

UNIVERSIDAD NACIONAL DE UCAYALI

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA DE SISTEMAS E
INGENIERÍA CIVIL**

CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



PROYECTO DE TESIS

**“ESTABILIZACIÓN DE SUELOS COHESIVOS CON CENIZAS DE
CARBÓN EN SUBRASANTE DE VIAS VECINALES UBICADAS
EN EL DISTRITO DE YARINACocha, PROVINCIA DE
CORONEL PORTILLO, UCAYALI”**

PUCALLPA – PERÚ

2022

INDICE

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	7
2.1 DESCRIPCIÓN Y FUNDAMENTACIÓN DEL PROBLEMA.....	7
2.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	9
2.2.1 PROBLEMA GENERAL.....	9
2.2.2 PROBLEMAS ESPECÍFICOS.....	9
2.3 OBJETIVOS	9
2.3.1 OBJETIVO GENERAL.....	9
2.3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	9
2.4 JUSTIFICACION E IMPORTANCIA.....	10
2.4.1 Justificación práctica.....	10
2.4.2 Justificación Metodológica	10
2.4.3 Importancia o propósito	11
2.4.4 Justificación Económica.....	11
2.4.5 Justificación Social	11
2.4.6 Justificación Cultural	12
2.5 LIMITACIONES Y ALCANCES	12
2.6 HIPOTESIS	13
2.6.1 HIPÓTESIS GENERAL.....	13
2.6.2 HIPÓTESIS ESPECÍFICAS	13
2.7 SISTEMA DE VARIABLES-DIMENSIONES E INDICADORES.....	14
2.7.1 VARIABLE INDEPENDIENTE	14
2.7.2 VARIABLE DEPENDIENTE.....	14
2.8 SISTEMA DE VARIABLES-DIMENSIONES E INDICADORES.....	15
MARCO TEORICO	16
3.1 ANTECEDENTES O REVISION DE ESTUDIOS REALIZADOS.....	16
3.1.1 Antecedentes a Nivel Internacional.....	16
3.1.2 Antecedentes a Nivel Nacional	22
3.1.3 Antecedentes a Nivel Local	31
3.2 BASES TEORICAS	35
3.2.1 Cenizas de carbón.....	35

3.2.2	Suelos Cohesivos	35
3.2.3	Suelos de fundación y/o subrasante	36
3.2.4	Ensayos de suelos.....	36
3.2.5	Estabilización de Suelos	37
3.2.6	Tipos de Estabilización	38
3.3	Bases Conceptuales.....	39
METODOLOGIA O MARCO METODOLOGICO		46
4.1	TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACION	46
4.1.1	TIPO DE INVESTIGACION	46
4.1.2	NIVEL DE INVESTIGACION.....	46
4.2	DISEÑO DE LA INVESTIGACION	47
4.3	DETERMINACION DEL UNIVERSO/ POBLACION	49
4.4	MUESTRA	50
4.5	TECNICAS DE RECOLECCION Y TRATAMIENTO DE DATOS	50
4.5.1	Fuentes, técnicas e instrumentos	50
	Técnicas.....	50
	Instrumentos	51
4.5.2	Procesamiento y presentación de datos	51
ASPECTOS ADMINISTRATIVOS Y PRESUPUESTALES.....		53
5.1	POTENCIAL HUMANO.....	53
5.2	RECURSOS MATERIALES.....	53
5.3	RECURSOS FINANCIEROS	53
5.4	CRONOGRAMA DE GANTT	53
5.5	PRESUPUESTO.....	54
REFERENCIAS		56
6.1	TESIS	56
6.2	LIBROS	58
6.3	ELECTRÓNICOS	59
ANEXOS.....		60
ANEXO 01. Matriz de consistencia		60

CAPITULO II

PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

2.1 DESCRIPCIÓN Y FUNDAMENTACIÓN DEL PROBLEMA

Los pavimentos son esenciales, ya que son el eje que permite el intercambio económico, cultural y social de un lugar a otro; por lo que el suelo que sostiene las cargas transmitidas por la superficie de rodadura de una vía debe resistirlas, cuando esto no sucede, existen alternativas de solución como: cambiar el suelo por un material de préstamo, o estabilización del suelo para modificar las propiedades mecánicas sin tener que eliminar el suelo existente; por lo que en el mundo se realizan investigaciones para mejorar las capacidades del suelo.

Existen numerosas técnicas para mejorar las características ingenieriles de la arcilla o suelo cohesivo, como el cemento, la cal, entre otros; sin embargo, el principal inconveniente es el alto costo de la mezcla con estos productos, por lo que a nivel mundial, se han realizado investigaciones de otros materiales con características puzolánicas, como la ceniza de casca de arroz, ceniza de bagazo de caña, ceniza vegetal; materiales disponibles como productos de desecho y muy cómodos al alcance de todos.

En Sri Lanka (isla ubicada al sur de la India, en el océano Índico) se ha estudiado la posibilidad de uso de la ceniza de cáscara de arroz en la mejora de las características de la ingeniería de la arcilla turbosa, pues es un material puzolánico con contenido de sílice del 82% - 87%, lo que lo convierte en un excelente material para la estabilización (Madhusanka & Kulathilaka, 2015)

En Ecuador, (Cañar Tiviano, 2017), realizó el estudio de “análisis comparativo de la resistencia al corte y estabilización de suelos arenosos, finos y arcillosos combinadas con ceniza de carbón”, donde resultó muy favorable que la ceniza de carbón en suelos arcillosos aumenta el grado de compactación y su resistencia al corte. Por su parte, en Colombia, (Ariza Gómez y otros, 2016), desarrollaron la investigación titulada “evaluación de la capacidad de soporte (CBR) de un suelo expansivo con adición de ceniza volante”, en la cual emplearon cenizas volantes con la que se obtuvo incremento en los valores del límite líquido, límite plástico y del CBR.

En el Perú, también se han desarrollado estudios, donde se busca mejorar las propiedades de los suelos similares, como Amazonas, Áncash, Lima, Trujillo, entre otros; donde se busca sustituir el al cemento y la cal en la estabilización de suelos con productos más

económicos y que se encuentren como desperdicio, como la ceniza de cáscara de arroz, ceniza de bagazo de caña o las cenizas de carbón o las procedente de los hornos de las empresas palmiticultores, con el fin de estabilizar y mejorar las propiedades de los suelos, como por ejemplo en la costa (Chilcon Chilcon & Leon Polo, 2020), donde se obtuvo incrementos del contenido óptimo de humedad y un incremento del CBR; en la sierra (Apolinarez Tovar, 2018), donde se concluye que la ceniza vegetal por sus elementos químicos favorece la estabilización.

En la selva se viene estudiando la estabilización a base de cenizas, así tenemos en Amazonas (Goñas Labajos, 2019), que estudió la estabilización de suelos con cenizas de carbón para subrasante, donde concluye que se mejoraron las propiedades mecánicas de los suelos tipo CH y OH incrementado el CBR.

En el departamento de Ucayali, los suelos cohesivos, los cuales son empleados en obras de ingeniería como es el caso de vías urbanas, vías vecinales o rurales en donde se utiliza a los suelos como cimentación o capas del pavimento. La presencia de estos suelos como subrasante en vías vecinales genera inestabilidad, cuando éstas no cumplen con las características ingenieriles en sus propiedades físicas y mecánicas, lo que conlleva a tener vías a nivel de terreno natural o subrasante en mal estado, pues se generan hundimientos, baches o fallas en zonas específicas o en la totalidad de la vía, lo que perjudica el tránsito de los pobladores de las zonas más alejadas como los caseríos, comunidades, generando problemas para poder trasladar los productos del campo a la ciudad.

Razón por el cual, se ha planteado analizar esta problemática presenciada en las vías vecinales ubicadas en la Provincia de Coronel Portillo – Distrito de Yarinacocha, posibilitando el mejoramiento de las características ingenieriles de los suelos en vías vecinales, empleando productos que se encuentran como desechos, como el caso de las cenizas de carbón generadas en plantas de fabricación de ladrillos industriales y que han brindado buenos resultados en distintas latitudes del país, la que se desea replicar en nuestras propias vías vecinales empleando porcentajes del 3%, 5% y 7% (porcentajes en peso), cuyos resultados favorables en mejorar las características ingenieriles fueron demostrados en varias zonas del país como: Cusco, Pimentel, Amazonas, Huancayo, entre otros.

Es por ello que se presenta el proyecto titulado: *“Estabilización de suelos cohesivos con cenizas de carbón en subrasante de vías vecinales, ubicadas en el Distrito de Yarinacocha, Provincia de Coronel Portillo, Ucayali”*.

2.2 FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

2.2.1 PROBLEMA GENERAL

¿Cómo influye la ceniza de carbón en la estabilización de suelos cohesivos en subrasante de vías vecinales en el Distrito de Yarinacocha, Provincia de Coronel Portillo, Ucayali?

2.2.2 PROBLEMAS ESPECÍFICOS

- ¿De qué manera influye la ceniza de carbón sobre las propiedades físicas de los suelos cohesivos en la estabilización de subrasante de vías vecinales en el Distrito de Yarinacocha, Provincia de Coronel Portillo, Ucayali?
- ¿De qué manera influye la ceniza de carbón sobre las propiedades mecánicas de los suelos cohesivos en estabilización de la subrasante de vías vecinales en el Distrito de Yarinacocha, Provincia de Coronel Portillo, Ucayali?

2.3 OBJETIVOS

2.3.1 OBJETIVO GENERAL

- Determinar la influencia de la ceniza de carbón en la estabilización de suelos cohesivos en la subrasante de vías vecinales en el Distrito de Yarinacocha, Provincia de Coronel Portillo, Ucayali.

2.3.2 OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Determinar la influencia de la ceniza de carbón en las propiedades físicas de los suelos cohesivos en la estabilización de los suelos de la subrasante de vías vecinales en el Distrito de Yarinacocha, Provincia de Coronel Portillo, Ucayali.
- Determinar la influencia de la ceniza de carbón sobre las propiedades mecánicas de los suelos cohesivos en la estabilización de los suelos de la subrasante de vías vecinales en el Distrito de Yarinacocha, Provincia de Coronel Portillo, Ucayali.

2.4 JUSTIFICACION E IMPORTANCIA

2.4.1 Justificación práctica

La presente investigación busca proporcionar una alternativa de solución en la mejora de las propiedades físicas y mecánicas de suelos cohesivos; dicha alternativa pretende emplear la ceniza de carbón generada en plantas de fabricación de ladrillos industriales, pues en el país no se hace un desarrollo en innovación de materiales para estabilización de suelos desde hace muchos años y solo se emplea los materiales tradicionales, como cal, cemento, entre otros.

Por lo que esta investigación, se basa en la implementación de residuos generados en plantas de fabricación de ladrillos industriales para estabilización de suelos cohesivos o arcillosos, con lo que se estaría brindando un gran aporte técnico a la ingeniería en los aspectos económicos y ambientales.

Además, las investigaciones realizadas en el país no contemplan el uso de productos derivados de procesos industriales o como el caso de ceniza de carbón vegetal como material estabilizador en suelos arcillosos. Con esta investigación se quiere demostrar el gran aporte de la ceniza de carbón proveniente de ladrilleras puede solucionar los problemas de condiciones pobres del suelo en términos ingenieriles, mejorando sus condiciones al convertirlos estables y aumentando su capacidad de soporte.

2.4.2 Justificación Metodológica

Se propone recurrir a la utilización de las cenizas de carbón como un material estabilizante por el alto grado de contenido de sílice, ya que está siendo materia de estudio por su propiedad cementosa, el cual es similar a las propiedades del cemento.

Su empleo será en suelos cohesivos en vías vecinales a nivel de subrasante.

Además, en la investigación se planteará un procedimiento para la utilización de la ceniza de carbón (vegetal) en la estabilización de suelos

cohesivos; en tal sentido se considerará la recolección y el tratamiento de uso de la ceniza de carbón, como también se realizarán los ensayos de laboratorio a realizarse en la muestra patrón y con la adición de los porcentajes de ceniza y a partir de la obtención de los resultados de laboratorio se determinará los porcentajes de ceniza con los cuales se llegará a mejorar el CBR del suelo a nivel de subrasante.

2.4.3 Importancia o propósito

La importancia que tiene esta investigación se centra en las propiedades físicas y mecánicas del suelo cohesivo que puede adquirir la adición de ceniza de carbón en porcentajes definidos para cumplir con lo estipulado por las normas técnicas del Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC) para ser considerado como subrasante adecuada.

Además, radica en el hecho que se puede ofrecer una nueva forma de estabilización de suelos con un producto nuevo como la ceniza de carbón, que mejore las propiedades de los suelos y que se de uso a la ceniza de carbón en el mercado de la construcción.

2.4.4 Justificación Económica

Se justifica porque el obtener un buen resultado con la solución que se plantea para mejorar las propiedades ingenieriles de los suelos en vías vecinales, mejorará el tránsito lo cual beneficiará a los pobladores de esas zonas, ya que podrán sacar a los mercados sin dificultades sus productos para comercializarlos y sobre todo el costo de los pasajes de transporte y movilidad serán menores al existir una vía en buenas condiciones, sin presencia de deterioros y fallas.

2.4.5 Justificación Social

La investigación beneficiará en gran medida a mejorar el entorno social, pues los resultados aplacarán una de las quejas de la sociedad, el cual es poseer vías en buen estado, transitable y que permita la circulación de estos sin problemas y poder llegar a su destino con seguridad y fluidez, como pueden ser,

sus terrenos agrícolas, sus viviendas, a las comunidades nativas o caseríos de la zona.

2.4.6 Justificación Cultural

Esta propuesta de estabilización, lejos de disminuir la propia identidad de nuestra zona, enriquecerá la cultura, pues el emplear productos considerados como desechos que generan contaminación y que no tienen un control adecuado sobre estos en su almacenamiento, pueden ser reutilizados en las obras de ingeniería, beneficiando a ser una sociedad con identidad y conciencia en la no contaminación de nuestro entorno y sobre todo en apoyar a la reutilización.

