



FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de INGENIERÍA CIVIL

“ANÁLISIS COMPARATIVO DE ESTABILIZACIÓN  
QUÍMICA TRADICIONAL Y NO TRADICIONAL  
EMPLEADAS PARA SUELOS CON FINES DE  
PAVIMENTACIÓN TRUJILLO 2022”

Tesis para optar el título profesional de:

INGENIERO CIVIL

**Autor:**

Victor Rogelio Montoro Budinich

**Asesor:**

Ing. Alberto Rubén Vásquez Díaz

<https://orcid.org/0000-0001-9018-5763>

Trujillo - Perú

2023

### JURADO EVALUADOR

Jurado 1 Presidente(a)	<b>German Sagastegui Vasquez</b>	<b>45373822</b>
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 2	<b>Cinthya Vanessa Alvarado Ruiz</b>	<b>7142783</b>
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 3	<b>Nixon Brayán Peche Melo</b>	<b>70615775</b>
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

## INFORME DE SIMILITUD



### Document information

Analyzed document	Tesis_VictorMontoro_RevAVD201022.docx (D146991673)
Submitted	2022-10-20 13:39:00
Submitted by	Alberto Vasquez
Submitter email	ruben.vasquez@upn.pe
Similarity	16%
Analysis address	ruben.vasquez.delnor@analysis.orkund.com

### Sources included in the report

<b>SA</b>	<p>Universidad Privada del Norte / TESIS GUEVARA ÑUÑUVERA.pdf            Document TESIS GUEVARA ÑUÑUVERA.pdf (D146535151)            Submitted by: german.sagastegui@upn.edu.pe            Receiver: german.sagastegui.delnor@analysis.orkund.com</p>	3
<b>SA</b>	<p>Universidad Privada del Norte / Informe Final de Taller de Tesis 2.docx            Document Informe Final de Taller de Tesis 2.docx (D112813760)            Submitted by: lizbeth.merma@upn.pe            Receiver: lizbeth.merma.delnor@analysis.orkund.com</p>	22
<b>SA</b>	<p>Universidad Privada del Norte / EF_MEDINA VALENCIA.docx            Document EF_MEDINA VALENCIA.docx (D121115689)            Submitted by: josualdo.villar@upn.edu.pe            Receiver: josualdo.villar.delnor@analysis.orkund.com</p>	6
<b>W</b>	<p>URL: <a href="http://repositorio.ucp.edu.pe/bitstream/handle/UCP/1713/FREDY%20ROLAND%20HIDALGO%20REATEGUI%20Y%20JOSE%20HIDALDO%20REATEGUI%20-%20TESIS.pdf?sequence=1&amp;isAllowed=y">http://repositorio.ucp.edu.pe/bitstream/handle/UCP/1713/FREDY%20ROLAND%20HIDALGO%20REATEGUI%20Y%20JOSE%20HIDALDO%20REATEGUI%20-%20TESIS.pdf?sequence=1&amp;isAllowed=y</a>            Fetched: 2022-07-05 00:31:32</p>	3
<b>SA</b>	<p>Universidad Privada del Norte / PALACIOS_VARAS_FINAL-TESES.docx            Document PALACIOS_VARAS_FINAL-TESES.docx (D110533286)            Submitted by: josualdo.villar@upn.edu.pe            Receiver: josualdo.villar.delnor@analysis.orkund.com</p>	3
<b>W</b>	<p>URL: <a href="https://library.co/document/zpd40lvz-estabilizacion-arcillosos-adicionando-cenizas-mejoramiento-subrasante-barraza-trujillo.html">https://library.co/document/zpd40lvz-estabilizacion-arcillosos-adicionando-cenizas-mejoramiento-subrasante-barraza-trujillo.html</a>            Fetched: 2021-07-16 21:53:09</p>	1
<b>SA</b>	<p>Universidad Privada del Norte / EF_Tesis 2_Ortiz Pacuri Franklin Bryan _ Baldeon Silva Jalexis.docx            Document EF_Tesis 2_Ortiz Pacuri Franklin Bryan _ Baldeon Silva Jalexis.docx (D119559816)            Submitted by: bryanop1999@gmail.com            Receiver: robert.carrasco.delnor@analysis.orkund.com</p>	3
<b>SA</b>	<p>Universidad Privada del Norte / TESIS 100%.pdf            Document TESIS 100%.pdf (D134859436)            Submitted by: german.sagastegui@upn.edu.pe            Receiver: german.sagastegui.delnor@analysis.orkund.com</p>	5
<b>SA</b>	<p>Universidad Privada del Norte / TESIS_KATERIN_JHONY CORREGIDO.pdf            Document TESIS_KATERIN_JHONY CORREGIDO.pdf (D119121447)            Submitted by: german.sagastegui@upn.edu.pe            Receiver: german.sagastegui.delnor@analysis.orkund.com</p>	10
<b>SA</b>	<p>INFORME FINAL DE TESIS-CARLOS ALBERTO BECERRA AGURTO y CALDERON BANDA-IC.pdf            Document INFORME FINAL DE TESIS-CARLOS ALBERTO BECERRA AGURTO y CALDERON BANDA-IC.pdf (D145054305)</p>	4
<b>SA</b>	<p>UNC_CIVIL_2022_T_LUIS_C QUIROZ CASTILLO.pdf            Document UNC_CIVIL_2022_T_LUIS_C QUIROZ CASTILLO.pdf (D132876840)</p>	6
<b>W</b>	<p>URL: <a href="https://core.ac.uk/download/pdf/520217454.pdf">https://core.ac.uk/download/pdf/520217454.pdf</a>            Fetched: 2022-10-07 22:05:49</p>	1
<b>SA</b>	<p>Universidad Privada del Norte / 03 TEJADA GARCIA JEFFERSON DARIO.docx            Document 03 TEJADA GARCIA JEFFERSON DARIO.docx (D141724976)            Submitted by: melving.rivera@upn.pe            Receiver: melving.rivera.delnor@analysis.orkund.com</p>	3
<b>SA</b>	<p>UCP_INGENIERIA CIVIL_2022_TRABAJO DE INVESTIGACION_SHARON MANUYAMA_ANDREWN NAJAR_V1.pdf            Document UCP_INGENIERIA CIVIL_2022_TRABAJO DE INVESTIGACION_SHARON MANUYAMA_ANDREWN NAJAR_V1.pdf (D141527720)</p>	5

<https://secure.orkund.com/view/140186148-738089-697092#/exported>

1/49

## **DEDICATORIA**

Este Trabajo de Investigación le dedico a Dios y a la Virgen del Fátima

por su fortaleza y darme ese empuje de fe para lograr mis objetivos.

A mis padres y en especial a mi mamá por su gran apoyo incondicional en

toda esta etapa de mi vida.

## **AGRADECIMIENTO**

Un agradecimiento a todas las personas que me han apoyado en la realización mi tesis.

## TABLA DE CONTENIDO

JURADO EVALUADOR	2
INFORME DE SIMILITUD	3
DEDICATORIA	4
AGRADECIMIENTO	5
TABLA DE CONTENIDO	6
ÍNDICE DE TABLAS	9
ÍNDICE DE FIGURAS	11
RESUMEN	14
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN	15
1.1. Realidad problemática	15
1.2. Formulación del problema	41
1.3. Objetivo General	41
1.4. Objetivos Específicos	41
1.5. Hipótesis General	41
1.6. Bases Teóricas	42
1.6.1. Suelo	42
1.6.2. Base Granular	46
1.6.3. Sub Base Granular	46
1.6.4. Sub Rasante	46

1.7.	Métodos de Estabilización de Suelos	48
1.7.1.	Estabilización de Suelos	48
1.7.2.	Estabilización Mecánica	49
1.7.3.	Estabilización Física	49
1.7.4.	Estabilización Química	49
1.7.5.	Estabilización de suelos con cemento tipo MH	50
1.7.6.	Estabilización de suelos con cal	50
1.7.7.	Estabilización con Cloruro de Sodio y Cloruro de Calcio	52
1.8.	Ensayos de Laboratorio	53
1.8.1.	Análisis Granulométrico	54
1.8.2.	Límite de Consistencia	54
1.8.3.	Limite de contracción	55
1.8.4.	Contenido de Humedad	55
1.8.5.	Proctor Modificado	56
1.8.6.	California Bearing Ratio (CBR)	56
CAPÍTULO II: METODOLOGÍA		57
2.1	Tipo de Investigación	57
2.2	Diseño de Investigación	57
2.3	Población y muestra (Materiales, instrumentos y métodos)	59
2.3.1	Operacionalización de la variable	59
2.3.2	Unidad de estudio	61
2.3.3	Población	61
2.3.4	Muestra	62
2.3.5	Grupo de Estudio	62
2.4	Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos	64
2.4.1	Técnica de recolección de datos	64

2.4.2	Instrumento de recolección y análisis de datos	65
2.5	Procedimiento	66
2.5.1	Recopilación de datos:	66
2.5.2	Aspectos Éticos :	67
CAPÍTULO III: RESULTADOS		68
3.1	Codificación de Investigaciones	68
3.2	Clasificación de Investigaciones por año	70
3.3	Tipo de Suelo que fue Aplicado la Estabilización Química Tradicional y No tradicional	71
3.4	Tipo de Estabilización Química	72
3.5	Resultado de Estabilización Química Tradicional y No Tradicional en un Suelo Arcilloso de Baja Plasticidad	75
3.6	Resultado de Estabilización Química Tradicional y No Tradicional en un Suelo Arcilloso de Alta Plasticidad	85
3.7	Resultado de Estabilización Química Tradicional y No Tradicional en un Suelo con Grava Limosa	93
3.8	Resultado de Estabilización Química Tradicional y No Tradicional en un Suelo Areno Limoso	100
CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES		105
REFERENCIAS		114
ANEXOS		123



## ÍNDICE DE TABLAS

Tabla N°1: Infraestructura vial existente del sistema nacional de carreteras, año 2018	42
Tabla N°2: Clasificación de los suelos – método aashto	44
Tabla N°3: Clasificación de suelos	45
Tabla N°4: Categoría de Subrasante acorde al CBR del Suelo	47
Tabla N°5: Rango de Cemento Requerido en Estabilización Suelo Cemento	50
Tabla N°6: Ensayos para determinar características Físicas de un Suelo	53
Tabla N°7: Ensayos y Normativa para las Características Mecánicas	53
Tabla N°8: Análisis Granulométrico	54
Tabla N°11: Codificación de los Documentos Utilizados en la Investigación	68
Tabla N°12: Tipo de Suelo Estabilizado	71
Tabla N°13: Tipo de Estabilización	72
Tabla N°14: Tipo de Estabilizador Químico Tradicional	73
Tabla N°15: Tipo de Estabilizador Químico no Tradicional	73
Tabla N°16: Análisis Comparativo de una Estabilización Química Tradicional y no Tradicional en un Suelo Arcilloso	75
Tabla N°17: Análisis de Resultados de un Suelo Arcilloso con Baja Plasticidad sin Estabilizar	76
Tabla N°18: Resultados de las Características Mecánicas que Presenta un Suelo Arcilloso de Baja Plasticidad Estabilizado	79

Tabla N°19: Análisis Comparativo de una Estabilización Química Tradicional y no Tradicional en un Suelo Arcilloso Alta Plasticidad	85
Tabla N°20: Análisis de resultados de suelo arcilloso de alta plasticidad sin estabilizar	85
Tabla N°21: Resultados de las características mecánicas que presenta un suelo arcilloso de alta plasticidad estabilizado	88
Tabla N°22: Análisis comparativo de una estabilización química tradicional y no tradicional en un suelo con grava limosa	93
Tabla N°23: Análisis de resultados de un suelo grava limosa sin estabilizar	93
Tabla N°24: Resultados de las características mecánicas que presenta un suelo con grava limosa estabilizado	96
Tabla N°25: Análisis comparativo de una estabilización química tradicional y no tradicional en un suelo con arenas limosas	100
Tabla N°26: Análisis de resultados de un suelo arenas limosas sin estabilizar	100
Tabla N°27: Resultados de las características mecánicas que presenta un suelo arena limosa estabilizado	102

## ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA N°1 Proceso de selección del tipo de estabilización	47
FIGURA N°2 Criterio de exclusión de las investigaciones	61
FIGURA N°3 Gráfico de investigaciones por año de publicación	64
FIGURA N°4 Cantidad de estudios según el tipo de suelo estabilizado	65
FIGURAN°5 Porcentaje de estabilización química tradicional y no tradicional	66
FIGURA N° 6 Porcentaje según el estabilizador químico tradicional utilizado en la investigación	68
FIGURA N° 7 Porcentaje según el estabilizador químico no tradicional utilizado en la investigación	68
FIGURA N° 8 Porcentaje de estabilización química tradicional y no tradicional en un suelo arcilloso de baja plasticidad	70
FIGURA N° 9 Resultado de los límites de consistencia de un suelo arcillo de baja plasticidad sin estabilizar	71
FIGURA N° 10 Resultados del optimo contenido de humedad y máxima densidad seca de un suelo arcilloso de baja plasticidad sin estabilizar.	72
FIGURA N° 11 Resultado de cbr al 0.1” y 0.2” en un suelo arcilloso de baja plasticidad sin estabilizar	72
FIGURA N° 12 Resultados de límite de consistencia en suelo sin estabilizar y estabilizado	75
FIGURA N°13 Resultado máxima densidad seca de un suelo estabilizado y no estabilizado	75

FIGURA N° 14 resultado del optimo contenido de humedad de un suelo sin estabilizar y estabilizado	76
FIGURA N° 15 Resultado del cbr 0.1” de un suelo estabilizado y no estabilizado	77
FIGURA N° 16 Resultado límites de consistencia de un suelo arcillo de alta plasticidad sin estabilizar	79
FIGURA N° 17 Resultados del optimo contenido de humedad y máxima densidad seca de un suelo arcilloso de alta plasticidad sin estabilizar.	79
FIGURA N° 18 Resultado de cbr al 0.1” y 0.2” en un suelo arcilloso de alta plasticidad sin estabilizar	80
FIGURA N° 20 Resultado del optimo contenido de humedad de un suelo de alta plasticidad sin estabilizar y estabilizado	83
FIGURA N° 19 Resultados de límite de consistencia en suelo de alta plasticidad sin estabilizar y estabilizado	83
FIGURA N° 22 Resultado del cbr 0.1” de un suelo de alta plasticidad estabilizado y no estabilizado	84
FIGURA N° 23 Resultado máxima densidad seca de un suelo de alta plasticidad estabilizado y no estabilizado	84
FIGURA N° 24 Resultado de los límites de consistencia de un suelo con grava limosa sin estabilizar	86
FIGURA N° 25 Resultados del optimo contenido de humedad y máxima densidad seca de un suelo grava limosa sin estabilizar	86

FIGURA N° 26 Resultado de cbr al 0.1” y 0.2” en un suelo grava limosa sin estabilizar	87
FIGURA N° 27 Resultado del optimo contenido de humedad de un suelo grava limosa sin estabilizar y estabilizado	89
FIGURA N° 28 Resultados de límite de consistencia en suelo grava limosa sin estabilizar y estabilizado	89
FIGURA N° 29 Resultado de la máxima densidad seca de un suelo grava limosa estabilizado y no estabilizado	90
FIGURA N° 30 Resultado del cbr 0.1” de un suelo con grava limosa estabilizado y no estabilizado	91
FIGURA N° 31 Resultado de los límites de consistencia de un suelo areno limoso sin estabilizar	93
FIGURA N° 32 Resultado de cbr al 0.1” y 0.2” en un suelo areno limoso sin estabilizar	93
FIGURA N° 33 Resultado de la máxima densidad seca de un suelo areno limoso estabilizado y no estabilizado	95
FIGURA N° 34 Resultado del optimo contenido de humedad de un suelo areno limoso sin estabilizar y estabilizado	95
FIGURA N° 35 Resultado del cbr 0.1” y cbr 0.2” de un suelo areno limoso estabilizado y no estabilizado	96

## RESUMEN

Esta investigación compara las estabilizaciones químicas tradicionales y no tradicionales para mejorar la capacidad portante y las características físicas y mecánicas del suelo con fines de pavimentación en Trujillo en 2022. Se utilizó un diseño descriptivo no experimental y se evaluaron 23 investigaciones que cumplen con los parámetros y características necesarias para la evaluación de una estabilización química.

El 35% de las estabilizaciones químicas evaluadas fueron tradicionales, utilizando agentes estabilizantes como el cemento Portland tipo I, la cal y el cloruro de calcio, mientras que el 65% restante fueron no tradicionales, utilizando cenizas, aditivos Proes, emulsión asfáltica y productos enzimáticos como agentes estabilizantes. Se compararon las estabilizaciones químicas en tres tipos de suelos: arcilloso, arenoso y un suelo con grava.

Los resultados mostraron que tanto las estabilizaciones químicas tradicionales como las no tradicionales mejoraron la capacidad portante del suelo y sus características físicas y mecánicas, en sus porcentajes óptimos de estabilizantes.

En conclusión, la combinación de agentes estabilizantes en una estabilización química no tradicional puede mejorar la subrasante de buena a excelente. Este estudio proporciona información para futuras investigaciones y la aplicación práctica en el campo de la ingeniería civil para la pavimentación de carreteras en Trujillo en 2022

**PALABRAS CLAVES:** Estabilización química, subrasante, CBR.

## CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad problemática

El crecimiento mundial, social y económico de un país se debe principalmente a sus vías de comunicación, ya que por ellas hay un comercio, el flujo de economía de una región crece, relaciones culturales, sociales y comerciales. Las carreteras como vías de comunicación nos ayudan a conectarnos entre ciudades. También nos ayuda a disminuir los tiempos para comunicarnos y para llegar a nuestros destinos de trabajo.

Actualmente encontramos una gran cantidad de caminos construidos por suelo natural, algunos presentan buenas características estructurales en suelo de fundación o sub rasante, pero también encontramos caminos que no presentan buenas características estructurales debido al entorno que están expuestos como un clima tropical, incremento de carga y falta de mantenimiento. La deformabilidad es el parámetro que suele afectar en mayor magnitud al terreno de fundación.

Tomando en cuenta diversos factores que afectan a los suelos con fines de pavimentación, desarrollamos una comparación de estabilizadores químicos tradicionales y no tradicionales. En los últimos años se han realizado diversos estudios de estabilización química no tradicional y tradicional, como método de mejora en sus propiedades físicas de un suelo.

Aliaga & Soriano (2019) realizaron una comparación del desempeño de las estabilizaciones con cemento portland y emulsión asfáltica en una base granular, la metodología que se utilizó fue experimental para evaluar su comportamiento físico del agregado que fue extraído de la cantera SEOING E.I.R.L y los ensayos fueron realizados en el laboratorio JCH S.A.C.

Para el diseño estructural utilizaron el método ASSTHO 1993 y el método NAASRA para vías de bajo volumen de tránsito, analizaron el material granular cumpliendo con los parámetros para una estabilización con cemento portland y emulsión asfáltica respetando las normas nacionales como internacionales. Los resultados del ensayo CBR obtienen mejor características en relación con el soporte de carga es el material granular estabilizado con cemento portland con 153,5 % con una dosificación del 5%, los resultados con material emulsión asfáltica 75,3% con una dosificación del 5,8%. El diseño de espesores se realizó con el método ASSTHO 1993 obteniendo 28 cm de espesor con el material estabilizado con cemento portland y 35 cm de espesor con material estabilizado de emulsión asfáltica y aplicando el método NAASRA se obtuvo un espesor de 30 cm. Respecto a los costos fueron elaborados en función a los espesores obtenidos, los resultados del Método AASTHO presenta los costos más altos utilizando emulsión asfáltica y sin estabilizante, sin embargo el menor costo se presenta con estabilización con cemento portland siendo una diferencia 1600 a 3000 soles por encima del método NASSRA y un ahorro 2600 soles en el caso del cemento portland por kilómetro.

