicos aplicados directamente sobre el suelo de fundación, destinados a optimizar su estructura interna mediante la reducción de vacíos y la mejora de la interconexión entre partículas. De acuerdo con esta conceptualización, el proceso tiene como finalidad incrementar la resistencia al corte y al esfuerzo repetitivo, así como reducir la deformabilidad del terreno, especialmente en suelos de baja calidad o alta humedad.

En relación con las dimensiones correspondientes, estas fueron consideradas como elementos fundamentales para el análisis de la variable de estudio.

Respecto a las propiedades físicas, según el Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC, 2014), las propiedades físicas de la subrasante comprenden los parámetros básicos que permiten identificar y clasificar un suelo, como la granulometría, los límites de Atterberg, la humedad natural y la densidad aparente. Estas características determinan la naturaleza del terreno, su comportamiento frente a la compactación y su capacidad para drenar o retener agua. En esta línea, Gallego et al. (2023) señalan que la optimización de la composición granulométrica y la reducción del índice de plasticidad son factores clave para lograr una base más estable y menos susceptible a la saturación, especialmente en regiones tropicales donde la humedad es elevada. Por tanto, las propiedades físicas constituyen la base para definir el tipo de tratamiento o método de estabilización que se debe aplicar al suelo.

Respecto a las propiedades mecánicas, de acuerdo con Wang et al. (2024), las propiedades mecánicas de la subrasante se refieren a la capacidad del suelo para resistir cargas y deformaciones, y se expresan principalmente a través del índice CBR, la densidad seca máxima y el módulo resiliente. Estos parámetros reflejan la resistencia del terreno ante los esfuerzos repetitivos generados por el tránsito, así como su habilidad para recuperar su forma tras ser sometido a cargas dinámicas. En sus investigaciones,

Wang y sus colaboradores demostraron que los suelos estabilizados con agregados reciclados presentaron incrementos significativos en el CBR, lo que evidencia que la estabilización física mejora el desempeño estructural del pavimento. En consecuencia, las propiedades mecánicas definen la eficiencia estructural y la vida útil del pavimento, siendo indicadores directos del éxito de los procesos de estabilización aplicados.

Respecto a métodos de estabilización, Jones et al. (2011) clasifican los métodos de estabilización del suelo en tres grandes categorías: físicos, químicos y mecánicos. Los métodos físicos, como la compactación, sustitución o mezcla granulométrica, actúan modificando la estructura del suelo mediante la aplicación de energía o el control del contenido de humedad, sin alterar su composición química. En el marco de esta investigación, se considera la estabilización física, la cual, según Schaefer et al. (2017), resulta particularmente efectiva en suelos de alta humedad y plasticidad media, debido a que mejora la densidad, uniformidad y capacidad de soporte del terreno sin requerir aditivos externos. Por tanto, esta dimensión se centra en los procesos de intervención directa sobre el suelo natural que buscan optimizar su comportamiento estructural y garantizar la estabilidad del pavimento.

Respecto al comportamiento estructural, para Lawton et al. (2024) y Shahkolahi (2023), el comportamiento estructural de la subrasante se define como la respuesta del suelo ante la aplicación de cargas repetitivas y condiciones de servicio, lo cual depende del grado de compactación, la homogeneidad del material y la interacción entre las capas del pavimento. Ambos autores destacan que una subrasante bien estabilizada y uniformemente compactada permite una distribución más equilibrada de los esfuerzos, reduciendo las deformaciones plásticas y los asentamientos diferenciales. En estudios experimentales, comprobaron que la combinación de técnicas físicas con refuerzos geosintéticos puede disminuir hasta en un 40 % las deformaciones permanentes del terreno, incrementando significativamente la durabilidad del pavimento. Por ello, esta dimensión describe la capacidad del suelo para mantener su forma y resistencia estructural frente a las condiciones de carga y clima.

Respecto a la sostenibilidad y durabilidad, Ali et al. (2022) y Gallego et al. (2023) conceptualizan la sostenibilidad y durabilidad como los atributos del proceso de estabilización que garantizan tanto el rendimiento técnico del pavimento como la reducción del impacto ambiental. En sus investigaciones, destacan que la reutilización de materiales reciclados y el uso de recursos locales disminuyen los costos de construcción y las emisiones asociadas al transporte de materiales, contribuyendo a un enfoque más sostenible en la ingeniería vial. Esta perspectiva coincide con los lineamientos de la Guía Técnica de Soluciones Innovadoras para la Mejora de Caminos de Bajo Volumen (CAF, 2025 y MTC, 2014), la cual promueve la aplicación de procesos de bajo impacto y materiales ecoeficientes en la construcción de carreteras. De este modo, la sostenibilidad y durabilidad representan la relación entre la eficiencia estructural del pavimento y su capacidad para mantenerse funcional y estable en el tiempo sin comprometer los recursos naturales del entorno.

Por otro lado, tenemos las condiciones de pavimentación, para Das (2015), las condiciones de pavimentación se entienden como el conjunto de atributos estructurales, funcionales y superficiales que determinan la calidad y el comportamiento del pavimento durante su vida de servicio. Estas condiciones se valoran en función de la resistencia estructural, la uniformidad del terreno y la capacidad del pavimento para mantener un tránsito seguro y confortable ante las variaciones de carga y clima. Desde esta perspectiva, la variable abarca tanto el estado físico de la estructura vial como su capacidad para conservar la integridad y el nivel de servicio exigido, reflejando el resultado del diseño, construcción y mantenimiento del sistema de pavimento. Asimismo, de acuerdo con Wang et al. (2024), las condiciones de pavimentación comprenden el grado de desempeño técnico y durabilidad del sistema vial, determinado por las características del suelo de fundación y la calidad de la subrasante sobre la cual se asienta la estructura. Este autor sostiene que la condición del pavimento depende directamente de la resistencia, densidad y estabilidad del terreno, ya que un suelo con

bajo soporte o con exceso de humedad puede generar fallas prematuras, deformaciones o pérdida de capacidad estructural.

En relación con las dimensiones correspondientes, estas fueron consideradas como elementos fundamentales para el análisis de la variable de estudio.

La capacidad de soporte se define como la resistencia que presenta el suelo para soportar las cargas transmitidas por el pavimento y el tránsito vehicular, sin sufrir deformaciones permanentes o fallas estructurales. De acuerdo con los lineamientos del Manual de Carreteras del MTC (2014) y la AASHTO (1993), este parámetro se evalúa principalmente mediante el ensayo California Bearing Ratio (CBR), el cual expresa la relación entre la presión aplicada y la resistencia de referencia de un material patrón. Un incremento del valor CBR tras la estabilización física constituye un indicador técnico de mejora en la capacidad estructural del terreno y en la eficiencia del diseño de pavimentos, ya que permite reducir el espesor de las capas superiores sin comprometer la estabilidad del sistema vial.

El drenaje y la humedad representan factores determinantes para la durabilidad y estabilidad del pavimento, ya que influyen directamente en el comportamiento mecánico del suelo de fundación. Según Carpenter et al. (1992), la presencia de humedad excesiva provoca la pérdida de rigidez y cohesión en la subrasante, reduciendo su capacidad de soporte y favoreciendo la aparición de deformaciones y agrietamientos prematuros. Por esta razón, el control de drenaje superficial y subterráneo constituye una medida indispensable dentro del proceso de estabilización física, ya que mejora la permeabilidad y el equilibrio hídrico del terreno, garantizando un desempeño estructural más uniforme y estable frente a las condiciones climáticas cambiantes.

La dimensión de mantenimiento y costos se relaciona con la eficiencia económica y operativa del sistema vial a lo largo de su ciclo de vida. Según la Corporación Andina de Fomento (CAF, 2023), la implementación de técnicas adecuadas de estabilización física reduce significativamente los costos de

mantenimiento, ya que disminuye la frecuencia de intervenciones correctivas y prolonga los periodos de conservación rutinaria. Esta reducción de costos no solo beneficia la sostenibilidad financiera de los proyectos, sino que también favorece una gestión más eficiente de los recursos públicos destinados a la infraestructura vial, contribuyendo a la conectividad y competitividad regional.

La seguridad y el confort vial se definen como los niveles de estabilidad, adherencia y uniformidad del pavimento que garantizan un tránsito seguro, fluido y confortable. El Manual de Carreteras del MTC (2014) establece que la calidad de la subrasante y la correcta distribución de las cargas son factores determinantes para mantener una superficie de rodadura estable y sin irregularidades. Un pavimento bien estructurado, asentado sobre una subrasante adecuadamente estabilizada, minimiza las vibraciones, el deslizamiento y los riesgos de accidentes, mejorando la experiencia del usuario y el desempeño del transporte. En consecuencia, esta dimensión integra los aspectos técnicos del diseño con los objetivos sociales y funcionales de la infraestructura vial.

Respecto a la definición operacional, esta se estableció con la finalidad de precisar la forma en que la variable fue medida y analizada en el estudio.

La variable estabilización física de la subrasante se analizará considerando sus propiedades físicas y mecánicas, el método de estabilización aplicado, el comportamiento estructural obtenido y su impacto en sostenibilidad. En términos físicos, se evaluará la granulometría, los límites de Atterberg y la densidad seca máxima para conocer la naturaleza del suelo y cómo responde a la compactación. Luego, sus propiedades mecánicas se medirán mediante los valores iniciales y finales de CBR y la humedad óptima, lo que permitirá determinar su resistencia y capacidad para soportar el tránsito. El método de estabilización se verificará revisando el porcentaje de mezcla y la uniformidad del material aplicado, asegurando que la técnica haya sido correctamente ejecutada. El comportamiento estructural se reflejará en el incremento

del CBR y la mejora del módulo resiliente, indicadores clave de la capacidad portante del suelo reforzado. Finalmente, se considerará la sostenibilidad observando el uso de materiales disponibles localmente y la reducción del impacto ambiental, promoviendo una intervención eficiente.

Respecto a la segunda variable, esta fue analizada considerando sus principales dimensiones y características relevantes para el estudio.

La variable condiciones de pavimentación se evaluará en función de las dimensiones capacidad de soporte, drenaje y humedad, durabilidad y desempeño, mantenimiento y costos, y seguridad y confort vial, con el objetivo de analizar la mejora estructural y funcional del pavimento tras la estabilización de la subrasante. En primer término, la capacidad de soporte se medirá mediante el valor CBR final, el módulo resiliente y la clasificación AASHTO/SUCS posterior a la estabilización, con lo cual se determinará la resistencia del pavimento ante las cargas del tránsito. Luego, el drenaje y la humedad se evaluarán verificando la eficiencia del drenaje superficial, el control de infiltraciones y la humedad retenida en la subrasante, factores determinantes para la durabilidad de la vía. A continuación, la durabilidad y el desempeño se medirán considerando el espesor requerido de la capa estabilizada, el tipo de pavimento resultante y la vida útil esperada. Seguidamente, la dimensión mantenimiento y costos se evaluará tomando en cuenta la frecuencia de intervenciones y los costos de conservación, con el fin de estimar la eficiencia económica de la infraestructura. Finalmente, la seguridad y el confort vial se determinarán mediante la uniformidad de la superficie de rodadura y la estabilidad estructural del pavimento, garantizando condiciones adecuadas de tránsito, comodidad y seguridad para los usuarios de la carretera.