2.5 LIMITACIONES Y ALCANCES

La investigación se orienta a evaluar la implementación de residuos Ceniza de carbón como material estabilizador de suelos arcillosos, y la influencia que genera la ceniza de la quema de madera y escobajo de palma para la producción de ladrillos artesanales en el Departamento de Ucayali, con la finalidad de generar una mejora en las propiedades físicas y mecánicas de los suelos cohesivos.

Los alcances de la presente investigación no se va realizar un tramo de prueba, debido a que superará el presupuesto planteado en la presente tesis, es por ello que todos los ensayos se realizaran a nivel de laboratorio, como son:

- Análisis Granulométrico de la muestra de suelos cohesivo
- Contenido de Humedad
- Límites de consistencia (Limite Liquido, Limite Plástico, Índice de Plasticidad)
- Equivalente de arena
- Proctor Modificado (Contenido de Humedad Optima y Máxima Densidad seca)
- Capacidad de Soporte del suelo (CBR)

Se evaluarán dos vías vecinales, la primera vía hacia el caserío soledad, con código de Ruta UC - 610 Emp. PE-18C y la segunda vía (km 19) hacia el caserío primavera, Ruta UC - 604 Emp. UC-602 (Nueva Primavera), con fines de obtener la muestra de diseño para los ensayos en laboratorio, los cuales serán dos calicatas o

muestras por un (01) km de vía, haciendo un total de 04 muestras para las dos vías que serán ensayadas, se considerarán por cada vía solo un (01) km por conveniencia de la investigación y por temas económicos y basándonos en el cuadro 4.1 del manual de suelos del MTC. Los códigos de ruta de las vías vecinales son según lo establecido en (Sistema Nacional de Carreteras - SINAC, 2016), de donde se obtiene que:

PE: Eje longitudinal, son tres ejes (PE-1, PE-3 y PE-5), para la selva es Eje N° PE-5

Las variantes y ramales se identifican, adicionalmente, con las letras: A, B, C, D..., espaciadas de su denominación principal

UC: Simbología de Ucayali

PE-18C: Trayectoria: EM-5N (Von Humboldt) – Monte Alegre de Neshuya – Campoverde – Pucallpa – Abujao – Frontera con Brasil.

EMP: Inicio/empieza

2.6 HIPOTESIS

2.6.1 HIPÓTESIS GENERAL

Hi: La ceniza de carbón mejora la estabilización de los suelos cohesivos en subrasantes de vías vecinales en el Distrito de Yarinacocha; Provincia de Coronel Portillo, Ucayali

2.6.2 HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

Hipótesis específica N° 1

La ceniza de carbón, afecta las propiedades físicas reduciendo el índice de plasticidad en la estabilización de suelos cohesivos en subrasante de vías vecinales ubicadas en el distrito de Yarinacocha, Provincia de Coronel Portillo, Ucayali.

Hipótesis específica N° 2

La ceniza de carbón, influye en las propiedades mecánicas incrementando la capacidad de soporte en la estabilización de suelos cohesivos en subrasante de vías vecinales ubicadas en el distrito de Yarinacocha, Provincia de Coronel Portillo, Ucayali.

2.7 SISTEMA DE VARIABLES-DIMENSIONES E INDICADORES

2.7.1 VARIABLE INDEPENDIENTE

Ceniza de carbón

2.7.2 VARIABLE DEPENDIENTE

Suelos cohesivos

2.8 SISTEMA DE VARIABLES-DIMENSIONES E INDICADORES

Tabla 2

Título: Estabilización de suelos cohesivos con cenizas de carbón en subrasante de vías vecinales, ubicadas en el Distrito de Yarinacocha, Provincia de Coronel Portillo, Ucayali

VARIABLE	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADOR (sub dimensiones)	UNIDAD	TIPO DE VARIABLE	ESCALA	VALOR FINAL	INSTRUMENTO
<u>Independiente.</u> Ceniza de carbón	Operacionalmente se aplicará mediante una combinación con el suelo natural, adicionándolo en porcentajes para conocer la variación de las propiedades del suelo natural.	Cantidad de ceniza de carbón en porcentaje (%)	Ceniza de carbón al 3%	%	Variable Numérica - Cuantitativa	Razón - Discreto	3%	Ficha de observación
			Ceniza de carbón al 5%	%	Variable Numérica - Cuantitativa	Razón - Discreto	5%	
			Ceniza de carbón al 7%	%	Variable Numérica - Cuantitativa	Razón - Discreto	7%	
<u>Dependiente.</u> Suelos cohesivos	Operacionalmente se evaluará la solución planteada mediante la relación de cada dimensión e indicador identificado, como son: <ul style="list-style-type: none"> Propiedades físicas Propiedades mecánicas 	Propiedades Físicas	Análisis Granulométrico	gr	Cuantitativa	Intervalo - Continua	100%, 77%, 48.4%, 41.9%, 38.8%, 30.7%, 6.9%	Tamiz
			Contenido de Humedad	%	Cuantitativa	Intervalo - Continua	18%	Balanza
			Límite de Consistencia	%	Cuantitativa	Intervalo - Continua	22.59	Curva de Flujo (Diagrama de Fluidez)
			Equivalente de arena	%	Cuantitativa	Intervalo - Continua	30.51	Cilindro graduado (Probetas)
		Propiedades Mecánicas	Proctor Modificado	gr/cm3	Cuantitativa	Intervalo - Continua	2.154	Curva de Compactación
			CBR	%	Cuantitativa	Intervalo - Continua	78.83	Curva de Penetración

Nota. Cuadro de operacionalización de variables, donde se evidencia como se evaluará las variables consideradas.

CAPITULO III

MARCO TEORICO

3.1 ANTECEDENTES O REVISION DE ESTUDIOS REALIZADOS

3.1.1 Antecedentes a Nivel Internacional

1. La investigación de (Cañar Tiviano, 2017), titulada “*Análisis comparativo de la resistencia al corte y estabilización de suelos arenosos finos y arcillosos combinadas con ceniza de carbón*”, presentada en la Universidad Técnica de Ambato para obtener el Título de Ingeniero Civil, llega a las siguientes conclusiones:
 - La adición de las cenizas de carbón influye favorablemente en suelos expansivos como es el caso de la arcilla, formando una masa compacta y aumentando el grado de compactación y por lo tanto mejora su CBR y la resistencia al corte.
 - La utilización de la ceniza de carbón mejora las propiedades físicas de suelos arcillosos y arenosos finos disminuye la humedad en las arcillas y aumenta su compacidad en los suelos arenosos, pero esto requiere de porcentajes altos de cenizas de carbón.
 - Los resultados de ensayos CBR en suelos arenosos finos presenta un aumento del 4.6% al combinarlos con el 25% de cenizas de carbón, mejorando el porcentaje de la resistencia que va desde el 15.0% hasta el 19,60%, indicando que se puede utilizar como una subrasante.
 - La ceniza de carbón al combinarse con suelos arenosos y arcillosos disminuye la humedad, expansión y plasticidad de los suelos.

La investigación que se menciona es de tipo exploratorio, descriptivo y explicativo, el nivel es experimental. El proyecto tiene como objetivo la estabilización de dos suelos en combinación de cenizas de carbón y su evaluación de la capacidad de soporte y la resistencia al corte mediante ensayos de laboratorio. Esta investigación presenta mucha relación con el tema a investigar pues se pretende emplear cenizas de carbón generadas en ladrilleras para analizar la estabilización de subrasantes arcillosas en la ciudad de Pucallpa, por lo que se considera una guía importante en el desarrollo de la investigación.

2. La tesis realizada por (Gómez Cano, 2016), titulada “*Evaluación técnica y ambiental del proceso de almacenamiento de cenizas de carbón activadas alcalinamente para su uso como estabilizante de suelos*”, presentada en la Universidad de Medellín para obtener el título de Ingeniero Civil, llega a las siguientes conclusiones:

- Los resultados de resistencia a la compresión no confinada reportaron en promedio aumentos 100 %-300 % para suelo adicionados con estabilizante CC-Ca y del 400 % al 600 % para suelos adicionados con estabilizante CC-Na, concluyendo que en general las condiciones bajo las cuales se fabricaron y almacenaron los estabilizantes modificaron de forma positiva las condiciones finales del producto estabilizante y por tanto su respuesta mecánica al ser adicionados a un suelo Arcillo-Limoso, dando viabilidad técnica a los procesos de fabricación y almacenamiento de los productos estabilizantes. De manera independiente se observó para cada estabilizante una variación de las propiedades y esto se debió al tiempo de almacenamiento, por lo que se recomienda evaluar los estabilizantes a edades más prolongadas.
- Los factores: Tipo de empaque (F I), Tipo de sellado (F II), Humedad de empaque (F II), y Humedad de almacenamiento (F IV) estadísticamente no influyen sobre la resistencia a la CNC del suelo adicionado con estabilizantes CC-Ca y CC-Na, esto indica que la condición del material ceniza de carbón con una humedad del 0.15 % (humedad de empaque) es apta para diseñar el producto estabilizante, permitiendo disminuir procesos que requieren consumo energético como el secado al horno. Para que el producto estabilizante CC-Ca pueda ser almacenado a humedades superiores al 90 % y con humedad de las cenizas inferior al 0.15% se recomiendan empaques en papel Kraft (C-B), Polipropileno de alta densidad (PP-F) y Polietileno de alta densidad (PE-B), con sellado simple; Sin embargo, los empaques en polipropileno permitieron pérdida de material, debido a que el material estabilizante tiene un tamaño de partícula muy pequeño, lo que incidió en la pérdida de material por medio de las paredes laterales, es decir, por efecto de la atracción electrostática superficial de las paredes del polímero que atraparon las partículas finas de la ceniza . Para que el producto estabilizante CC-Na pueda ser almacenado a humedades superiores al 90 %, se recomienda empaques de papel Kraft (C-B) y polietileno de alta densidad (PE-B), un sellado simple o al vacío, y cenizas de carbón con humedad alrededor 0.15 %.

La investigación que se menciona es de tipo aplicada y nivel descriptivo, explicativo. Esta investigación hace mención al estudio de las cenizas de carbón (CC) activadas alcalinamente bajo dos condiciones, la primera utilizando hidróxido de calcio y la segunda con hidróxido de sodio (Na). Su alcance abarcó dos líneas: la primera se basó en una evaluación técnica, mediante la cual se sometió previamente el estabilizante a diferentes condiciones de empaçado, teniendo en cuenta variables como el tipo de empaque, tipo de sellado, humedad del material al ser empaçado, humedad de almacenamiento y edad de almacenamiento. Con la información de esta investigación se podrá tener en cuenta como se deberá almacenar el material estabilizante como las cenizas para obtener mejores resultados, la cual será de mucha ayuda en el tema a investigar.

3. La tesis de maestría realizada por (Castillo Parra, 2017) titulada *“Estabilización de Suelos Arcillosos de Macas con Valores de CBR menores al 5% y Límites Líquidos superiores al 100%, para utilizarlos como Subrasantes en Carreteras”*, presentada en la Universidad de Cuenca para obtener el grado de Master en Ingeniería Vialidad y Transportes, llega a las siguientes conclusiones:

- El suelo sometido a procesos de secado, sea a temperatura ambiente o al horno, más allá de un cierto porcentaje de humedad (aproximadamente el 60%), cambia su comportamiento especialmente su valor de LP, se registró una reducción en el LP de un 118.13% a un valor del 0%.
- El suelo sometido a procesos de secado a temperatura ambiente o al horno por debajo de una humedad del 60% cambia drásticamente su comportamiento mecánico. Al incorporar agua al suelo este no puede volver a contener porcentajes de humedad tan altos como en su estado natural (140 a 185%). Estas muestras secadas al ser sometidas a energías de compactación a humedades cercanas a un 75% son incapaces de soportar estas energías, mientras con muestras no secadas por debajo de humedades del 60% al someterlas a energías de compactación estas soportan procesos de compactación sin deformarse hasta con humedades cercanas al 90%
- Para muestras secadas bajo humedades de un 60% la humedad óptima para la energía Proctor Modificado está en 54% y para un Proctor Estándar en un 62% mientras que para muestras secadas sobre humedades del 60% la humedad óptima para el Proctor Estándar está en un 75%. En este suelo más que trabajar con

humedades óptimas se recomienda se trabaje con humedades a las cuales este puede ser sometido a procesos de compactación y mediante estos procesos se obtenga una mejora en su comportamiento mecánico.

La investigación que se menciona es de tipo aplicada y nivel descriptivo, relacional y explicativo. Esta investigación plantea un método de mejoramiento de suelo empleando cal viva al terreno natural. Aquí se analizó la respuesta del suelo al tratamiento con cal en laboratorio. Se ha trabajado con 10, 20, 30 y 40% de cal respecto al peso seco del material. Los resultados indican disminución de: límite líquido, índice plástico y expansión; a la vez que el CBR se incrementa. Con los resultados obtenidos se aproxima un valor del 16% de cal. Con esta información se tendrá un análisis y un comparativo de los beneficios y los resultados para comparar a una estabilización tradicional.