Quezada (2017) hace una comparación y evalúa el uso de concha de pico de pato y concha de abanico triturada como estabilizador para suelos arcillosos para fines de pavimentación. El objetivo principal fue evaluar el efecto del uso de las valvas de molusco en la estabilización de suelos arcillosos para pavimentos. Presenta una investigación detallada sobre cómo las valvas de moluscos pueden ser utilizadas para mejorar la estabilidad de los suelos arcillosos en la construcción de pavimentos. La metodología utilizada fue un diseño experimental con muestras aleatorias simples, donde se realizaron ensayos físicos y mecánicos en el laboratorio para determinar las propiedades del suelo. Se utilizaron diferentes porcentajes de valvas y se compararon con muestras control sin valvas. Las conchas que se usaron en la investigación fueron extraídas de la provincia de Sechura, se



realizó 4 mezclas con proporciones variables (20%, 40%, 60% y 80%) para las dos especies, donde se evaluaron sus propiedades físicas y mecánicas mediante ensayos de laboratorio. La medida de trituración de las conchas y su granulometría influyen en el comportamiento del suelo estabilizado, el suelo natural tiene un CBR de 2%, usando una mezcla de proporción 40% concha de abanico más 60% arcilla se obtiene un CBR de 21% lo cual aumenta y mejora la calidad del suelo como sub rasante o sub base. En la concha de pico de pato este cambio se produce usando una mezcla de 60% concha de pico de pato más 40% de arcilla obteniendo un CBR del 15% mejora el suelo para ser usado como una sub rasante buena.

La investigación proporciona una alternativa económica y sostenible para mejorar la estabilidad del suelo arcilloso utilizado en pavimentación. Además, los resultados obtenidos pueden ser útiles para la industria de la construcción en la selección de materiales y diseño de mezclas para mejorar la calidad del pavimento.

Gutiérrez (2010) realizaron un estudio comparativo de la estabilización química de carreteras no pavimentadas en el Perú, con el objetivo de evaluar la eficacia del cloruro de calcio como agente estabilizador en vías de afirmado y comparar sus ventajas con respecto al cloruro de magnesio (bischofita). La metodología utilizada fue experimental y compuesta por tres etapas. En la primera, se caracterizaron los suelos a estabilizar mediante ensayos de contenido de humedad natural, límites de Atterberg, análisis granulométrico, ensayo de Proctor modificado y valor de soporte modificado. En la segunda, se determinó el contenido óptimo de cloruro de calcio y valor de soporte California Bearing Ratio (CBR), con la incorporación de diferentes porcentajes de cloruro de calcio. Finalmente, en la tercera etapa se evaluó el desempeño del cloruro de calcio como agente estabilizador mediante ensayos CBR. Los resultados indicaron que el cloruro de calcio se adapta mejor a las condiciones climáticas del Perú y presenta una mayor estabilidad que el cloruro de magnesio. Además, el cloruro de calcio resulta ser un producto más económico y con un menor impacto

ambiental. Se observó que el cloruro de magnesio es más higroscópico y podría ser una opción viable en regiones con climas secos. Asimismo, se encontró que el cloruro de magnesio requiere de un estricto control de calidad para obtener una sal en óptimas condiciones. La investigación proporciona una alternativa viable y económica para mejorar las condiciones mecánicas y reducir el polvo en las vías afirmadas. Esto puede tener un impacto significativo en la seguridad y comodidad de los usuarios de las vías, así como en la reducción de costos de mantenimiento y reparación. La información obtenida en el estudio es útil para la selección de materiales y diseño de mezclas para mejorar la calidad de las carreteras no pavimentadas.

Quispe (2019) en su investigación señalan el efecto que produce el cemento, cal, geo malla y principalmente la ceniza de madera como componente mejorador de un suelo arcilloso, el objetivo principal es analizar el comportamiento mecánico y experimental de la ceniza de madera como mejorador de suelos arcillosos en relación a las metodologías arcilla-cemento, arcilla-cal y uso de geomallas biaxiales. Se llevó una investigación experimental y numérica, con un diseño cuasi-experimental pretest-posttest (implica una medición de una variable antes y después de la aplicación del tratamiento) con grupo control. La muestra estuvo conformada por muestras de suelo arcilloso recolectadas en la zona de selva del Perú. La granulometría de las arcillas presentó un porcentaje de arena de 19,8% y un porcentaje de finos del 80,2%, mientras que la granulometría de la ceniza presentó un porcentaje de arena del 58,9% y un porcentaje de finos del 41,1%. Los límites de consistencia para las arcillas arrojaron un índice de plasticidad de 17,7, aunque no se realizó ensayo de plasticidad para la ceniza.

Se realizaron cuatro combinaciones de mezclas para el ensayo de Proctor modificado: arcilla, arcilla más cal, arcilla más cemento y arcilla más ceniza. Se observó que la mezcla de arcilla y ceniza presentó una densidad seca máxima menor de 1,77 gr/cm<sup>3</sup> en relación

con las otras mezclas, lo que significa menores cargas aplicadas al suelo. En los ensayos de compresión simple no confinado, la combinación arcilla-ceniza presentó un valor de resistencia al corte no drenado menor que la arcilla pura. Se observó que la mezcla arcilla-ceniza mostró un crecimiento en la resistencia al corte no drenado conforme pasaba el tiempo de cura, lo que sugiere que a más días de curación, esta mezcla podría alcanzar a la arcilla pura. El estudio demuestra que la ceniza de madera es una alternativa viable y efectiva para mejorar las propiedades mecánicas del suelo arcilloso.

Terrones (2018) en su investigación señalan la incorporación de ceniza de bagazo de caña de azúcar (CBCA) como aditivo para estabilización de un suelo arcilloso - limoso en la vía de acceso de Sector Barraza, tiene como objetivo principal evaluar cómo la adición de cenizas de bagazo de caña influye en la estabilización de los suelos arcillosos en las vías del sector Barraza, Trujillo. La metodología utilizada fue una investigación experimental, con un diseño cuasi-experimental y un muestreo no probabilístico por conveniencia. Se operacionalizaron las variables y se realizaron pruebas para determinar la resistencia a la compresión y el índice de soporte California (CBR) del suelo estabilizado con diferentes porcentajes de ceniza. Los resultados del contenido de humedad promedio de las muestras superan el 15% de humedad, este dato importa, ya que el contenido de agua y aire que presenta este suelo nos ayuda a entender su comportamiento. El índice de plasticidad promedio de la muestra de suelo está en un promedio de 13.98%, el cual es clasificado en Manuel de Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos del MTC como un rasgo principal de un suelo arcilloso de mediana plasticidad. El análisis granulométrico de la muestra se obtuvo que más del 50% de muestra de suelo pasa por la malla N200 mostrando que se trabajó en un suelo fino, para precisar mejor los resultados se realizó un ensayo de granulometría mediante el uso del hidrómetro donde se decidió que el suelo trabajado es un suelo arcilloso - limoso. La clasificación por el método AASTHO nos indica A-4 a A-7 tratándose de un

suelo arcilloso - limoso, predominando el suelo tipo A-6, la clasificación SUCS se obtuvo un suelo tipo CL y ML arcillas de baja plasticidad limosa. Según el informe el rango de los suelos se encuentra en Pobre - Muy Pobre haciendo como sub rasante sea malo o deficiente. Los resultados de gravedad específica del suelo se encuentran en el rango de 2.72 a 2.79 este valor permite realizar el cálculo de otros parámetros del suelo, como la densidad de sólidos del suelo. En el ensayo de Proctor Modificado se obtuvo como densidad seca máxima de  $1.987 \text{ g/cm}^3$  y la mínima de  $1.830 \text{ g/cm}^3$  mientras que el porcentaje de humedad óptimo la diferencia entre el mínimo y máximo es de 22.07%, la resistencia a la compresión simple no confinada se obtuvo valores que oscilan entre 13.76 kp y 13.96 kp estos resultados indican que el suelo no es bueno, ya que cuentan con consistencia muy blanda para sub rasante. Capacidad de CBR se realizó al 95% de la máxima densidad seca, para garantizar propiedades óptimas el resultado fue de 2.65% como mínimo y 3.05% como máximo lo cual indicia que el uso del suelo como sub rasante tiene una clasificación de sub rasante inadecuada. La evaluación de ceniza de bagazo de caña de azúcar se obtuvo mediante Difracción de rayos X clasificando la ceniza químicamente dentro de la clase C. (ASTM C-618). Obtenida la clasificación del suelo, mediante SUCS Y AASHTO se conoce que es un suelo arcilloso limoso, el cual el manual del MTC lo clasifica como sub rasante inadecuada. Se procedió adicionar ceniza de bagazo de caña de azúcar en diferentes proporciones de 5%, 10% y 15% con el fin de indicar cuál es el porcentaje óptimo. En el ensayo de compresión simple no confinada con una adición del 5% de CBCA presenta una máxima resistencia a la compresión que oscila entre 33.62 kPa y 33.84 kPa, con una adición del 10% de CBCA oscila 77.91 kPa y 80.11 kPa y con la adición del 15% de CBCA presenta una máxima resistencia a la compresión que oscila entre 150.56 Kpa y 151.23 Kpa, así se determina que el porcentaje óptimo es el 15% de CBCA para lograr una estabilización de sub rasante. Luego se realizó el ensayo de CBR con un porcentaje del 15% de CBCA aumentando de 1.888% a

22.5% CBR aumentando en más de 10 veces. La estabilización con ceniza de bagazo de caña de azúcar trae cambios favorables que hacen posible usar el material en sub rasante, mejorando el CBR promedio de 1.823% a obtener un CBR promedio 22.267%, los resultados de un estudio que evaluó las características de un suelo arcilloso-limoso utilizado como sub-rasante para la construcción de carreteras. Se realizaron pruebas de granulometría, límites de consistencia, densidad y resistencia a la compresión del suelo original. Los resultados indicaron que el suelo es de mediana plasticidad y se encuentra en la categoría de sub-rasante inadecuada. Además, se encontró que la adición de ceniza de bagazo de caña de azúcar al suelo en diferentes porcentajes mejoró su resistencia a la compresión y su capacidad de soporte (CBR). Los resultados de los ensayos indicaron que la adición del 15% de CBCA es la cantidad óptima para la estabilización de la sub-rasante, aumentando significativamente su CBR promedio. La estabilización con ceniza de bagazo de caña de azúcar puede mejorar la calidad del suelo. Esta técnica puede ser aplicada en otros sectores con suelos similares para mejorar la calidad del suelo y prolongar la vida útil de las estructuras viales construidas sobre ellos.

Bastidas (2018) se evaluó la estabilización de un suelo tipo caolín adicionándole como agente estabilizador ceniza volante y cal en los porcentajes de 2%, 4%, 6% y 8%, teniendo como apoyo el ensayo de proctor estándar, resistencia a la compresión, tracción. El ensayo de proctor estándar en un suelo tipo caolín otorgo como resultado que la densidad máxima 1.9 g/cm<sup>3</sup> y humedad óptima de 19.5%.

Sinche & Zevallos (2019) su investigación tiene un enfoque cuantitativo, evalúa la medida de influencia de las escamas de tereftalato de polietileno (flake PET) en un suelo areno-limoso del distrito de la Molina. Se realizó cuatro combinaciones 2.5% PET + 97.5% suelo se obtuvo la reducción en la humedad de 0.28%, 5% PET + 95% suelo se obtuvo la reducción en la humedad de 0.10%, 7.5% PET + 92.5% suelo se obtuvo la reducción en la

humedad de 80%, 10% PET + 90% suelo se obtuvo la reducción en la humedad de 1.38%. Los resultados respecto al índice de capacidad portante (y admisible) 2.5% PET + 97.5% suelo se obtuvo un aumento en la capacidad portante última de 1.46 kg/cm<sup>2</sup> y aumento su capacidad admisible de 0.37 kg/cm<sup>2</sup>, la combinación de 5% PET + 95% suelo se obtuvo un aumento en la capacidad portante del terreno de 0.21 kg/cm<sup>2</sup> y un aumento de la capacidad admisible de 0.05 kg/cm<sup>2</sup>, de la misma forma la combinación de 7.5% PET + 92.5% suelo obtuvo una disminución en la capacidad portante de 208 kg/cm<sup>2</sup> y la disminución en la capacidad admisible de 0.52 kg/cm<sup>2</sup>, la combinación de 10% PET + 90% suelo obtuvo una disminución en la capacidad portante de 3.59 kg/cm<sup>2</sup> y su disminución de la capacidad admisible de 0.90 kg/cm<sup>2</sup>. El resultado de peso específico de las combinaciones de 2.5% PET + 97.5% suelo obtuvo un peso de 1.940 gr/cm<sup>3</sup>, 5% PET + 95% suelo obtuvo un peso de 1.923 gr/cm<sup>3</sup>, 7.5% PET + 92.5% suelo obtuvo un peso de 1.906 gr/cm<sup>3</sup>, 10% PET + 90% suelo obtuvo un peso de 1.852 gr/cm<sup>3</sup>, conforme se le va añadiendo flake PET se va disminuyendo el peso específico esto se debe a que el material tiene una menor densidad a la del suelo, cabe emplear este método de adición en lugares donde hay escasez de material de relleno, aunque no incremente su comportamiento mecánico, resulta útil como material de reemplazo.

Sánchez (2014) su investigación se centró en el comportamiento de las propiedades físicas y mecánicas del suelo del sector Calcical del Cantón Tosagua, se clasificó el suelo mediante el método SUCS como un suelo CH un suelo con arcilla inorgánica de alta compresibilidad y por el método AASTHO en el grupo A-7-6 como arcillas plásticas que pueden presentar mayores cambios en su volumetría cuando absorben agua estos suelos por su alta capilaridad se consideran como suelos pésimos o irregulares para sub-base, malo a pésimo para base y regular a bueno para suelos de fundación. Los resultados de sus límites de consistencia, contenido de arcilla, contenido mineralógico, índice de hinchamiento libre

y presión de hinchamiento el suelo fue clasificado como un potencial de expansión alto a través de los ensayos de granulometría por hidrómetro. Empleando la cal viva como estabilizador se logró reducir el hinchamiento del suelo, con 3% de cal viva se disminuyó el 20%, con 5% de cal viva se disminuyó en 40% y con el 7% de cal viva se disminuyó el hinchamiento en 57% por medio del uso de la cal como estabilizante se logró reducir el hinchamiento potencial de alto a medio con 3% y 5%, y se alcanzó un hinchamiento bajo con el 7% de cal. Con la estabilización de cemento al 3% se redujo el porcentaje de hinchamiento en 57% de alto a medio, con 5% de adición de cemento el hinchamiento se redujo en 74% de alto a bajo y con 7% se redujo el hinchamiento en un 87% de alto a muy bajo. Estos resultados son exclusivos para suelos pertenecientes al sector calcical del cantón Tosagua de la provincia de Manabí en Ecuador.

Morales (2015) en su investigación evalúan las cenizas de carbón provenientes de ladrilleras lambayecanas como estabilizante de suelos y analizar los efectos logrados con los ensayos, arcillosos y arenilla en proporciones del 7%, 14%, 21%. La metodología utilizada fue un tipo de investigación experimental con diseño pre-experimental, donde se realizaron calicatas para obtener muestras de suelo que fueron examinadas en laboratorio. Determinan el comportamiento mecánico de las cenizas de carbón y su capacidad de soporte de carga mediante los ensayos de resistencia a la compresión no confinada (UCS) y su máxima densidad seca y humedad óptima mediante el ensayo Proctor modificado. Como resultado del ensayo de Proctor modificado en suelos tipo urrao la adición de cenizas de carbón superior al 7% disminuye la humedad óptima y la densidad máxima, adicionando cenizas de carbón al 21% la densidad máxima sufrió un descenso del 3.4% respecto al suelo patrón y la humedad óptima se redujo en 5%. En suelos tipo arcilla la adición de cenizas de carbón en 21% disminuyó en 11.70% respecto al suelo patrón y la humedad óptima aumentó en 4.3%, adicionando cenizas de carbón al 7% y 14% presentaron los mismos valores con una

disminución de la densidad máxima del 7.45% y un aumento de la humedad óptima en 2.5% respecto a la muestra patrón. En suelos tipo arenilla con la adición del 21% de cenizas de carbón respecto a la muestra patrón aumento en 5.5 en humedad óptima y disminuyo en 11.5% densidad máxima, respecto al porcentaje de 14% cenizas de carbón disminuyo en 4% su densidad máxima y aumento en 1% su humedad óptima. Los resultados de los ensayos de resistencia a la compresión no confinada (UCS) revelaron que en un suelo tipo Urao al incorporando NaOH como agente activador reduce su resistencia a la compresión, en los suelos tipo Arenilla sin adición de cenizas de carbón a temperaturas entre los 40 y 50 grados centígrados incorporando NaOH como agente activador aumentó su resistencia en 257% pero en temperaturas entre 20 y 30 grados centígrados se redujo en un 62% diagnostica que solo se debe usar NaOH en arenillas en condiciones de humedad superior a 95% dentro de 40 y 50 grados centígrados, el uso de NaOH en la arcilla sin adición de cenizas de carbón no presento ningún cambio en los ensayos de resistencia, la investigación demuestra que la utilización de cenizas de carbón como estabilizante de suelos en carreteras no pavimentadas mediante activación alcalina puede mejorar significativamente la estabilidad del suelo..

Otiniano (2020) la investigación realizo estabilización de suelos con cemento en la ruta Ruta LI-877. El diseño de la investigación no experimental, descriptivo transversal y se recolectaron datos mediante análisis documental y guía de observación. La población y muestra fueron la Ruta LI-877. Según la clasificación ASHTO y SUCS se obtuvieron dos grupos OL-A-6 y CL-A-7 / A-7-6 según la variedad del suelo se usó los porcentajes de cemento dentro del 8%, 10%, 12%. Los resultados de índice de plasticidad muestran un índice máximo de 25.6 y un mínimo de 21.06, el contenido humedad máximo es de 10.92 y un mínimo de 6.24, el ensayo de Proctor modificado del suelo natural es de 1.3% el máximo y el mínimo de 1.28, adicionando cemento en un 8% el resultado de CBR al 100% nos da 50.27, adicionando cemento en un 10% el resultado de CBR al 100% nos da 63.1,



adicionando cemento en un 12% el resultado de CBR al 100% nos da 79.25. La estabilización del suelo con cemento mejora las características propias del suelo, aumentando así su resistencia y durabilidad, lo que contribuye al crecimiento y desarrollo socio-económico de la comunidad campesina La Victoria.

Gamarra & Vilcamiche (2019) su investigación se centra en analizar el mejoramiento y estabilización de la subrasante de los suelos arcillosos mediante el uso de la cal con el cemento, aplicado en el tramo del camino vecinal San José- Chichizu del distrito de San Luis de Shuaro, Región Junín. La metodología utilizada es de enfoque cuantitativo y diseño experimental. El enfoque cuantitativo se basa en técnicas y métodos de medición tanto en la recopilación de datos como en su análisis para poder determinar o responder a las hipótesis propuestas en la investigación. Sus muestras fueron extraídas de un tramo de un kilómetro las cuales fueron sometidas a ensayos de granulometría, límite plástico e índice de plasticidad y Proctor modificado. De acuerdo con los resultados granulométricos según SUCS ha sido clasificado como tipo de suelo CH, es decir altamente plástico, se clasifica en el grupo A-7-6 (21) según AASHTO que corresponden a arcillas plásticas. Se realizaron ensayos sin adición de estabilizante y con la adición de estabilizante se usó tres porcentajes diferentes (7% de cal con 10% cemento, 7% cal con 13% cemento y 7% cal con 16% de cemento). El resultado de índice de plasticidad del suelo sin adición de aditivos es de 28.2% y con los porcentajes de cal y cemento se logra reducir su índice de plasticidad a 13.8%, 12% y 11.1%. El valor de la calicata más desfavorable es de 2.7% y se incrementa en 15.4%, 21.6% y 25.1% al adicionar cal y cemento en los 3 diferentes porcentajes. Los ensayos de humedad muestran un óptimo contenido de humedad promedio de 16.43%, 17.23% y 17.53%. La aplicación de cal con cemento mejora significativamente las propiedades mecánicas del suelo arcilloso, lo que permite una mayor resistencia a las cargas vehiculares y una mayor durabilidad del camino vecinal.