El estudio planteó como hipótesis de investigación que la estabilización física de la subrasante en carreteras de selva alta mejora significativamente la capacidad de soporte del suelo, permitiendo un diseño de pavimentación más eficiente y duradero en

Moyobamba, Región San Martín - 2025; en contraste, la hipótesis nula sostuvo que la estabilización física de la subrasante en carreteras de selva alta no mejora significativamente su capacidad de soporte, permitiendo un diseño de pavimentación más eficiente y duradero en Moyobamba, Región San Martín - 2025. Respecto al objetivo general tenemos: Evaluar la estabilización física de la subrasante en carreteras de selva alta para mejorar las condiciones de pavimentación en Moyobamba, Región San Martín - 2025.

Así mismo, se estableció los objetivos específicos:

Caracterizar las propiedades físicas y mecánicas de la subrasante en el tramo de carretera seleccionado, permitiendo un diseño de pavimentación más eficiente y duradero en Moyobamba, Región San Martín - 2025.

Analizar el comportamiento de la subrasante antes y después de aplicar la estabilización, permitiendo un diseño de pavimentación más eficiente y duradero en Moyobamba, Región San Martín - 2025.

Determinar la capacidad de soporte y su influencia en el diseño de pavimento, permitiendo un diseño de pavimentación más eficiente y duradero en Moyobamba, Región San Martín - 2025.

Metodología

En cuanto al enfoque, la investigación fue cuantitativa, porque permitió cuantificar, analizar y procesar estadísticamente los datos obtenidos mediante ensayos de laboratorio y observaciones de campo. Según Hernández et al. (2022), este tipo de investigación se caracterizó por medir variables de forma objetiva y emplear herramientas numéricas para la verificación de hipótesis. De acuerdo con Ali et al. (2022) y Gallego et al. (2023), los estudios experimentales en ingeniería civil aplicaron este enfoque para evaluar el comportamiento físico y mecánico de los materiales a partir de resultados comparativos, como los obtenidos en pruebas de CBR, Proctor modificado o límites de Atterberg, que permitieron establecer relaciones cuantificables entre las variables.

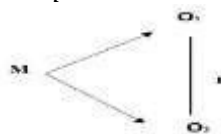
En cuanto al nivel de investigación, este estudio fue descriptivo, ya que buscó analizar y detallar las características, condiciones y resultados del proceso de estabilización física de la subrasante, así como su influencia en las condiciones de pavimentación. De acuerdo con Sampieri et al. (2022), la investigación descriptiva permitió identificar, especificar y registrar los elementos que componen un fenómeno tal como se presenta en su entorno, sin manipular factores externos que alteren su comportamiento natural. En este caso, se observó el desempeño del suelo antes y después del proceso de estabilización, mediante la aplicación de ensayos de laboratorio y pruebas de campo que permitieron describir los cambios en la capacidad portante, durabilidad y resistencia del pavimento. Así, el estudio proporcionó información detallada sobre el comportamiento estructural y funcional del sistema vial, permitiendo establecer conclusiones técnicas sobre la eficacia del tratamiento aplicado.

El diseño de investigación fue experimental, ya que se manipuló deliberadamente la variable independiente, la estabilización física de la subrasante, con el propósito de observar y medir su efecto sobre la variable dependiente, las condiciones de pavimentación. En este estudio, se aplicó un proceso controlado de estabilización física a un tramo representativo de subrasante en la zona de estudio, comparando los resultados obtenidos antes y después del tratamiento mediante ensayos de campo y laboratorio. Este

enfoque permitió establecer relaciones de causalidad entre las variables, comprobando de manera objetiva si la estabilización física mejoró la capacidad portante del terreno y, en consecuencia, las condiciones estructurales y funcionales del pavimento, según Baena (2017). Asimismo, el estudio se llevó a cabo en campo, puesto que la recolección de datos se realizó en un tramo vial representativo de la selva alta de Moyobamba, donde se efectuaron observaciones in situ y ensayos de laboratorio con las muestras extraídas. Este tipo de diseño, según Arias (2019), se utilizó cuando el investigador obtuvo la información directamente del entorno natural del fenómeno, permitiendo la verificación empírica de las hipótesis planteadas.

Finalmente, el estudio fue transversal, ya que la medición de las variables se efectuó en un único momento del tiempo. De acuerdo con Rodríguez (2018), este diseño se aplicó cuando el propósito fue analizar la situación actual de un fenómeno sin realizar seguimiento temporal. En este caso, las observaciones y ensayos se realizaron durante la etapa de evaluación del suelo, antes y después de la estabilización física, con el fin de establecer la relación entre ambas variables en el año 2025. Figura 1

Esquema del estudio correlacional



Donde M representa la muestra del estudio, conformada por los tramos de carretera y los suelos evaluados; O1 corresponde a la estabilización física de la subrasante; O2 hace referencia a las condiciones de pavimentación; y R indica la relación existente entre las variables analizadas en la investigación.

Respecto a las técnicas e instrumentos de investigación, con el objetivo de recolectar información técnica precisa sobre las características del suelo y las condiciones de pavimentación, se emplearon técnicas de campo y laboratorio, orientadas a cuantificar los efectos del proceso de estabilización física de la subrasante. Según Bourke et al. (2016),

las técnicas de investigación comprenden el conjunto de procedimientos sistemáticos aplicados por el investigador para recopilar datos que permitan responder a los objetivos planteados y contrastar la hipótesis formulada. En este estudio, la aplicación de técnicas ingenieriles permitió medir con exactitud las propiedades físicas y mecánicas de los suelos, garantizando la validez de los resultados.

Para el desarrollo de la investigación se utilizaron diversas técnicas de investigación que permitieron recopilar información técnica precisa sobre las características del suelo y las condiciones de pavimentación. En primer lugar, se aplicó la técnica de observación directa, la cual permitió identificar las características del terreno antes y después del proceso de estabilización, registrando de manera visual las condiciones del tramo vial y el comportamiento de la subrasante. Asimismo, se empleó la técnica experimental en el laboratorio de mecánica de suelos, donde se realizaron ensayos físicos y mecánicos con el fin de evaluar los cambios producidos en el suelo tras la aplicación del proceso de estabilización. Finalmente, se utilizó la técnica documental para la recopilación y análisis de normas, guías técnicas y antecedentes relevantes, tales como el Manual de Carreteras del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC, 2014), la Federal Highway Administration (FHWA, 1992) y los lineamientos de la Corporación Andina de Fomento (CAF, 2025), los cuales sirvieron de sustento para el diseño y la evaluación del proceso de estabilización aplicado.

De acuerdo con Jones et al. (2011) y Ali et al. (2022), la combinación de técnicas de campo y laboratorio es esencial para determinar la efectividad estructural de la subrasante en el diseño de pavimentos sostenibles.

Resultados

Los suelos encontrados a lo largo del camino vecinal son clasificados obligatoriamente por AASHTO y SUCS, como también se tendrá en cuenta la granulometría, plasticidad, índice de grupo, humedad natural, etc.

Tabla 1. Resumen de las propiedades físicas de los suelos encontrados en el Camino Vecinal Tramo II

FECHA	PROGRESIVA (Km)	MUESTRA	CARRIL	LÍMITES DE CONSISTENCIA			CLASIFICACIÓN			HUM. NAT.	PROCTOR			CBR (0.1")			ESTADOS DE CONSISTENCIA								
				L	L	P	I	P	AASHTO		SUCS	%	M.D.S. (gr/cc)	O.C.H. (%)	Estado	95%	100%	Estado	IC	Estado	IL	Estado	ICp	Estado	PE
				MATERIAL ORGÁNICO																					
Set-25	3+750 - 3+700	M-1	DER																						
		M-2		25.0	19.0	A-4 (2)		SC-SM	21.64	1.817	11.4	S	3.3	5.6	MM	0.56	PB	0.44	P	0.14	b	6.0	b		
		M-3		23.0	6.0		A-4 (1)		SM	12.52	1.909	12.7	O	6.3	9.2	M	3.49	S	- 2.49	S	0.12	b	3.0	b	
Set-25	3+700 - 3+680	M-1	DER																						
		M-2		26.0			A-4 (2)		SC-SM	22.17	1.797	12.8	S	3.5	6.0	MM	0.77	PD	0.23	P	0.14	b	5.0	b	
		M-3		22.0	21.0	5.0	A-4 (2)		SM	10.71	1.855	10.7	O	7.0	9.4	M	3.76	S	- 2.76	S	0.11	b	3.0	b	
Set-25	3+680 - 3+570	M-1	DER																						
		M-2		28.0			A-4 (2)		SC	27.44	1.806	12.0	S	3.8	6.9	MM	0.08	SL	0.92	P	0.16	b	7.0	b	
		M-3		22.0	21.0	7.0	A-2 -4 (0)		SM	10.38	1.807	10.6	O	6.3	8.3	M	5.81	S	- 4.81	S	0.11	b	2.0	b	

Tabla 2. Resumen de las propiedades físicas de los suelos encontrados en el Camino Vecinal Tramo IV

FECHA	PROGRESIVA (Km)	MUESTRA	CARRIL	LÍMITES DE CONSISTENCIA			CLASIFICACIÓN		HUM. NAT.	PROCTOR			CBR			ESTADOS DE CONSISTENCIA							
				LL	LP	IP	AASHTO	SUCS		%	M.D.S. (gr/cc)	O.C.H. (%)	Estado	95%	100%	Estado	IC	IL	ICp	PE	Estado	Estado	
									(0.1")														
Set-25	0+200 - 0+160	M-1	IZQ	26.0	15.0	11.0	A-4 (2)	SC	22.82		11.4	S	4.0	5.9	MM	0.29	PMB	0.71	P	0.14	b	11.0	b
		M-2		22.0	12.0	10.0	A-2 -4 (0)	SC	16.27	1.820						0.57	PB	0.43	P	0.11	b	10.0	b