4. (Carbajal Peláez & Arias Jaramillo, 2015) en su investigación titulada “*Valoración de las cenizas de carbón para la estabilización de suelos mediante activación alcalina y su uso en vías no pavimentadas*”, presentada en la Universidad de Medellín para obtener el grado de Ingeniero Civil, llega a las siguientes conclusiones:

- La Arenilla no obtuvo resultados satisfactorios al ser combinada con CC en ninguna condición, pero si obtuvo mejores resultados al utilizarse CColtejer y los mejores resultados se dieron cuando se usó una temperatura entre 40°C y 50°C en las dos condiciones de humedad, llegando al orden de 350 kPa, siendo un resultado muy satisfactorio para un ensayo UCS en un suelo arenoso ya que las propiedades fueron favorecidas en 600%, lo que afirma la presencia de material cementante por efecto de la reacción hidróxido de sodio (3.5M) – ceniza
- Las mezclas de Arcilla con CC con concentraciones de NaOH de 3.5 M obtuvieron las mejores condiciones a una humedad mayor al 95% cuando se someten a una temperatura entre 40°C y 50°C, llegando al orden de 270 kPa, sin embargo, al compararse los resultados patrón con NaOH vs CC Tamizada vs CColtejer, se observa que el uso de CC tiene un efecto negativo en todas las condiciones de curado, por lo que se recomienda realizar estudios con mayores dosificaciones de CC, realizar un tamizaje por una malla mayor para filtrar la cantidad de inquemados y usar mayores molaridades para lograr mejorar la resistencia UCS del suelo.
- El no uso de las condiciones más favorables no significa que no se logre la resistencia mínima requerida por la norma INVIAS, solo se indica en qué condiciones

se obtienen las mayores resistencias a la compresión para este tipo de ceniza de carbón.

La investigación que se menciona es de tipo aplicada y nivel descriptivo, relacional y explicativo. Se ha enfatizado en el efecto que genera la ceniza de carbón en diferentes tipos de suelos, utilizando el ensayo de resistencia a la compresión no confinada; los suelos ensayados fueron arcilla y arenilla, los cuales fueron adicionados con cenizas de carbón en porcentajes de 7%, 14% y 21%, curados a la edad de 7 días. Además, mediante el análisis estadístico se identificó los factores que han influyeron en la respuesta cada uno de los suelos; razón por el cual se ha considerado esta investigación como un antecedente modelo para desarrollar el tema propuesta para estabilización de suelos cohesivos en vías vecinales, pues nos presenta una metodología y unos datos de porcentajes referenciales para el desarrollo.

5. (Castro Sandoval y otros, 2019), en sus conclusiones menciona que:

- En cuanto a la estabilización de suelos con ceniza puzolánica cabe destacar que se puede decir que la muestra A1-M1 con los resultados de mezcla en el 20% su límite líquido la clasifica como con potencial de expansión medio, en cuanto a límites de contracción se presenta en la tendencia a potenciales de expansión bajos, y en el índice de plasticidad, en la mayor parte las muestras presentaron en la mezcla de 30% de ceniza en el intervalo de 12-27 según la Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica en índice plástico lo que indica que es un potencial de expansión medio, finalmente la muestra de suelo que mejor asimiló fue la A2-M1 y el volumen de muestra fue 20% de ceniza, con un potencial de expansión medio.
- Respecto a el ensayo analizado se pudo establecer que cuando la ceniza de cascarilla de arroz representa un 30% del volumen de la muestra es donde se obtienen óptimos resultados en cuanto al potencial de estabilización que es relativamente bajo. En cuanto a la mezcla analizada corresponde el valor de potencial de expansibilidad baja en casi un 50% del valor de la muestra sin alterar, y esto corresponde a la mezcla en donde el polímero era 8% del valor del volumen de la muestra.
- Finalmente, se determinó que de las tres formas que se trataron dentro del documento, la estabilización realizada con polímeros arrojó los mejores resultados en cuanto a potencial de expansión, registrando valores bajos.

El artículo científico se consideró como antecedente porque su objetivo es identificar la estabilización de suelos arcillosos con alta plasticidad empleando varios métodos, dentro de los cuales se encuentra la estabilización de suelos con ceniza puzolánica empleando un volumen del 20%, 25-5 y 30% de la muestra.

6. La tesis de (López López, 2013), titulada “*Caracterización y empleo de cenizas de fondo procedentes de central térmica en la estabilización y construcción de terraplenes y firmes de carreteras*”, presentada en la Universidad de Cantabria para obtener el grado de Doctor en Ingeniería de Caminos, llega a las siguientes conclusiones:

- Las cenizas de fondo de las centrales térmicas de Soto de Ribera y Aboño presentan una naturaleza química de tipo sílice-aluminoso. Teniendo en cuenta esta composición y según los ensayos realizados, pueden considerarse como materiales puzolánicos capaces de combinarse con cal para formar compuestos estables por reacciones de hidratación similares al cemento Portland.
- Las cenizas de fondo se pueden utilizar como material de relleno en terraplenes, pero no se recomienda su aplicación en zonas susceptibles de ser erosionadas.
- Las cenizas permiten estabilizar y mejorar gravas y suelos de baja calidad, incluso para su empleo en subbases del firme.
- Se han obtenido valores del índice CBR superiores a 70 con las cenizas de Soto de Ribera, y mayores de 110 con la de Aboño.

La investigación que se menciona es de tipo aplicada y nivel descriptivo, relacional. La tesis doctoral estudia el empleo de cenizas de fondo en la construcción de carreteras, el material tratado es arenoso, sin plasticidad; se demostró que ambos productos permiten estabilizar suelos de pobre calidad pudiéndolos utilizar en las capas inferiores del firme. Los datos mencionados fueron necesarios para considerarlos como antecedente por presentar dosificaciones y referencias de estabilización.

7. La tesis de (Camelo Rojas & González Esposito, 2021), titulada “*Propiedades resilientes de subrasantes granulares estabilizadas con ceniza volante para diseño de pavimentos flexibles*”, presentada en la Universidad de Colombia para obtener el grado de Ingenieros Civiles, llega a las siguientes conclusiones:

- Se demostró que, al agregar porcentajes determinados de ceniza volante y cal para la estabilización de una capa subrasante, se disminuyen las deformaciones verticales de la capa incrementado el aporte estructural y la resistencia del suelo. La capa subrasante estabilizada al 10% de mezcla homogénea de ceniza volante y cal, disminuye un 89.92% la deformación vertical con relación a la capa subrasante sin estabilizar.
- Las cenizas de clase F exhiben menor rigidez que las cenizas de tipo C, debido a su bajo contenido de cal, pero a su vez la ceniza volante sola no genera mejoras en el aporte estructural, por tal motivo se recomienda usar aditivos como la cal. Por tal motivo a mayor porcentaje de ceniza y cal presenta mayor rigidez y/o mayor módulo resiliente.
- Esto permite concluir que la ceniza volante es un material estabilizante apto para el mejoramiento de la capa subrasante de un pavimento flexible convencional.

La investigación, es de tipo aplicada y nivel descriptivo, analítico. En esta investigación se tuvo como objetivo evaluar las propiedades resilientes de una capa subrasante estabilizada con ceniza para un pavimento flexible, evaluando las propiedades mecánicas del suelo; además, se ha estabilizado la subrasante con cuatro diferentes dosificaciones de ceniza y cal. Estas consideraciones fueron suficientes para considerarlas como antecedente por la similitud de lo que se pretende estudiar en vías vecinales a nivel de subrasante.

3.1.2 Antecedentes a Nivel Nacional

1. La tesis realizada por (Cubas Benavides & Falen Chavéz, 2016), titulada *“Evaluación de las cenizas de carbón para la estabilización de suelos mediante activación alcalina y aplicación en carreteras no pavimentadas”*, presentada en la Universidad Señor de Sipán para obtener el Título de Ingenieros Civiles, llegan a las siguientes conclusiones:
 - Las cenizas de carbón, muestra 2 (CC–M2) son las que mejor reacción obtienen al tratamiento de suelos arenosos y arcillosos por el alto contenido de óxido de silicio (CaO).
 - La ceniza de carbón muestra 2 mejoran la resistencia de suelos arenosos significativamente en porcentajes de 7%.

- Se determinó que las adiciones de cenizas de carbón e hidróxido de sodio en suelos con características de arenas finas reduce la resistencia mecánica.
- La estabilización con CC-NaOH puede usarse para disminuir el levantamiento de polvo, reduciendo costos de mantenimiento
- La utilización de cenizas de carbón e NaOH puede ser usado para la estabilización de suelos arenosos pobremente graduados con arcillas para mejorar la sub-rasante.

La investigación realizada es de tipo aplicada, y el nivel es descriptiva, en la cual se analizó la estabilización de suelos en carreteras no pavimentadas mediante la aplicación de cenizas de carbón provenientes de ladrilleras lambayecanas e hidróxido de sodio en porcentajes de 7%, 14% y 21% curados y analizados en diferentes tipos de ambientes por 7 días. Con la información que se nos presenta en esta investigación se podría plantear lo que se desea investigar en la ciudad de Pucallpa, con los residuos que se generan en las ladrilleras del sector y corroborar si puede ser empleado como material estabilizador.

2. La investigación realizada por (Chilcon Chilcon & Leon Polo, 2020) y titulada *“Evaluación de estabilización de suelos arcillosos aplicando ceniza de carbón en la subrasante de la AV. Cuzco, Distrito de San Martín de Porres, 2020”*, presentada en la Universidad Cesar Vallejo para obtener los Títulos de Ingenieros Civiles, llegan a las siguientes conclusiones:

- Optimo Contenido de Humedad
Terreno Natural OCH= 27%, CC 13% (OCH=28.37%), CC 21% (OCH=29.27%), CC 24% (OCH= 30.00%).
Se estableció la dependencia del porcentaje de ceniza de carbón en el ensayo de Proctor Modificado, al emplearse el 24% de Ceniza de Carbón para el aumento del Optimo Contenido de Humedad. Entonces dado los resultados se puede ver que la influencia está relacionada con los porcentajes propuestos, es por ello que esta se mejora con respecto al Proctor modificado, el cual queda comprobada.
- Índice de Plasticidad
Terreno Natural IP= 24%, CC 13% (IP= 21.4%), CC 21% (IP=18.4%), CC 24% (IP=16.6).
Se estableció la dependencia del porcentaje de ceniza de carbón en el ensayo de Limites de Atterberg, al emplearse el 24% de Ceniza de carbón para la disminución del Índice de Plasticidad. Entonces dado los resultados se puede ver que la

influencia está relacionada con los porcentajes propuestos, es por ello que esta se mejora con respecto a los Límites de Atterberg, el cual queda comprobada

- Capacidad Portante (CBR)

Terreno Natural CBR= 9.10%, CC 13% (CBR= 9.815%), CC 21% (CBR= 10.20%), CC 24% (CBR=10.70%).

Se estableció la dependencia del porcentaje de ceniza de carbón en el ensayo de California Bearing Ratio, al emplearse el 24% de Ceniza de carbón para aumentar el CBR. Entonces dado los resultados se puede ver que la influencia está relacionada con los porcentajes propuestos, es por ello que esta se mejora con respecto a la Capacidad Portante, el cual queda comprobada.

La investigación descrita es tipo aplicada, el diseño es cuasi experimental. Esta investigación manipula tres porcentajes de cenizas de carbón (13%, 18% y 23%) en la subrasante, para analizar su influencia en las propiedades físico-mecánicas de la subrasante. La información que se presenta en la investigación, refleja y brinda información que se pretende realizar en las subrasantes naturales en la provincia de coronel portillo, por lo que se toma como antecedente a la tesis descrita.

3. El proyecto de investigación realizada por (Goñas Labajos, 2019), titulada *“Estabilización de suelos con cenizas de carbón para uso como subrasante mejorada”*, presentada en la Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas para obtener el Título de Ingeniero Civil, llega a las siguientes conclusiones:

- Las cenizas de carbón mejoran las propiedades mecánicas (CBR) de los suelos tipo CH y OH, aunque no alcanzan los estándares para ser usadas como material apto como subrasante debido a que se obtuvieron valores de CBR de 3.5% y 3.7% respectivamente, sin superar el valor mínimo de 6% según lo indica el manual de carreteras “Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos” Sección: Suelos y Pavimentos.
- La capacidad de soporte (CBR) obtenidos sin la adición de cenizas de carbón de las muestras de las calicatas 1 y 2 a nivel de subrasante fueron de 2.1% y 2.2% respectivamente.
- La capacidad de soporte (CBR) obtenidos fueron de: 2.3%, 2.9% y 3.5% con la adición de cenizas de carbón del 15%, 20% y 25% respectivamente para el tipo de suelo CH de la calicata 1; para la calicata 2, tipo de suelo OH, la capacidad de

soporte (CBR) obtenidos fueron de: 2.6%, 3.0% y 3.7% con la adición de cenizas de carbón del 15%, 20% y 25% respectivamente.

- Estadísticamente se determinó que la adición del 25% de cenizas de carbón proporciona un mejor comportamiento a la subrasante de los suelos tanto para la calicata 1 y la calicata 2, debido a que presenta un mayor incremento de los valores de CBR en base a la muestra patrón.

Este trabajo de investigación es de tipo aplicada y nivel relacional y comparativa, el diseño es experimental. Se ha desarrollado en una ciudad de la selva similar a donde se pretende ejecutar (Pucallpa), emplea un sub producto como el carbón mineral y carbón vegetal provenientes de ladrilleras de la ciudad y su empleo en el mejoramiento de las propiedades mecánica del suelo, similar a como se está planteando realizar en la ciudad de Pucallpa, por lo que se emplea como fuente para el desarrollo de la tesis.

4. (Casas Garay, 2020), realizaron la tesis titulada "*Ceniza de carbón mineral para estabilización de suelos cohesivos en Subrasante*", presentada en la Universidad Peruana los Andes para obtener el Título de Ingeniero Civil, llega a las siguientes conclusiones:

- De acuerdo a los resultados obtenidos de la adición de la ceniza de carbón mineral con el suelo patrón a nivel de subrasante de tipo CL encontrado en el Pasaje 30 de mayo, se logra mejorar la estabilización de los suelos cohesivos parcialmente con los porcentajes de 5 % y 7 % de CCM.
- En base a las propiedades físicas del suelo a nivel de subrasante y la adición de la ceniza de carbón mineral en 3 %, 5 % y 7 % se determinó que, el índice de plasticidad no se reduce, más por el contrario incrementa su valor inicial, de esta manera no cumpliendo para cada porcentaje de CCM con respecto a lo estipulado por el MTC.
- De acuerdo a la evaluación del efecto de la ceniza de carbón mineral sobre las propiedades mecánicas del suelo a nivel de subrasante, se determinó que la capacidad de soporte (CBR) del suelo incrementa su valor, desde 2.2 % que es su valor inicial hasta 5.5 %, 6 % y 7.5 % con el 3 %, 5 % y 7 % de CCM respectivamente, obteniendo resultados deseados con el 5 % y 7 % y de esta manera cumpliendo con lo estipulado por el MTC.