Apaza (2021) según Herlinda Surco en su tesis “Evaluación Geológica, Geotécnica para el uso de Cemento Portland en el Mejoramiento y Conservación del Corredor Vial Putina – dv anenea tramo iii, km 97+00 al KM 107+000” evalúa la influencia del cemento Portland Tipo I en la estabilización de suelo para la construcción vial, Se utilizó una metodología con un enfoque cuantitativo, descriptivo y analítico para estudiar las características geológicas de las formaciones litológicas y geotécnicas in situ, así como las propiedades físico-mecánicas del suelo. Se llevaron a cabo ensayos de laboratorio y se analizaron e interpretaron los datos obtenidos mediante técnicas y procedimientos ya establecidos. Los ensayos realizados incluyeron CHO, granulometría, LL, LP, proctor modificado y CBR. Se realizó ensayos de contenido de humedad, análisis granulométricos, límite líquido, límite plástico, Proctor modificado y CBR mediante los ensayos determina que el tipo de suelo a estabilizar es cohesivo (suelo limo arcilloso) este tipo de suelo no es apropiado para conformar la estructura vial, los resultados de los ensayos de CBR dieron un 28% y 30% según las fichas técnicas este material no califica, para que el material califique como base debe superar el 65% el valor de CBR. Se realizaron ensayos con cemento Portland de tipo I como aditivo estabilizador del 2% de su peso seco de muestra incrementando su resistencia a la comprensión simple con promedios de 100% y 102% obteniéndose resultados superiores, se obtuvo su índice de plasticidad entre los rangos de 6.6% y 7.7% pasando a resultados óptimos según los parámetros EG-2013 y una humedad óptima de 6.392% y una máxima densidad seca de 2.174%. El suelo mejora sus propiedades en beneficio a la estabilización.

Juliaca (2015) el uso de cemento como estabilizador de un suelo para infraestructura vial, la metodología utilizada fue de tipo experimental, con un diseño preexperimental y un grupo único. Usando cemento en las proporciones de 3%, 5% y 7% para determinar algunas propiedades de suelo cemento como resistencia a la comprensión, módulo de elasticidad

dinámico y el coeficiente de capa. El suelo es de tipo CL (arcillas limosas) con un 5% de cemento el CBR aumento en un 15%, en tipo de suelo SM (arenas limosas) con 5% de cemento el CBR aumentó a 24% por lo que se produce un aumento de resistencia, cerrando el óptimo contenido de cemento para bases es de 7% en relación con el peso de la mezcla alcanzando un CBR de 69% siendo aceptable para los estándares de la norma EG-2000. Esta investigación es proporcionar información valiosa para la construcción de pavimentos flexibles estabilizados con cemento en zonas similares a Juliaca.

Yupanqui & Alcántara (2019) en su investigación evaluaron las propiedades físicas y mecánicas de un suelo natural en la Sub-base Granular de la vía afirmada en alto Trujillo, la investigación fue mejorar las propiedades físico-mecánicas del material afirmado y definir sus ventajas para su empleo en el centro poblado. La metodología utilizada fue de tipo experimental, con un diseño preexperimental de grupo único. Se realizaron estudios básicos de ingeniería como granulometría, límites de Atterberg, contenido de humedad, dos Proctor modificado y dos CBR. Se realizó un análisis comparativo de CBR con diferentes porcentajes de cemento portland tipo I y cal hidratada, hicieron una comparación mediante los ensayos de CBR y Proctor Modificado para determinar la cantidad óptima de cemento portland y cal hidratada. Los resultados de los ensayos de granulometría mostraron Grava en un 23.21%, Arena en un 34.31% y finos en 13.75% los cuales son óptimos resultados para base granular. Módulo de finura para suelo es de 4.10 y módulo de finura del agregado es de 3.18. El resultado de límite líquido es de 26.2%, índice de plasticidad de 5.9% y el valor de su CBR al 95% es de 37% no cumple con los estándares para conformar una base granular. Se aplicó la mezcla de cemento portland y cal hidratada en la relación de 30% cemento portland tipo I, 70% de cal hidratada por cada 20 M<sup>2</sup> una bolsa de cemento. Los resultados del ensayo Proctor Modificado una vez aplicada la mezcla de cal hidratada y cemento portland arrojaron como densidad máxima seca 2.223g/cm<sup>3</sup> y contenido de

humedad 7.07%, el ensayo de CBR al 95% de su densidad máxima seca arrojó 66.55% y al 100% de su densidad máxima seca un 82.80%. En conclusión, al aplicar la mezcla de cal hidratada más cemento portland se obtuvo unas mejoras en las características físicas y mecánicas iniciales del suelo aumentando en un 29.5% la capacidad de soporte del suelo. La investigación es una técnica efectiva y económica para mejorar las condiciones de las vías afirmadas en zonas rurales.

Hidalgo (2016) su investigación tiene como objetivo definir los procesos de estabilización de suelos con enzimas y suelo-cemento, aplicado aún suelo arcilloso de una subrasante. La metodología utilizada fue la investigación experimental, con un diseño cuasi-experimental. Se obtuvieron muestras de Barrio la Merced, Barrio el Chofer de la ciudad de Puyo, ambas muestras de suelo presentan un alto grado de plasticidad la muestra del Barrio de la Merced su índice de plasticidad es de 6.33% y la del Barrio el Chofer es de 19.33% son suelos pocos resistentes. Se utilizó enzimas orgánicas disminuyendo ligeramente su índice de plasticidad del 6.33% al 5.33% y 19.33% al 15.63% con la adición del cemento Portland en las proporciones del 5% se logró disminuir del 6.33% al 5.49% y 19.33% al 16.97%, adicionando el 10% de cemento Portland se disminuyó del 6.33% al 4.43% y del 19.33% al 14.52% mejorando ligeramente su índice de plasticidad en los suelos del Barrio de la Merced y el Barrio el Chofer. Se realizó el ensayo de soporte de carga CBR la muestra de suelo del Barrio de la Merced arrojó un 3.81% y la muestra del Barrio el Chofer un 2.05% son suelo con baja resistencia, adicionando enzimas mejoró de un 3.81% a 9.2%, de 2.05% a 4.82%, adicionando un 5% de cemento Portland paso de 3.81% a 6.86%, de 2.05% a 5.37%, adicionando un 10% paso de 3.81% a 6.94% y de 2.05 a 7.65%. Mostró una mejora en su capacidad de soporte la aplicación de estos dos sistemas de estabilización en campo, se puede optar por la estabilización de enzima por su impacto ecológico o por la

estabilización con cemento Portland por el costo y la facilidad que se encuentra en el mercado.

Perú, Mamani Barriga & Yataco Quispe (2017) Las cenizas producto de la combustión de madera proveniente de ladrilleras artesanales, en su mayoría es desechada sin saber los daños que pueden ocasionar al medio ambiente. Una forma de aprovecharlos es utilizándolo como estabilizador de suelos arcillosos, mejorando sus propiedades mecánicas y físicas, producto de la mezcla arcilla – ceniza.

Gálvez (2017) su investigación fue evaluar el efecto del aditivo Terrazyme en la estabilización de suelos arcillosos de la subrasante en la zona sur este de expansión de la ciudad de Cajamarca-Huacariz. La metodología utilizada fue un diseño experimental, con una muestra representativa de suelos arcillosos y la aplicación del aditivo Terrazyme. Se realizaron siete excavaciones para la extracción de muestra donde predominan arcillas inorgánicas de plasticidad baja a media, arcillas arenosas, arcillas limosas, arcillas magras de color marrón claro su clasificación SUCS es (CL) equivalente a la clasificación AASHTO A-6(13), A-6(10), A-7-6(7), A-7-6(14), A-6(9) son suelos impermeables con resistencia a la tubificación, alta resistencia al cortante media. Se colocó una proporción de terrazyme de 10, 20, 30, 40 y 60 ml/m<sup>3</sup> para encontrar el porcentaje óptimo de terrazyme para mejorar la subrasante. La muestra patrón encontró una variación al 95% de un CBR entre 3.54% a 4.30%, al 100% un CBR entre 5.60% y 6.70% un límite plástico entre 15.25% a 18.50% y un contenido óptimo de humedad entre 18.07% a 21.37% son arcillas de alta plasticidad. La adición del aditivo terrazyme en sus diferentes porcentajes se observó un aumento del 13% en la primera calicata, 12% en la calicata 5, 15% en la calicata 6, un 19% en la calicata 7. Se demostró que el uso del aditivo Terrazyme puede mejorar significativamente las propiedades mecánicas y geotécnicas de los suelos arcillosos, lo que puede tener un impacto positivo en la construcción de edificaciones en zonas similares a Cajamarca.

Plaza (2013) según su investigación muestra las ventajas de estabilizar un suelo cuyas propiedades mecánicas y físicas sean insuficientes. Su objetivo fue determinar cuáles son los tipos de estabilizadores que mejoran las propiedades físicas y mecánicas de los suelos. La metodología utilizada investigación no experimental, con un enfoque cuantitativo y descriptivo. El tipo de suelo que se analizó fue A-4 su CBR fue de 9.5% lo cual indica que es un suelo deficiente, la estabilización con enzimas mejora la sub-rasante aumentando de un 9.5% a 15.8% su CBR, el porcentaje de enzimas óptimo para estabilizar el suelo es de 1 litro cada 30 m<sup>3</sup>, este tipo de estabilización genera menores costos. Los resultados de esta investigación no pueden optarse a suelos similares o pertenecientes al mismo grupo de clasificación, deben realizarse los ensayos de laboratorio correspondientes a cada tipo de muestra que se va a realizar.

Estrada & Pintado (2019) su investigación se basó en suelos arcillosos que presentan un alto grado de plasticidad y bajo índice de CBR, el objetivo fue determinar la capacidad portante del suelo, la investigación fue de diseño experimental, su clasificación (SUCS) dio como resultado un suelo CL que es una arcilla de baja a mediana plasticidad según AASTHO se obtuvo un tipo de suelo A-6(7) un tipo de suelo inestable, con tendencia a cambios volumétricos y asentamientos pudiendo afectar cualquier tipo de estructura que se quiera establecer en dicho suelo. El propósito fue comparar el suelo natural incorporando diversos porcentajes de estabilizadores como cal hidratada al 2%, 4% y 6%, cemento Portland tipo I al 2%, 4% y 6% y cloruro de sodio al 4%, 8% y 12%. La máxima densidad seca del suelo natural fue de 2.30 gr/cm<sup>3</sup>, añadiendo cal hidratada 2%, 4% y 6% se obtuvieron los resultados de 2.29 gr/cm<sup>3</sup>, 2.39 gr/cm<sup>3</sup> y 2.17 gr/cm<sup>3</sup>, incorporando cloruro de sodio en 4%, 8% y 12% los resultados fueron de 2.39 gr/cm<sup>3</sup>, 2.33 gr/cm<sup>3</sup> y 2.30 gr/cm<sup>3</sup>, incorporando cemento Portland tipo I en 4%, 6% y 8% los resultados fueron de 2.32 gr/cm<sup>3</sup>, 2.34 gr/cm<sup>3</sup> y 2.35 gr/cm<sup>3</sup> los valores son muy próximos a la muestra patrón. Incorporando 4% y 6% de

cal hidratada el CBR aumenta el índice de CBR de 4.6% respecto a la muestra patrón a 11.15% y 10.50% respectivamente. Estos valores representan el 242% y 228% del valor obtenido en la muestra patrón. El estudio puede ser útil para futuros proyectos en la zona.

Tiviano (2017) su investigación tuvo como objetivo comparar la estabilización de dos tipos de suelos con cenizas de carbón una muestra de suelo es de Santa Rosa – Abanto, según la clasificación SUCS es un tipo de suelo SM (arena limosa) y la segunda muestra de suelo es de Puyo - Pastaza es un tipo de suelo CH (arcillas de alta plasticidad). Fue una investigación experimental con un diseño cuasi experimental. El análisis comparativo de CBR en un tipo de suelo SM tuvo como resultado, suelo natural 15.30% de CBR e incorporando un 20% de ceniza de carbón el resultado del CBR es de 18.70%, con el 23% de ceniza fue de 19% y con el 25% de ceniza resulto en un 19.60% el uso de ceniza mejoro la resistencia del suelo en un 4% con un 25% de ceniza como estabilizante para suelos arenosos finos. Para un suelo de tipo de arcillas de alta plasticidad o CH su CBR fue de 9.3% sin adición de cenizas de carbón, adicionando cenizas de carbón en un 20% su CBR fue de 9.9%, adicionando un 23% de ceniza de carbón su CBR fue de 10.10% y adicionando un 25% de ceniza de carbón su CBR fue de 10.90% el porcentaje de CBR que aumento es mínimo el cual no es suficiente y continua en el rango de sub-rasante mala. La utilización de cenizas mejora las propiedades físicas de suelos arcillosos y árenos finos, pero se solicita altas cantidades de cenizas de carbón.

Llique (2014) en su investigación evalúa el desempeño de la cal como estabilizante incorporando 2%, 4% y 6% como estabilizante en un tipo de suelo arcilloso. Realizo un investigación experimental. Según la clasificación SUCS pertenece CH y para AASTHO es un tipo de suelo A-7-5(29) su índice de plasticidad del suelo sin aditivo es del 36.87 su densidad máxima es de 1.69 gr/cm<sup>2</sup> y su CBR al 95% es de 1.61 gr/cm<sup>3</sup>. Añadiendo un 2% de cal como aditivo estabilizante al suelo su índice de plasticidad es de 31.44 su densidad

máxima es de 1.65 gr/cm<sup>2</sup> y su CBR al 95% es de 1.57 gr/cm<sup>3</sup>, añadiendo un 4% de cal su índice de plasticidad es de 9.56 su densidad máxima es de 1.59 gr/cm<sup>2</sup> y su CBR al 95% es de 1.51 gr/cm<sup>3</sup>, añadiendo un 6% de cal su índice de plasticidad es de 9.23 su densidad máxima es de 1.55 gr/cm<sup>2</sup> y su CBR al 95% es de 1.47 gr/cm<sup>3</sup>. El producto de adicionar cal en los porcentajes de 2%, 4% y 6% muestra una variación en su índice plástico y en su densidad máximo, pero se observa unos resultados similares con la adición de cal en los porcentajes de 4% y 6%.

Goñas (2019) su investigación evalúa la estabilización de suelos con cenizas de carbón para uso como sub rasante mejorada, tomaron como muestra de suelos de las calles ocho y nueve de las Lomas, anexo 16 de octubre de la ciudad de Chachapoyas, el diseño de la investigación fue no experimental, con un universo muestral conformado por los tipo de suelo CH y OH. Estas muestras fueron sometidas a ensayos de humedad natural, granulometría, límites de consistencia, compactación proctor estándar y capacidad de soporte CBR. Se adicionan cenizas de carbón en un 15%, 20% y 25% a las muestras de suelo extraídas para corroborar si sus propiedades mecánicas mejoran. Las muestras extraídas según SUCS clasifican en el grupo CH y OH son suelos que presentan arcilla inorgánica de alta plasticidad y arcilla orgánica de media o alta plasticidad, AASHTO las clasifica en el grupo A-7-6(16) y A-7-5(13) como suelos arcillosos. Las muestras sin adición de ceniza de carbón de las calicatas uno y dos mostraron una máxima densidad seca de 1.449 gr/cm<sup>3</sup> y 1.473 gr/cm<sup>3</sup>, índice de plasticidad de 24 y 18, su contenido óptimo de humedad de 18.2% y 21.3%, CBR al 95% es de 2.1 para la calicata uno y de 2.2 para la calicata dos que estarían en la categoría de sub rasante inadecuada según el manual de carreteras “suelos, geología, geotecnia y pavimentos” sección suelos y pavimentos. Adicionando los porcentajes de 15%, 20% y 25% de ceniza de carbón a las muestras de las calicatas uno su resultado en el ensayo de CBR al 95% fueron de 2.3%, 2.9% y 3.5%, para la calicata dos fueron de 2.6%, 3% y



3.7%. Se comprobó estadísticamente que la adición de cenizas de carbón al 25% proporciona mejoras a la sub rasante de los suelos de las calicatas uno y dos sin embargo, no supera el valor mínimo del 6% según el manual de carreteras “suelos, geología, geotecnia y pavimentos” sección suelos y pavimentos para una sub rasante. Se demuestra la viabilidad del uso de cenizas de carbón para mejorar las características portantes del suelo, aunque se requiere mayor investigación para determinar los porcentajes óptimos para lograr una estabilización adecuada.

Araya (2010) su investigación compara las posibles ventajas que puede tener un estabilizador no convencional como el Soiltac ante los estabilizadores convencionales como el cloruro de sodio y cloruro de magnesio. La metodología que se uso fue descriptiva con un diseño no experimental. Realiza estudios de comparación de costos para esto se tomó como referencia los datos de costos unitarios empleados por el Servicio de Vivienda y Urbanismo de la región de Coquimbo en Chile respecto a estos precios solo comprenden la ejecución de pavimento con producto Soiltac y se presenta un presupuesto proporcionado por la empresa distribuidora oficial en Chile. El precio unitario empleado como estabilizador Cloruro de Sodio es de 5.877 pesos por metro cuadrado, con Cloruro de Magnesio el precio unitario por metro cuadrado es de 5.760 pesos y empleando Soiltac es de 5.760 pesos por metro cuadrado. Los costos operativos son mayores el de Cloruro de Sodio y Cloruro de Magnesio ante Soiltac a causa que las sales deberían tener una mantención anual de compactación y alrededor de dos años una aplicación tópica del 30 a 40 por ciento de la razón original. Soiltac frente a los estabilizadores convencionales como Cloruro de Magnesio y Cloruro de Sodio en caminos de poco tránsito se puede pronosticar que a futuro resultara bastante económico debido a los costos de implementación y mantenimiento.

Pinto (2018) su investigación tuvo como finalidad comprobar si el material que generalmente, se desperdicia puede ser reutilizado como base y sub base en la estructura de

un pavimento incorporando estabilizadores como la Cal Hidratada y el cemento Portland tipo I en diferentes proporciones. La metodología de investigación tuvo un enfoque cuantitativo y un diseño experimental. El tipo de suelo a reutilizar es tipo C-1 según la clasificación SUCS. Para las pruebas de CBR se contempla que añadiendo pequeños porcentajes de estabilizadores el valor de soporte del suelo disminuye en relación con la muestra de suelo sin estabilizadores sin embargo añadiendo proporciones mayores la capacidad de soporte aumenta. El porcentaje de CBR de la muestra sin adición de aditivo fue de 122.31%, incorporando Cemento Portland tipo I en 1%, Cal Hidratada en 1.5% y Concreto Asfáltico reciclado y Emulsión Asfáltica (RAP) en 4% en CBR fue de 99.81%; Cemento Portland tipo I en 1.5%, Cal Hidratada en 2.5% y Concreto Asfáltico reciclado y Emulsión Asfáltica (RAP) en 5% en CBR fue de 107.77% y Cemento Portland tipo I en 2%, Cal Hidratada en 3.5% y Concreto Asfáltico reciclado y Emulsión Asfáltica (RAP) en 6% en CBR fue de 182.40%. La única proporción que genero beneficio fue la realizada en la última dosificación donde las capacidades de resistencia del suelo fueron mayores a la del suelo sin adición de aditivos. Económicamente la estabilización del suelo con material reciclado es más beneficioso porque reutilizamos recursos y favorece al medio ambiente.

Rodríguez & Arroyo (2019) su investigación se orienta a la estabilización de suelo con concreto asfáltico reciclado en el PJ. Dos de Mayo en Chimbote adicionando concreto asfáltico en las proporciones del 10%, 15% y 20%. La metodología utilizada fue un diseño experimental, donde se realizaron ensayos para medir la densidad, humedad, resistencia a la compresión las características físicas y mecánicas del suelo. Se clasificó según SUCS como tipo ML (suelo limoso de baja plasticidad) y AASHTO lo clasifica dentro del grupo A-4 (suelo limoso de mala calidad) con una máxima densidad seca (MDS) de 1.66 gr/cm<sup>3</sup>, un contenido óptimo de humedad de 11.72% y un valor de CBR al 95% de su máxima densidad seca de 5.35%. La adición de concreto asfáltico en las proporciones del 10%, 15% y 20%

arrojan una máxima densidad seca de 1.72 gr/cm<sup>3</sup>, 1.81 gr/cm<sup>3</sup> y 1.89 gr/cm<sup>3</sup>, el valor de CBR de 7.6%, 9.2% y 11.10% en el orden de las adiciones de concreto asfáltico. Se pudo obtener valores de CBR mayores al 6% pasando a una sub rasante regular a buena.