		M-3		21.0	18.0	3.0	A-2 -4 (0)	SM	11.11	2.020	9.3	O	6.5	9.3	M	3.30	S	-2.30	S	0.10	b	3.0	b
Set-25	0+160 - 0+130	M-1	IZQ	26.0	14.0	12.0	A-4 (2)	SC-SM	23.33	1.844	12.6	S	3.5	6.0	MM	0.22	SL	0.78	P	0.14	b	12.0	b
		M-2		26.0	13.0	13.0	A-6 (3)	SC	16.96							0.70	PB	0.30	P	0.14	b	13.0	M
		M-3		20.0	18.0	2.0	A-4 (2)	SM	10.49	2.015	9.5	O	6.3	9.0	M	4.76	S	-3.76	S	0.09	b	2.0	b
Set-25	0+130 - 0+105	M-1	IZQ	25.0	13.0	12.0	A-4 (2)	SC-SM	23.01	1.833	11.5	S	3.8	6.9	MM	0.17	SL	0.83	P	0.14	b	12.0	b
		M-2		25.0	13.0	12.0	A-6 (2)	SC	20.65							0.36	PMB	0.64	P	0.14	b	12.0	b
		M-3		22.0	20.0	2.0	A-2 -4 (0)	SM	11.27	2.010	9.3	O	6.7	9.4	M	5.37	S	-4.37	S	0.11	b	2.0	b
Set-25	0+040 - 0+050	M-1	DER	25.0	13.0	12.0	A-4 (2)	SC-SM	22.52	1.846	12.6	S	3.6	6.0	MM	0.21	SL	0.79	P	0.14	b	12.0	b
		M-2		25.0	11.0	14.0	A-6 (4)	SC	19.71							0.38	PMB	0.62	P	0.14	b	14.0	M
		M-3		20.0	18.0	2.0	A-4 (2)	SM	9.84	1.938	10.5	O	6.3	9.1	M	5.08	S	-4.08	S	0.09	b	2.0	b
Set-25	0+050 - 0+110	M-1	DER	25.0	13.0	12.0	A-4 (2)	SC-SM	21.54	1.843	11.6	S	3.8	6.9	MM	0.29	PMB	0.71	P	0.14	b	12.0	b
		M-2		25.0	12.0	13.0	A-6 (3)	SC	19.47							0.43	PMB	0.57	P	0.14	b	13.0	M
		M-3		21.0	18.0	3.0	A-2 -4 (0)	SM	10.13	2.004	9.5	O	6.9	9.9	M	3.62	S	-2.62	S	0.10	b	3.0	b
Set-25	0+110 - 0+140	M-1	DER	26.0	13.0	13.0	A-4 (1)	SC-SM	24.56	1.815	11.6	S	4.0	6.0	MM	0.11	SL	0.89	P	0.14	b	13.0	M
		M-2		26.0	12.0	14.0	A-6 (3)	SC	18.16							0.56	PB	0.44	P	0.14	b	14.0	M
		M-3		20.0	18.0	2.0	A-4 (2)	SM	10.56	1.925	10.9	O	6.7	9.8	M	4.72	S	-3.72	S	0.09	b	2.0	b
Set-25	0+140 - 0+205	M-1	DER	25.0	13.0	12.0	A-4 (2)	SC-SM	22.92	1.831	11.3	S	3.8	6.9	MM	0.17	SL	0.83	P	0.14	b	12.0	b
		M-2		25.0	11.0	14.0	A-6 (4)	SC	18.10							0.49	PMB	0.51	P	0.14	b	14.0	M
		M-3		22.0	20.0	2.0	A-2 -4 (0)	SM	11.05	2.009	9.5	O	6.4	9.4	M	5.48	S	-4.48	S	0.11	b	2.0	b
Set-25	0+205 - 0+220	M-1	DER	26.0	15.0	11.0	A-4 (2)	SC-SM	25.03	1.824	11.5	S	3.7	6.9	MM	0.09	SL	0.91	P	0.14	b	11.0	b
		M-2		26.0	14.0	12.0	A-6 (3)	SC	16.36							0.80	PD	0.20	P	0.14	b	12.0	b
		M-3		20.0	18.0	2.0	A-4 (2)	SM	11.05	1.996	9.6	O	6.6	9.9	M	4.48	S	-3.48	S	0.09	b	2.0	b
Set-25	0+220 - 0+240	M-1	DER	25.0	13.0	12.0	A-4 (2)	SC-SM	23.77	1.845	12.6	S	3.5	6.0	MM	0.10	SL	0.90	P	0.14	b	12.0	b
		M-2		25.0	13.0	12.0	A-6 (3)	SC	17.09							0.66	PB	0.34	P	0.14	b	12.0	b
		M-3		20.0	18.0	2.0	A-4 (2)	SM	10.81	1.940	10.4	O	6.9	9.6	M	4.60	S	-3.60	S	0.09	b	2.0	b

De lo verificado insitu

Tramo II, Se inició la excavación y muestreo en el Tramo II, para un tramo de prueba de 50m, teniendo en cuenta que en este tramo anteriormente tuvo: 1. la ejecución de una obra de saneamiento, 2. La presencia de precipitaciones pluviales son constantes.

Con el inicio de la excavación a nivel de corte para mejoramiento – tramo de prueba de la subrasante, no cumple con la altura de mejoramiento de suelo de $h = 0.70\text{m}$, calculado mediante la metodología AASHTO 93 (MEJORAMIENTO DE SUELOS), apreciando acolchonamiento después de ser mejorado, como se aprecia en las fotos panorámicas, por lo que se tomó el muestreo respectivo hasta encontrar suelo que reúna las condiciones óptimas como cimienta y/o subrasante del pavimento que se quiere proyectar.

Desde la progresiva km.03+570 al km.03+750 (muestreando del 0.70m a 3.10m por presentar el mismo estrato y del 3.10m a 3.30m por presentar el mismo estrato) por debajo de la subrasante, según diseño geométrico, y que dichas muestras fueron llevados a laboratorio del CONSORCIO COCOCHO, teniendo los siguientes resultados:

Tabla 3. Resumen de resultados obtenidos en laboratorio

FECHA	PROGRESIVA (Km)	MUESTRA	CARRIL	LÍMITES DE CONSISTENCIA			CLASIFICACIÓN		HUM. NAT.	PROCTOR			CBR (0.1")			ESTADOS DE CONSISTENCIA							
				L L	L P	I P	AASHTO	SUCS		%	M.D.S. (g/cc)	O.C.H. (%)	Estado	95%	100%	Estado	IC	Estado	IL	Estado	ICp	Estado	PE
Set-25	3+750 - 3+700	M-1	DER	MATERIAL ORGÁNICO																			
		M-2		25.0	19.0	6.0	A-4 (2)	SC-SM	21.64	1.817	11.4	S	3.3	5.6	MM	0.56	PB	0.44	P	0.14	b	6.0	b
		M-3		23.0	20.0	3.0	A-4 (1)	SM	12.52	1.909	12.7	O	6.3	9.2	M	3.49	S	-2.49	S	0.12	b	3.0	b
Set-25	3+700 - 3+680	M-1	DER	MATERIAL ORGÁNICO																			
		M-2		26.0	21.0	5.0	A-4 (2)	SC-SM	22.17	1.797	12.8	S	3.5	6.0	MM	0.77	PD	0.23	P	0.14	b	5.0	b
		M-3		22.0	19.0	3.0	A-4 (2)	SM	10.71	1.855	10.7	O	7.0	9.4	M	3.76	S	-2.76	S	0.11	b	3.0	b
Set-25	3+680 - 3+570	M-1	DER	MATERIAL ORGÁNICO																			
		M-2		28.0	21.0	7.0	A-4 (2)	SC	27.44	1.806	12.0	S	3.8	6.9	MM	0.08	0	0.92	0	0.16	b	7.0	b
		M-3		22.0	20.0	2.0	A-2-4 (0)	SM	10.38	1.807	10.6	O	6.3	8.3	MM	5.81	0	-4.81	0	0.11	b	2.0	b

Como se puede apreciar los resultados obtenidos de las muestras del suelo en ese tramo (TRAMO II), presentan características de suelos inadecuados hasta una profundidad donde el suelo presenta compacidad semi compacta, que difiere del cálculo tradicional

(METODOLOGIA ASSHTO 93), y requiere ser estabilizado el suelo aplicando criterios insitu y/o criterios técnicos.

Aclaración: Antes de iniciar con las perforaciones para las muestras representativas del tramo II, se procedió a ejecutar un tramo de prueba del km.03+750 al km.03+570 (profundidades de mejoramiento de la subrasante) de acuerdo a lo calculado por el método AASHTO 93 – ítems 8.3, encontrándose suelo suelto, contaminado, saturado y acolchonado – inadecuado, mejorando hasta el nivel de corona del terraplén para proceder a los ensayos respectivos (densidad de campo y deflectometria, en donde la lectura del dial de la Viga Benkelman (instrumento mecánico no destructivo utilizado para medir la deformación o deflexión elástica de pavimentos flexibles bajo la carga de un

Se dio Inicio a la excavación y muestreo en el Tramo IV (Progresiva km-00+040 al km.00+500), realizando un total de 17 prospecciones y calculando el mejoramiento de subrasante mediante la metodología AASHTO 93, obteniendo el espesor de $H=0.70\text{m}$, el mejoramiento a esa profundidad no satisface la estabilidad de la plataforma para el IMD proyectado, por lo que se tomó las muestras representativas de acuerdo a la profundidad calculada, que conformando un tramo de prueba a nivel de mejoramiento, se presentaron acolchonamientos al momento que transitaban los vehículos, en dicho corte se pudo apreciar presencia humedad natural alta >óptimo, presencia de suelos orgánicos como se ve en las fotos panorámicas de éste tramo.

Los muestreos se realizaron a la profundidad calculada y por debajo del mismo hasta encontrar suelo en estado y/o compacidad semi compacta o compacta, apreciando suelo cambiante con respecto a sus estratos, profundizando la excavación hasta encontrar un suelo que cumpla las óptimas condiciones como suelo de fundación o cimentación del paquete estructural del pavimento.

El tramo en insitu, no presenta las mismas características del estudio de suelo del expediente técnico debido al diseño geométrico proyectado (que de la plataforma existente hacia el nivel de la subrasante hay cortes mayores de 1.70m), encontrándose suelos finos,

saturados, inadecuados, etc., por lo que en este tramo se considerará mejoramiento desde 0.95m hasta 1.70m por debajo de la subrasante, y dependiendo del estado del suelo.

Antes de iniciar con las perforaciones para las muestras representativas del tramo IV, se procedió el corte a nivel de subrasante y después el corte de acuerdo a lo calculado en el ítems 8.6 (para mejoramiento de subrasante), encontrándose suelo suelto, saturado – inadecuado, acolchonamientos al momento que transitaban los vehículos, presencia de humedad natural alta >óptimo, presencia de suelos orgánicos como se ve en las fotos panorámicas, en ese sentido se tomó la decisión de realizar las perforaciones cada cierta longitud para muestrear el suelo y realizar sus análisis respectivos en el laboratorio.

Los resultados obtenidos de deflectometría es mucho mayor a la deflexión admisible calculada (105 x102mm), por lo que el suelo tiene que ser removido hasta una profundidad óptima, donde los ensayos insitu cumpla con los parámetros calculados.

En el párrafo posterior se presentó el análisis, propuesta y resultados del espesor de mejoramiento en los tramos II y IV, en los cuales se vinieron trabajando.