La investigación realizada es de tipo aplicada, y el nivel es explicativo y el diseño es cuasi experimental; cuyo objetivo fue evaluar la influencia de la ceniza de carbón mineral en la estabilización de suelos cohesivos en subrasantes como el tipo de suelos que poseemos en el Distrito de Callería. Con la información que nos brinda la tesis respecto a los porcentajes considerados para la estabilización, se puede considerar para evaluar el comportamiento que brindan a los suelos cohesivos presentes en la ciudad de Pucallpa, por lo que fue considerado como un antecedente muy importante.

5. El trabajo de investigación desarrollado por (Brandan Calero, 2020), titulada *“Aplicación de ceniza de madera de fondo para estabilizar la subrasante en Avenida San Felipe con Universitaria, Comas 2020”*, presentada en la Universidad Cesar Vallejo para obtener el Título de Ingeniero Civil, llega a las siguientes conclusiones:

- En el Ensayo de Proctor Modificado se puede verificar que disminuye la humedad óptima del suelo de acuerdo a las combinaciones del material de muestra y la ceniza de madera de fondo, para el ensayo se realizó 4 dosificaciones (SN100%, SN90% + CF10%, SN70% + CF30% y SN50% Y CF50%), donde al aplicar 50% de ceniza de madera de fondo al terreno natural el óptimo contenido de humedad será de 6.7%, siendo óptima la dosificación empleada; lo mismo sucede con la máxima densidad seca, donde al aplicar 50% de ceniza de madera de fondo al suelo natural es de 2.184 gr/cm³.
- Al combinar arena arcilla limosa y ceniza de madera de fondo de acuerdo al ensayo de Corte Directo según la norma ASTM D3080, incrementa los parámetros de resistencia al corte considerablemente, como es en el caso del esfuerzo al corte, cohesión y el ángulo de fricción, demostrando que la aplicación de ceniza de fondo a la muestra patrón es eficiente.
- La ceniza de madera de fondo influye positivamente al ser aplicado al suelo de tipo arena limosa arcilla del cruce de las Avenidas San Felipe con Universitaria, ya que mejora las propiedades físicas y mecánicas del suelo en estudio de esta forma siendo óptimo para futuros proyectos de pavimentación.

La investigación descrita es de tipo aplicada, con enfoque cuantitativo, el diseño de la investigación es experimental, cuasi experimental, y el nivel de investigación es descriptivo-explicativo. En esta investigación se empleó un residuo orgánico proveniente de la combustión del eucalipto usado en las ladrilleras para fabricación de ladrillos, para evaluar su influencia de esta ceniza para la estabilización de la subrasante en suelos

arcillosos limosos, similar a lo que se pretende investigar en la ciudad de Pucallpa, por lo que se ha considerado como un buen antecedente.

6. La investigación desarrollada por (Vilca Salazar, 2020), titulada “*Estabilización de suelos con ceniza natural en los jirones unión y primero de mayo del Distrito de Viques*”, presentada en la Universidad Peruana Los Andes para obtener el Título de Ingeniero Civil, llega a las siguientes conclusiones:

- Se concluye que al adicionar 35% de ceniza natural, se logra estabilizar el material de subrasante de los jirones que se estudió; siendo la muestra 01 un tipo de suelo arena limosa con grava y la muestra 02 un tipo de suelo arena limosa. En ambos casos se logró obtener un CBR mayor a 20% haciendo que el material sea muy óptimo y demuestra que, si existe congruencia y validez de la investigación,
- Siendo para la muestra 01, que es un tipo de suelo arena limosa con grava, se requiere un 35% de ceniza vegetal, para obtener 24.7% de CBR, y para la muestra 02 obtenida del jirón Unión, que es un tipo de suelo arena limosa, se requiere un 35% de ceniza natural, para obtener 23.7% de CBR.
- Se ha establecido que la correcta dosificación de ceniza natural cumpliendo satisfactoriamente los parámetros estipulados en el manual de carretera presentan un $CBR > 20\%$ lo cual indica la buena capacidad portante de la subrasante, teniendo para la muestra 01, un tipo de suelo de arena limosa con grava, una correcta dosificación se logró adicionando el 35% de ceniza vegetal, obteniendo una máxima densidad seca de 1.698%, un contenido de humedad de 13.10%, y obteniendo un CBR de 24.7%. La dosificación correcta para la muestra 02, tipo de suelo arena limosa, se logró adicionando el 35% de ceniza natural, obteniendo una máxima densidad seca de 1.805%, un contenido de humedad de 16.80%, obteniendo un CBR de 23.7%

La investigación descrita es de tipo aplicada, con enfoque cuantitativo, el nivel es descriptivo y el diseño de la investigación es no experimental. El objetivo desarrollado fue evaluar los efectos en la estabilización de la subrasante al incluir ceniza natural; similar a lo que se pretende investigar en la ciudad de Pucallpa en vías vecinales, por lo que se ha considerado como un buen antecedente.

7. La tesis elaborada por (Ramírez Cruz, 2020), titulada “*Incorporación de la ceniza de Cabuya para mejorar las propiedades de Suelos Arcillosos, tramo de Yarumayo –*

San Pedro de Chaulán, Huánuco – 2020”, presentada en la Universidad César Vallejo para obtener el Título de Ingeniero Civil, llega a las siguientes conclusiones:

- Se concluyó que la muestra suelo, ha sido calificado como suelo arcilloso delgada arenosa (CL), en el sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS), las cuales se le incorporo porcentaje de 6%, 8%, 10% de ceniza cabuya, todas las incorporaciones que se realizó respondieron positivamente llegando a tener un $IP=0$; entonces la influencia está directamente relacionada con los porcentajes planteado, por lo que la incorporación de ceniza cabuya mejora con respecto a Los Limites de Atterberg, el cual queda demostrado.
- Se concluyó que la incorporación de ceniza de cabuya en 6%, 8% y 12% aporta en la reducción en la expansión; lo que impide la entrada de agua, reduciendo los cambios volumétricos del suelo expansivo, de esta manera reduciendo posibles grietas, asentamiento.
- De acuerdo a los resultados obtenidos del CBR en relación a máxima densidad seca con penetración 1” y 100% de la MDS, la incorporación en porcentaje de ceniza de cabuya contribuye en la capacidad soporte de 8% para suelo natural obteniendo valores en forma creciente desde 13.2% con el 6% hasta un 17.5% con el 12% de ceniza cabuya; entonces la influencia de la ceniza cabuya es notable en los porcentajes pretendidos, poder ser usado como un sub rasante bueno y cumpliendo con lo indicado en Manual de Carreteras del MTC.

La investigación descrita es de tipo aplicada, el nivel es correlacional, el diseño es cuasiexperimental y de enfoque cuantitativo. El objetivo principal fue la incorporación de la ceniza de cabuya para mejorar las propiedades de suelos arcillosos; en la cual se incorporó 6%, 8% y 12% de ceniza, con lo que se determinó que la ceniza de Cabuya disminuye el índice de plasticidad con 6% del mismo modo que en la expansión y el CBR incremento al incorporarlo el 12% de ceniza de 8% suelo natural hasta llegar a 17.5% CBR. Por todo lo descrito, es que se determinó como un antecedente por similitud a lo que se pretende estudiar en vías vecinales.

8. La tesis elaborada por (Quiroz Viera, 2019), titulada “*Aplicación de cenizas de carbón para mejorar la estabilidad de suelos arenosos, Mz. I Las Gardenias, Ancón, 2019*”, presentada en la Universidad César Vallejo para obtener el Título de Ingeniero Civil, llega a las siguientes conclusiones:

- En las dosis de aplicar cenizas de carbón 7%, 14% y 21% a los suelos arenosos en Ancón, se puede concluir se mejora la estabilidad de estos suelos, más aún adicionando cemento en un 3%.
- Al practicar el análisis granulométrico de la calicata C-1 con Prof. 070 m, se determinó que su clasificación de suelo es SP-SM “arena pobremente graduado-arena limosa”, con 5% de grava, 87% de arena y 8% de finos.
- Mediante el ensayo de densidad máxima y mínima, se pudo determinar que los suelos arenosos de Ancón tienen una densidad máxima 1.928 g/cm y densidad mínima 1.408 g/cm, perteneciendo al rango de 0 a 15, muy suelta ya que el contenido de humedad es bajo.
- Asimismo, se concluye que los suelos arenosos en Ancón, al aplicarles cenizas de carbón en cantidades de 7%, 14% y 21%, presentan mejor comportamiento, aumentando dicha característica al adicionar 3% de cemento.

La investigación descrita, el alcance es descriptivo, el diseño es cuasi experimental. El objetivo ha sido determinar cómo la aplicación de cenizas de carbón mejora la estabilidad de suelos arenosos en la Mz. I del Asentamiento Humano Las Gardenias del Distrito de Ancón, donde fueron adicionadas con ceniza de carbón en porcentajes de 7%, 14% y 21%, fallados y curados en diferentes tipos de ambiente y por 7 días. Motivo por el cual es considerada dentro de los antecedentes de la investigación.

9. La tesis elaborada por (Apolinarez Tovar, 2018), titulada “*Estabilización de la subrasante con la incorporación de ceniza vegetal, Jauja*”, presentada en la Universidad Peruana Los Andes, para obtener el Título de Ingeniero Civil, llega a las siguientes conclusiones:
 - De las características físicas, se concluye que la muestra 01, es un tipo de suelo de arena limosa con grava, que contiene un alto porcentaje de arena de 52.28%, fino 31.14% y grava 16.58%; en cuanto a los límites de consistencia presenta un límite líquido de 37%, límite plástico de 25% y un índice de plasticidad de 12%.
 - De las características químicas, se concluye que la ceniza vegetal contiene elementos químicos que favorece a la estabilización. Los elementos químicos más influyentes en la estabilización son: El óxido de calcio 29.50%, el óxido de silicio 26.30%, óxido de aluminio 17.00%, óxido de potasio 4.90%, y el óxido de magnesio 4.60 %. Estos elementos, tienen propiedades cementantes, permitiendo obtener

altos porcentajes de CBR, además de cumplir con la norma del manual de carreteras de bajo volumen de tránsito.

- Se logró obtener la dosificación correcta de ceniza vegetal, para estabilizar la subrasante de la vía Av. Huarancayo, cuadra de la 6 a la 11. Siendo para la muestra 01, que es un tipo de suelo arena limosa con grava, se requiere un 35% de ceniza vegetal, para obtener 24.7% de CBR. Y para la muestra 02, que es un tipo de suelo arena limosa, se requiere un 35% de ceniza vegetal, para obtener 23.7% de CBR.

La investigación descrita, es tipo aplicada, cuantitativa, de nivel explicativo y el diseño es experimental. En esta investigación se analizó los resultados de resistencia de la subrasante al incorporar ceniza vegetal en porcentajes de 15%, 25% y 35%. Se tomaron 02 muestras de la vía en estudio, las muestras fueron sometidas a los ensayos de laboratorio según NTP y MTC. La dosificación correcta para estabilizar la sub-rasante es adicionando el 35% de ceniza vegetal, obteniendo un CBR de 24.7% y 23.7% respectivamente. Por ser una investigación con el mismo objetivo de lo que se pretende analizar, se ha considerado como un antecedente nacional.

10. La tesis elaborada por (Longa Saavedra & Sánchez Pozo, 2021) titulada *“Estabilización con cenizas de carbón para mejoramiento de subrasante del Asentamiento Humano, Ciudad del Niño, Distrito de Castilla, Piura, 2021”*, presentada en la Universidad César Vallejo, para obtener el Título de Ingeniero Civil, llega a las siguientes conclusiones:

- Las características de suelo sin la adición de ceniza de carbón mostraron un suelo de tipo SP según la clasificación SUCS y A-3 según la clasificación AASHTO. El Proctor modificado dio como resultado una máxima densidad seca de 1.683 gr/cm³ y 16.07% de contenido de humedad óptimo para la muestra extraída de la calicata 1, y 1.576 gr/cm³ con 16.73% de contenido de humedad óptimo para la muestra extraída de la calicata 2. En cuanto al CBR, la muestra extraída de la calicata 1 y 2 sin la adición de ceniza de carbón dieron como resultados valores de 15.50 y 15.86 respectivamente.
- Las características de suelo con la adición de ceniza de carbón mostraron un suelo de tipo SP-SM según la clasificación SUCS y A-3 según la clasificación AASHTO. Para la muestra de suelo extraída de la calicata 1 y los porcentajes de adición de

ceniza de carbón al 5%, 10% y 15% los resultados en cuanto a Proctor modificado fueron valores de máxima densidad seca de 1.655 gr/cm³, 1.641 gr/cm³ y 1.660 gr/cm³ respectivamente, y valores de contenido de humedad óptimo de 18.89%, 18.36% y 16.18 respectivamente, y los valores de CBR fueron 20.0, 22.16 y 23.4 respectivamente. Para la muestra de suelo extraída de la calicata 2 y los porcentajes de adición de ceniza de carbón al 5%, 10% y 15% los resultados en cuanto a Proctor modificado fueron valores de máxima densidad seca de 1.736 gr/cm³, 1.722 gr/cm³ y 1.722 gr/cm³ respectivamente, y valores de contenido de humedad óptimo de 14.13%, 14.08% y 14.11 respectivamente, y los valores de CBR fueron 20.4, 22.5 y 24.0 respectivamente.