Apolinario & Delgado (2019) su estudio se basó en la estabilización de suelos arcillosos, con bajos valores de soporte (CBR), con fines de mejoramiento de la sub rasante la metodología fue una investigación técnica con recolección de datos y una investigación aplicada, con un diseño experimental. Las muestras de suelo fueron extraídas de seis calicatas de la carretera Mercedes de Locro-Venenillo estos suelos muestran arcillas orgánicas de mediana plasticidad y arcillas orgánicas de baja plasticidad según SUCS, AASTHO las clasifica como un suelo tipo A-5(11), A-6(11), A-7-5(27), A-7-6(33), los ensayos de Proctor Modificado se obtuvieron un rango de densidad máxima entre 1.560 gr/cm<sup>3</sup> y 1.711 gr/cm<sup>3</sup>, bajo una humedad óptima entre 13% a 24%, su índice de plasticidad está dentro de los rangos de 10% a 31%. El promedio de CBR es de 4.84% que denota una sub rasante insuficiente. Se adicionó las siguientes dosificaciones 0.27 L/m<sup>3</sup> de Líquido PROES + 45 kg/m<sup>3</sup> de cemento Portland y el CBR aumento en un 32%, 0.27 L/m<sup>3</sup> de Líquido PROES + 50 kg/m<sup>3</sup> de cemento Portland y el CBR aumento en un 54%, 0.27 L/m<sup>3</sup> de Líquido PROES + 55 kg/m<sup>3</sup> de cemento Portland y el CBR aumento en un 44%, 0.30 L/m<sup>3</sup> de Líquido PROES + 55 kg/m<sup>3</sup> de cemento Portland y el CBR aumento en un 50% y 0.30 L/m<sup>3</sup> de Líquido PROES + 55 kg/m<sup>3</sup> de cemento Portland y el CBR aumento en un 30%. Se concluye que la dosificación 0.27 L/m<sup>3</sup> de Líquido PROES + 50 kg/m<sup>3</sup> de cemento Portland aumentan significativamente el CBR. Esto a su vez influye positivamente en los costos de ejecución de una carretera se calculó que el espesor de la sub rasante era de 15 cm y a mejorar una capa de afirmado de 25 cm, con la dosificación de líquido PROES + cemento Portland el espesor de sub rasante disminuyo a 10 cm y el espesor de capa de afirmado a 10 cm. El costo por kilómetro sin uso de aditivo era de S/ 156441.50 y con la

adición de aditivo PROES + cemento Portland es de S/108468, la diferencia entre los costos consiste en el espesor de capa de afirmado que pasa de 25 cm a 10 cm y reduce el costo en un 30%.

Rabanal (2020) su investigación buscó determinar los porcentajes de aditivos Quim kd-40 y la cal hidratada para mejorar la estabilización del suelo arcilloso en la capa sub rasante para el pavimento rígido, de la av. Shirambari Pucallpa. La metodología utilizada fue un tipo de investigación experimental, con un diseño cuasi-experimental con un grupo de control. Para este trabajo de investigación se tomó como referencia 4 investigaciones posteriores, el tipo de suelo que se encuentra en la av. Shirambari Pucallpa es un CL: arcillas orgánicas de baja plasticidad y CH: arcillas orgánicas de alta plasticidad este suelo no cumple con los requerimientos mínimos del manual de carreteras por eso se buscó alternativas para mejorar sus propiedades mecánicas y físicas. Se buscó como solución estabilizadora química como el Quim KD 40 y Cal hidratada se realizó los ensayos de límite de Atterberg, CBR y compresión simple. Con la adición de cal hidratada al 7% se obtuvo un CBR del 60.72%, con la adición del 9% de cal hidratada se podría llegar al 103.82%, comparando con el aditivo Quim kd-40 al 6% se obtuvo un CBR de 12.38% lo cual es muy bajo para lo requerido, el CBR para sub rasante mínimo es de 20%. En el ensayo de compresión simple se realizó para conocer la resistencia o esfuerzo del suelo arcilloso, con un 5% de cal hidratada se tuvo 2.515 kg/cm<sup>2</sup>, con un 3% de Quim kd-40 se logró 3.62 kg/cm<sup>2</sup>. Se concluyó que el mejor estabilizante será el Quim kd-40 con un porcentaje óptimo del 6%.

Altamirano & Díaz (2015) su investigación tuvo como objetivo la estabilización de arcillas presentes en las vías de la comunidad de San Isidro del Pegón con una mezcla de cal. La metodología incluyó una etapa de recopilación y evaluación existente, seguida de un muestreo de calicatas. Se realizó 10 calicatas de las cuales solo 6 se realizaron ensayos de identificación del tipo de suelo, predominando el tipo de suelo A-7-6 según la normativa AASHTO pertenece a suelos de baja capacidad de carga, con un índice alto de plasticidad y alto grado de expansión debido a la humedad que está expuesta. Debido a la cantidad de ensayos a realizar solo se realizaron con los porcentajes de cal hidratada al 3, 6, 9 y 12 por ciento. El valor de CBR del suelo natural es de 16.28 siendo un sub rasante mala la adición al 9% de cal hidratada es de 57.2% obteniéndose mejores resultados. Es notorio que no cumple con los estándares para una estabilización, pero su mejora en sus propiedades físicas y mecánicas es notable.

Guamán (2016) el objetivo de su investigación fue conocer el comportamiento de un suelo arcillo estabilizado con Cal y Cloruro de Sodio con porcentajes de 2.5%, 7.5% y 12.5%. Utilizó una metodología experimental que incluyó investigaciones bibliográficas e investigaciones de laboratorios. Las muestras fueron extraídas del barrio Santo Domingo de la parroquia en el cantón Pastaza SUCS las clasifica como tipo CH como arcilla de alta plasticidad, AASHTO las clasifica en el grupo A-7 arcilla de alta compresibilidad, el índice de plasticidad del suelo natural es de 9, su densidad máxima seca es de 1.531, su contenido de humedad óptimo es de 35.3 y su CBR de 4.85 por lo que se considera un suelo pobre. Con la adición de Cal y Cloruro de Sodio utilizamos 12.5% y los índices de plasticidad tiene los valores de 8.83 y 6.54 respectivamente, el suelo estabilizado con cloruro de sodio tiene valores bajos en los límites Atterberg que el suelo estabilizado con cal. Se determinó que los porcentajes óptimos para la estabilización con Cal y Cloruro de Sodio son de 12.5% y 2.5% su esfuerzo admisible a los 7 días de 2.02 y 1.27, a los 14 días de 2.57 y 2, a los 21 días de

2.68 y 2.18. Respecto a su CBR la capacidad de soporte con la estabilización de Cal logro un 12.5% y con adición de Cloruro de Sodio un 9.3%. Se determina que la estabilización con Cal en un porcentaje óptimo demuestra ser mejor que la estabilización con cloruro de sodio.

Rojas & Barrera & Piracon (2007) su investigación se basó en la comparación para diferentes tipos de estabilizaciones para base granular, a través de dos elementos químicos como el multienzimático Perma ZYME 11X y Cemento en un suelo. La metodología utilizada es la investigación experimental, con un diseño rigurosamente controlado para manipular las variables y observar su efecto en las conductas observadas. El tipo de suelo ubicado en el Barrio José de Sprint en la localidad 11 en Colombia, según la clasificación SUCS pertenece al grupo CL, presenta arcillas de baja compresibilidad y expansión media; según AASTHO lo clasifica en el grupo (A-2-6) que corresponde a un suelo granular de arcilla limosa con arena de color oscuro, su índice de plasticidad fue de 11.5, CBR fue de 27% y su resistencia de 6.04 kg/cm<sup>2</sup>. Adicionando el aditivo Perma Zyme 11x su índice de plasticidad fue de 11.38, adicionando cemento al 6% fue de 10.95 y al 7% fue de 9.03. Su CBR adicionando el aditivo Perma Zyme 11x es de 57%, adicionando cemento al 6% es de 72% y adicionando 7% de cemento es de 98.8%. Adicionando un 7% de cemento alcanza una resistencia de 25.35 kg/cm<sup>2</sup> y con Perma Zyme 11x de 15.78 kg/cm<sup>2</sup> se observa que la resistencia es mucho mayor adicionando cemento en un 7% a diferencia del Perma Zyme 11x. La densidad máxima de la muestra sin adición de estabilizantes es de 1.90 kg/cm<sup>3</sup> adicionando Perma Zyme 11x su densidad máxima es de 1.89 kg/cm<sup>3</sup>, cemento al 7% su densidad máxima es de 1.84 kg/cm<sup>3</sup> advertir una diferencia muy corta. El costo de cemento como estabilizante al 7% es en la proporción de 33 m<sup>3</sup> de material se necesitan 2.31 m<sup>3</sup> de cemento esto equivale a 70 bolsas de cemento con un precio de 1039.5 pesos colombianos, el costo del aditivo Perma Zyme 11x es menor debido a la dosificación para 33 m<sup>3</sup> de

material se necesita un litro de aditivo el cual tiene un costo de 370 pesos colombianos. El aditivo Perma Zyme 11x proporciona una menor huella ambiental debido que reduce los materiales típicos que se necesitan para una base granular, el cual requiere una cantidad de energía en maquinaria y mano de obra.

Mexico, Garnica, & Pérez, & Gómez (2002). En su investigación evalúa la estabilización con cloruro de sodio en suelos arcillosos para su uso en terracerías de vías terrestres, así como determinar la influencia del cloruro de sodio en las propiedades físicas y mecánicas de los suelos y evaluar su efectividad como estabilizante. Utilizó un diseño experimental con dos tipos de suelos arcillosos. El Salitre y Jurica que se caracterizan por tener una alta proporción de partículas de tamaño muy fino, lo que les confiere una alta plasticidad y capacidad de retener agua. Se variaron los porcentajes de cloruro de sodio adicionada al suelo en diferentes proporciones (0%, 1%, 2%, 3% y 4%) y se realizaron ensayos en el laboratorio y en el equipo triaxial para evaluar las propiedades físicas y mecánicas de los suelos. Los resultados obtenidos mostraron que la resistencia a la compresión disminuyó al incrementarse el porcentaje de cloruro de sodio en ambos suelos. Además, se observó que las mejoras en el comportamiento del suelo se lograron cuando los especímenes tuvieron un secado previo a la ejecución de los ensayos correspondientes. Los hallazgos sugieren que es importante realizar análisis previos antes de utilizar el cloruro de sodio como estabilizante en construcciones viales.

Alarcon (2019) su investigación evaluó residuos industriales y agroindustriales como la ceniza de bagazo de caña de azúcar junto con la Cal, para estabilización de suelos de la

subrasante de una carretera. La investigación tuvo un enfoque cuantitativo y un diseño experimental. Se realizaron pruebas en laboratorio para evaluar las propiedades físicas y mecánicas del suelo mejorado con cenizas volantes y cal. Utilizaron ceniza de bagazo de caña de azúcar y cal, en las proporciones de 5%, 15% y 25%. El tipo de suelo en análisis fue arcilloso de baja plasticidad perteneciente al grupo A-6-8 según AASHTO, su CBR de la muestra fue de 3.7. Las 4 combinaciones de fueron 100% CBCA; 75%CBCA+25%CAL; 50%CBCA + 50%Cal; y 100%Cal. Los resultados indican que la combinación más óptima 50%cal + 50%CBCA aumentando el CBR en un 110.8% respecto al suelo natural.



## **1.2. Formulación del problema**

¿Cuál es el análisis comparativo de estabilizaciones químicas tradicionales y no tradicionales empleadas para suelos con fines de pavimentación Trujillo - 2022?.

## **1.3. Objetivo General**

- Comparar y analizar las propiedades geotécnicas y la capacidad de soporte de una estabilización tradicional y no tradicional con el fin de determinar la estabilización química más adecuada para suelos con fines de pavimentación.

## **1.4. Objetivos Específicos**

- Comparar las características físicas y mecánicas de un suelo con Estabilización Química Tradicional y No Tradicionales.
- Comparar la variación en la capacidad portante en suelos con estabilización tradicional y no tradicional.
- Evaluar y comparar qué tipo de estabilización es más adecuada, para suelos con fines de pavimentación Trujillo 2022, que cumplan con la norma del Manual de Carreteras, Suelos, Geología y Pavimentos del Ministerio de Transporte y Comunicaciones, 2013.

## **1.5. Hipótesis General**

- La Estabilización Química no Tradicional presentara ventajas mecánicas frente al análisis comparativo de una estabilización Química Tradicional

## 1.6. Bases Teóricas

El gobierno peruano está haciendo un gran esfuerzo en mejorar la infraestructura vial del país, pero se han enfrentado a un problema preocupante. Los caminos que han sido construidos y rehabilitados no resisten las condiciones climáticas extremas, lo que ocasiona que su vida útil sea más corta de lo previsto y se presenten fallas en la estructura y en la capa de rodadura de manera prematura. Es fundamental encontrar soluciones para garantizar la durabilidad de estas vías y que los ciudadanos puedan transitar con seguridad y comodidad.

Tabla 1.

INFRAESTRUCTURA VIAL EXISTENTE DEL SISTEMA NACIONAL DE CARRETERAS, AÑO 2018

Red Vial	Tipo de superficie (km y %)			
	Pavimentada		No pavimentada	
Nacional	21.434,00	79.60%	5.675,61	4.00%
Departamental	3.623,09	13.50%	23.882,46	16.90%
Vecinal	1.858,87	6.90%	111.999,04	79.10%
<b>Total</b>	<b>26.915,96</b>	<b>100%</b>	<b>141.557,10</b>	<b>100%</b>

Fuente: *Manual de Carreteras (MTC, 2013)*

### 1.6.1. Suelo

Los suelos son agregados de partículas minerales que cubren gran parte de la superficie terrestre y son ampliamente utilizados en la construcción. En la ingeniería de pavimentos, el enfoque principal es evaluar las propiedades físicas, mecánicas y el comportamiento bajo cargas para seleccionar el tipo de suelo adecuado y diseñar una estructura de pavimento segura y duradera. Según Das (2008), estos criterios de evaluación son esenciales para el

éxito de un proyecto de pavimentación y deben ser considerados cuidadosamente durante el diseño y la construcción. (p. 28)



Tabla 3.

Clasificación de suelos

Divisiones principales		Símbolo de grupo	Nombre clásico		
1	2	3	4		
Suelos de grano grueso Más de la mitad del material es mayor que el tamiz N°200	GRAVAS más de la mitad de los gruesos es > 5 mm	Gravas limpias (poco o ningún fino)	GW	Gravas bien graduadas, mezcla de grava y aren, poco ò ningún fino.	
		Gravas con finos (apreciables cantidades)	GP	Gravas pobremente graduadas, mezcla de grava y arena poco o ningún fino	
		Gravas limosas, mezclas de grava, arena y arcilla	GM	Gravas limosas, mezclas de grava, arena y arcilla	
	El tamaño del tamiz N°200 es aproximadamente la menor partícula visible a simple vista	Para la clasificación visual del tamiz n°4 equivale a 5 mm	Arenas limpias (poco o ningún fino)	GC	Grava arcillosa, mezcla de grava, arena y arcilla
			Arenas con finos (Apreciables cantidades)	SW	Arena bien graduada, arena con gravas poco o ningún fino
			Arenas limosas, mezclas de arena y limo	SP	Arenas pobremente graduadas, arenas con grava, poco o ningún fino.
Los granos finos más de la mitad del material es menos que el N°200	ARENAS más de la mitad de los gruesos es < 5 mm	Arenas con finos (Apreciables cantidades)	SM	Arenas limosas, mezclas de arena y limo	
		Arenas arcillosas, mezcla de arena y arcilla	SC	Arenas arcillosas, mezcla de arena y arcilla	
		Limos inorgánicos de baja compresibilidad	ML	Limos inorgánicos de baja compresibilidad	
	Limos y arcillas, Limite liquido menos que 50	Limos y arcillas Limite liquido mayor que 50	Arcillas inorgánicas de baja a media compresibilidad arcillas con grava, arcilla arenosa, arcilla limosa.	CL	Arcillas inorgánicas de baja a media compresibilidad arcillas con grava, arcilla arenosa, arcilla limosa.
			Limos orgánicos y arcillas limosas orgánicas de baja compresibilidad	OL	Limos orgánicos y arcillas limosas orgánicas de baja compresibilidad
			Limos inorgánicos de alta compresibilidad	MH	Limos inorgánicos de alta compresibilidad
Suelos altamente orgánicos	Suelos altamente orgánicos	Arcillas inorgánicas de alta compresibilidad	CH	Arcillas inorgánicas de alta compresibilidad	
		Arcillas y limos orgánicos de media alta compresibilidad	OH	Arcillas y limos orgánicos de media alta compresibilidad	
		Turba y otros suelos altamente orgánicos	PT	Turba y otros suelos altamente orgánicos	

Fuente: *Cómanme (2016). Geotécnica*

### **1.6.2. Base Granular**

La base granular es una capa en la estructura del pavimento, la cual se encuentra ubicada debajo de la carpeta de rodadura y está compuesta por gravas, piedras trituradas y arenas. Su función es proporcionar soporte y distribuir adecuadamente las cargas provenientes del tránsito vehicular. Además, puede ser mejorada a través de diferentes métodos de estabilización para aumentar su resistencia y durabilidad. (Ara, 2015, p. 15)

### **1.6.3. Sub Base Granular**

La subbase granular es una capa que se sitúa debajo de la base granular y puede estar compuesta por materiales naturales o procesados. Su espesor se establece de acuerdo a las condiciones de diseño y tiene la función de transmitir y distribuir las cargas provenientes de la base granular. Además, contribuye a la estabilidad del pavimento al mejorar su capacidad de soporte y resistencia. (Ara, 2015).

### **1.6.4. Sub Rasante**

La subrasante es el suelo natural o de cimentación que se encuentra debajo de la base granular y que, en algunos casos, puede ser mejorado mediante técnicas de estabilización. Esta capa de suelo es considerada la base de la estructura del pavimento, ya que tiene la función principal de soportar las cargas que transmite el pavimento y proporcionarle estabilidad. Por lo tanto, es fundamental que la subrasante tenga las propiedades adecuadas para soportar las cargas del tráfico y evitar asentamientos y deformaciones que puedan dañar la estructura del pavimento. (Ara, 2015, p.5).

*Tabla 4**Categoría de Subrasante acorde al CBR del suelo*

CATEGORÍA DE SUBRASANTE	CBR
S0: Sub rasante inadecuada	$CBR < 3\%$
S1: Sub rasante insuficiente	$CBR \geq 3\%$ a $CBR < 6\%$
S2: Sub rasante regular	$CBR \geq 6\%$ a $CBR < 10\%$
S3: Sub rasante buena	$CBR \geq 10\%$ a $CBR < 20\%$
S4: Sub rasante muy buena	$CBR \geq 20\%$ a $CBR < 30\%$
S5: Sub rasante excelente	$CBR \geq 30\%$

Fuente: Manual de Carreteras (MTC, 2013)

## 1.7. Métodos de Estabilización de Suelos

### 1.7.1. Estabilización de Suelos

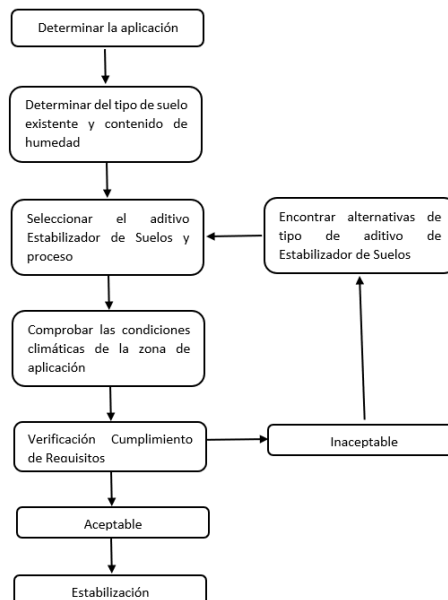
La estabilización de suelos es un proceso que busca mejorar las propiedades físicas de un suelo, tales como resistencia, durabilidad, plasticidad, permeabilidad, estabilidad volumétrica y compresibilidad. En el caso de capas de pavimento como la subbase y la base granular, este proceso se conoce como tratamiento y puede realizarse mediante el uso de materiales como cemento, cal, asfalto, entre otros.

Para determinar el tipo de estabilización adecuada, es necesario conocer las características del suelo existente. Los suelos más comúnmente sometidos a estabilización son los limos, arcillas, arenas limosas y arcillosas. Es importante tener en cuenta que cada suelo requiere de un tratamiento específico para lograr una estabilización efectiva y duradera..