Tramo II: Del el km.03+750 al km.03+570, se procedió a la ejecución (excavación para mejoramiento de acuerdo al estado insitu del suelo) para el mejoramiento de subrasante del pavimento en el que se apreció del km.03+750 al km.03+570 estratos diferentes tanto en sus características físicas - estado insitu, por lo que en este tramo descrito se pudo verificar tres (03) estratos: Un Primer estrato de altura variable (suelo orgánico) $h=-0.70\text{m}$, un segundo estrato(arena limo arcillosa, suelo saturado estado líquido, $H.N>O.CH$, que se encuentra de -0.70m a -3.10m , Falso relleno (aparentemente por ejecución anterior de obra de saneamiento en el tramo, que dicho relleno no fue controlado (ensayos insitu) y cuyos estado de consistencia se encuentra en plástico blando (PB), Semi líquidos (SL), Pastico (P), de compresibilidad baja (b), y potencial de expansión baja y media (b), (M) y cuyos cbr% en laboratorio <4 , de consistencia suelta, que debido a este estado, el suelo es propenso a las deformaciones – deflexiones, como se pudo evidenciar en del km. 03+800 al 03+750 (Tramo de prueba), que al momento que los

vehículos pesado transitaban se pudo ver el comportamiento del suelo - presencia de acolchonamientos, y mediante el Ensayo de deflectometría mediante el Equipo de la Viga Benkelman se pudo verificar que no cumplió con el parámetro máximo a nivel de subrasante, obteniendo como resultado la lectura del dial a más de ocho (08) veces del límite permisible, y que a profundidad de -3.30m se obtuvo resultados favorables tanto en su cbr%, como en los estados de consistencia: CBR (0.1") 95% >6% y estado sólido de baja compresibilidad y potencial de expansión, se concluye que la profundidad a tratar o a mejorar el suelo es a partir de -3.30m.

En función a las excavaciones insitu que se realizó y los resultados obtenidos en laboratorio, se concluyó a ejecutar: Tramo II del km.03+800 al km.03+570, mejorar el suelo una altura H=3.30m desde la plataforma existente por presentar falso relleno.

Tramo IV: Del km.00+040 al km.00+500, se procedió a la ejecución (excavación) para el mejoramiento de subrasante del pavimento, en el que se apreció del km.00+040 al km.00+500 estratos diferentes tanto en sus características físicas - estado insitu, por lo que en este tramo, se pudo verificar estratos diferentes: Un Primer estrato de altura variable (suelo orgánico), seguidamente de estratos con presencia de suelo saturado en estado líquido, $H.N > O.CH$, cuyos estado de consistencia se encuentra en plástico blando (PB), plástico muy blando (PMB), Semi líquidos (SL), Pastico (P), de compresibilidad baja (b), y potencial de expansión baja y media (b), (M) y cuyos cbr% en laboratorio <4, que en este estado, el suelo es propenso a las deformaciones – deflexiones, como se pudo evidenciar mediante el proceso constructivo (al momento que los vehículos pesado transitaban se pudo ver el comportamiento del suelo – acolchonamiento del tramo), y llegando hasta un estrato de compacidad semi compacto, obteniendo como resultado óptimo a profundidades variables por debajo de la subrasante de 0.95 a 1.70m. con CBR (0.1") 95% >6% y estado sólido de baja compresibilidad y potencial de expansión.

Tabla 4. Resultado de CBR de diseño II

FECHA	PROGRESIVA (Km)	MUESTRA	CARREL	CBR (0.1")		
				95%	100%	Estado
Set-25	3+750 - 3+700	M-1	DER	MATERIAL ORGÁNICO		
		M-2		3.3	5.6	MM
		M-3		6.3	9.2	M
Set-25	3+700 - 3+680	M-1	DER	MATERIAL ORGÁNICO		
		M-2		3.5	6.0	MM
		M-3		7.0	9.4	M
Set-25	3+680 - 3+570	M-1	DER	MATERIAL ORGÁNICO		
		M-2		3.8	6.9	MM
		M-3		6.3	8.3	M

En función a las excavaciones insitu que se realizó y los resultados obtenidos en laboratorio, se concluyó a ejecutar: Tramo IV del km.00+040 al km.00+500, mejorar el suelo una altura variable de H=0.95 a 1.70m debajo del nivel de la subrasante de acuerdo con los criterios de mejoramiento y estado insitu del suelo.

Tabla 5. Resultado de CBR de diseño – tramo IV

FECHA	PROGRESIVA (Km)	MUESTRA	CARREL	CBR (0.1")		
				95%	100%	Estado
Set-25	0+200 - 0+160	M-1	IZQ	4.0	5.9	MM
		M-2				
		M-3		6.5	9.3	M
Set-25	0+160 - 0+130	M-1	IZQ	3.5	6.0	MM
		M-2				
		M-3		6.3	9.0	M
Set-25	0+130 - 0+105	M-1	IZQ	3.8	6.9	MM
		M-2				
		M-3		6.7	9.4	M
Set-25	0+040 - 0+050	M-1	DER	3.6	6.0	MM
		M-2				
		M-3		6.3	9.1	M
Set-25	0+050 - 0+110	M-1	DER	3.8	6.9	MM
		M-2				
		M-3		6.9	9.9	M
Set-25	0+110 - 0+140	M-1	DER	4.0	6.0	MM
		M-2				
		M-3		6.7	9.8	M
Set-25	0+140 - 0+205	M-1	DER	3.8	6.9	MM
		M-2				
		M-3		6.4	9.4	M
Set-25	0+205 - 0+220	M-1	DER	3.7	6.9	MM
		M-2				
		M-3		6.6	9.9	M
Set-25	0+220 - 0+240	M-1	DER	3.5	6.0	MM
		M-2				
		M-3		6.9	9.6	M

Los resultados obtenidos en la densidad de campo realizado mediante el Equipo de Cono de Arena, es > al 95%, parámetro mínimo que describe la EG 2013.

Los resultados obtenidos de deflectometría es menor o igual a la deflexión admisible calculada (105 x102mm), por lo que el suelo tiene que ser removido hasta una profundidad óptima, donde los ensayos insitu cumpla con los parámetros calculados.

Análisis y Discusión

En relación con el objetivo general, los resultados obtenidos permitieron evaluar de manera integral la efectividad de la estabilización física de la subrasante en carreteras de selva alta del distrito de Moyobamba, evidenciándose mejoras sustanciales en las condiciones de pavimentación. Antes de la intervención, la subrasante presentó una baja capacidad portante, elevados contenidos de humedad y un comportamiento inestable frente a las cargas vehiculares, manifestado en deformaciones visibles, acolchonamientos y deflexiones excesivas durante el tránsito de vehículos pesados. Posteriormente, tras la aplicación de la estabilización física y la remoción de los estratos inadecuados, el terreno mostró una respuesta estructural más uniforme y estable, alcanzándose densidades de campo superiores al 95 %, conforme a los resultados obtenidos mediante el ensayo de cono de arena (Tabla 5), así como deflexiones dentro de los límites admisibles medidos con la Viga Benkelman.

Los resultados obtenidos en la presente investigación coinciden con lo señalado por Das (2015), quien sostiene que la estabilización física del suelo mejora su comportamiento mecánico mediante el incremento de la densidad seca y la reducción de la deformabilidad frente a cargas repetitivas. En el caso de los tramos evaluados en Moyobamba, la estabilización aplicada permitió alcanzar densidades de campo superiores al 95 % y reducir significativamente las deflexiones medidas, evidenciando una respuesta estructural más rígida y estable. Este comportamiento confirma que la compactación adecuada y la remoción de estratos inadecuados contribuyen directamente a mejorar la resistencia del suelo, tal como lo plantea el autor desde la teoría de la mecánica de suelos aplicada a pavimentos.

De manera complementaria, los resultados también guardan coherencia con lo expuesto por Ali et al. (2022), quienes demostraron que la estabilización mecánica de subrasantes débiles genera incrementos significativos en la capacidad de soporte del suelo, reflejados en mayores valores de CBR y una reducción de las deformaciones permanentes. En esta investigación, el incremento de los valores de CBR por encima del 6 % en ambos tramos, así como la mejora del comportamiento del suelo bajo tránsito vehicular, corroboran dichos planteamientos. Estas mejoras adquieren especial relevancia en el contexto de Moyobamba, donde las condiciones climáticas de la selva alta, caracterizadas por elevada humedad y suelos de baja resistencia natural, hacen indispensable la aplicación de técnicas de estabilización física como una alternativa técnica viable para garantizar la durabilidad y el correcto desempeño del pavimento.

Respecto al primer objetivo específico, la caracterización física y mecánica de la subrasante permitió identificar las principales limitaciones del suelo en su estado natural. Los ensayos de laboratorio evidenciaron la presencia predominante de suelos finos y arcillosos, con alta humedad natural y baja resistencia, reflejada en valores de CBR de diseño de 3.35 % en el Tramo II y 3.45 % en el Tramo IV (Tabla 4). Asimismo, durante la evaluación in situ se identificaron estratos de suelos orgánicos y falso relleno, especialmente en el Tramo II, producto de intervenciones previas ejecutadas sin control geotécnico adecuado.

Los resultados obtenidos en la caracterización física y mecánica de la subrasante guardan estrecha relación con lo reportado por Gallego et al. (2023), quienes señalan que los suelos ubicados en regiones tropicales se caracterizan por presentar un alto contenido de finos y elevados niveles de humedad, lo que conlleva a una disminución significativa de su capacidad portante y a una mayor susceptibilidad a deformaciones bajo cargas repetitivas. Según dichos autores, estas condiciones generan una respuesta mecánica inestable del suelo, favoreciendo la aparición de asentamientos diferenciales, pérdida de rigidez y fallas prematuras en la estructura del pavimento cuando no se aplican tratamientos de estabilización adecuados. En el presente estudio, la identificación de

suelos finos, arcillosos y saturados, así como los bajos valores de CBR obtenidos en su estado natural, evidencian un comportamiento similar al descrito por Gallego et al., confirmando que la subrasante evaluada presenta limitaciones geotécnicas propias de zonas tropicales. Esta concordancia refuerza la importancia de realizar una caracterización detallada del suelo como etapa previa al diseño del pavimento, especialmente en contextos como el de Moyobamba, donde la alta humedad y la naturaleza del suelo condicionan directamente el desempeño estructural de las vías.

De manera similar, los resultados concuerdan con lo expuesto por Aguilar (2022) en su investigación desarrollada en la ciudad de Moyobamba, quien identificó que la presencia de suelos arcillosos saturados limita significativamente el desempeño estructural de las vías cuando no se aplican técnicas de estabilización adecuadas. En este estudio, la detección de estratos orgánicos y suelos con alta humedad natural confirmó que la subrasante no cumplía con los requisitos mínimos para el diseño de pavimentos. En ese sentido, la caracterización realizada permitió sustentar técnicamente la necesidad de intervenir la subrasante mediante estabilización física antes de proceder al diseño definitivo del pavimento, asegurando así un comportamiento estructural más estable y duradero.

En cuanto al segundo objetivo específico, el análisis del comportamiento de la subrasante antes y después de la estabilización física evidenció cambios significativos en su desempeño estructural. Antes del tratamiento, durante la ejecución de los tramos de prueba, se observaron acolchonamientos, deformaciones permanentes y una pérdida evidente de rigidez al paso de vehículos pesados, lo cual fue corroborado mediante los ensayos de deflectometría con Viga Benkelman, cuyos valores superaron los límites permisibles establecidos por la normativa (Anexo 11). Luego de la estabilización, al retirar los estratos inadecuados y trabajar sobre suelos de mejor compacidad, el comportamiento del terreno mejoró notablemente, reduciéndose las deformaciones y logrando una respuesta más estable frente a las cargas repetitivas del tránsito.