- En el análisis comparativo, la muestra extraída de la calicata 1 mostró un aumento significativo del CBR a medida que se ha ido adicionando ceniza de carbón, siendo la adición del 15% la que aumentó en mayor medida el CBR (+7.9). La muestra extraída de la calicata 2 mostró aumento en el CBR siendo la adición del 15% la que aumentó en mayor medida (+8.1). Al existir una variación significativa entre las medias obtenidas en ambas calicatas analizadas, antes de la aplicación de la ceniza y luego de la aplicación de la ceniza, se concluye que la estabilización con ceniza de carbón influyó en el mejoramiento de subrasantes del asentamiento humano Ciudad del Niño, Piura.

La investigación descrita, es tipo básica, de enfoque cuantitativa y el diseño es experimental tipo cuasi experimental. El objetivo fue determinar la estabilización con cenizas de carbón en la subrasante en el Asentamiento Humano Ciudad del Niño, se encontró que las muestras de suelo sin adición de ceniza evaluadas se clasificaron como SP-SM según SUCS, no presentaron plasticidad, y el CBR fue de 15.50 para la C-1 y 15.86 para la C-2. La muestra extraída de la C-1 aumentó su CBR con la adición de ceniza de carbón, aumentando hasta en 7.9 con la adición del 15%, de manera similar a la muestra extraída de la C-2 (aumentó en 8.1 con la adición 15%). Por lo cual fue considerado como antecedente para desarrollar el tema a investigar.

3.1.3 Antecedentes a Nivel Local

1. La tesis realizada por (García Huarancca, 2015), titulada *“Estabilización de suelos arcillosos con Cal aplicación a la carretera Tingo María - Pucallpa sector III: Neshuya*

- *Pucallpa*”, presentada en la Universidad Nacional de Ingeniería para obtener el Título de Ingeniero Civil, donde se describe que:

- La estabilización química del suelo arcilloso con cal, logra mejorar sus propiedades físicas y mecánicas a corto y largo plazo, cuyos efectos en sus propiedades se interpretan en los resultados de los ensayos de laboratorio de la mezcla suelo-cal, establecidos en las normas ASTM, AASHTO, MTC y CE-020.

En este tipo de estabilización se determina el óptimo contenido de cal capaz de mejorar las propiedades físicas y mecánicas del suelo, con resultados de acuerdo a las especificaciones técnicas del proyecto.

- Asimismo, a través de la ejecución de calicatas, se calculó un 53.3% de material limo arcilloso y 46.7% de material granular a nivel de subrasante del proyecto. La vida útil de la carretera es de 10 años con alta densidad de tránsito, requiriéndose para su ejecución, materiales de buena calidad en su aspecto físico y mecánico, sin embargo, en el lugar del ámbito del proyecto, los materiales que predominan son suelos limo arcillosos, cuyas propiedades fundamentales son de poseer elevado índice de plasticidad y baja capacidad de soporte ante los esfuerzos que se generan por el paso de los vehículos

Esta investigación, es tipo aplicada, con enfoque cuantitativo, el diseño de la investigación es experimental, cuasi experimental, y el nivel de investigación es descriptivo-explicativo. En esta investigación se estabiliza un suelo arcilloso mediante el empleo de cal, la cual será como un parámetro externo para poder comparar los resultados obtenidos de un producto derivado de la calcinación de ladrilleras y mediante el cual se podrá evidenciar las variaciones en los resultados numéricos, por lo que se considera un antecedente primordial en la investigación.

2. La tesis realizada por (Rodriguez Gomez & Del Águila Nuñez, 2019) titulada *“Estabilización de suelos mediante confinamiento celular con materiales reciclables en el pasaje los rosales San Juan Bautista – Maynas – Loreto 2018”*, presentada en la Universidad Científica del Perú para obtener el Título de Ingeniero Civil, llegan a las siguientes conclusiones:

- Teniendo en cuenta la hipótesis planteada en la presente investigación, podemos determinar que la implementación de confinamiento celular mejora el suelo del pasaje los rosales del Distrito de San Juan Bautista-Maynas 2018.
- EL confinamiento celular usando material reciclado (botellas plásticas) funciona como un sistema estabilizador, el comportamiento positivo de este sistema es que la presión del suelo compactado hace que cada una de las botellas rellenas con arena tengan reacciones laterales provocando dureza en todo el sistema de confinamiento.
- Siendo corroborado por los dos métodos de compactación tanto con la prueba de densidad de campo como también con el mini martillo de penetración de dinámica ligera, Concluimos que el sistema de confinamiento con material reciclado (botella plástica) funciona como sistema estabilizante en suelos inestables.
- Se concluye que minimiza significativamente la formación de baches.
- Distribuye las cargas lateralmente y reduce la deflexión vertical, así como la presión de contacto en la subrasante.
- Controla el efecto cortante y el movimiento lateral del material de relleno grueso y permeable.

La investigación es de tipo aplicada, con enfoque cuantitativo, tiene un diseño preexperimental. En esta investigación se analizó el comportamiento que la botella plástica presenta en un confinamiento celular para mejorar la estructura de un suelo; se realizaron ensayos en el laboratorio de mecánica de suelo en la universidad científica del Perú para determinar el material con el cual se trabajó en la aplicación del confinamiento celular. Se toma como antecedente a esta investigación por presentar información sobre nuevo método a estabilizar y como analizarlo, lo cual es muy importante para el tema a desarrollar en la estabilización de suelos arcillosos con cenizas de carbón.

3. La tesis realizada por (Perez Lopez, 2021) titulada “*Estabilización de suelos arcillosos aplicando ceniza de madera de fondo para su uso como subrasante mejorada de pavimento, producto de ladrillera cerámicas júpiter S.A.C. del departamento de Ucayali*”, presentada en la Universidad Nacional de Ucayali para obtener el Título de Ingeniero Civil, llega a las siguientes conclusiones:

- Con respecto a los ensayos de límites de atterberg la adición de ceniza de fondo de la ladrillera de Cerámicas Júpiter S.A.C al suelo arcilloso disminuye el índice de plasticidad dado que para el suelo arcilloso en su estado natural se obtuvo un IP de 20.30%, para la muestra con incidencia del 10% de ceniza de madera de fondo un IP de 14.90%, para la muestra con incidencia del 20% de ceniza de madera de fondo un IP de 14.90%, y para la muestra con incidencia del 30% de ceniza de madera de fondo un IP de 15.20%, siendo esta propiedad del suelo influyente para el comportamiento mecánico del suelo, mientras menor sea su valor es favorable para su uso como sub rasante mejorada de pavimento.
- Con respecto al ensayo de Proctor modificado La adición de ceniza de fondo de la ladrillera de Cerámicas Júpiter S.A.C al suelo arcilloso disminuye la humedad óptima del suelo arcilloso, dando como resultado una mayor densidad máxima seca, lo cual influyente para el comportamiento mecánico del suelo siendo es favorable para su uso como sub rasante mejorada de pavimento., dado que para el suelo arcilloso en su estado natural se obtuvo una M.D.S de 1.81 gr/cm³ con óptimo contenido de humedad de 17.10%, para la muestra con incidencia del 10% de ceniza de madera de fondo se obtuvo una M.D.S de 1.82 gr/cm³ con óptimo contenido de humedad de 16.10%, para la muestra con incidencia del 20% de ceniza de madera de fondo una M.D.S de 1.83 gr/cm³ con óptimo contenido de humedad de 15.00%, para la muestra con incidencia del 30% de ceniza de madera de fondo una M.D.S de 1.84 gr/cm³ con óptimo contenido de humedad de 13.8%
- Con respecto a la calidad del suelo se realizó el ensayo de CBR que demostró que la adición de ceniza de fondo de la ladrillera de Cerámicas Júpiter S.A.C al suelo arcilloso aumenta la calidad del suelo dado que se incrementa porcentaje de CBR, siendo esta una propiedad mecánica fundamental es favorable para su uso como sub rasante mejorada de pavimento, dado que para el suelo arcilloso en su estado natural se obtuvo un CBR de 4.2%, para la muestra con incidencia del 10% de ceniza de madera de fondo un CBR de 13.50%, para la muestra con incidencia del 20% de ceniza de madera de fondo un CBR de 29.10%, para la muestra con incidencia del 30% de ceniza de madera de fondo un CBR de 53.30%

La investigación es de tipo aplicada, nivel explicativo y tiene un diseño experimental. En esta investigación el objetivo fue determinar la estabilización del suelo arcilloso mediante la incidencia de la ceniza de madera de fondo en la subrasante de un pavimento, donde se ha realizado una combinación de 4 muestras

de suelos en estado natural con cenizas en diferentes proporciones (10%, 20% y 30%); se realizaron ensayos: análisis granulométrico, CBR, Proctor Modificado, Gravedad Específica y Plasticidad. Motivo por el que se toma como antecedente a esta investigación por presentar información de ensayos y los porcentajes distintos para el mismo tipo de suelo, lo cual es muy importante para el tema a desarrollar en la estabilización de suelos arcillosos con cenizas de carbón.

3.2 BASES TEORICAS

3.2.1 Cenizas de carbón

En la investigación de (Cubas Benavides & Falen Chavéz, 2016), se describe que: *Indica a las ceniza de carbón que se pueden fraccionar en cenizas de fondo, cenizas volates (definidas así por la norma ASTM) y combinados; las cenizas volante son residuos que se encuentran en el fondo de las calderas y poseen diámetros de partícula mayores a 0.075 mm (retenido malla N°200) característicos del carbón inquemado, este restante es más usado en estudios como material de relleno ya que no posee un alto potencial puzolánico; las cenizas de fondo son residuos que quedan atrapados en los filtros de las calderas y poseen diámetros menores a los 0.075 mm (pasante malla N° 200).*

3.2.2 Suelos Cohesivos

En el libro de (Crespo Villalaz, 2004), se describe que: Los suelos se pueden diferenciar por sus características y una de ellas es la cohesión, está dividiendo en suelos cohesivos y suelos sin cohesión. Los suelos cohesivos tienen una adherencia entre sus partículas como es el caso de las arcillas.

En base a los diferentes tipos de suelo, los suelos en mención (suelos cohesivos) tienen una peculiar singularidad que corresponde a la dimensión de sus componentes por ser menor a 0.075 mm, por ello se da que entre las partículas existe un enlace considerable, según el libro de (Bañón Blázquez & Beví García, 2000).

(Bañón Blázquez & Beví García, 2000), también, hace mención que dentro de los suelos cohesivos puede establecerse una subdivisión en dos grupos:

- Los limos – de origen físico – formados por partículas de grano muy fino (entre 0.02 y 0.002 mm) y

- Las arcillas, compuestas por un agregado de partículas microscópicas procedentes de la meteorización química de las rocas.

Hace mención que la diferencia entre estos dos grupos, son sus propiedades plásticas: mientras que los limos son arcillas finísimas de comportamiento inerte frente al agua, las arcillas – debido a la forma lajosa de sus granos y su reducido tamaño – acentúan los fenómenos de superficie, causa principal de su comportamiento plástico.

3.2.3 Suelos de fundación y/o subrasante

El suelo es el soporte de la estructura de pavimento y representa uno de los problemas más complejos de entender. El efecto del suelo influye en la definición del trazo y de las dimensiones de la estructura de pavimento, así como también los trabajos de mantenimiento que serán requeridos durante la vida útil del pavimento (Menéndez Acurio, 2012).

Además, (Menéndez Acurio, 2012) menciona que las propiedades del material de interés en el pavimento de diseño se pueden organizar en las siguientes categorías:

- Propiedades físicas: granulometría, límites de consistencia, densidad, contenido de agua
- Propiedades de rigidez: módulo resiliente, módulo de elasticidad, coeficiente de balasto, CBR.
- Propiedades hidráulicas y térmicas: los coeficientes de drenaje, permeabilidad, coeficiente de expansión térmica.
- Propiedades relacionadas con la deformabilidad: módulo de elasticidad, coeficiente de compresibilidad.

Por su parte (Cespedes Abanto, 2002), define a la subrasante como: es la parte superior del terreno de fundación que transmite esfuerzos al terreno natural bajo ella. Estos esfuerzos, a veces, producen deformaciones que se reflejan en el comportamiento estructural de la mencionada subrasante.

3.2.4 Ensayos de suelos

(Cespedes Abanto, 2002) en su libro titulado “Los pavimentos en las vías terrestres”, describe que:

Para la valoración de los suelos y por conveniencia de su aplicación, se consideran métodos de identificación de suelos que tienen propiedades similares y luego clasificarlos, teniendo en cuenta su origen, características físicas y su comportamiento en el campo.

En tal sentido, los ensayos de laboratorio se hacen para: la clasificación general de los suelos, el control de la construcción y determinar la resistencia del suelo.

Los ensayos generales se usan para identificar suelos que pueden ser descritos y clasificados adecuadamente y son:

- Ensayo del peso específico
- Análisis granulométrico
- Ensayo de la plasticidad

Los ensayos para la inspección o de control se usan para asegurar que los suelos se compactan adecuadamente durante la construcción, de modo que se cumplan las condiciones impuestas en el proyecto. Estos ensayos son:

- Ensayo del contenido de humedad
- Determinación del peso unitario o densidad
- Ensayo de compactación para el contenido óptimo de humedad

Los ensayos de resistencia se usan para determinar la capacidad de carga de los suelos y si son adecuados para su uso en la construcción y son los siguientes:

- Ensayo de California Bearing Ratio (CBR)
- Ensayo de compresión con muestra no confinada
- Ensayo de carga sobre una placa
- Ensayo de tráfico

3.2.5 Estabilización de Suelos

Según el libro de (Braja M., 2013), titulado “Fundamentos de Ingeniería Geotécnica” Cuarta Edición, lo define como: *El mejoramiento del suelo también es denominado estabilización del suelo por muchos ingenieros geotécnicos. Éste es un proceso de alteración de las propiedades de ingeniería de suelo in situ o tomado a un costo más bajo y con mejor control de calidad.*

Por su parte, el Ingeniero (Menéndez Acurio, 2012), en su libro “Ingeniería de Pavimentos”, define que estabilización de suelos es el mejoramiento de las propiedades físicas del suelo mediante procedimientos mecánicos o mediante incorporación de productos químicos, naturales o sintéticos. Además, hace mención que en subrasantes de baja capacidad de soporte se denomina estabilización y en base o sub base se denomina materiales tratados.