Factores que se consideran para una estabilización según el (MTC, 2013)

Figura N°1:

Proceso de selección del Tipo de Estabilización



*Fuente: Manual de Carreteras del MTC 2013*



### **1.7.2. Estabilización Mecánica**

Una estabilización mecánica se realiza por medio de la compactación, mejorando las propiedades del suelo, la densificación del suelo, aumento de la resistencia y capacidad de carga. Este proceso implica una reducción drástica en el volumen de la masa del suelo. (Higuera Sandoval, 2014)

Tradicionalmente la estabilización mecánica se le conoce como compactación de los suelos sin embargo, este tipo de estabilizaciones son efímeras al no ser impermeables, más las vibraciones del tráfico desestabilizando los materiales, mayormente este tipo de estabilizaciones se ve en los afirmados de las vías vecinales.

### **1.7.3. Estabilización Física**

La estabilización física busca aumentar la fricción, la cohesión y la impermeabilidad. Cuando un material se ajusta granulométricamente por medio de adición de material o ajustes de granulometrías del mismo, genera un material resultante con mayor fricción entre las partículas y cohesión de la masa del suelo. (Higuera Sandoval, 2014)

La estabilización física también es combinación de suelos o el uso de geotextiles.

### **1.7.4. Estabilización Química**

Este tipo de estabilización se realiza con suelos finos tipo arena, están la estabilización química tradicional conformada por cal, cemento portland, emulsión asfáltica, cloruro de sodio, cloruro de magnesio, etc. La estabilización química no tradicional conformada por productos químicos geofix, aceite quemado, soda cáustica, polímeros, resinas, enzimas, cenizas volantes, escoria de alto horno, etc. La mayoría de estos agentes estabilizantes se han trabajado en proyectos otros en laboratorios. (Higuera Sandoval, 2014)

### 1.7.5. Estabilización de suelos con cemento tipo MH

Los suelos más adecuados para estabilizar con cemento son los granulares tipos A-1, A-2 y A-3, con finos de plasticidad baja o media ( $LL < 40$ ,  $IP < 18$ ).

La resistencia del suelo – cemento aumenta con el porcentaje de cemento y el tiempo de mezcla. Al adicionar cemento aun suelo antes del fraguado, su índice plasticidad, su límite líquido varia ligeramente y su densidad máxima y humedad – óptima aumenta o disminuye ligeramente según el tipo de suelo. (MTC, 2013)

Tabla 5

*Rango de Cemento Requerido en Estabilización Suelo Cemento*

Clasificación de suelos AASTHO	Rango usual de cemento requerido Porcentaje del peso de los suelos
A-1-a	3 - 5
A-1-a	5 – 8
A-2	5 – 9
A-3	7 – 11
A-4	7 – 12
A-5	8 – 13
A-6	9 – 15
A-7	10- 16

Fuente: *Manual de Carreteras (MTC, 2013)*

### 1.7.6. Estabilización de suelos con cal

En la estabilización con cal se utiliza óxido de calcio (cal anhidra o cal viva), obtenido por calcinación de materiales calizos o hidróxidos cálcicos (cal hidratada o cal apagada) .(MTC, 2013)

Durante este proceso de la mezcla del suelo con cal en presencia de humedad, se producen reacciones químicas, la primera en un intercambio iónico durante el cual los iones de calcio son absorbidos por el suelo, reduciéndose así las fuerzas de atracción lo cual origina una

reducción en su plasticidad de los suelos cohesivos, los cuales adquieren características friables y se hacen más trabajables. (Higuera Sandoval, 2014)

Uno de los efectos más importantes de la cal en el suelo, es el de cambiar considerablemente su plasticidad, aumenta su humedad óptima de compactación lo que permite la densificación del suelo y elevando su humedad natural. Los suelos más apropiados para estabilizar con cal son los de granulometría fina de cierta plasticidad. (MTC, 2013)

La National Lime Association resume las propiedades que se obtiene después de una estabilización o mejoramiento con cal, en lo siguiente:

- Reducción del índice de plasticidad, debido a una reducción del límite líquido y aun incremento del límite plástico.
- Reducción considerable del ligante natural del suelo por aglomeración de partículas
- Obtención de un material más trabajable y fiable como producto de la reducción del contenido de agua en los suelos (rotura fácil de grumos).
- La cal ayuda a secar los suelos húmedos lo que acelera su compactación.
- Reducción importante del potencial de contracción y del potencial de hinchamiento.
- Incremento de la resistencia a la compresión simple de la mezcla posterior al tiempo de curado alcanzando en algunos casos hasta un 40% de incremento.
- Incremento de la capacidad portante del suelo (CBR).
- Incremento de la resistencia a la tracción del suelo.
- Formación de barreras impermeables que impiden la penetración de aguas de lluvia a el ascenso capilar de aguas subterráneas.

Si bien la cal disminuye la densidad de compactación del suelo, no ocurre lo mismo con la capacidad portante del suelo, sino por el contrario se produce un incremento de ella, medida por cualquier ensayo. (MTC, 2013)

### 1.7.7. Estabilización con Cloruro de Sodio y Cloruro de Calcio

El beneficio obtenido por la estabilización de cloruros es retrasar la evaporización de la humedad del suelo estabilizado mecánicamente durante la construcción. La investigación en carreteras de gravas tratadas con cloruro de calcio requiere de poca compactación, debido al efecto de los cloruros sobre el suelo a retrasar la evaporización del agua. (citar autor 1)

Según el MTC (2013), para la estabilización de suelos con cloruro de sodio deben estar limpios y no deben tener más de 3% de su peso de materia orgánica. El índice de plasticidad del suelo debe ser mayor al 8%, pero para la fracción de suelo que pasa la malla N°200 el requerimiento mínimo es de 12%. No obstante, para mayores índices de plasticidad se permite aceptar la fracción de suelo que pasa la malla N°200, menores índices de plasticidad hasta un límite no menor a 9%.

Los cloruros producen generalmente la estabilidad de una mezcla de suelo y agregado estabilizado durante un tiempo corto después de la construcción. Según Higuera (2014), la adición de cloruros produce los siguientes resultados:

- El porcentaje de compactación óptimo y el índice plástico no se afectan por la adición de sal pero la trabajabilidad del suelo aumenta.
- Se reduce el contenido óptimo de la humedad.
- El cambio potencial de volumen se reduce aún más.
- Se obtiene aumentos rápidos de resistencia.

## 1.8. Ensayos de Laboratorio

Los ensayos y normativas para determinar las características físicas y mecánicas del suelo.

Tabla 6

*Ensayos para determinar características físicas de un suelo*

Análisis	AASHTO T 88	ASTM D 422	MTC E 204
Granulométrico			
Límites de Consistencia	AASHTO T 89	ASTM D 4318	MTC E110 / 111
Contenido de Humedad		ASTM D 2216	MTC E 108

Fuente: elaboración propia .

Tabla 7

*Ensayos y normativa para las características mecánicas*

Proctor Modificado	AASHTO T 180	ASTM D 1557	MTC E 115
C.B.R	AASHTO T 193	ASTM D 1883	MTC E 132

Fuente: elaboración propia

### 1.8.1. Análisis Granulométrico

Una muestra de agregado seco que es separada a través de una serie de tamices que van de mayor a menor abertura, para determinar el tamaño de las partículas del muestreo.

Agregado Fino: La cantidad de la muestra de ensayo, luego del secado, será de 300 gr  
 mínimo Agregado Grueso: La cantidad de muestra de ensayo de agregado grueso será conforme a lo indicado a la tabla. (ASTM D422, 2018)

Tabla 8

*Análisis Granulométrico*

Tamaño Máximo Nominal Aberturas Cuadradas mm (pulg)	Cantidad de la Muestra de Ensayo, Mínimo Kg (lb)
9,5 (3/8)	1 (2)
12,5 (1/2)	2 (4)
19,0 (3/4)	5 (11)
25,0 (1)	10 (22)
37,5 (1 ½)	15 (33)
50 (2)	20 (44)
63 (2 ½)	35 (77)
75 (3)	60 (130)
90 (3 ½)	100 (220)
100 (4)	150 (330)
125 (5)	300 (660)

Fuente: *Manual de Carreteras (MTC, 2013)*

### 1.8.2. Límite de Consistencia

Según la norma “Estos métodos de prueba se utilizan como parte integral de varios sistemas de clasificación de ingeniería para caracterizar las fracciones de suelos de grano fino y para especificar la fracción de grano fino de los materiales de construcción. El límite líquido, el límite plástico y el índice de plasticidad de los suelos también se usan ampliamente, ya sea individualmente o en conjunto, con otras propiedades del suelos para correlacionar con el comportamiento de ingeniería, como la compresibilidad, la conductividad hidráulica, la compactabilidad, la contracción y la resistencia al cizallamiento. Los límites líquidos y

plásticos de un suelo y su contenido de agua pueden usarse para expresar su consistencia relativa o índice de liquidez. Además, el índice de plasticidad y el porcentaje más fino que el tamaño de la partícula de 2 um pueden usarse para determinar su número de actividad.”

(ASTM D4318, 2018)

### **1.8.3. Limite de contracción**

El límite de contracción se puede usar para evaluar el potencial de contracción, el potencial de desarrollo de grietas y el potencial de hinchamiento del movimiento de tierras que involucra suelos cohesivos. El límite de contracción, junto con el límite líquido y el límite plástico del suelo, a menudo se denomina colectivamente límites de Atterberg.

El límite de contracción de un suelo se define como el contenido mínimo de agua, por debajo del cual una reducción de la cantidad de agua, no causará una disminución de volumen de la muestra de suelo, pero al cual un aumento en el contenido de agua causará un aumento en el volumen de la masa de suelo. (ASTM D4943, 2018)

### **1.8.4. Contenido de Humedad**

La humedad o contenido de humedad de un suelo es la relación, expresada como porcentaje, del peso de agua en una masa dada de suelo, al peso de las partículas sólidas.

Se determina el peso de agua eliminada, secando el suelo húmedo hasta un peso constante en un horno a  $100 \pm 5$  C. El peso del suelo que permanece del secado en horno es usado como el peso de las partículas sólidas. La pérdida de peso debido al secado es considerada como el peso del agua. (ASTM, 2018)

### **1.8.5. Proctor Modificado**

Según la norma “El grado de compactación del suelo requerido para lograr las propiedades de ingeniería deseadas a menudo se especifica como un porcentaje del peso unitario seco máximo modificado según se determina utilizando este método de prueba. Si el grado de compactación requerido es sustancialmente menor que el peso unitario seco máximo modificado con este método de prueba, puede ser factible que las pruebas se realicen con el Método de prueba y para especificar el grado de compactación usando este método de prueba, las partículas del suelo están más compactadas”. (ASTM D1557, 2018)

### **1.8.6 California Bearing Ratio (CBR)**

Según la norma “este método de prueba se utiliza para evaluar la resistencia potencial de los materiales de subrasante, subbase y base incluido los materiales reciclados para su uso en el diseño de pavimentos de carreteras. El valor de CBR obtenido en esta prueba forma parte integral de varios métodos de diseño de pavimento. Para la aplicación donde el efecto del contenido de agua de compactación sobre CBR es pequeño, como materiales de grano grueso sin cohesión, o donde se tiene en cuenta el efecto de los diferentes contenidos de agua de compactación en el procedimiento de diseño, el CBR puede determinar en el contenido óptimo de agua en un esfuerzo de compactación especificado”. (ASTM D1883, 2018)



## CAPÍTULO II: METODOLOGÍA

### 2.1 Tipo de Investigación

En esta investigación aplicada, se realizó una descripción detallada de las características y propiedades de las estabilizaciones químicas tradicionales y no tradicionales para suelos con fines de pavimentación (Ranjan, 2015). Para lograr este objetivo, se utilizó un enfoque conocido como investigación descriptiva, el cual permitió organizar y clasificar los diferentes aspectos involucrados en el estudio (Babbie, 2016).

Se emplearon diversos métodos y técnicas para recopilar información valiosa, entre ellos la observación directa del objeto de estudio, el análisis de datos secundarios previamente recopilados, así como la experimentación y análisis de datos (García, 2012). Estos métodos y técnicas permitieron obtener una descripción detallada y completa del objeto de estudio, lo que permitió comprenderlo en profundidad y sacar conclusiones significativas (Creswell, 2014).

Es importante destacar que, para garantizar la validez y fiabilidad de los resultados obtenidos, se estableció una población de suelos y se seleccionó una muestra representativa, utilizando un muestreo aleatorio simple (Trochim, 2006). Además, se utilizaron instrumentos de recolección de datos validados y confiables, como la observación sistemática y la prueba de compresión uniaxial (Sánchez, 2010).

### 2.2 Diseño de Investigación

En esta investigación se utilizará un diseño de investigación no experimental que consiste en la observación detallada del fenómeno en su contexto natural, sin manipulación de variables. Este enfoque es comúnmente utilizado en estudios cuantitativos, como el análisis

documental de resultados, y permite un análisis del fenómeno según The SAGE Glossary of the Social and Behavioral Sciences (2009).

Es importante destacar que este enfoque no experimental permite la exploración y descripción detallada del fenómeno, lo que puede llevar a nuevas teorías o a la validación de teorías existentes. De esta manera, se contribuye al avance del conocimiento en el campo de las estabilizaciones químicas para pavimentación.

## **2.3 Población y muestra (Materiales, instrumentos y métodos)**

### **2.3.1 Operacionalización de la variable**

Variables

- Estabilización Química Tradicional
- Estabilización Química no Tradicional

VARIABLES	DEFINICIÓN		DIMENSIONES		
	CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	INDICADORES	ESCALA DE INTERVALO	INSTRUMENTOS
<b>Estabilización Química Tradicional</b>	Una estabilización es mejorar la calidad de suelo y obtener un material que sea eficiente para el uso propuesto, una estabilización química tradicional se usa como agente estabilizador cemento, emulsión asfáltica, cal	Relacionado al uso de estabilización química tradicional aplicado a vías con fines de pavimentación	Capacidad de Carga (CBR) Proctor Modificado Contenido de Humedad Índice de Plasticidad Granulometrías	Baja, Media y Alta Resistencia % Humedad Plasticidad Porcentaje de Malla pasante	FICHAS RESUMENES
<b>Estabilización Química No Tradicional</b>	Una estabilización es mejorar la calidad de suelo y obtener un material que sea eficiente para el uso propuesto, una estabilización química no tradicional se usa como agente estabilizador productos químicos	Relacionado al uso de estabilización química no tradicional aplicado a vías con fines de pavimentación	Capacidad de Carga (CBR) Proctor Modificado Contenido de Humedad Índice de Plasticidad Granulometrías	Baja, Media y Alta Resistencia % Humedad Plasticidad Porcentaje de Malla pasante	FICHAS RESUMENES

### **2.3.2 Unidad de estudio**

Estabilizaciones Químicas Tradicionales y No Tradicionales con fines de pavimentación  
Trujillo 2022.

### **2.3.3 Población**

El objetivo de esta investigación es llevar a cabo un análisis descriptivo del uso de estabilizaciones químicas en suelos con fines de pavimentación. De acuerdo con Wigodski (2015), en las investigaciones descriptivas, la población está constituida por objetos que comparten características específicas, las cuales son utilizadas para recopilar datos y llevar a cabo el análisis correspondiente (p. 4). En este caso, la población se compone de investigaciones, artículos científicos y revistas especializadas que abordan el tema de las estabilizaciones químicas tradicionales y no tradicionales.

Según Lepkowski (2008), la población es el conjunto total de casos que cumplen con una serie de especificaciones previas. En este sentido, se puede decir que la población en este estudio son las investigaciones y trabajos científicos que abordan el uso de estabilizaciones químicas en suelos para pavimentación.

Por lo tanto, en esta investigación se llevará a cabo una revisión detallada de la literatura científica disponible en torno a las estabilizaciones químicas, con el fin de obtener información relevante acerca de las características y propiedades de estas técnicas en suelos con fines de pavimentación. Se utilizará la metodología descriptiva para organizar y agrupar la información obtenida, y así obtener una visión más completa y detallada del objeto de estudio.

### 2.3.4 Muestra

Para la selección de la muestra, se utilizará una muestra no probabilística por conveniencia debido a que se seleccionarán los trabajos de investigación que estén relacionados con las características de la estabilización química tradicional y no tradicional empleada con fines de pavimentación. Según Rodríguez, Fradejas y Sánchez (2014), una muestra no probabilística por conveniencia es una muestra que se selecciona "por la facilidad de acceso a los datos, los recursos disponibles y la accesibilidad de los casos" (p. 55).

La muestra estará conformada por 58 trabajos de investigación seleccionados de manera no aleatoria por su relevancia para el tema de estudio. Se considerarán tesis, artículos científicos, revistas y libros que hayan analizado las variables de estudio: estabilización química tradicional y estabilización química no tradicional. De acuerdo con Hernández, Fernández y Baptista (2010), "la muestra es un subconjunto representativo de la población, seleccionado de manera aleatoria o no aleatoria para su estudio" (p. 116). En este caso, la muestra se seleccionará de manera no aleatoria, basándose en su relevancia para el tema de investigación.

### 2.3.5 Grupo de Estudio

Se tomaron 23 trabajos de investigación, tanto de ámbito internacional como nacional, con el fin de desarrollar la presente investigación. Para ello, se establecieron criterios de incorporación y exclusión de los estudios, los cuales fueron los siguientes:

#### Criterio de Inclusión

- Se incluyeron investigaciones experimentales que presentaran resultados sobre características mecánicas.
- Los trabajos debían ser experimentales y haber sido publicados en los últimos 8 años, es decir, hasta el año 2022.

- Se consideraron aquellos estudios que presentaran una relación con la estabilización química, ya sea tradicional o no tradicional.

### Criterio de exclusión

- Se excluyeron aquellos trabajos que no presentaran una relación con la estabilización química, así como aquellos que no compartieran características mecánicas con la presente investigación.
- También se excluyeron investigaciones publicadas hace más de 8 años.

Es importante destacar que estos criterios fueron fundamentados para la selección de los trabajos que conforman la presente investigación..

## 2.4 Técnicas e instrumentos de recolección y análisis de datos

### 2.4.1 Técnica de recolección de datos

**a) Análisis documental:** Se realizará un análisis documental como técnica de recolección de datos para esta investigación, se emplearán fichas de recolección de datos como instrumentos para recolectar la información necesaria de manera organizada y estructurada. Los documentos a revisar incluyen tesis, artículos, revistas, normas técnicas y libros relacionados con el tema de estudio. Esta técnica permite identificar patrones y tendencias en la literatura existente, y extraer información esencial para responder la pregunta de investigación. La información obtenida a través del análisis documental será la base para la investigación empírica que se llevará a cabo.

Según Ruiz-Bañuls, Fita-Blanes y García-Sabater (2016), el análisis documental es una técnica que permite analizar y comprender el contenido de los documentos que se utilizan como fuentes de información en la investigación científica. Asimismo, Cea-D'Ancona (2012) indica que el análisis documental es una técnica que implica la lectura, clasificación, interpretación y evaluación crítica de documentos.



En el contexto de la ingeniería civil, el análisis documental se ha utilizado en diversos estudios relacionados con la pavimentación y la estabilización de suelos. Por ejemplo, en un estudio sobre la estabilización química de suelos para pavimentación, Lozano-González, Oviedo-Trespacios y Hernández-Riveros (2017) utilizaron el análisis documental como una técnica de recolección de datos para identificar los diferentes tipos de estabilizantes químicos que se han utilizado en la práctica. De igual manera, en un estudio sobre el uso de materiales reciclados en la pavimentación, Moreno-Navarro, Ferreiro-García y Rondón-Quintana (2019) utilizaron el análisis documental para identificar los diferentes tipos de materiales reciclados que se han utilizado en la práctica y evaluar su desempeño en diferentes aplicaciones.

#### **2.4.2 Instrumento de recolección y análisis de datos**

En cuanto a los instrumentos de recolección y análisis de datos, para la investigación de estabilizaciones químicas tradicionales y no tradicionales con fines de pavimentación, se utilizará como herramienta principal el análisis documental se empleará fichas de recolección de datos. Este consiste en la revisión crítica y sistemática de documentos relevantes, tales como tesis, artículos, revistas, normas técnicas y libros relacionados con el tema de investigación (Pérez, 2016). A través del análisis documental, se podrá describir y clasificar la información relevante para la investigación y emplear cuadros de clasificación para este fin. De esta manera, se podrán obtener datos precisos y detallados para alcanzar los objetivos de la investigación.