El comportamiento observado de la subrasante luego de la intervención coincide con lo indicado por Cerni et al. (2012), quienes explican que la estabilización física del suelo, a través de procesos de compactación controlada y mejora de la estructura interna del material, permite una redistribución más eficiente de las tensiones internas generadas por las cargas del tránsito. Según estos autores, cuando el suelo presenta una estructura más densa y homogénea, se reduce la concentración de esfuerzos verticales y laterales, disminuyendo así la deformación permanente y mejorando la rigidez estructural del sistema suelo–pavimento. En el presente estudio, la eliminación de estratos inadecuados y el trabajo sobre suelos de mejor compacidad permitieron alcanzar una respuesta más uniforme del terreno, evidenciada por la reducción de acolchonamientos y la mejora del comportamiento frente al paso de vehículos pesados, lo cual confirma el efecto descrito por Cerni et al. en contextos de pavimentos flexibles.

De manera complementaria, los resultados obtenidos también concuerdan con lo planteado por Giroud (2018), quien sostiene que el confinamiento del suelo genera un efecto estructural tridimensional que incrementa significativamente la rigidez y estabilidad de la subrasante. De acuerdo con este autor, el confinamiento limita el desplazamiento lateral de las partículas del suelo, lo que favorece una mayor capacidad de soporte y una distribución más uniforme de las cargas transmitidas por el pavimento. En esta investigación, el comportamiento más estable del terreno luego de la estabilización física, así como la reducción de deformaciones visibles durante el tránsito vehicular, reflejan claramente este principio. Asimismo, el incremento de la capacidad portante del suelo estabilizado permitió mejorar las condiciones estructurales del pavimento proyectado, confirmando la aplicabilidad de los planteamientos de Giroud en suelos con alta humedad y baja resistencia natural, como los característicos de la selva alta.

Asimismo, los hallazgos del presente estudio guardan relación con lo demostrado por Biswas et al. (2022), quienes evidenciaron que la estabilización mecánica de subrasantes débiles reduce de manera significativa los asentamientos permanentes y mejora el comportamiento del suelo bajo cargas cíclicas. En sus investigaciones, estos

autores señalaron que la mejora en la interacción entre partículas del suelo estabilizado contribuye a una mayor rigidez del sistema base - subrasante y a una menor acumulación de deformaciones con el paso del tiempo. De forma similar, en los tramos evaluados en Moyobamba se observó que, tras la intervención, el suelo presentó una respuesta más estable frente a cargas repetitivas, cumpliendo con los límites admisibles de deflexión establecidos por la normativa. Estos resultados confirman que la estabilización aplicada no solo mejoró el comportamiento inmediato del suelo, sino que también contribuye a un mejor desempeño estructural a mediano y largo plazo del pavimento.

Respecto al tercer objetivo específico, los resultados demostraron que la capacidad de soporte de la subrasante influyó de manera determinante en el diseño del pavimento. Si bien el cálculo inicial mediante la metodología AASHTO 93 estableció un espesor de mejoramiento de 0.70 m, la evaluación en campo evidenció que dicho espesor no fue suficiente en todos los sectores analizados. En el Tramo II fue necesario profundizar el mejoramiento hasta 3.30 m debido a la presencia de falso relleno y suelos saturados, mientras que en el Tramo IV se requirieron profundidades variables entre 0.95 m y 1.70 m para alcanzar valores de CBR superiores al 6 %, considerados adecuados para el diseño estructural del pavimento (Tabla 5).

Los resultados obtenidos en la presente investigación respaldan lo señalado por AASHTO (1993), cuyos lineamientos establecen que el diseño estructural del pavimento debe fundamentarse en la capacidad portante real de la subrasante, evaluada mediante parámetros como el CBR o el módulo resiliente, y no limitarse únicamente a criterios teóricos o valores estándar. Según este enfoque, la variabilidad geotécnica del suelo puede modificar de manera significativa la respuesta estructural del pavimento, afectando su desempeño y vida útil. En el estudio realizado, se evidenció que los valores teóricos de mejoramiento inicialmente calculados no resultaron suficientes en todos los tramos, lo que confirma la necesidad de ajustar el diseño en función de las condiciones reales del terreno, tal como lo plantea la metodología AASHTO.

De manera complementaria, los resultados concuerdan con lo expuesto por Huang (2004), quien señala que el diseño de pavimentos debe integrar la evaluación detallada de la subrasante como un elemento determinante del comportamiento estructural del sistema vial. Este autor destaca que una subrasante con baja capacidad de soporte o alta variabilidad puede generar deformaciones excesivas y fallas prematuras si no se adoptan medidas correctivas adecuadas durante la etapa de diseño. En el presente estudio, la necesidad de incrementar los espesores de mejoramiento en función de los valores reales de CBR obtenidos en campo evidencia la influencia directa de la capacidad portante del suelo en el diseño del pavimento, validando los planteamientos de Huang respecto a la importancia de una caracterización geotécnica precisa.

Asimismo, el Manual de Carreteras del MTC (2014) reconoce que, en zonas con suelos problemáticos, como las regiones de selva alta, resulta indispensable complementar los métodos de diseño convencionales con evaluaciones in situ que permitan ajustar los espesores de mejoramiento y garantizar la estabilidad estructural del pavimento. Este documento técnico establece que la alta humedad, la presencia de suelos finos y la heterogeneidad del terreno requieren criterios de diseño flexibles y adaptados a la realidad local. En ese sentido, los resultados del presente estudio evidencian que un diseño de pavimentación eficiente y duradero debe considerar las condiciones reales del terreno y no limitarse a valores normativos generales, especialmente en contextos geotécnicos complejos como el de Moyobamba, donde la variabilidad del suelo condiciona directamente el desempeño de la infraestructura vial.

Conclusiones

Respecto al primer objetivo específico, se concluye que la subrasante presentó propiedades físicas y mecánicas inadecuadas para fines de pavimentación en su estado natural. Los resultados de laboratorio evidenciaron la presencia predominante de suelos finos, arcillosos y saturados, con altos contenidos de humedad natural y bajos valores de CBR iniciales, los cuales fueron de 3.35 % en el Tramo II y 3.45 % en el Tramo IV, según se muestra en los resultados resumidos en la Tabla 3. Asimismo, durante la evaluación in situ se identificaron estratos de suelos orgánicos y falso relleno, principalmente en el Tramo II, lo que explicó el comportamiento deficiente del terreno frente a las cargas vehiculares. Estos resultados confirmaron que la subrasante no cumplía con los requisitos mínimos establecidos por la normativa, justificando técnicamente la necesidad de aplicar un proceso de estabilización física previo al diseño del pavimento.

En cuanto al segundo objetivo específico, se concluye que el comportamiento estructural de la subrasante mejoró significativamente después de la aplicación de la estabilización física. Antes del tratamiento, durante los tramos de prueba, se observaron deformaciones visibles, acolchonamientos y deflexiones excesivas al paso de vehículos pesados, situación que fue corroborada mediante los ensayos de deflectometría con Viga Benkelman, cuyos valores superaron los límites admisibles. Luego de la remoción de los estratos inadecuados y de la ejecución del mejoramiento hasta profundidades óptimas, el suelo mostró una respuesta más estable y uniforme frente a las cargas repetitivas, reduciéndose las deformaciones y cumpliéndose los valores admisibles de deflexión. Este cambio de comportamiento se sustenta en los resultados de laboratorio presentados en la Tabla 3 y en los ensayos de campo realizados posterior a la estabilización.

En cuanto al segundo objetivo específico, se concluye que el comportamiento estructural de la subrasante mejoró significativamente después de la aplicación de la estabilización física. Antes del tratamiento, durante los tramos de prueba, se observaron deformaciones visibles, acolchonamientos y deflexiones excesivas al paso de vehículos pesados, situación que fue corroborada mediante los ensayos de deflectometría con Viga Benkelman, cuyos valores superaron los límites admisibles. Luego de la remoción de los estratos inadecuados y de la ejecución del mejoramiento hasta profundidades óptimas, el suelo mostró una respuesta más estable y uniforme frente a las cargas repetitivas, reduciéndose las deformaciones y cumpliéndose los valores admisibles de deflexión. Este cambio de comportamiento se sustenta en los resultados de laboratorio presentados en la Tabla 3 y en los ensayos de campo realizados posterior a la estabilización.

Respecto al tercer objetivo específico, se concluye que la capacidad de soporte real de la subrasante influyó de manera directa en el diseño del pavimento y en la definición de los espesores de mejoramiento. Si bien el cálculo inicial mediante la metodología AASHTO 93 estableció un espesor teórico de mejoramiento de 0.70 m, los resultados obtenidos en campo y laboratorio demostraron que dicho espesor no fue suficiente para garantizar la estabilidad estructural en todos los tramos evaluados. En el Tramo II fue necesario profundizar el mejoramiento hasta 3.30 m debido a la presencia de falso relleno y suelos saturados, mientras que en el Tramo IV se requirieron profundidades variables entre 0.95 m y 1.70 m para alcanzar valores de CBR de diseño superiores al 6 %, tal como se evidencia en las Tablas 4 y 5. Estos resultados confirman que el diseño del pavimento debe basarse en la capacidad portante real del suelo, considerando evaluaciones in situ y ensayos de laboratorio, especialmente en zonas de selva alta con alta variabilidad geotécnica.

Recomendaciones

Se recomienda que, en proyectos viales desarrollados en zonas de selva alta, la estabilización física de la subrasante no se limite únicamente a los espesores mínimos establecidos por normas, sino que se complemente con evaluaciones in situ que permitan identificar estratos realmente competentes.

Es fundamental realizar tramos de prueba antes de la ejecución definitiva del pavimento, a fin de verificar el comportamiento real del suelo estabilizado y ajustar oportunamente los espesores de mejoramiento según las condiciones encontradas en campo.

Se sugiere incorporar ensayos de control adicionales, como deflectometría y densidad de campo, durante la ejecución de la estabilización, para asegurar que la subrasante cumpla con los parámetros estructurales requeridos antes de colocar las capas superiores del pavimento.

Las entidades ejecutoras y supervisores de obras viales deben priorizar el control del drenaje y la humedad en la subrasante, ya que estos factores influyen directamente en la pérdida de capacidad portante y en la aparición de deformaciones prematuras.

Finalmente, se recomienda que futuras investigaciones profundicen en la aplicación de métodos complementarios de estabilización física y refuerzo, adaptados a las condiciones climáticas y geotécnicas de la región San Martín, con el objetivo de optimizar costos, mejorar la durabilidad del pavimento y fortalecer la infraestructura vial en la selva alta peruana.