3.2.6 Tipos de Estabilización

En el mismo libro de (Braja M., 2013), en el capítulo 11 se menciona que: *Las técnicas de mejora del suelo se pueden colocar en dos categorías principales: (1) la estabilización química y (2) la estabilización mecánica.*

- **Estabilización Química**, implica la aplicación de aditivos químicos para mejorar el comportamiento de los suelos. Se utiliza para mejorar la manejabilidad del suelo, haciendo el material más fácil de usar como material de construcción. También se usa para reducir la plasticidad y el potencial de expansión-contracción.

Si las arcillas son dispersivas, se utiliza para flocular las partículas. Cuando las arcillas son difíciles de compactar, se pueden añadir productos químicos para dispersar ligeramente sus partículas y ayudar en el proceso.

- **Estabilización Mecánica**, implica metodologías que mejoran las propiedades de ingeniería de los suelos seleccionados sin la adición de agentes u otras energías de unión de partículas. En otras palabras, no hay efectos químicos o de unión incluidos en esta metodología. Comprende, entre otros, los siguientes:
 - ✓ Compactación
 - ✓ Vibroflotación
 - ✓ Voladura o blasting
 - ✓ Compactación dinámica
 - ✓ Precarga
 - ✓ Drenes de arena.

Por su parte, en el documento de (Fajardo Cuesta & Vásquez Jara, 2021), se menciona que: *La estabilización de suelos se puede realizar de forma química, física o ambas sobre un suelo, con el propósito de mejorar sus propiedades. La*

estabilización de suelos, tiene como finalidad procurar por medio de los agentes estabilizantes, mejorar las propiedades geotécnicas de los y lograr que este sea apto para el proceso constructivo.

En el libro de (Menéndez Acurio, 2012), la estabilización mecánica, consiste en mejorar las propiedades del suelo por densificación o por mezcla con otro material.

3.3 Bases Conceptuales

En el trabajo de investigación de (Cubas Benavides & Falen Chavéz, 2016), se presentan las definiciones a:

- **Cenizas de carbón:** Son materiales silíceos o aluminosilíceos que reaccionan químicamente con cal hidratada a temperatura ambiente y en presencia de humedad para formar un material resistente.
- **Estabilización de suelos:** La estabilización de suelos se puede realizar de forma química, física o ambas sobre un suelo, con el propósito de mejorar sus propiedades.

Por otro lado, el (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Manual de Carreteras: Suelos geología, Geotecnia y Pavimentos, 2014) describe como: Mejoramiento de las propiedades físicas de un suelo a través de procedimientos mecánicos e incorporación de productos químicos, naturales o sintéticos.

Así mismo, hace mención que la estabilización de suelos consiste en dotar a los mismos, de resistencia mecánica y permanencia de tales propiedades en el tiempo. Las técnicas son variadas y van desde la adición de otro suelo, a la incorporación de uno o más agentes estabilizantes. Cualquiera sea el mecanismo de estabilización, es seguido de un proceso de compactación.

Además, hace mención a diversas alternativas de estabilización como:

- ✓ Estabilización mecánica
- ✓ Reemplazo del suelo de cimentación
- ✓ Estabilización con productos o aditivos que mejoren las propiedades del suelo

- ✓ Estabilización con geosintéticos
 - ✓ Pedraplenes
 - ✓ Capas de arena, entre otros
- **Materiales Puzolánicos:** Las puzolanas son materiales silicios o silicios y aluminosos, los cuales por si solos tienen muy poco o ningún valor cementante, sin embargo, finamente divididas y ante la presencia de humedad, reaccionan químicamente con el hidróxido de calcio a la temperatura ambiente para formar compuestos que poseen propiedades cementantes

El (Instituto de la Construcción y Gerencia, 2011) en la Norma E.050, presenta la definición de:

- **Suelo Expansivo:** Suelos que al ser humedecidos sufren un asentamiento que pone en peligro a las estructuras cimentadas sobre ellos.

Por su parte (SENCICO, 2010), en la Norma C.010 Pavimentos Urbanos, presenta un glosario de términos de donde se obtiene los siguientes que serán empleados en esta investigación:

- **Agente Estabilizador:** Producto adicional diferente al suelo que se le añade con la finalidad de mejorar sus propiedades físico-mecánicas.
- **Capa de Sub-rasante:** Porción superior del terreno natural en corte o porción superior del relleno, de 20 cm de espesor compactado en vías locales y colectoras y de 30 cm de espesor compactado en vías arteriales y expresas.
- **Estabilización de suelos:** Proceso físico y/o mecánico por el que se mejoran las propiedades físico – mecánicas del suelo natural en corte o de los materiales de préstamo en relleno, con el objeto de hacerlos estables.
- **Muestra:** Es un segmento de una población seleccionado según la norma correspondiente o un procedimiento estadístico aceptado, para representar a toda la población.
- **Sub-rasante:** Es el nivel inferior del pavimento paralelo a la rasante
- **Vías urbanas:** Espacio destinado al tránsito de vehículos y/o personas que se encuentra dentro del límite urbano. Según la función que prestan se clasifican en
 - ❖ Vías expresas
 - ❖ Vías arteriales

- ❖ Vías colectoras
- ❖ Vías locales

En el manual del (Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2018), Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018, se hace mención a la clasificación de carreteras según demanda, donde una de las clasificaciones es Carretera de Tercera Clase, la cual describe de la siguiente manera:

- **Carretera de tercera clase (camino vecinal):** son carreteras con IMDA menores a 400 veh/día, con calzada de dos carriles de 3.00 m de ancho como mínimo. De manera excepcional estas vías podrán tener carriles hasta de 2.50 m, contando con el sustento técnico correspondiente.

Por su parte, la Dirección General de Caminos y Ferrocarriles del (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2018), describe que la red vecinal (caminos vecinales) también se denomina red rural, cuya conservación está a cargo de los gobiernos locales, provinciales y distritales.

El (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Manual de Carreteras: Suelos geología, Geotecnia y Pavimentos, 2014), describe que el ente encargado de jerarquizar las carreteras es el Sistema Nacional de Carreteras (SINAC), la cual tiene tres redes viales: Red Vial Nacional, Red Vial Departamental o Regional y Red Vial Vecinal.

El “Manual de ensayo de materiales” del (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016), se presentan las definiciones de los ensayos a realizar en el laboratorio

- **Sistema de clasificación de los suelos:** Es una agrupación de esto con características semejantes. El propósito es estimar en forma fácil las propiedades de un suelo por comparación con otros del mismo tipo, cuyas características se conocen.
- **Contenido de Humedad:** Es la relación, expresa como porcentaje, del peso del agua en una masa dada de suelo, al peso de las partículas sólidas.
- **Límite Líquido:** Es el contenido de humedad, expresado en porcentaje, para el cual el suelo se halla en el Límite entre los estados líquidos o plásticos.
- **Límite Plástico:** Es la humedad más baja con la que pueden formarse barritas de suelo de unos 3,2 mm (1/8) de diámetro, rodando dicho suelo entre la palma de la

mano y una superficie lisa (vidrio esmerilado), sin que dichas barritas se desmoronen.

- **Índice de Plasticidad:** Se define como la diferencia entre su límite líquido y su límite plástico.
- **Equivalente de arena:** Es una prueba de correlación rápida de campo. El propósito es indicar, bajo condiciones estándar, las proporciones relativas de suelos arcillosos o finos plásticos y polvo en suelos granulares y agregados finos que pasan el tamiz N°4 (4,75mm).
- **Proctor modificado:** Procedimiento de compactación usado en laboratorio, para determinar la relación entre el contenido de agua y peso unitario seco de los suelos.
- **CBR:** Procedimiento de ensayo para la determinación de un índice de resistencia de los suelos denominado valor de la relación de soporte, que es muy conocido como CBR (California Bearing Ratio).

Por su parte (Das, 2012) en su libro Fundamentos de Ingeniería de Cimentaciones presenta los siguientes conceptos;

- **Distribución Granulométrica**

En cualquier masa de suelo, los tamaños de los granos varían en gran medida. Para clasificar apropiadamente un suelo, se debe conocer su distribución granulométrica. La distribución granulométrica de un suelo de grano grueso se determina por lo general mediante un análisis granulométrico con mallas. Para un suelo de grano fino, la distribución granulométrica se puede obtener por medio del análisis del hidrómetro. (pág. 22)

Análisis granulométrico con mallas

Un análisis granulométrico con mallas se efectúa tomando una cantidad medida de suelo seco bien pulverizado y haciéndolo pasar a través de un apilo de mallas con aberturas cada vez más pequeñas que dispone de una charola en su parte inferior. Se mide la cantidad de suelo retenido en cada malla y se determina el porcentaje acumulado del suelo que pasa a través de cada una. A este porcentaje se le refiere por lo general como porcentaje de finos. (pág. 22)

Análisis hidrométrico

El análisis hidrométrico se basa en el principio de sedimentación de las partículas de un suelo en agua. Esta prueba comprende utilizar 50 gramos de suelo seco y pulverizado. Al suelo siempre se le agrega un agente defloculante. El agente defloculante más común empleado para el análisis hidrométrico es 125 cc de una solución al 4% de hexametáfosfato de sodio. Se deja que el suelo se sature con el agente defloculante durante al menos 16 horas. Después del periodo de saturación, se agrega agua destilada y se agita muy bien la mezcla de suelo y el agente defloculante. Luego la muestra se transfiere a un cilindro de vidrio de 1000 ml. Se agrega más agua destilada al cilindro hasta alcanzar la marca de 1000 ml y se vuelve a agitar muy bien la mezcla. Se coloca un hidrómetro en el cilindro para medir la gravedad específica de la suspensión suelo-agua en la vecindad del bulbo del instrumento (figura 1.2), por lo general durante un periodo de 24 horas. Los hidrómetros se calibran para mostrar la cantidad de suelo que aún está en suspensión en cualquier tiempo t dado. (pág. 24)

- **Límites de Atterberg**

Cuando un suelo arcilloso se mezcla con una cantidad excesiva de agua, puede fluir como un semilíquido. Si el suelo se seca gradualmente, se comportará como un material plástico, semisólido o sólido, dependiendo de su contenido de humedad. El contenido de humedad, en porcentaje, en el que el suelo cambia de un estado líquido a uno plástico se define como límite líquido (LL). De manera similar, el contenido de humedad, en porcentaje, en el que el suelo cambia de un estado plástico a uno semisólido y de un estado semisólido a uno sólido se definen como límite plástico (LP) y límite de contracción (LC), respectivamente. A estos límites se les refiere como límites de Atterberg.

- ✓ El límite líquido de un suelo se determina utilizando la copa de Casagrande (designación de prueba D-4318 de la ASTM) y se define como el contenido de humedad en el que se cierra una ranura de 12.7 mm mediante 25 golpes. (pág. 35)
- ✓ El límite plástico se define como el contenido de humedad en el que el suelo se agrieta al formar un rollito de 3.18 mm de diámetro (designación de prueba D-4318 de la ASTM). (pág. 35)

- ✓ La diferencia entre el límite líquido y el límite plástico de un suelo se define como el índice de plasticidad (IP). (pág. 36)

- **Proctor Modificada**

El suelo se compacta en un molde en varias capas con un pisón. El contenido de humedad del suelo, w , se cambia, y se determina el peso específico seco, y_d , de compactación para cada prueba. El peso específico seco máximo de compactación y el contenido de humedad óptimo se determinan trazando una gráfica de y_d contra w (%). (pág. 743)

Por su parte (Crespo Villalaz, 2004) en su libro Mecánica de Suelos y Cimentaciones presenta los siguientes conceptos;

- **Contenido de Humedad**

La humedad es la relación del peso del agua al peso de los sólidos en una determinada masa de suelo, expresada, generalmente, en porcentaje. (pág. 66)

El contenido de humedad se determina pesando una muestra representativa del suelo en su estado húmedo, secando luego dicha muestra a peso constante en un horno a una temperatura de 100 a 110°C y pesándola después. La diferencia entre el peso de la muestra antes y después de secada al horno representa el peso del agua que contenía la muestra. Este peso del agua expresado como porcentaje del peso seco de la muestra proporciona el contenido de humedad. El contenido de humedad del suelo puede variar desde cero cuando está perfectamente seco hasta un máximo determinado y variable cuando esta completamente saturado. (pág. 66)

- **Valor cementante o Valor relativo de soporte**

El valor cementante de un suelo depende de la forma y acomodo de las partículas del mismo, así como también de la rugosidad, plasticidad y otros fenómenos relacionados con la composición química del suelo. (pág. 117). El valor cementante es el promedio de la resistencia a la compresión sin confinar obtenida

en los tres especímenes, y se expresa en kg/cm². Si uno de los valores de resistencia discrepa mucho de los otros dos, se desecha para el cálculo. El valor obtenido por la prueba se compara con el que marcan las especificaciones. (pág. 118)

Por su parte (Menéndez Acurio, 2012) en su libro Ingeniería de pavimentos presenta los siguientes conceptos;

- **Equivalente de arena**

La prueba de equivalente de arena AASHTO T176 (ASTM D 2419) se utiliza para determinar las proporciones relativas de arcilla y polvo en los agregados finos. En esta prueba, una muestra de agregado fino se coloca en una probeta con una solución de floculante se agita en el agua y deja reposar. La presencia de una solución de floculante y la agitación en el recipiente hacen que el material arcilloso entre en suspensión por encima del agregado. Después de permitir que los componentes se asienten se miden la altura de arcilla en suspensión y la altura del agregado sedimentado. El valor equivalente de arena es la relación entre la arena de lectura y la lectura de la arcilla como un porcentaje. Un valor equivalente de arena bajo o alto contenido de arcilla, significa que hay “suciedad” en la superficie de los agregados. Esta “tierra” que puede reducir la adherencia del agregado con el asfalto o el mortero de cemento. (pág. 74)

CAPITULO IV

METODOLOGIA O MARCO METODOLOGICO

4.1 TIPO Y NIVEL DE INVESTIGACION

4.1.1 TIPO DE INVESTIGACION

Según el tipo de datos empleados, es Cuantitativa, porque se basa en el estudio y análisis de la realidad a través de diferentes procedimientos basados en la medición. Permite un mayor nivel de control e inferencia que otros tipos de investigación, siendo posible realizar experimentos y obtener explicaciones contrastadas a partir de hipótesis.