Para el análisis de los datos recolectados, se utilizará un análisis descriptivo para resumir y presentar los resultados de la encuesta y las entrevistas, y un análisis temático para identificar los patrones y temas emergentes en las respuestas abiertas de la encuesta y las entrevistas. Se empleará software especializado en análisis de datos cualitativos y cuantitativos para llevar a cabo este proceso (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014).

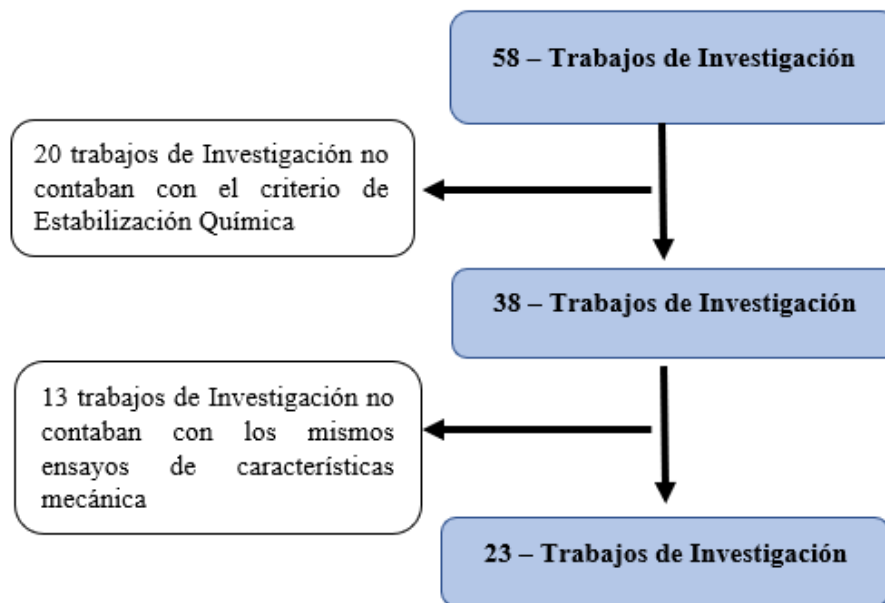
## 2.5 Procedimiento

### 2.5.1 Recopilación de datos:

Para realizar una comparación entre un Estabilización Química Tradicional y No Tradicional, se identificó 58 trabajo de investigación. Luego se identificó el tipo de estabilización de cada artículo, se descartó 20 quedando 38 trabajos de investigación. Asimismo, se descartó 15 trabajos de investigación que no incluían en mismo tipo de suelo y los mismos ensayos de características mecánicas. Finalmente, la unidad de análisis quedo conformada por 23 trabajos de investigación.

Figura N°2:

Criterio de exclusión de las investigaciones.



*Nota:* En el gráfico se aprecia criterios de exclusión, criterio de estabilización química, criterio de características mecánicas.

### **2.5.2 Aspectos Éticos :**

El presente trabajo de investigación se basa en la guía y manual de investigación de nuestra institución académica, la Universidad Privada del Norte, con el objetivo de seguir las pautas establecidas para mantener el respeto y protección de los derechos de propiedad intelectual de los autores de los artículos estudiados. Asimismo, se busca asegurar la transparencia y claridad en la presentación de la información mediante el uso adecuado del Manual APA de sexta edición. De esta manera, se garantiza una investigación ética y rigurosa en cuanto a la correcta citación y referencia de las fuentes utilizadas en el trabajo, lo que contribuirá a la calidad y credibilidad de los resultados obtenidos en la investigación.

### CAPÍTULO III: RESULTADOS

#### 3.1 Codificación de Investigaciones

*Tabla N°11*

*Codificación de los documentos utilizados en la investigación*

Código	TÍTULO DE INVESTIGACIÓN
E-01	Efecto de la Incorporación de las Cenizas de Caña de Azúcar en Subrasantes Arenos-Limosas
E-02	Pruebas con un Producto Enzimático como Agente Estabilizador de Suelos para Carreteras
E-03	Estabilización de Suelos Arcillosos con Conchas de Abanico y Cenizas de Carbón con fines de Pavimentación
E-04	Efecto de la Incorporación de las Cenizas de Cáscara de Arroz en Subrasantes Arenosas
E-05	Análisis Comparativo de Estabilización con Cemento Portland y Emulsión Asfáltica en Bases Granulares
E-06	Estudio Comparativo de la Estabilización de Suelos Arcillosos con Valvas de Molusco para Pavimentación
E-07	Estabilización de Suelos Arcillosos Adicionando Cenizas de Bagazo de Caña para el Mejoramiento de Subrasante en el Sector Barraza, Trujillo – 2018
E-08	Estabilización de Suelo con Cemento en la Ruta LI-877 Comunidad Campesina La Victoria - Distrito de Taya bamba - Provincia De Pataz - Región La Libertad, 2020.
E-09	Influencia del Aditivo Quim KD-40 y Cal Hidratada para Estabilización de Suelos Arcillosos como Capa Subrasante en Pavimentos Rígidos, Pucallpa 2020
E-10	Estabilización de la Sub rasante de suelos arcillosos, aplicando la cal con cemento en el tramo de san José-Chichizu, Junin 2019
E-11	Capacidad Portante (CBR) del Suelo del sector 9 de Cajamarca, Incorporando 2%, 4% y 6% de Cal Hidratada, 4%, 6% y 8% de Cemento Portland tipo I y 4%, 8% y 12% de Cloruro de Sodio”
E-12	Estabilización de Suelos Arcillosos Aplicando Ceniza de Madera de Fondo, Producto de Ladrilleras Artesanales en el Departamento de Ayacucho

- E-13 Influencia de la Aplicación de Aditivos Químicos en la Estabilización de Suelos Cohesivos para uso como Subrasante Mejorada de Pavimentos entre los sectores Calamarca – Huaso, la Libertad, 2018
- E-14 Estabilización de Suelos con fines de Conformación de la Estructura de un Pavimento Flexible Estabilizado con Cemento en la Ciudad de Juliaca
- E-15 Efecto de la Cal como Estabilizante de una Subrasante de Suelo Arcilloso
- E-16 Efecto del Aditivo Terrazyme en la Estabilización de Suelos Arcillosos de Subrasantes en la Zona de Expansión de la Ciudad de Cajamarca
- E-17 Evaluación de las Cenizas de Carbón para la Estabilización de Suelos Mediante Activación Alcalina y Aplicación en Carreteras no Pavimentadas
- E-18 Ensayo de Fiabilidad con Aditivo Proes para la Estabilización del Suelo en el aa. hh el Milagro, 2016
- E-19 Estabilización de Suelos Adicionando Cemento Portland tipo I más Cal hidratada en vías Afirmadas, para el centro poblado alto Trujillo, el Porvenir - La Libertad
- E-20 Estabilización de suelos con cenizas de carbón para uso como subrasante mejorada
- E-21 Evaluación del uso de Cloruro de Calcio en la Estabilización de Suelos en Carreteras no Pavimentadas en el Tramo Llochegua - Periavente Alta, Provincia de Huanta
- E-22 Estabilización de Suelos Expansivos con Cal y Cemento en el sector Calcical del Cantón Tosagua Provincia de Manabí
- E-23 Mejoramiento de la subrasante mediante ceniza de cáscara de arroz en la carretera Dv San Martin – Lonya Grande, Amazonas 2018

---

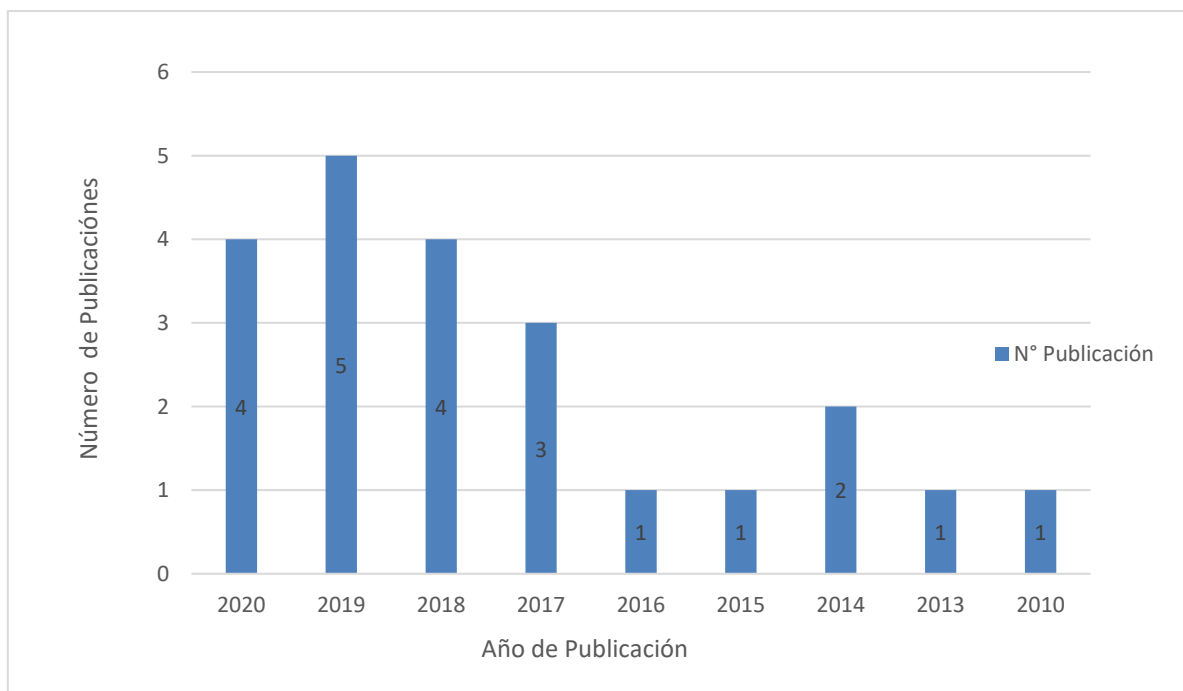
*Nota:* En la tabla se muestran las 23 investigaciones codificadas. “E-01” significa E de investigación y la codificación designada para cada título de investigación.

### 3.2 Clasificación de Investigaciones por año

Según nuestro criterio de exclusión se tomó en cuenta, los trabajos de investigación de los últimos 12 años, desde el 2010 hasta el 2022. Durante el desarrollo de la investigación encontramos los siguientes resultados.

Figura N° 3

Gráfico de Investigaciones por año de publicación.



*Nota:* En el gráfico se aprecia la clasificación de las investigaciones por su año de publicación.

### 3.3 Tipo de Suelo que fue Aplicado la Estabilización Química Tradicional y No tradicional

En el proceso de investigación la aplicación de estabilización química tradicional y no tradicional se realiza mayormente en suelos arcilloso de baja y alta plasticidad, también en suelos arenoso y suelo con grava limosa.

Tabla N°12

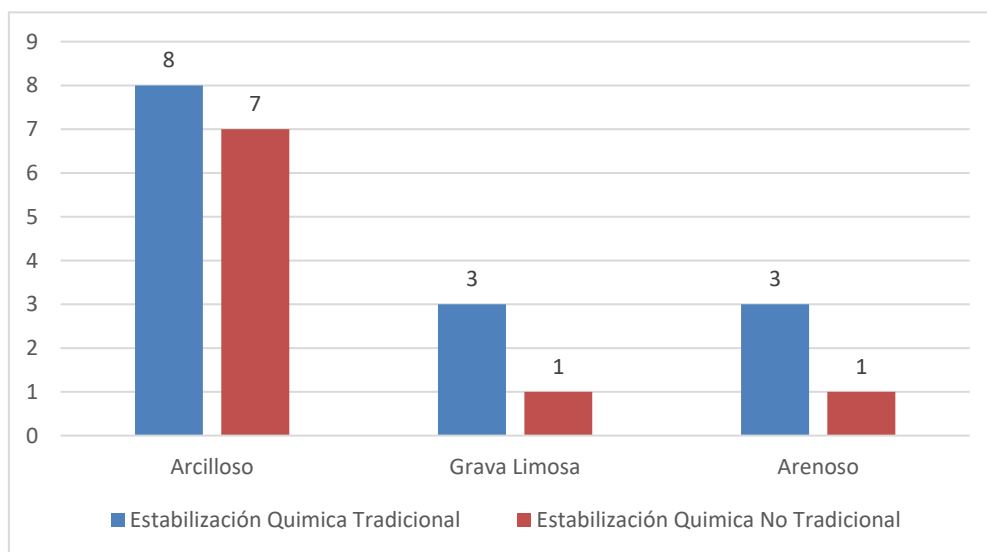
Tipo de Suelo Estabilizado

Tipo de Suelo	Estabilización Química Tradicional	Estabilización Química no Tradicional
Arcilloso	8	7
Grava Limosa	3	1
Arenosos	3	1
Total	14	9

Nota: En la tabla se aprecia los 3 tipos de suelo analizados en esta investigación junto con el tipo de estabilización química.

Figura N° 4

Cantidad de estudios según el tipo de suelo estabilizado.



Nota: Se aprecia que esta investigación predomina más el tipo de suelo arcilloso para el análisis.

### 3.4 Tipo de Estabilización Química

Se clasifica las investigaciones en dos categorías estabilización química tradicional y no tradicional.

Tabla N°13

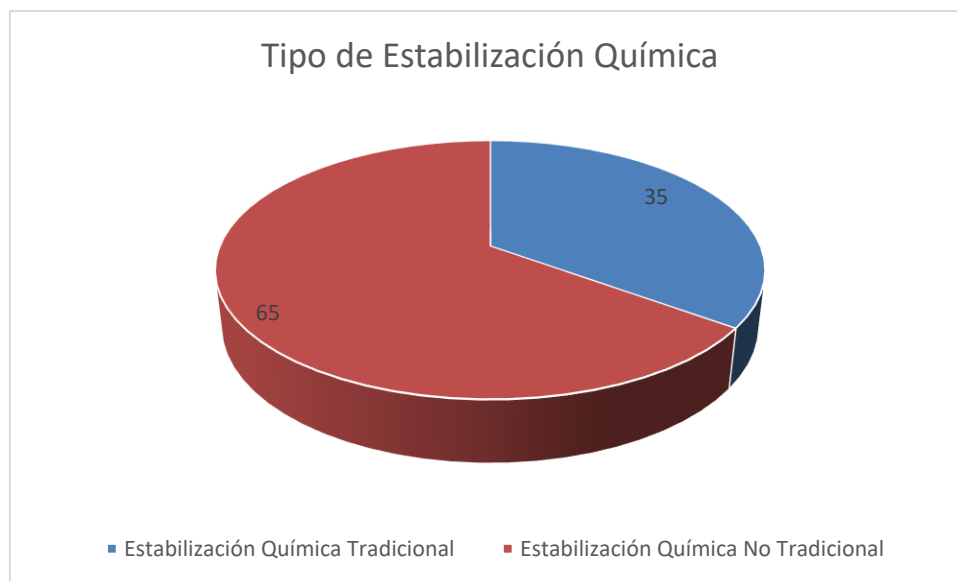
Tipo de estabilización

Tipo de Estabilización Química	Cantidad	Porcentaje
Estabilización Química Tradicional	8	35%
Estabilización Química No Tradicional	15	65%
Total	23	100%

Nota: En la tabla se aprecia que la investigación presente un mayor porcentaje en estabilización química no tradicional.

Figura N° 5

Porcentaje de estabilización química tradicional y no tradicional.



Nota: En la gráfica se observa que un 65% de la investigación son estabilizaciones químicas no tradicionales y un 35% son estabilizaciones químicas tradicionales.



Tabla N°14

*Tipo de Estabilizador Químico Tradicional*

<b>ESTABILIZACIÓN TRADICIONAL</b>	<b>QUÍMICA</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PORCENTAJE</b>
Cemento Portland		2	9%
Cal y Cemento Portland		4	17%
Cal		1	4%
Cloruro de Calcio		1	4%
<b>Total</b>		<b>8</b>	<b>34%</b>

*Nota:* En tabla se observa los agentes estabilizantes analizados en el grupo de estabilización química tradicional en la investigación.

Tabla N°15

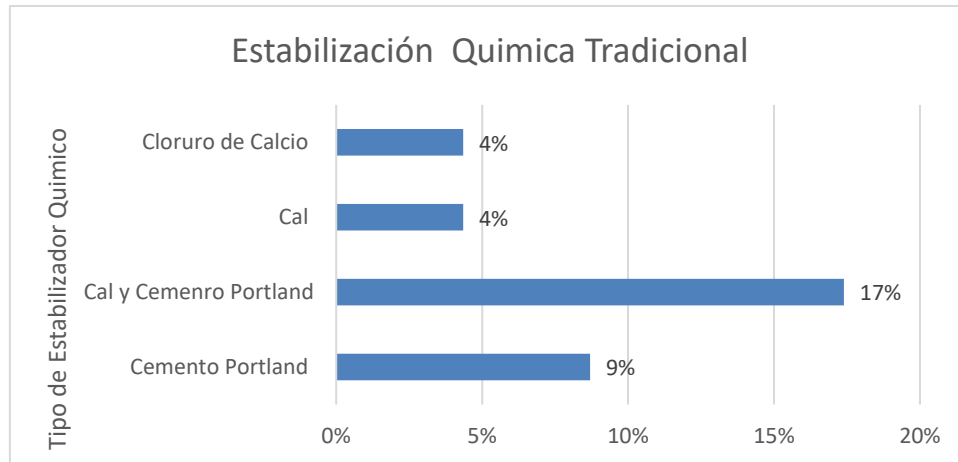
*Tipo de Estabilizador Químico No Tradicional*

<b>ESTABILIZACIÓN TRADICIONAL</b>	<b>QUÍMICA NO</b>	<b>CANTIDAD</b>	<b>PORCENTAJE</b>
Aditivo Terrazyme		1	4%
Producto Enzimático		1	4%
Emulsión Asfáltica y Cemento Portland		1	4%
Valvas de Molusco		1	4%
Aditivo Quim KD-40 y Cal Hidratada		1	4%
Aditivo Químico		1	4%
Aditivo Proes		1	4%
Ceniza de Carbón y Conchas de Abanico		1	4%
Ceniza de Caña de Azucar		2	9%
Ceniza de Cascara de Arroz		2	9%
Ceniza Volante		3	13%
<b>Total</b>		<b>15</b>	<b>66%</b>

*Nota:* En tabla se observa los agentes estabilizantes analizados en el grupo de estabilización química no tradicional en la investigación.

Figura N° 6

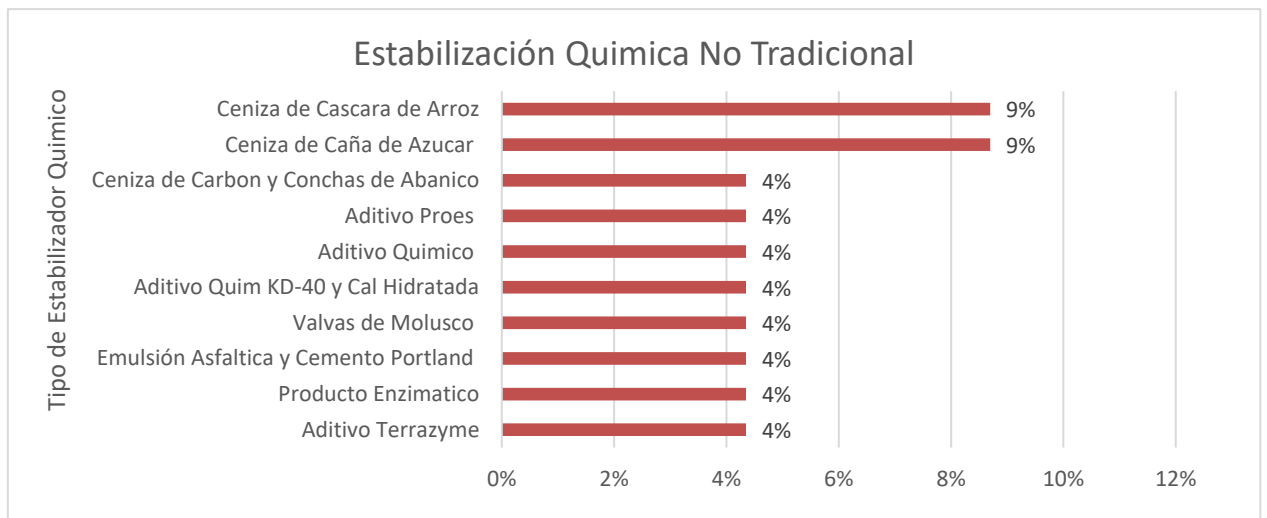
Porcentaje según el estabilizador químico tradicional utilizado en la investigación.