Referencias Bibliográficas

- AASHTO. (1993). AASHTO Guide for Design of Pavement Structures (1993 edition). American Association of State Highway and Transportation Officials.
- Aguilar, J. (2022). Evaluación de técnicas de estabilización de suelos para la mejora de caminos en la ciudad de Moyobamba. Universidad Nacional de San Martín.
<https://repositorio.unsm.edu.pe/>
- Ali, A. (2022). MECHANICAL STABILIZATION OF WEAK SAND SUBGRADE USING RECYCLED CONCRETE AGGREGATE. *Tobeia Journal of Engineering Science and Technology*, 17(1).
https://jestec.taylors.edu.my/Vol%2017%20Issue%201%20February%20%202022/17_1_18.pdf
- American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO). (2000). AASHTO Guide for Design of Pavement Structures. AASHTO.
- Arias, F. (2019). El proyecto de investigación científica. Editorial Episteme.
<https://abacoenred.org/wp-content/uploads/2019/02/El-proyecto-de-investigaci%C3%B3n-F.G.-Arias-2012-pdf-1.pdf>
- Baena, G. (2017). Metodología de la investigación científica: enfoques y diseños aplicados. Editorial Académica Española.
http://www.biblioteca.cij.gob.mx/archivos/materiales_de_consulta/drogas_de_abuso/articulos/metodologia%20de%20la%20investigacion.pdf
- Banco Mundial. (2022). Infraestructura y desarrollo sostenible en países en desarrollo.
<https://www.worldbank.org/>
- Biswas, S., Hussain, M., & Singh, K. L. (2022). Performance Evaluation of Infill

- Materials of Geocell-Reinforced Granular Bed Overlying Soft Subgrade. *Indian Geotechnical Journal*, 53(3), 651–664. <https://doi.org/10.1007/s40098-022-00695-z>
- Bourke, B., et al. (2016). Research methods in applied sciences: A practical approach. Pearson Education.
- Boussinesq, J. (1885) *Applications des Potentiels a l'Etude de l'Equilibre et du Mouvement des Solides Elastiques*, Gauthier-Villars, Imprimeur-Libraire, Paris; Book digitized by Google from the library of the University of Michigan and uploaded to the Internet Archive by user tpb. Openlibrary edition
- OL20553862M. - References - Scientific Research Publishing. (2020). Scirp.org. <https://www.scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=2740679>
- CAF – Banco de Desarrollo de América Latina. (2023). Carreteras hacia el desarrollo: Infraestructura vial y productividad en América Latina. <https://scioteca.caf.com/handle/123456789/2104>
- CAF & Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú. (2025). Guía técnica de soluciones innovadoras para mejora de caminos de bajo volumen en el Perú. <https://scioteca.caf.com/handle/123456789/2307>
- Carpenter, S. H., et al. (1992). Soil and base stabilization and associated drainage considerations. FHWA. <https://www.fhwa.dot.gov/pavement/pubs/014732.pdf>
- Cerni, G., Cardone, F., Virgili, A., & Camilli, S. (2012). Characterisation of permanent deformation behaviour of unbound granular materials under repeated triaxial loading. *Construction and Building Materials*, 28(1), 79–87. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2011.07.066>
- CEPAL. (2021). Infraestructura resiliente y desarrollo territorial en América Latina y el Caribe. <https://www.cepal.org/>

- Champi, W. (2024). Análisis técnico-económico de la estabilización de subrasantes con virutas de acero y aluminio en pavimentos flexibles. UTP.
https://repositorio.utp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12867/10025/W.Champi_W.Miranda_Tesis_Titulo_Profesional_2024.pdf
- Chancuaña Minga, J., & Jave Huamán, L. (2024). Estabilización de la subrasante conformada por suelos finos y cenizas volcánicas en la carretera Desvío Quinistaquillas–Omate. USIL.
<https://repositorio.usil.edu.pe/entities/publication/ff6b3e18-854f-4b8a-aed3-2f2234d4a413>
- Das, B. M. (2015). Principles of geotechnical engineering (9.a ed.). Cengage Learning.
- Gallego Quintana, P., et al. (2023). Analysis of mechanical properties of stabilized subgrade-type soil under a sustainable approach. *Materials*, 16(19), 6395.
<https://www.mdpi.com/1996-1944/16/19/6395>
- Giroud, J., Han, J., Tutumluer, E., & Dobie, M. (2018). The use of geosynthetics in roads. *Geosynthetics International*, 30(1), 47–80.
<https://doi.org/10.1680/jgein.21.00046>
- Gao, B., Liu, X., Liu, J., Song, L., Shi, Y., & Yang, Y. (2023). Field characterization of dynamic response of geocell-reinforced aeolian sand subgrade under live traffic. *Applied Sciences*, 13(2), 864. <https://doi.org/10.3390/app13020864>
- Hetényi, M. (1950). A General Solution for the Bending of Beams on Elastic Foundation. University of Michigan Press.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2022). Metodología de la investigación (7^a ed.). McGraw-Hill.
- Huang, Y. H. (2004). Pavement analysis and design (2nd ed.). Pearson Prentice Hall.

- Jácome Macías, R. (2022). Estabilización de un suelo de subrasante de carretera con el sistema Consolid. Revista Ingeniar, 3(2), 22–32.
<https://journalingeniar.org/index.php/ingeniar/article/view/88>
- Rodríguez, M., & Mendivelso, F. (2018). Diseño de investigación de Corte Transversal. *Revista Médica Sanitas*, 21(3), 141–146. <https://doi.org/10.26852/01234250.20>
- Jones, D., et al. (2011). Guidelines for the stabilization of subgrade soils in California. UC Pavement Research Center. <https://www.ucprc.ucdavis.edu/pdf/ucprc-gl-2010-01.pdf>
- Lawton, E. C., et al. (2024). Field evaluation of geogrid-reinforced pavement systems. MPC–UGPTI. <https://www.ugpti.org/resources/reports/downloads/mpc24-539.pdf>
- Linares A., Peña, G., & Reátegui, J. (2021). Estabilización de suelos arcillosos ... con bolsas de polietileno fundido. Ciencia y Negocios UNTRM.
<https://revistas.untrm.edu.pe/index.php/CNI/article/view/612>
- López R. (2002). Caracterización de los suelos de las provincias de San Martín y Picota con fines de determinar su capacidad de uso mayor. Universidad Nacional de San Martín. <https://repositorio.unsm.edu.pe/item/1432d2ed-8dcf-4c10-922a-79b43ab7448d>
- Llontop K. & Maluquis C. (2024). Estabilización de subrasante con el sistema CONSOLID aplicado en el estudio definitivo de la carretera Centro Poblado SIME - Emp LA-111, Distrito de Pitipo, Provincia de Ferreñafe, Departamento de Lambayeque. <https://repositorio.unprg.edu.pe/handle/20.500.12893/13072>
- Luo, X. et al. (2023). Study on performance of geocell-reinforced red clay subgrade. *Geosynthetics International*, 31(6), 968–985.
<https://doi.org/10.1680/jgein.23.00068>

- Maldonado, C., & Jesus, A. (2022). Análisis comparativo entre métodos de estabilización... PUCP. <https://tesis.pucp.edu.pe/items/6cbe8f50-6a4a-4f619768bc295a5cbe31>
- Mamani Gonzalo, G., De La Cruz Vega, S. A., Vega Neyra, C. S., Yllescas Rodríguez, P. M., & Rea Olivares, W. M. (2023). Estabilización de la subrasante con ceniza de quinua y cal. <https://www.redalyc.org/journal/4782/478276305004/html/>
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones – MTC. (2014). Manual de carreteras: Suelos, geología, geotecnia y pavimentos (MC-05-14). <https://portal.mtc.gob.pe/transportes/carreteras/manuales/>
- Ñaupas, H., et al. (2018). Metodología de la investigación científica y elaboración de tesis (6ª ed.). San Marcos.
- Páramo, D. (2018). Validez y confiabilidad en la investigación aplicada. Editorial Aula Abierta.
- Roberts, F. L., Kandhal, P. S., Brown, E. R., Lee, D., & Kennedy, T. W. (1996). Hot mix asphalt materials, mixture design and construction. NAPA.
- Sampieri, R., Collado, C., & Lucio, P. (2022). Metodología de la investigación científica. McGraw-Hill.
- Schaefer, V. R., et al. (2017). Design guide for improved quality of roadway subgrades and subbases. Iowa State. <https://www.intrans.iastate.edu/wpcontent/uploads/sites/10/2019/01/DesignGuide-for-Improved-Quality-of-Roadway-Subgrades-and-Subbas.pdf>
- Shahkolahi, A. (2023). Full-scale field study on geogrid-stabilised pavement... <https://www.insitutek.com/wp-content/uploads/2025/01/Full-scale-field-studyon-performance-of-geogrid-reinforced-stabilised-pavement-on-soft-andexpansivesubgrade-Amir-Shahkolahi-ANZGeo2023.pdf>

- Terzaghi, K. (1948). Soil mechanics in engineering practice. John Wiley & Sons.
- Valdez Gonzales, J. (2024). Mejoramiento del CBR en subrasante arcillosa mediante el uso de antracita. UPN. <https://repositorio.upn.edu.pe/handle/11537/37069>
- Vargas, I. K. (2024). Estabilización de subrasante para pavimento aplicado en el sector Barraza, Laredo, Trujillo. <https://repositorio.uss.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12802/13701/Vargas%20Trujillo%20Imer%20Kemuel.pdf>
- Wang, K., et al. (2024). Performance study of stabilized recycled aggregate base for roads. *Materials*, 17(20), 5038. <https://www.mdpi.com/1996-1944/17/20/5038>
- Yoder, E. J., & Witczak, M. W. (1975). Principles of pavement design (2nd ed.). John Wiley & Sons.
- Zapata, F. A., & Vásquez, H. R. (2024). Estabilización de la subrasante arenosa con ceniza de cebada y yeso. <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/vial/article/view/56066>
- Zhang, W.-M., & Ba, H.-J. (2011). Accelerated Life Test of Concrete in Chloride Environment. *Journal of Materials in Civil Engineering*, 23(3), 330–334. [https://doi.org/10.1061/\(asce\)mt.1943-5533.0000182](https://doi.org/10.1061/(asce)mt.1943-5533.0000182)

Anexos

Anexo 01: Matriz de operacionalidad

Problema	Variables	Objetivos	Hipótesis	Metodologías
¿De qué manera la estabilización física de la subrasante mejora las condiciones de pavimentación en carreteras de selva alta de Moyobamba, Región San Martín – 2025?	Estabilización física de la subrasante Condiciones de pavimentación	Objetivo general. Evaluar la estabilización física de la subrasante en carreteras de selva alta para mejorar las condiciones de pavimentación en Moyobamba, Región San Martín – 2025.	H1: La estabilización física de la subrasante en carreteras de selva alta mejora significativamente su capacidad de soporte, permitiendo un diseño de pavimentación más eficiente y duradero en Moyobamba, Región San Martín – 2025. H0: La estabilización física de la subrasante en carreteras de selva alta no mejora significativamente su capacidad de soporte, no permitiendo un diseño de pavimentación más eficiente y duradero en Moyobamba, Región San Martín – 2025.	1.-Tipo y diseño de investigación Tiene el enfoque cuantitativo con un diseño de investigación experimental, descriptiva y aplicada. 2.- Población - Muestra Tramo de subrasante seleccionada en Moyobamba y como muestra, un tramo representativo seleccionado para la aplicación del proceso de estabilización física 3.-. Técnicas e instrumentos de investigación Observación directa: Ficha de campo / registro fotográfico Ensayo de laboratorio: Fichas técnicas de ensayo (granulometría, límites de Atterberg, Proctor modificado, CBR) Análisis comparativo Hojas de resultados antes y después de la estabilización
		Objetivos específicos. 1. Caracterizar las propiedades físicas y mecánicas de la subrasante en el tramo de carretera seleccionado. 2. Analizar el comportamiento de la subrasante antes y después de aplicar la estabilización física. 3. Determinar la capacidad de soporte y su influencia en el diseño de pavimento.		