Además, también será Cualitativa, porque la obtención de datos también será no cuantificables, basados en la observación (estabilidad del suelo cohesivo de subrasante). La información será subjetiva y poco controlada y no permitirá una explicación clara del fenómeno.

Por la combinación del tipo de investigación (Cuantitativa y cualitativa) se define como un tipo Mixta, es más que la suma de las dos anteriores e implica su interacción y potenciación. En la ruta mixta se utiliza evidencia de datos numéricos, verbales, textuales, visuales, simbólicas y de otras clases para entender el problema.

4.1.2 NIVEL DE INVESTIGACION

Según lo descrito por (Hernández Sampieri & Mendoza Torres, 2018) , los alcances o el nivel de una investigación con enfoque cuantitativo son: Exploratorio, Descriptivo, Correlacional y Explicativo; esta investigación será:

- Descriptivo, porque definen y miden variables y las caracterizan, así como al fenómeno o planteamiento referido; también, cuantifican y muestran con precisión los ángulos o dimensiones de un fenómeno, problema, suceso, comunidad, contexto o situación.

Esta investigación a realizar será Aplicada, pues se buscará resolver un problema; además, que se buscará mecanismos o estrategias que permitan lograr un objetivo concreto (estabilización de la subrasante).

También, el nivel de investigación será Experimental, porque se analizará el efecto producido por la acción o manipulación de una o más variables independientes (ceniza de carbón) sobre una o varias dependientes (suelo cohesivo), la cual refleja una innovación tecnológica respecto a la estabilización de suelos mediante un producto de la industria de la fabricación de ladrillos industriales.

4.2 DISEÑO DE LA INVESTIGACION

(Hernández Sampieri & Mendoza Torres, 2018), describe que el diseño de investigación es el mapa operativo en la ruta cuantitativa. Representa el punto donde se conectan las fases conceptuales del proceso de recolección y el análisis de los datos.

Haciendo mención a los descrito por Roberto Hernández Sampieri, los tipos diseño cuantitativos son: Experimentales, No experimentales; en la investigación a realizar el diseño será:

- Experimental, porque se utilizará para establecer una relación entre la causa y el efecto de una situación. Es un diseño de investigación donde se observa el efecto causado por la variable independiente sobre la variable dependiente.

Con el diseño experimental, tendremos grupos de control y grupo experimental. Por lo que el diseño experimental, según la clásica tipología Campbell y Stanley, tendremos un Cuasiexperimentales.

Para el desarrollo de la investigación, como se ha descrito será Cuantitativo – Aplicada - Experimental, la cual se realizará siguiendo los siguientes pasos:

- a. Se realizará trabajo en campo en las rutas: Ruta UC - 610 Emp. PE-18C y Ruta UC - 604 Emp. UC-602, donde se extraerá muestras de suelos para su posterior análisis en el laboratorio. Según el (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Manual de Carreteras: Suelos geología, Geotecnia y Pavimentos, 2014), para vías

con un IMDA menor a 400, como las que se esta considerando en la investigación como vías vecinales, se tendrá un mínimo de 2 calicatas por km.

- b. Una vez extraídas las muestras por cada vía vecinal, se procederá a la realización de los ensayos en el laboratorio según lo descrito en las limitaciones y alcances, como en la operacionalización de las variables para el suelo natural y que el laboratorio cuente con equipos calibrados.
- c. Según las referencias y los antecedentes descritos en la presente investigación, se procederá a la realización de los ensayos en el laboratorio con las muestras extraídas de las vías vecinales consideradas como muestra, donde se analizará la muestra del suelo en estado natural, obteniendo sus propiedades físicas y propiedades mecánicas.
- d. Concluida los ensayos para el suelo en estado natural, se procederá a mezclar el suelo natural con porcentajes (3%, 5% y 7%) de cenizas de carbón en peso, respecto al total de la muestra a ser evaluada para proceder a realizar los ensayos para obtener sus valores de propiedades físicas y propiedades mecánicas, porque mediante estos porcentajes se han obtenido buenos resultados de estabilización mediante otras investigaciones en suelos arcillosos, a nivel nacional como en Amazonas, Cajamarca, a nivel internacional como Ecuador y Colombia.
- e. Con los resultados obtenidos de los ensayos realizados y con la disponibilidad de la herramienta Microsoft Excel se procederá a trasladar todos los resultados en sus formatos adecuados. Se desarrollará el análisis de varianza para el CBR obtenido de las muestras ensayadas, así mismo, se propone desarrollar la prueba de diferencia mínima significativa – comparaciones múltiples; para complementar se utilizarán gráficos en Excel para apreciar con mayor claridad las variaciones de las propiedades físicas y mecánicas
- f. Obtenidas los resultados del análisis, se definirá que intervención brinda mejores resultados, posterior se procederá a elaborar el informe final de la investigación para su presentación.
- g. Aprobada el informe final, se procederá a la sustentación del mismo.

El diseño se representa de la siguiente manera:

Tabla 3

Diseño de la investigación

Muestra	Condición experimental	Medición de evaluación
G1	X	O1
G2	X	O2
G3	(-)	O3
G4	(-)	O4

Nota. Cuadro para diseño de la investigación. Fuente: Elaboración Propia

G1 = Muestra de suelo 1 en estado natural.

X = Adición de la ceniza de carbón.

O1 = Evaluación si la adición de la ceniza de carbón estabiliza el suelo 1.

G2 = Muestra de suelo 2 en estado natural.

X = Adición de la ceniza de carbón.

O2 = Evaluación si la adición de la ceniza de carbón estabiliza el suelo 2.

G3 = Muestra de suelo 1 en estado natural.

O3 = Evaluación de las propiedades del suelo en estado natural 1.

G4 = Muestra de suelo 2 en estado natural.

O4 = Evaluación de las propiedades del suelo en estado natural 2.

4.3 DETERMINACION DEL UNIVERSO/ POBLACION

La población considerada en la investigación, será un muestreo no probabilístico, es decir a conveniencia y serán vías vecinales ubicadas dentro del Distrito de Yarinacocha, Provincia de Coronel Portillo, Ucayali-

Para el proyecto de investigación la población será:

- Vía vecinal ubicado en el km 10.50 margen izquierda de la C.F.B - Ruta UC - 610 Emp. PE-18C
- Vía vecinal ubicado en el km 19.0 margen derecha interior 10.0 km de la C.F.B – Ruta UC - 604 Emp. UC-602 (Nueva Primavera)

4.4 MUESTRA

El tipo de vía considerado en el presente estudio, será según la clasificación del (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, Manual de Carreteras: Suelos geología, Geotecnia y Pavimentos, 2014) y serán vías con un IMDA menores a 400 veh/día de una calzada de dos carriles, la cual se puede apreciar en el mismo manual en el Cuadro 4.1, donde se define el número mínimo de calicatas por kilómetro, y para nuestra investigación será 02 calicatas por cada Km.

Tomando la referencia descrita en el párrafo anterior se ha definido que, se realizaran dos (02) calicatas por cada vía (vía del caserío primavera y vía del caserío soledad), haciendo un total de 04 calicatas o muestras que serán estudiadas en el laboratorio de mecánica de suelos.

4.5 TECNICAS DE RECOLECCION Y TRATAMIENTO DE DATOS

4.5.1 Fuentes, técnicas e instrumentos

Estos trabajos serán medidos mediante gráficos e intervalos, descritos según los Manuales del Ministerio de Transporte de Comunicaciones y según el tipo de prueba o análisis. Como se hará manipulación de las variables, la recolección de datos será del tipo transversal, es decir una sola una vez.

Técnicas

Se empleará:

- La observación No estructurada; esta técnica se utilizará para poder definir el lugar del desarrollo de la presente investigación, en donde se podrá visualizar de manera directa los problemas que acontecen a dichas vías como: ahuellamientos, depresiones, etc. Esto en referencia al tipo de suelo en estudio a partir de sus características en campo. Se podrá emplear cámaras fotográficas y de video.
- El Análisis de documentos; los documentos que se utilizaran, desde el principio de la investigación para poder dar un sustento a la misma, en cuanto al manejo de los conceptos existentes, entre ellos se tiene los siguientes: Revisión de bibliografía.
- El Trabajo de campo; se procederá con la inspección mediante una visita a las vías consideradas en la población con la finalidad de poder visualizar el

daño presente, en este caso a partir de las vías afirmadas y no afirmadas, en consecuencia, se optó por nuestro tramo de investigación comprendido entre dos caminos vecinales debido a que dichas vías presentan características de deterioro y debido a que es una ruta principal a Asentamientos Humanos importantes, así como a caseríos.

Instrumentos

Estos trabajos serán medidos por los equipos de laboratorio, gráficos y tamices según el tipo de indicador para obtener las propiedades físico y propiedades mecánicas de la subrasante estabilizada y el suelo natural. Como se hará manipulación de las variables, la recolección de datos será del tipo transversal, es decir solo una vez.

a) Validación de los instrumentos

Laboratorio de Mecánica de Suelos reconocido dentro del ámbito.

b) Confiabilidad de los instrumentos

Cuenten con certificados de Calibración

4.5.2 Procesamiento y presentación de datos

El procedimiento para la recolección de datos, para al diseño de la investigación consta las etapas:

Paso 1: Se extraerán las muestras de suelo de (Ruta UC - 610 Emp. PE-18C y Ruta UC - 604 Emp. UC-602 (Nueva Primavera), para su posterior secado.

Paso 2: Recojo y tamizado por la malla N°4 de las cenizas de carbón proveniente de la industria ladrillera.

Paso 3: Determinación de las características físicas de las muestras de suelo en estado natural, tales como:

- Humedad natural (MTC E 108/ ASTM D2216)
- Análisis granulométrico por tamizado (MTC E 107/ ASTM-D422, C-117/ AASHTO T-27, T-88)

- Límites de consistencia (MTC E-110, 111/ ASTM D-4318 / AASHTO T-90, T-89)
 - Límite líquido.
 - Límite plástico.
 - Índice de plasticidad.
- Equivalente de arena

Paso 4: Determinación de las características mecánica de las muestras de suelo en estado natural, sin adición de cenizas y adicionando al suelo natural porcentajes de cenizas de carbón al 3%, 5% y 7% (en peso). Las características mecánicas se realizarán mediante ensayos de:

- Compactación Proctor Modificado (MTC E-115, E-116/ ASTM D-1557, D 698/ AASHTO T-180)
- California Bearing Ratio (MTC E-132/ ASTM D-1883/ AASHTO T-193)

Paso 5: Se realizará el procesamiento de los datos en gabinete que se recolectaran a partir de cada uno de los ensayos de laboratorio tanto para los suelos en estado natural, como para las muestras de suelo adicionadas cenizas de carbón.

Paso 6: Con el análisis de varianza y la prueba de diferencia mínima significativa se determinará el porcentaje de cenizas de carbón que tendrá un efecto significativo en el incremento de la capacidad de soporte para cada uno de los tipos de suelos estudiados.

CAPITULO V

ASPECTOS ADMINISTRATIVOS Y PRESUPUESTALES

5.1 POTENCIAL HUMANO

Asesor de la investigación: El asesor de tesis es la persona que guía al estudiante en el proceso del desarrollo de su investigación, es el que se responsabiliza académicamente de un estudiante en la formación de un proyecto específico de investigación

Laboratorio de Mecánica de Suelos: Es un área acondicionada para el estudio de las propiedades físicas y mecánicas del suelo, con maquinaria y equipo especializado para el ensaye y prueba de los materiales; la cual será empleada para obtener los resultados del material.

Ayudante de campo: Es el asistente que apoyará en la investigación a verificar y recolectar las muestras en campo para ser procesados, en su manipulación en el Laboratorio de Mecánica de Suelos.

5.2 RECURSOS MATERIALES

Los recursos materiales para la elaboración de la tesis de investigación estarán conformados por: útiles de escritorios y equipos varios como cámaras filmadoras, entre otros.

5.3 RECURSOS FINANCIEROS

Los recursos financieros serán propios para poder realizar el tema de investigación.