*Nota:* En la gráfica se aprecia el porcentaje del tipo de estabilizante analizado en la categoría de una estabilización química tradicional

Figura N° 7

Porcentaje según el estabilizador químico no tradicional utilizado en la investigación.



*Nota:* En la gráfica se aprecia el porcentaje del tipo de estabilizante analizado en la categoría de una estabilización química no tradicional.

### 3.5 Resultado de Estabilización Química Tradicional y No Tradicional en un Suelo Arcilloso de Baja Plasticidad

Se analizó nueve investigaciones que presentaban un suelo arcilloso de baja plasticidad, analizando sus características mecánicas y físicas.

Tabla N°16

*Análisis Comparativo de una Estabilización Química Tradicional y No Tradicional en un suelo Arcilloso*

Investigación	Clasificación de Suelo		Estabilizante	Química Tradicional	Química No Tradicional
	SUSC	ASTHO			
E-02	CL	A-2-6	Producto Enzimático (Perma-Zyme 22X)		✓
E-03	CL	A-6	Conchas de Abanico y Cenizas de Carbón		✓
E-06	CL	A-6(16)	Valvas de Moluscos		✓
E-09	CL	NO	Aditivo Quim KD-40 y cal hidratada		✓
E-13	CL	A-6	Aditivo Proes más cemento Portland		✓
E-16	CL	A-6	Aditivo Terrazy		✓
E-07	CL	A-6	Ceniza Bagazo de Caña de Azúcar		✓
E-08	CL	A-6-7	Cemento Portland	✓	
E-11	CL	A-6	Cal Hidratada y Cemento Portland	✓	

*Nota:* “E-02” significa la codificación de las investigaciones “NO” significa que no se encontró resultados de su clasificación, en la tabla clasificamos las investigaciones por dos categorías de estabilización química tradicional y no tradicional.

Figura N° 8

Porcentaje de estabilización química tradicional y no tradicional en un suelo arcilloso de baja plasticidad.



*Nota:* En la gráfica se observa que un 78% de la investigación son estabilizaciones químicas no tradicionales y un 22% son estabilizaciones químicas tradicionales, en un suelo arcilloso con baja plasticidad.

Tabla N°17

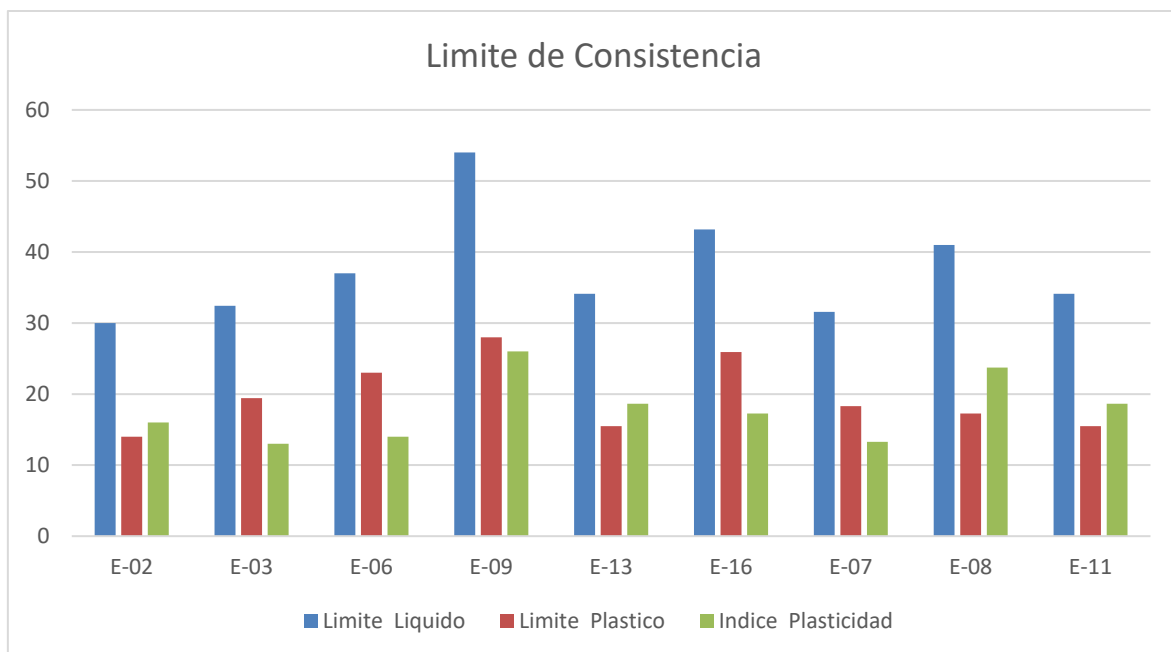
*Análisis de resultados de un suelo arcilloso con baja plasticidad sin estabilizar*

Investigación	Limite Líquido	Limite Plástico	Índice Plasticidad	OCH (%)	MDS (g/cm <sup>3</sup> )	CBR 0.1"	CBR 0.2"
E-02	30	14	16	8	2.17	NP	NP
E-03	32.43	19.42	13.01	10.6	1.928	2.8	NP
E-06	37	23	14	16.4	1.69	2	NP
E-09	54	28	26	24.42	NP	4.00	4.95
E-13	34.12	15.48	18.64	10.130	2.296	4.6	5
E-16	43.18	25.92	17.26	18.33	NP	4.3	6.7
E-07	31.57	18.3	13.27	14.18	1.987	NP	2.65
E-08	41	17.26	23.74	8.2	1.3	24.23	27.6
E-11	34.12	15.48	18.64	10.130	2.296	4.6	5

*Nota:* “NP” significa que no se encontraron resultados del ensayo, OCH significa óptimo contenido de humedad y MDC máxima densidad seca.

Figura N° 9

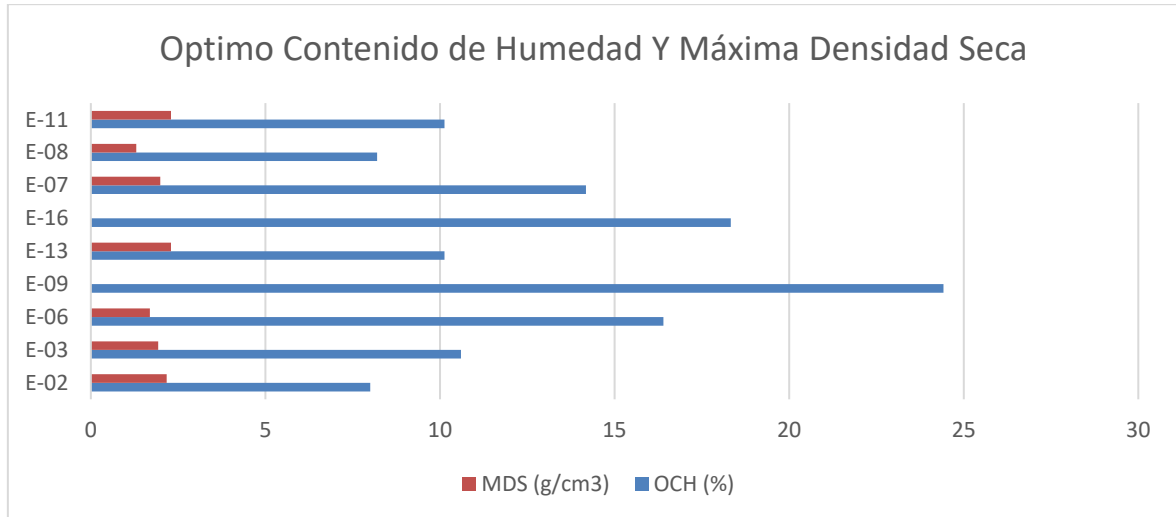
Resultado de los límites de consistencia de un suelo arcillo de baja plasticidad sin estabilizar.



*Nota:* En la gráfica se observa los límites de consistencias encontrados de cada investigación sin usar ningún agente estabilizante.

Figura N° 10

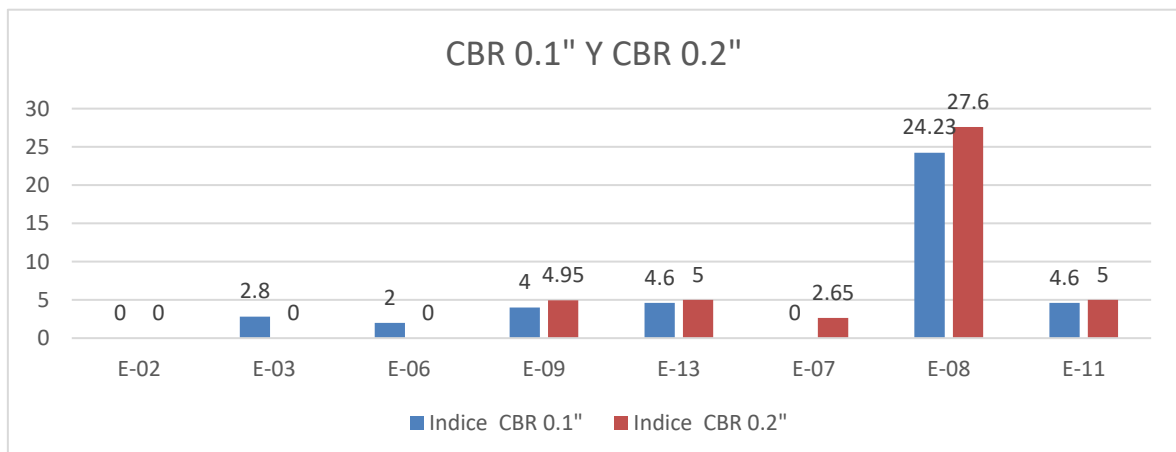
Resultados del Optimo Contenido de Humedad y Máxima Densidad Seca de un suelo arcilloso de baja plasticidad sin estabilizar.



*Nota:* En la gráfica se observa el óptimo contenido de humedad y la máxima densidad seca de los suelos encontrados de cada investigación sin usar ningún agente estabilizante.

Figura N° 11

Resultado de CBR al 0.1” y 0.2” en un suelo arcilloso de baja plasticidad sin estabilizar.



*Nota:* Se observa el CBR al 0.1” y 0.2” de penetración, la investigación E-02 no presento datos, la E-03 y E-07 presento a 0.1” y la E-06 no presento datos a 0.2”.

Tabla N°18

Resultados de las características mecánicas que presenta un suelo arcilloso de baja plasticidad estabilizado

Estabilizante			L-Líquido	L-Plástico	I.P	OCH %	MDS	CBR 0.1''	CBR 0.2''
E-02	Aditivo Enzimático								
S2	0%		30	14	16	8	2.17	7	9
S2.1	1 LT		29	13	16	NP	NP	26	21
E-03	% Concha de Abanico	%Ceniza de Carbón							
S3	0%	0%	32.43	19.42	13.01	10.6	1.928	2.8	
S3.1	18.75%	6.25%	40.74	28.32	12.4	13.8	1.838	19.8	
E-06	% Concha de Pico de Pato	%Ceniza de Abanico							
S6	0%	0%	37	23	14	16.4	1.69	2	
S6.1	40%	0%	24	22	12	12	1.89	5	
S6.2	0%	80%	21	19	2	11.2	1.85	59	
E-09	% Cal	%Aditivo Quim KD-40							
S9	0%	0%	54	28	26	NP	NP	6.12	
S9.1	9%	0%	45.8	33.8	12	NP	NP	83.58	
S9.2	0%	6%	41.44	30.19	11.25	NP	NP	11.26	
E-13	% Aditivo Proes	%Cemento Portland							
S13	0%	0%	37.5	22.1	15.4	19	1.37	6.9	6.1
S13.1	0.27 lt/m^3	45kg/m^3	NP	NP	NP	18.57	1.66	109.8	

E-16	Aditivo Terrazy									
S16	0%			43.18	25.92	17.26	18.33	NP	4.3	6.7
S16.1	30 ml			NP	NP	NP	NP	NP	3.9	6.6
E-07	% de ceniza de bagazo de caña de azúcar									
S7	0%			31.57	18.3	13.27	14.18	1.987	NP	2.65
S7.1	15%			NP	NP	NP	15.6	2.091	22.5	24.1
E-08	Cemento Portland									
S8	0%			41	17.26	23.74	8.2	1.3	24.23	27.6
S8.1	12%			NP	NP	NP	7.57	1.69	69.29	79.25
E-11	Cemento Portland	Cal	NaCl							
S11	0%	0%	0%	34.12	15.48	18.64	10.13	2.296	4.6	5
S11.1	0%	4%	0%	NP	NP	NP	10.4	2.391	11.15	11.5
S11.2	8%	0%	0%	NP	NP	NP	10.5	2.350	7.7	8.13
S11.3	0%	0%	12%	NP	NP	NP	10.3	2.3	5.1	5.5

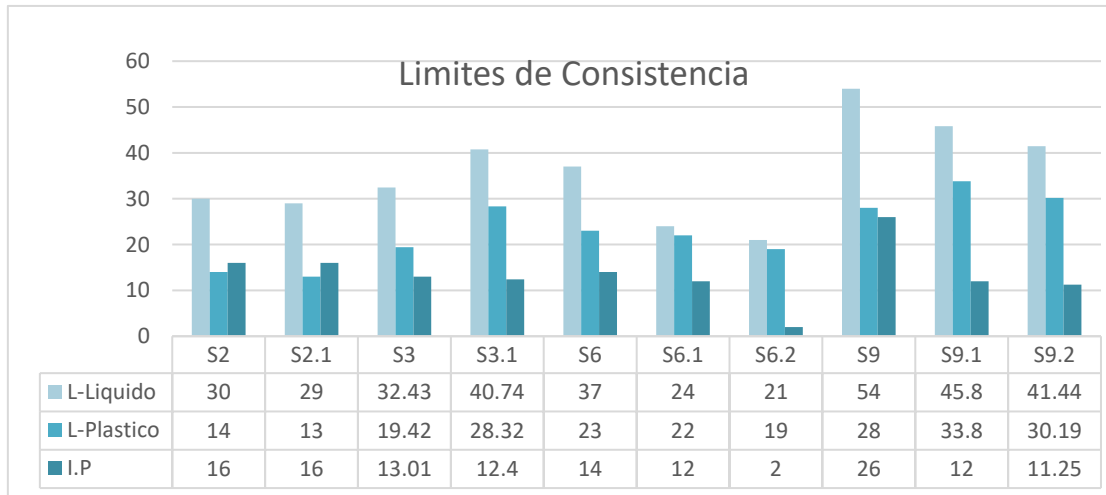
---

*Nota:* La tabla se trabajó con los valores óptimos de cada estabilización, S2 significa suelo sin estabilizar de la investigación 2, S2.1 significa suelo de la estabilización 2 con su porcentaje óptimo de estabilizante, NP significa que no se presentó datos respecto al ensayo



Figura N° 12

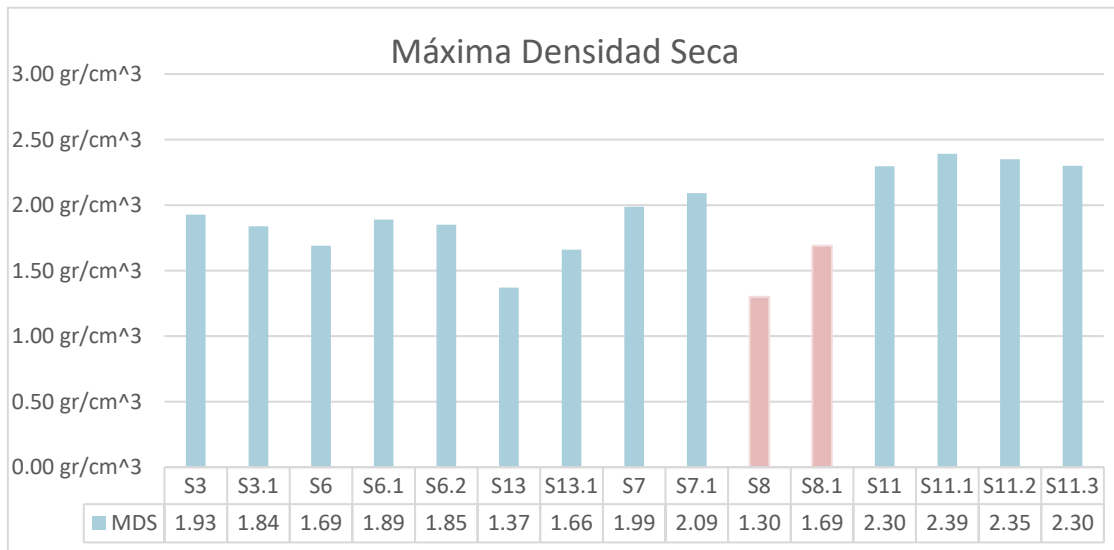
Resultados de límite de Consistencia en suelo sin estabilizar y estabilizado.



*Nota:* se compara los límites de consistencias encontrados de cada investigación sin usar ningún agente estabilizante y usando un agente estabilizante se puede observar que al usar el óptimo contenido de estabilizante el índice de plasticidad baja esto se debe que un suelo menos plástico es más resistente.

Figura N°13

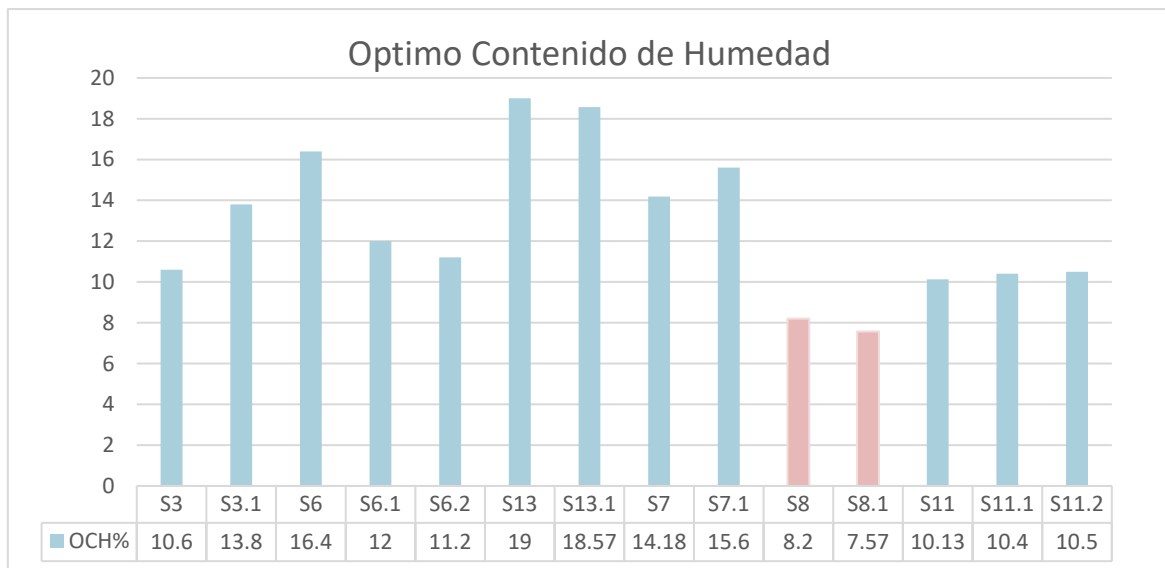
Resultado máxima densidad seca de un suelo estabilizado y no estabilizado.



*Nota:* Se compara la máxima densidad seca de un suelo con su óptimo porcentaje de estabilizante y uno no estabilizado. La máxima densidad seca tiene una relación con la capacidad de carga de un suelo mientras más denso sea un suelo mayor capacidad de soporte tendrá.