Anexo 2. Vista del ensayo Humedad Natural



Anexo 3. Análisis Granulométrico por Tamizado



Anexo 3. Limite Liquido (ASTM D-423) y Limite Plástico (ASTM D-424)



Anexo 4. Ensayo Proctor Modificado (ASTM D-1557)



Anexo 5. Ensayos sobre CBR sobre muestras saturadas



Anexo 6. Muestra a profundidad calculada



Anexo 7. Verificando la excavación hasta la profundidad propuesta



Anexo 8. Ensayos de densidad de campo





Anexo 9. Ensayo de deflectometría



100

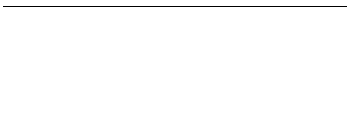


Anexo 10. Mejoramiento a 0.70m por debajo del nivel de subrasante





Anexo 11. Gráfico de resultados de Deflectometría



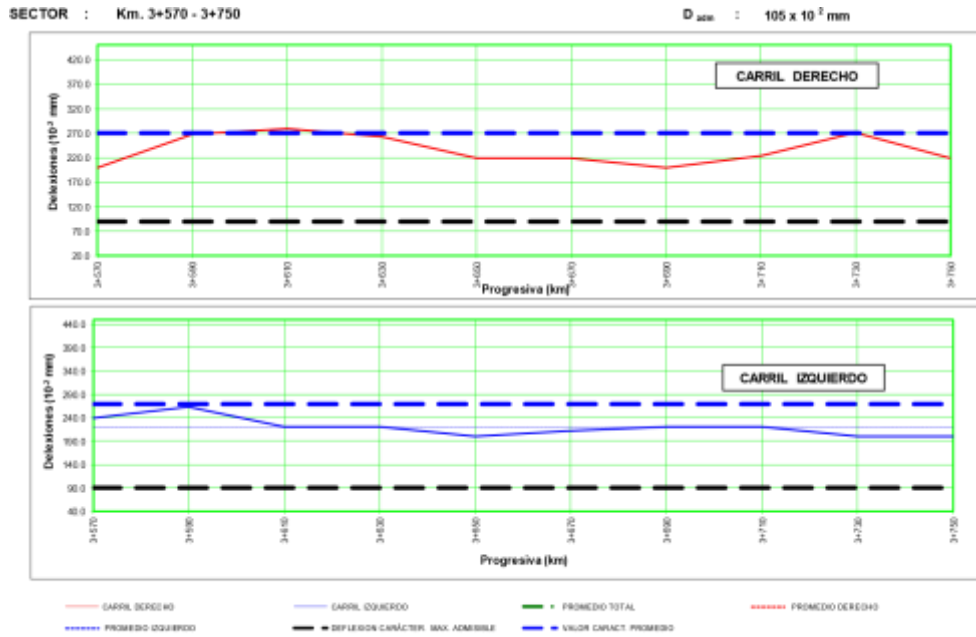
CAPA : SUB RASANTE

12.

Lado Derecho	Lado Izquierdo
$D_{0.1} = 236.80$	$D_{0.1} = 219.60$
$D_{10} = 287.5$	$D_{10} = 252.5$
Deflex. Caracterist = 287.5	Deflex. Caracterist = 252.5

Anexo

Validez de



Calculos

instrumentos por juicio de expertos

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y ADMINISTRATIVAS
VALIDEZ DE INSTRUMENTOS POR JUICIO DE EXPERTOS

I.- Información General:

Nombres y apellidos del validador: Dr. Ángeles morales Julio César

Fecha: 02/12/25

Especialidad: Ingeniero Industrial

Nombre del instrumento evaluado: **Núñez Santos Wilson**

Teniendo como base los criterios que a continuación se presenta, requerimos su opinión sobre el instrumento de la investigación titulada: **Estabilización física de subrasante en carreteras de selva alta con fines de pavimentación en Moyobamba, Región San Martín – 2025**

El cual debe calificar con una valoración correspondiente a su opinión respecto a cada criterio formulado.

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

Indicadores de evaluación del instrumento	Criterios cualitativos - cuantitativos	Deficiente (1-9)	Regular (10-13)	Bueno (14-16)	Muy Bueno (17-18)	Excelente (19-20)
Claridad	¿Está formulado con lenguaje apropiado?			16		
Objetividad	¿Está expresado con conductas observadas?				17	
Actualidad	¿Adecuado al avance de la ciencia y calidad?			16		
Organización	¿Existe una organización lógica del instrumento?				18	
Suficiencia	¿Valora los aspectos en cantidad y calidad?				18	
Intencionalidad	¿Adecuado para cumplir con los objetivos?			16		
Consistencia	¿Basado en el aspecto teórico científico del tema de estudios?					19
Coherencia	¿Entre las hipótesis, dimensiones e indicadores?					19
Propósito	¿Las estrategias responden al propósito del estudio?					19
Conveniencia	¿Genera nuevas pautas para la investigación y construcción de teorías?				18	
Sumatoria parcial				48	71	57
Sumatoria Total		176 (Siendo el puntaje máximo posible 200)				
Valoración cuantitativa (Sumatoria Total x0.005)		0.88 (Siendo la valoración máxima en 1)				

Aporte y/o sugerencias para mejorar el instrumento

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

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

Coefficiente de Validez

176

=

0.88

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



Firma del Experto
Dr. Julio César Angeles Morales
DNI. 32796107

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y ADMINISTRATIVAS
VALIDEZ DE INSTRUMENTOS POR JUICIO DE EXPERTOS

I.- Información General:

Nombres y apellidos del validador: Dr. Augusto Rengifo Mendoza

Fecha: 02/12/25

Especialidad: Gestión de la Educación

Nombre del instrumento evaluado: **Núñez Santos Wilson**

Teniendo como base los criterios que a continuación se presenta, requerimos su opinión sobre el instrumento de la investigación titulada: **Estabilización física de subrasante en carreteras de selva alta con fines de pavimentación en Moyobamba, Región San Martín – 2025**

El cual debe calificar con una valoración correspondiente a su opinión respecto a cada criterio formulado.

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

Indicadores de evaluación del instrumento	Criterios cualitativos - cuantitativos	Deficiente (1-9)	Regular (10-13)	Bueno (14-16)	Muy Bueno (17-18)	Excelente (19-20)
Claridad	¿Está formulado con lenguaje apropiado?			16		
Objetividad	¿Está expresado con conductas observadas?				17	
Actualidad	¿Adecuado al avance de la ciencia y calidad?			16		
Organización	¿Existe una organización lógica del instrumento?				18	
Suficiencia	¿Valora los aspectos en cantidad y calidad?				18	
Intencionalidad	¿Adecuado para cumplir con los objetivos?			16		
Consistencia	¿Basado en el aspecto teórico científico del tema de estudios?					19
Coherencia	¿Entre las hipótesis, dimensiones e indicadores?					19
Propósito	¿Las estrategias responden al propósito del estudio?					19
Conveniencia	¿Genera nuevas pautas para la investigación y construcción de teorías?				18	
Sumatoria parcial				48	71	57
Sumatoria Total		176 (Siendo el puntaje máximo posible 200)				
Valoración cuantitativa (Sumatoria Total x0.005)		0.88 (Siendo la valoración máxima en 1)				

Aporte y/o sugerencias para mejorar el instrumento



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

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

Coeficiente de Validez

$$\boxed{176} = \boxed{0.88}$$

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

Dr. Augusto Rengifo Mendoza

DNI. 32869148

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y ADMINISTRATIVAS
VALIDEZ DE INSTRUMENTOS POR JUICIO DE EXPERTOS

I.- Información General:

Nombres y apellidos del validador: Dr. Augusto Rengifo Mendoza

Fecha: 02/12/25

Especialidad: Gestión de la Educación

Nombre del instrumento evaluado: **Núñez Santos Wilson**

Teniendo como base los criterios que a continuación se presenta, requerimos su opinión sobre el instrumento de la investigación titulada: **Estabilización física de subrasante en carreteras de selva alta con fines de pavimentación en Moyobamba, Región San Martín – 2025**

El cual debe calificar con una valoración correspondiente a su opinión respecto a cada criterio formulado.

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

Indicadores de evaluación del instrumento	Criterios cualitativos - cuantitativos	Deficiente (1-9)	Regular (10-13)	Bueno (14-16)	Muy Bueno (17-18)	Excelente (19-20)
Claridad	¿Está formulado con lenguaje apropiado?			16		
Objetividad	¿Está expresado con conductas observadas?				17	
Actualidad	¿Adecuado al avance de la ciencia y calidad?			16		
Organización	¿Existe una organización lógica del instrumento?				18	
Suficiencia	¿Valora los aspectos en cantidad y calidad?				18	
Intencionalidad	¿Adecuado para cumplir con los objetivos?			16		
Consistencia	¿Basado en el aspecto teórico científico del tema de estudios?					19
Coherencia	¿Entre las hipótesis, dimensiones e indicadores?					19
Propósito	¿Las estrategias responden al propósito del estudio?					19
Conveniencia	¿Genera nuevas pautas para la investigación y construcción de teorías?				18	
Sumatoria parcial				48	71	57
Sumatoria Total		176 (Siendo el puntaje máximo posible 200)				
Valoración cuantitativa (Sumatoria Total x0.005)		0.88 (Siendo la valoración máxima en 1)				

Aporte y/o sugerencias para mejorar el instrumento

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

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

Coeficiente de Validez

$$\boxed{176} \div \boxed{200} = \boxed{0.88}$$

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



Dr. Augusto Rengifo Mendoza

DNI. 32869148

UNIVERSIDAD SAN PEDRO
FACULTAD DE CIENCIAS ECONÓMICAS Y ADMINISTRATIVAS
VALIDEZ DE INSTRUMENTOS POR JUICIO DE EXPERTOS

I.- Información General:

Nombres y apellidos del validador: Dr. Walter Medrano Acuña

Fecha: 02/12/25

Especialidad: Finanzas contables

Nombre del instrumento evaluado: **Núñez Santos Wilson**

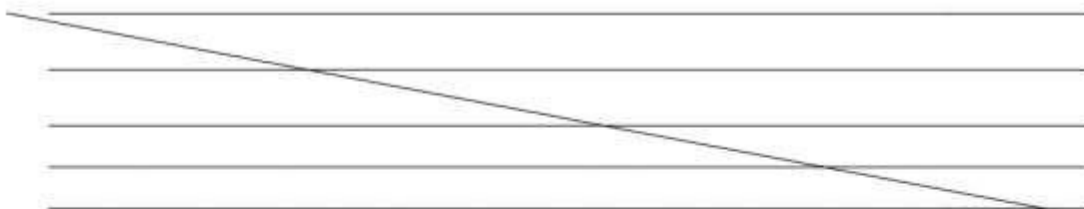
Teniendo como base los criterios que a continuación se presenta, requerimos su opinión sobre el instrumento de la investigación titulada: **Estabilización física de subrasante en carreteras de selva alta con fines de pavimentación en Moyobamba, Región San Martín – 2025**

El cual debe calificar con una valoración correspondiente a su opinión respecto a cada criterio formulado.