5.4 CRONOGRAMA DE GANTT

[illegible]

[illegible]

5.5 PRESUPUESTO

PRESUPUESTO					
ESTABILIZACIÓN DE SUELOS COHESIVOS CON CENIZAS DE CARBÓN EN SUBRASANTE DE VIAS VECINALES UBICADAS EN EL DISTRITO DE YARINACOA, PROVINCIA DE CORONEL PORTILLO, UCAYALI					
ITEM	RECURSO	UNIDAD	CANTIDAD	COSTO UNITARIO	COSTO PARCIAL
1.00	RECURSOS HUMANOS				1,000.00
1.01	Tesista	Meses	4	-	-
1.02	Ayudante de campo	Meses	2	500.00	1,000.00
2.00	RECURSOS MATERIALES				1,960.00
2.01	ÚTILES DE ESCRITORIO				1,660.00
2.01.01	Papel Bulki A-4	Millar	2	30.00	60.00
2.01.02	Papel Bond A-4	Millar	1	35.00	35.00
2.01.03	USB	Unidad	1	35.00	35.00
2.01.04	Impresiones	Hoja	300	0.80	240.00
2.01.05	Fotocopias	Hoja	600	0.40	240.00
2.01.06	Encuadernado	Unidad	3	350.00	1,050.00
2.02	EQUIPOS (alquiler)				300.00
2.02.01	Equipo de filmación	Mes	1	300.00	300.00
3.00	EQUIPOS DE CAMPO Y DE LABORATORIO				5,000.00
	Pruebas de Laboratorio	Glb.	1	5,000.00	5,000.00
4.00	SERVICIOS				1,000.00
	Movilidad	Glb.	1	1,000.00	1,000.00

5.00	IMPREVISTOS	Global	1	500.00	500.00
TOTAL					9,460.00

CAPITULO VI

REFERENCIAS

6.1 TESIS

- Apolinarez Tovar, A. E. (2018). *Estabilización de la Sub-Rasante con la incorporación de ceniza vegetal, Jauja*. Universidad Peruana Los Andes.
- Ariza Gómez, C. C., Rojas Novoa, C. Á., & Romero Fuentes, Y. (2016). *Evaluación de la capacidad de soporte (CBR) de un suelo exxpansivo con adición de ceniza volante*. Universidad la Gran Colombia.
- Brandan Calero, Y. A. (2020). *Aplicacion de ceniza de madera de fondo para estabilizar la subrasante en Avenida San Felipe con Universitaria, Comas 2020*. Lima: Universidad Cesar Vallejo.
- Camelo Rojas, A. S., & González Esposito, H. L. (2021). *Propiedades resilientes de subrasantes granulares estabilizados con ceniza volante para diseño de pavimentos flexibles*. Universidad Católica de Colombia.
- Cañar Tiviano, E. S. (2017). *Análisis comparativo de la resistencia al corte y estabilizacion de suelos arenosos finos y arcillosos combinados con ceniza de carbón*. Ambato - Ecuador: Univeridad Técnica de Ambato.
- Carbajal Peláez, G. I., & Arias Jaramillo, Y. P. (2015). *Valoración de las cenizas de carbón para la estabilización de suelos mediante activacion alcalina y uso en vías no pavimentadas*. Universidad de Medellin.
- Casas Garay, J. S. (2020). *Cenizas de carbón mineral para estabilizacion de suelos cohesivos en Subrasante*. Huancayo: Univerisdad Peruana los Anades.
- Castillo Parra, B. F. (2017). *Estabilización de Suelos Arcillosos de Macas con Valores de CBR menores al 5% y Límites Líquidos superiores al 100%, para utilizarlos como Subrasantes en Carreteras*. Cuenca: Universidad de Cuenca.
- Castro Sandoval, A., Melo Pabón, C. A., & Angulo Blanquicetz, G. (2019). Soluciones innovadoras para problemas de cimentación sobre suelos cohesivos altamente plásticos. *Sostenibilidad, Tecnología y Humanismo*, 10(1), 54-62. <https://doi.org/https://doi.org/10.25213/2216-1872.6>

- Cespedes Abanto, J. (2002). *Los pavimentos en las vías terrestres Calles, Carreteras y Aeropuertos* (Pimera ed., Vol. I). (UNC, Ed.) Cajamarca, Cajamarca, Perú: Editorial Universitaria de la UNC. Retrieved 7 de Marzo de 2022.
- Chilcon Chilcon, R., & Leon Polo, G. (2020). *Evaluación de estabilización de suelos arcillosos aplicando ceniza de carbón en la subrasante de la AV. Cuzco, Distrito de San Martin de Porres, 2020*. Lima: Universidad César Vallejo.
- Cubas Benavides, K., & Falen Chavéz, J. C. (2016). *Evaluacion de las cenizas de carbón para la estabilizacion de suelos mediante activación alcalina y aplicación en carreteras no pavimentadas*. Pimentel: Universidad Señor de Sipán.
- Flores Gongora, C. H., Caicedo Osorio, Z. K., Zarate Caballero, R., & Contreras Ortiz, B. A. (6 de Diciembre de 2008). Estabilización química de suelos expansivos de San José de Cúcuta (Colombia) usando cenizas volantes. (Dialnet, Ed.) *Fundación Dialnet*, 13(2), 19-31. Retrieved 07 de Marzo de 2022, from <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=5461214>
- García Huarancca, J. M. (2015). *Estabilización de suelos arcillosos con Cal aplicación a la carretera Tingo María - Pucallpa sector III : Neshuya - Pucallpa*. Lima: Universidad Nacional de Ingeniería.
- Gómez Cano, D. M. (2016). *Evaluación Técnica y Ambiental del proceso de almacenamiento de cenizas de carbón activadas alcalinamente para su uso como estabilizante de suelos*. Medellín: Universidad de Medellín.
- Goñas Labajos, O. (2019). *Estabilización de suelos con cenizas de carbón para uso como subrasante mejorada*. Chachapoyas: Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza de Amazonas.
- Longa Saavedra, K. i., & Sánchez Pozo, D. L. (2021). *Estabilización con cenizas de carbón para mejoramiento de subrasante del Asentamiento Humano, Ciudad del Niño, distrito de Castilla, Piura, 2021*. Universidad César Vallejo.
- López López, E. (2013). *Caracterizacion y emppleo de cenizas de fondo procedentes de central térmica en la estabilización y construcción de terraplenes y firmes de carreteras*. Universidad de Cantabria.
- Madhusanka, K., & Kulathilaka, S. (2015). Possible use of Paddy Husk Ash in Improvement of Engineering Characteristics of Peaty Clay. *ICGE Columbo*, 407-410.

- Perez Lopez, R. F. (2021). *Estabilización de suelos arcillosos aplicando ceniza de madera de fondo para uso como subrasante mejorada de pavimento, producto de ladrillera Cerámica Júpiter S.A.C. del Departamento de Ucayali*. Universidad Nacional de Ucayali.
- Quiroz Viera, D. (2019). *Aplicación de cenizas de carbón para mejorar la estabilidad de suelos arenosos, Mz. I Las Gardenias, Ancón, 2019*. Universidad César Vallejo.
- Ramírez Cruz, E. (2020). *Incorporación de la ceniza de Cabuya para mejorar las propiedades de Suelos Arcillosos, tramo de Yaramayo - San Pedro de Chaulán, Húanuco - 2020*. Universidad César Vallejo.
- Rodriguez Gomez, L. M., & Del Águila Nuñez, C. M. (2019). *Estabilizacion de suelos media te confinamiento celular con materiales reciclables en el pasaje Los Rosales San Juan Bautista-Maynas-Loreto*. San Juan Bautista: Universidad Científica del Perú.
- Vilca Salazar, D. R. (2020). *Estabilizacion de suelos con ceniza natural en los jirones Union y Primero de Mayo del distrito de Viques*. Universidad Peruana Los Andes.

6.2 LIBROS

- Bañón Blázquez, L., & Beví García, J. F. (2000). *Manual de carreteras. Volumen II: construcción y mantenimiento*. España: Ortiz e Hijos, Contratista de Obras, S.A.
- Braja M., D. (2013). *Fundamentos de Ingeniería Geotécnica*. México: CENGAGE learning.
- Céspedes Abanto, J. (2002). *Los pavimentos en las vías terrestres Calles, Carreteras y Aeropuertos* (Pimera ed., Vol. I). (UNC, Ed.) Cajamarca, Cajamarca, Perú: Editorial Universitaria de la UNC. Retrieved 7 de Marzo de 2022.
- Coronado Iturbe, I. (2002). *Manual Centroamericano para Diseño de Pavimentos*.
- Crespo Villalaz, C. (2004). *Mecánica de Suelos y Cimentaciones . Quinta Edición*. México: Editorial Limusa, S.A.
- Hernández Sampieri, D., & Mendoza Torres, D. P. (2018). *Metodología de la Investigación: Las Rutas Cuantitativa, Cualitativa y Mixta*. México: Mc Graw Hill.
- Hernández Sampieri, R., & Mendoza Torres, C. P. (2018). *Metodología de la investigación: Las rutas cuantitativas, cualitativas y mixta*. Mc Graw Hill Education.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, P. (2013). *Metodología de la Investigación*. México: McGraw-Hill.

- Instituto de la Construcción y Gerencia. (2011). Norma E.050 Suelos y Cimentaciones. En *Reglamento Nacional de Edificaciones* (Sexta ed., págs. 68-87). Lima, Perú.
- Menéndez Acurio, I. R. (2012). *Ingeniería de Pavimentos Materiales, Diseño y Construcción* (3ra Edición ed.). (I. d. Gerencia, Ed.) Lima, Lima, Perú: ICG. Retrieved 7 de Marzo de 2022.
- Ministerio de Transporte y Comunicaciones. (2018). *Manual de Carreteras: Diseño Geométrico DG-2018*.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2008). *Manual de Diseño de Carreteras No Pavimentadas*. Lima.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2014). *Manual de Carreteras: Suelos geología, Geotecnia y Pavimentos*. Lima.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2018). *Manual de Carreteras: Mantenimiento o Conservación Vial*.
- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2016). *Manual de Ensayo de Materiales*. Lima, Lima, Perú.
- SENCICO. (2010). *Norma CE.010 Pavimentos Urbanos* (Primera ed.). Lima, Lima, Perú.
- Sistema Nacional de Carreteras - SINAC. (2016). *Actualización del Clasificador de rutas - DS N° 011-2016-MTC*.
- Vizcardo Otero, T., & Trinidad Santos, L. (2014). *Agregados para la Construcción (Piedra y Arena)*. Lima.

6.3 ELECTRÓNICOS

- Fajardo Cuesta, H., & Vásquez Jara, M. (20 de Diciembre de 2021). *Prezi*. Prezi: https://prezi.com/rx_lkh1_gdpe/copy-of-estabilizacion-de-suelos/

ANEXOS
ANEXO 01. Matriz de consistencia

ESTABILIZACIÓN DE SUELOS COHESIVOS CON CENIZAS DE CARBÓN EN LA SUBRASANTE EN VÍAS VECINALES, UBICADAS EN EL DISTRITO DE YARINACOA, PROVINCIA DE CORONEL PORTILLO, UCAYALI						
PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	OBJETIVOS DEL ESTUDIO	HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN	VARIABLES DE ESTUDIO	DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLOGIA
<p>1. Problema General:</p> <p>¿Cómo influye la ceniza de carbón en la estabilización de suelos cohesivos en subrasante de vías vecinales en el Distrito de Yarinacocha, Provincia de Coronel Portillo, Ucayali?</p> <p>2. Problemas Específicos:</p> <p>1. ¿De qué manera influye la ceniza de carbón sobre las propiedades físicas de los suelos cohesivos en la estabilización de subrasante de vías vecinales en el Distrito de Yarinacocha, Provincia de Coronel Portillo, Ucayali?</p> <p>2. ¿De qué manera influye la ceniza de carbón sobre las propiedades mecánicas de los suelos cohesivos en estabilización de la subrasante de vías vecinales en el Distrito de Yarinacocha, Provincia de Coronel Portillo, Ucayali?</p>	<p>1.Objetivo general:</p> <p>Determinar la influencia de la ceniza de carbón en la estabilización de suelos cohesivos en la subrasante de vías vecinales en el Distrito de Yarinacocha, Provincia de Coronel Portillo, Ucayali.</p> <p>2.Objetivos específicos:</p> <p>1. Determinar la influencia de la ceniza de carbón en las propiedades físicas de los suelos cohesivos en la estabilización de los suelos de la subrasante de vías vecinales en el Distrito de Yarinacocha, Provincia de Coronel Portillo, Ucayali..</p> <p>2. Determinar la influencia de la ceniza de carbón sobre las propiedades mecánicas de los suelos cohesivos en la estabilización de los suelos de la subrasante de vías vecinales en el Distrito de Yarinacocha, Provincia de Coronel Portillo, Ucayali.</p>	<p>Hipótesis General:</p> <p>La ceniza de carbón mejora la estabilización de los suelos cohesivos en subrasantes de vías vecinales en el Distrito de Yarinacocha; Provincia de Coronel Portillo, Ucayali</p> <p>Hipótesis Específicos:</p> <p>1. La ceniza de carbón, afecta las propiedades físicas reduciendo el índice de plasticidad en la estabilización de suelos cohesivos en subrasante de vías vecinales ubicadas en el distrito de Yarinacocha, Provincia de Coronel Portillo, Ucayali.</p> <p>2. La ceniza de carbón, influye en las propiedades mecánicas incrementando la capacidad de soporte en la estabilización de suelos cohesivos en subrasante de vías vecinales ubicadas en el distrito de Yarinacocha, Provincia de Coronel Portillo, Ucayali.</p>	<p>Variable Independiente</p> <p>Cenizas de Carbón</p>	Porcentaje (%)	Ceniza de carbón al 3%	<p>Tipo de Investigación:</p> <ul style="list-style-type: none"> Cuantitativa Cualitativa Mixto <p>Nivel de Investigación:</p> <ul style="list-style-type: none"> Descriptivo Aplicativo Experimental <p>Diseño de Investigación:</p> <p>El diseño será Experimental</p> <p>Método:</p> <p>Inductivo – Deductivo</p> <p>Técnica</p> <ul style="list-style-type: none"> Observación No estructurada Análisis de documentos Trabajo de campo
					Ceniza de carbón al 5%	
					Ceniza de carbón al 7%	
				Propiedades Físicas	Análisis Granulométrico (gr)	
					Contenido de Humedad (%)	
					Límites de consistencia (%)	
					Equivalente de arena (%)	
			<p>Variable Dependiente</p> <p>Suelos Cohesivos</p>	Propiedades Mecánicas	Proctor modificado (gr/m3)	