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

Indicadores de evaluación del instrumento	Criterios cualitativos - cuantitativos	Deficiente (1-9)	Regular (10-13)	Bueno (14-16)	Muy Bueno (17-18)	Excelente (19-20)
Claridad	¿Está formulado con lenguaje apropiado?			16		
Objetividad	¿Está expresado con conductas observadas?				17	
Actualidad	¿Adecuado al avance de la ciencia y calidad?			16		
Organización	¿Existe una organización lógica del instrumento?				18	
Suficiencia	¿Valora los aspectos en cantidad y calidad?				18	
Intencionalidad	¿Adecuado para cumplir con los objetivos?			16		
Consistencia	¿Basado en el aspecto teórico científico del tema de estudios?					19
Coherencia	¿Entre las hipótesis, dimensiones e indicadores?					19
Propósito	¿Las estrategias responden al propósito del estudio?					19
Conveniencia	¿Genera nuevas pautas para la investigación y construcción de teorías?				18	
Sumatoria parcial				48	71	57
Sumatoria Total		176 (Siendo el puntaje máximo posible 200)				
Valoración cuantitativa (Sumatoria Total x0.005)		0.88 (Siendo la valoración máxima en 1)				

Aporte y/o sugerencias para mejorar el instrumento



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

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

Coeficiente de Validez

$$\boxed{176} \div \boxed{200} = \boxed{0.88}$$

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

Walter Medrano Acuña
Mg. en contabilidad
DNI. 10588687



USP
UNIVERSIDAD SAN PEDRO

REPOSITORIO INSTITUCIONAL DIGITAL

FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN PARA LA PUBLICACIÓN DE DOCUMENTOS DE INVESTIGACIÓN

1. Información del Autor			
WILSON NUÑEZ SANTOS		32984394	wilsonnunezsantos@gmail.com
Apellidos y Nombres		DNI	Correo Electrónico
2. Tipo de Documento de Investigación			
☒ Tesis	☐ Trabajo de Suficiencia Profesional	☐ Trabajo Académico	☐ Trabajo de Investigación
3. Grado Académico o Título Profesional *			
☐ Bachiller	☐ Título Profesional	☐ Título Segunda Especialidad	☒ Maestría
☐ Doctorado			
4. Título del Documento de Investigación			
Estabilización física de subrasante en carreteras de selva alta con fines de pavimentación en Moyobamba, Región San Martín – 2025			
5. Programa Académico			
Maestría en Ingeniería Civil con mención en gerencia de la construcción			
6. Tipo de Acceso al Documento			
☒ Abierto o Público * (info: repositorio/semantics/openAccess)		☐ Acceso restringido * (info: repositorio/semantics/restrictedAccess) (*)	
(*) En caso de restringido sustentar motivo:			

A. Originalidad del Archivo Digital

Por el presente dejo constancia que el archivo digital que entrego a la Universidad, es la versión final del trabajo de investigación sustentado y aprobado por el Jurado Evaluador y forma parte del proceso que conduce a obtener el grado académico o título profesional.

B. Otorgamiento de una licencia CREATIVE COMMONS *

El autor, por medio de este documento, autoriza a la Universidad, publicar su trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Institucional Digital, al cual se podrá acceder, preservar y difundir de forma libre y gratuita, de manera íntegra a todo el documento. *



Lugar	Día	Mes	Año
Chimbote	24	02	2026

1. Según Resolución de Consejo Directivo N° 033-2016-SUNEDU-CD, Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar Grados Académicos y Títulos Profesionales, Art. 8 inciso 8.2.
 2. Ley N° 20021, Ley que regula el Repositorio Nacional Digital de Ciencia, Tecnología e Innovación de Acceso Abierto y D.S. 006-2015-PCM.
 3. Si el autor eligió el tipo de acceso abierto o público, otorga a la Universidad San Pedro una licencia no exclusiva, para que se pueda hacer arreglos de forma en la obra y difundir en el Repositorio Institucional Digital, respetando siempre los Derechos de Autor y Propiedad Intelectual de acuerdo y en el Marco de la Ley 822.
 4. En caso de que el autor elija la segunda opción, únicamente se publicará los datos del autor y resumen de la obra, de acuerdo a la directiva N° 004-2016-CONYTEC-ORGE, Numerales 3.2 y 4.7 que norma el funcionamiento del Repositorio Nacional Digital.
 5. Las licencias Creative Commons (CC) es una organización internacional sin fines de lucro que pone a disposición de los autores un conjunto de licencias flexibles y de herramientas tecnológicas que facilitan la difusión de información, recursos educativos, obras artísticas y científicas, entre otras. Estas licencias también garantizan que el autor obtenga el crédito por su obra.
 6. Según el inciso 12.2, del artículo 12º del Reglamento del Registro Nacional de Trabajos de Investigación para optar grados académicos y títulos profesionales (R2NATI) "Las universidades, instituciones y escuelas de educación superior tienen como obligación registrar todos los trabajos de investigación y proyectos, incluyendo los resultados en sus repositorios institucionales precisando si son de acceso abierto o restringido, los cuales serán posteriormente, recolectados por el Repositorio Digital (R2NATI), a través del Repositorio ALCIA".

Nota: - En caso de falsedad en los datos, se procederá de acuerdo a ley 27444, art. 32, inciso 32.3).

Estabilización física de subrasante en carreteras de selva alta con fines de pavimentación en Moyobamba, Región San Martín - 2025

INFORME DE ORIGINALIDAD

10%	10%	%	2%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1	hdl.handle.net Fuente de Internet	1%
2	repositorio.unheval.edu.pe Fuente de Internet	1%
3	repositorio.ucv.edu.pe Fuente de Internet	1%
4	repositorio.upla.edu.pe Fuente de Internet	1%
5	repositorio.upn.edu.pe Fuente de Internet	<1%
6	Submitted to Universidad Tecnologica de los Andes Trabajo del estudiante	<1%
7	repositorio.uns.edu.pe Fuente de Internet	<1%
8	Submitted to Universidad Privada Antenor Orrego 2025 Trabajo del estudiante	<1%
9	repositorioacademico.upc.edu.pe Fuente de Internet	<1%
10	repositorio.usanpedro.edu.pe Fuente de Internet	<1%
11	www.coursehero.com Fuente de Internet	

		<1 %
12	repositorio.unc.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
13	www.slideshare.net Fuente de Internet	<1 %
14	repositorio.unj.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
15	repositorio.urp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
16	Submitted to Universidad Cesar Vallejo Trabajo del estudiante	<1 %
17	repositorio.unsm.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
18	worldwidescience.org Fuente de Internet	<1 %
19	Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez Trabajo del estudiante	<1 %
20	repositorio.unprg.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
21	cienciasagricolas.inifap.gob.mx Fuente de Internet	<1 %
22	repositorio.upsc.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
23	es.slideshare.net Fuente de Internet	<1 %
24	www.investigo.biblioteca.uvigo.es Fuente de Internet	<1 %
25	www.researchgate.net Fuente de Internet	<1 %

26	patents.google.com Fuente de Internet	<1 %
27	repositorio.ujcm.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
28	www.ucv.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
29	Submitted to Universidad Andina del Cusco Trabajo del estudiante	<1 %
30	Submitted to Universidad Privada San Pedro Trabajo del estudiante	<1 %
31	repositorio.unjbg.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
32	www.montereypark.ca.gov Fuente de Internet	<1 %
33	Submitted to Universidad Nacional de Ingenieria Trabajo del estudiante	<1 %
34	journals.lww.com Fuente de Internet	<1 %
35	repositorio.unfv.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
36	www.elsiglodetorreon.com.mx Fuente de Internet	<1 %
37	amazoniainvestiga.info Fuente de Internet	<1 %
38	doku.pub Fuente de Internet	<1 %
39	repositorio.unap.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
40	americanae.aecid.es Fuente de Internet	<1 %

41	cadetur.wixsite.com Fuente de Internet	<1 %
42	doaj.org Fuente de Internet	<1 %
43	engalim.uib.eu Fuente de Internet	<1 %
44	mpt.gob.es Fuente de Internet	<1 %
45	nativityburke.org Fuente de Internet	<1 %
46	pesquisa.bvsalud.org Fuente de Internet	<1 %
47	repositorio.uti.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
48	revistas.udh.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
49	ri-ng.uaq.mx Fuente de Internet	<1 %
50	tesis.ipn.mx Fuente de Internet	<1 %
51	www.andaluciainvestiga.com Fuente de Internet	<1 %
52	www.atmosenergy.com Fuente de Internet	<1 %
53	alicia.concytec.gob.pe Fuente de Internet	<1 %
54	app.iucn.org Fuente de Internet	<1 %
55	core.ac.uk Fuente de Internet	<1 %

56	dergipark.org.tr Fuente de Internet	<1 %
57	docplayer.es Fuente de Internet	<1 %
58	dominiodelasciencias.com Fuente de Internet	<1 %
59	dspace.ucuenca.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
60	dspace.unach.edu.ec Fuente de Internet	<1 %
61	fdocuments.ec Fuente de Internet	<1 %
62	idus.us.es Fuente de Internet	<1 %
63	issuu.com Fuente de Internet	<1 %
64	mail.imcyc.com Fuente de Internet	<1 %
65	prezi.com Fuente de Internet	<1 %
66	repositorio.unach.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
67	repositorio.unp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
68	repositorio.usmp.edu.pe Fuente de Internet	<1 %
69	repositoriotec.tec.ac.cr Fuente de Internet	<1 %
70	rodin.uca.es Fuente de Internet	<1 %

71	upc.aws.openrepository.com Fuente de Internet	<1 %
72	www.anter.es Fuente de Internet	<1 %
73	www.investigaciones.uabjb.edu.bo Fuente de Internet	<1 %
74	www.politicaspUBLICASysalud.org Fuente de Internet	<1 %
75	www.technologyforyou.org Fuente de Internet	<1 %

☐ Excluir citas
 ☐ Apagado
 ☐ Excluir coincidencias
 ☐ < 6 words
☐ Excluir bibliografía
☐ Activo