Figura N° 14

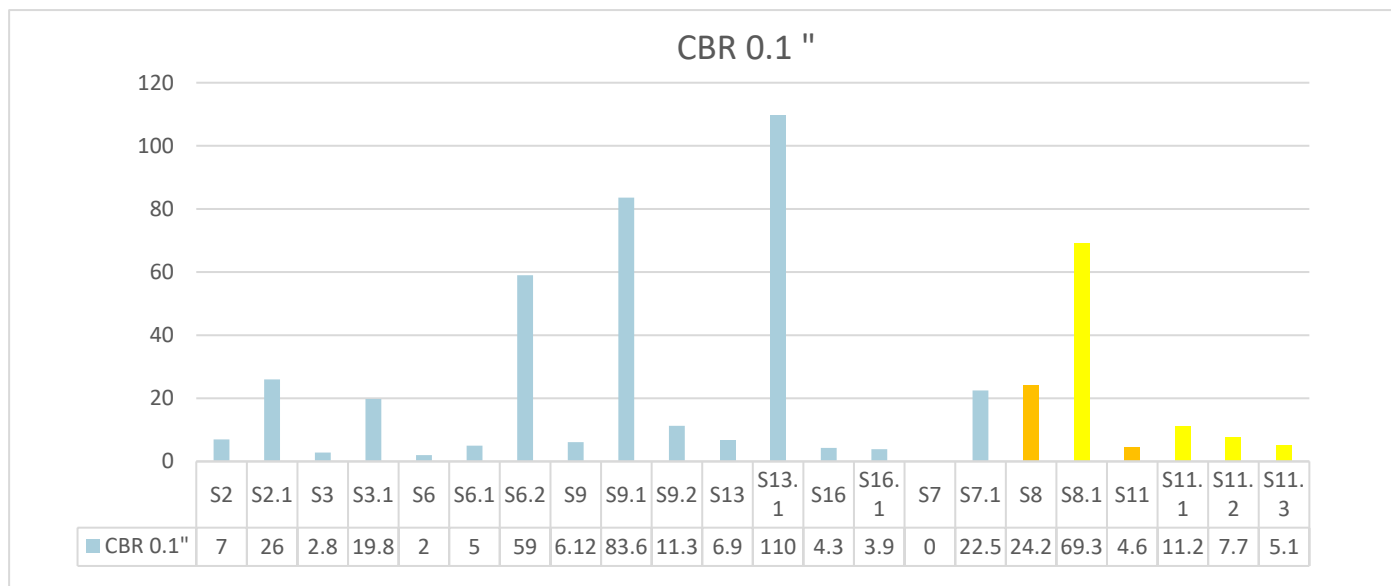
Resultado del óptimo contenido de humedad de un suelo sin estabilizar y estabilizado.



*Nota:* Se compara el óptimo contenido de humedad de un suelo con su óptimo porcentaje de estabilizante y uno no estabilizado. Un óptimo contenido de humedad guarda relación con la capacidad de carga mientras un suelo sea más seco tendrá mayor capacidad de carga.

Figura N° 15

Resultado del CBR 0.1" de un suelo estabilizado y no estabilizado.



*Nota:* Se compara los resultados del ensayo del CBR a una velocidad de 0.1" de un suelo sin estabilizar y uno con el óptimo contenido de estabilizante los resultados indican una mayor capacidad de carga en un suelo arcilloso de baja plasticidad estabilizado con cemento y aditivo proes una estabilización química no tradicional, seguido de una estabilización con aditivo y cal se puede observar que la combinación de agentes estabilizante tradicionales como el cemento y la cal y los no tradicionales como los aditivos proes mejoran la capacidad de carga de un suelo. La estabilización con cemento también tiene unos resultados muy favorables en la capacidad de carga de un suelo de baja plasticidad. Los agentes estabilizantes como cenizas, agentes enzimáticos tienen un aumento en la capacidad de carga menor en comparación a la combinación de agentes estabilizantes y el cemento portland.

### 3.6 Resultado de Estabilización Química Tradicional y No Tradicional en un Suelo Arcilloso de Alta Plasticidad

Se analizó seis investigaciones que presentaban un suelo arcilloso de alta plasticidad, analizando sus características mecánicas y físicas.

*Tabla N°19*

#### *Análisis Comparativo de una Estabilización Química Tradicional y No Tradicional en un suelo Arcilloso Alta Plasticidad*

Investigación	Clasificación de Suelo		Estabilizante	Química Tradicional	Química No Tradicional
	SUSC	ASTHO			
E-12	CH	A-7-6	Ceniza de Madera de Ladrilleras		✓
E-20	CH	NO	Ceniza de Carbón		✓
E-23	CH	A-7	Ceniza de Cascara de Arroz		✓
E-10	CH	A-7-6	Cemento Portland y Cal	✓	
E-15	CH	C-7-6	Cal	✓	
E-22	CH	A-1	Cemento Portland y Cal	✓	

*Nota:* “E-12” significa la codificación de las investigaciones, “NO” significa que no se encontró resultados de su clasificación, en la tabla clasificamos las investigaciones por dos categorías de estabilización química tradicional y no tradicional.

*Tabla N°20*

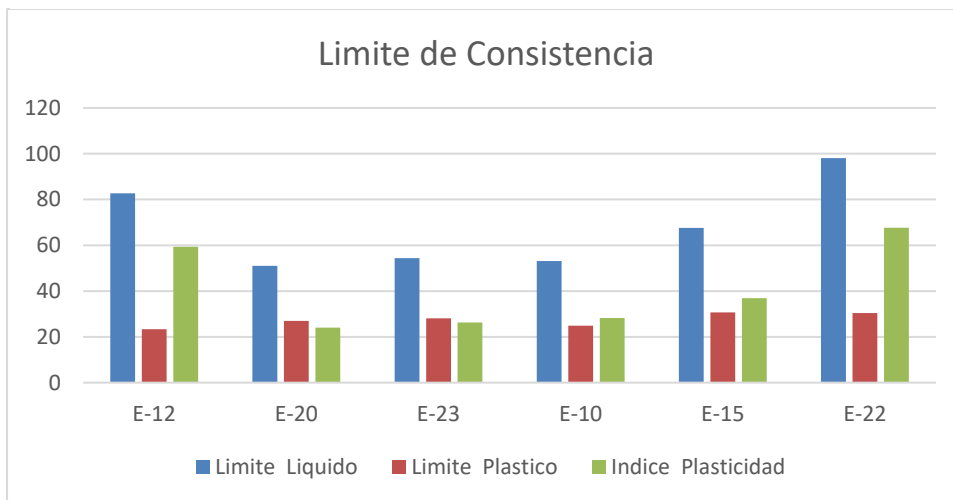
#### *Análisis de resultados de suelo arcilloso de alta plasticidad sin estabilizar*

Investigación	Limite	Limite	Índice	OCH (%)	MDS (g/cm <sup>3</sup> )	CBR 0.1"	CBR 0.2"
	Líquido	Plástico	Plasticidad				
E-12	82.71	23.37	59.34	32.27	1.472	NP	NP
E-20	51	27	24	18.2	1.449	2.1	NP
E-23	54.4	28.1	26.3	11.2	1.85	8	9.7
E-10	53.1	24.9	28.2	15	1.76	2.8	3.7
E-15	67.57	30.7	36.87	16.8	1.69	2.55	NP
E-22	98.1	30.4	67.69	31	1.355	NP	NP

*Nota:* “NP” significa que no se encontraron resultados del ensayo, OCH significa óptimo contenido de humedad y MDC máxima densidad seca

Figura N° 16

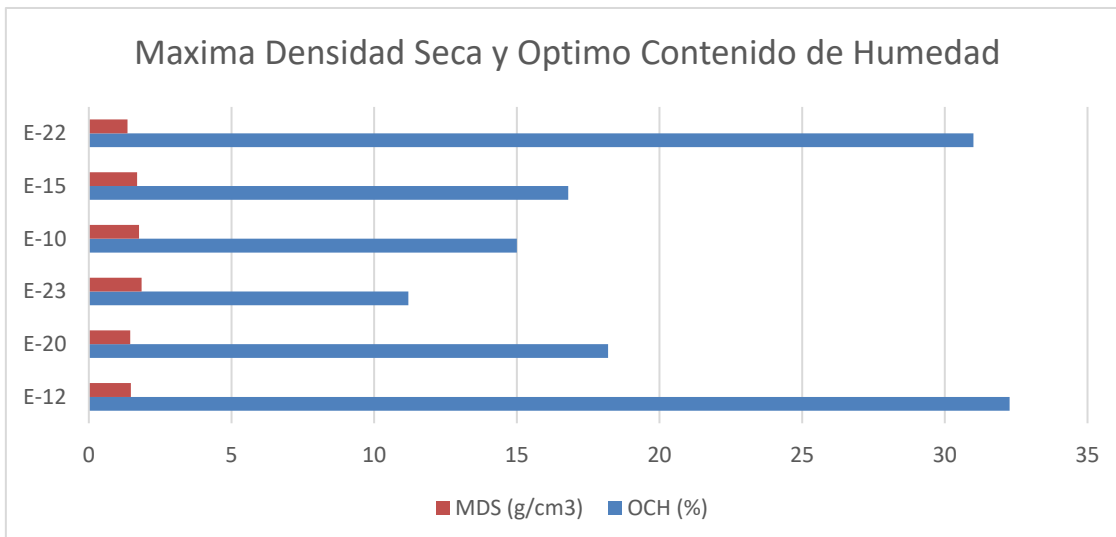
Resultado límites de consistencia de un suelo arcillo de alta plasticidad sin estabilizar.



*Nota:* En la gráfica se observa los límites de consistencias encontrados de cada investigación sin usar ningún agente estabilizante.

Figura N° 17

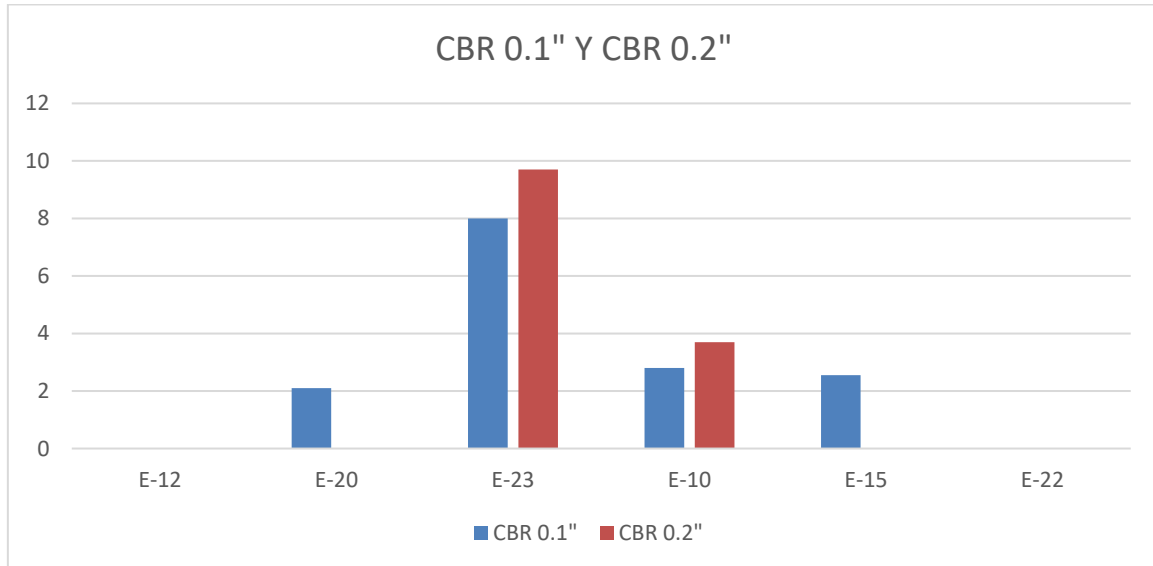
Resultados del Optimo Contenido de Humedad y Máxima Densidad Seca de un suelo arcilloso de alta plasticidad sin estabilizar.



*Nota:* En la gráfica se observa el óptimo contenido de humedad y la máxima densidad seca de los suelos encontrados de cada investigación sin usar ningún agente estabilizante.

Figura N° 18

Resultado de CBR al 0.1” y 0.2” en un suelo arcilloso de alta plasticidad sin estabilizar.



*Nota:* Se observa el CBR al 0.1” y 0.2” de penetración, la investigación E-12 y E22 no presento datos, la E-20 y E-15 presento a 0.1” y la E-23 y E10 presento datos a 0.1” y 0.2”.

Tabla N°21

Resultados de las características mecánicas que presenta un suelo arcilloso de alta plasticidad estabilizado

	Estabilizante	L-Líquido	L-Plástico	I.P	OCH %	MDS	CBR 0.1''	CBR 0.2''
E-12	% Ceniza de Madera Ladrillera							
S12	0%	82.71	23.37	59.34	32.27	1.472	NP	NP
S12.1	4.8%	39.61	20.89	18.78	24.44	1.506	NP	NP
E-20	Ceniza de Carbón							
S-20	0%	51	27	24	18.2	1.449	2.1	NP
S20.1	25%	55	39	16	24.7	1.494	3.5	NP
E-23	Cenizas de Carbón de cascaras de arroz							
S-23	0%	54.4	28.1	26.3	11.2	1.85	8	9.7
S-23.1	20%	NP	NP	NP	8.1	1.88	13.8	15.2
E-10	Cemento Portland	Cal						
S10	0%	0%	53.1	24.9	28.2	15.0	2.8	3.7
S10.1	4.8%	4.9%	38.6	27.5	11.1	17.4	27.2	39.5
E-15	Cal							
S15	0%	67.57	30.7	36.87	16.8	1.69	2.55	NP
S15.1	4%	57.15	47.6	9.56	20.5	1.59	11.48	NP

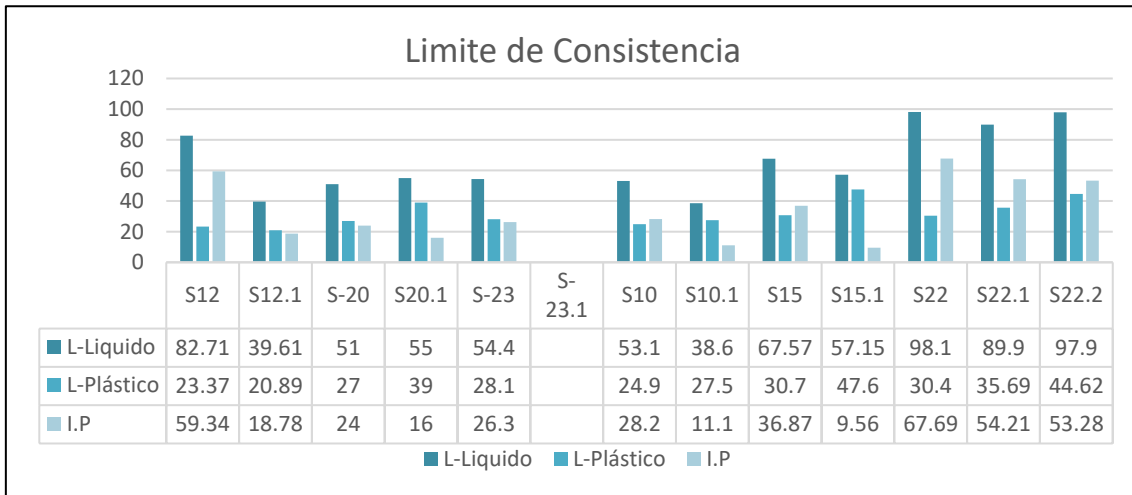


E-22	Cal	Cemento							
S22	0%	0%	98.1	30.4	67.69	31	1.355	NP	NP
S22.1	7%	0%	89.9	35.69	54.21	33.4	1.28	NP	NP
S22.2	0%	7%	97.9	44.62	53.28	40	1.217	NP	NP

Nota: La tabla se trabajó con los valores óptimos de cada estabilización, NP significa que no se encontraron datos respecto al ensayo

Figura N° 19

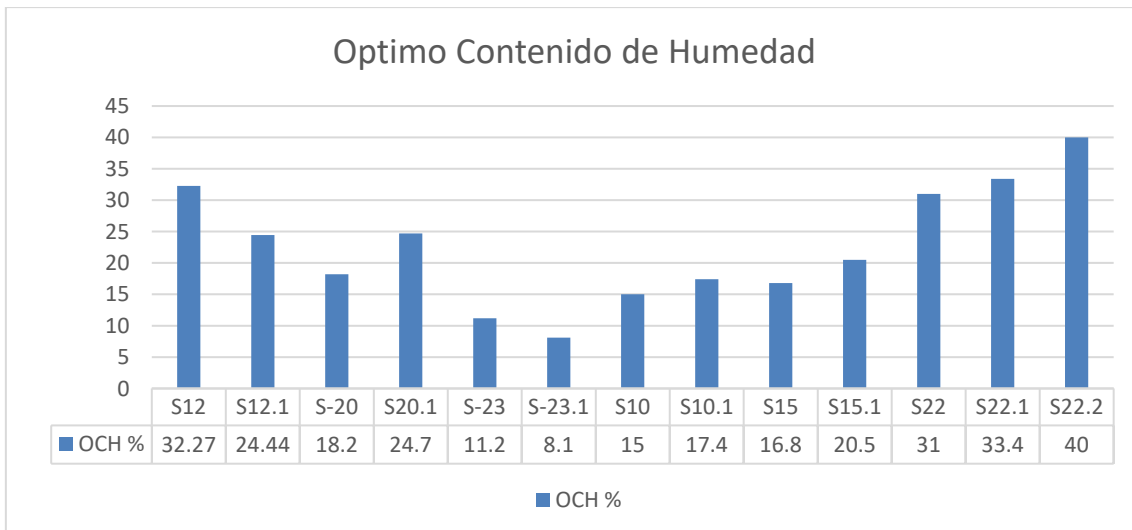
Resultados de límite de Consistencia en suelo de alta plasticidad sin estabilizar y estabilizado.



*Nota:* se compara los límites de consistencias encontrados de cada investigación sin usar ningún agente estabilizante y usando un agente estabilizante se puede observar que al usar el óptimo contenido de estabilizante el índice de plasticidad baja esto se debe que un suelo menos plástico es más resistente.

Figura N° 20

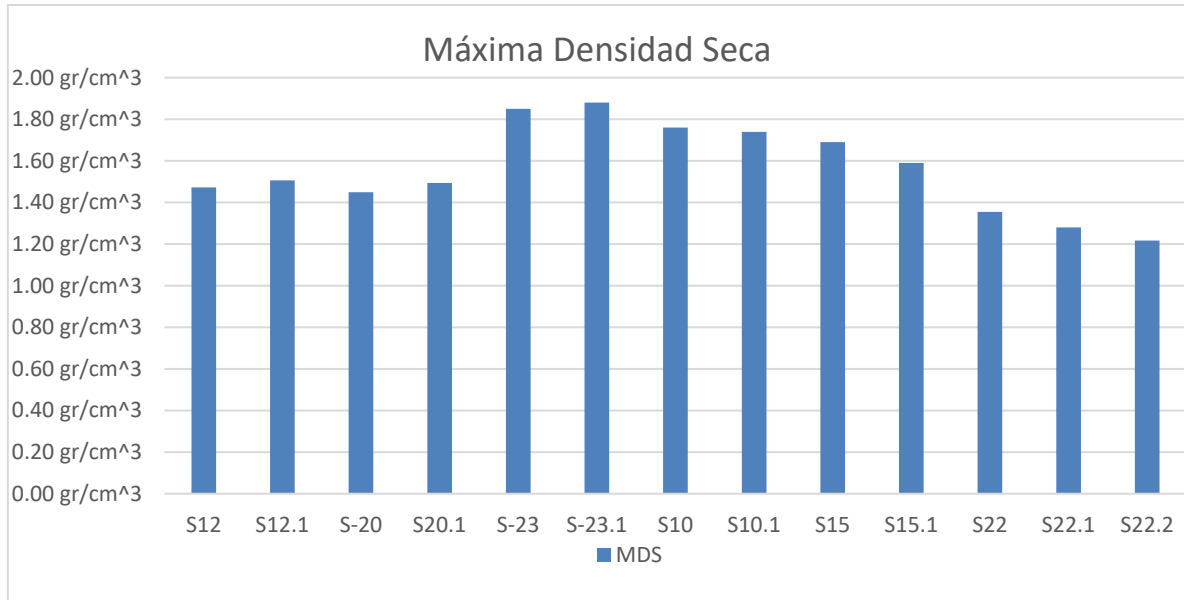
Resultado del óptimo contenido de humedad de un suelo de alta plasticidad sin estabilizar y estabilizado.



*Nota:* Se compara el óptimo contenido de humedad de un suelo con su óptimo porcentaje de estabilizante y uno no estabilizado. Un óptimo contenido de humedad guarda relación con la capacidad de carga mientras un suelo sea más seco tendrá mayor capacidad de carga.

Figura N° 21

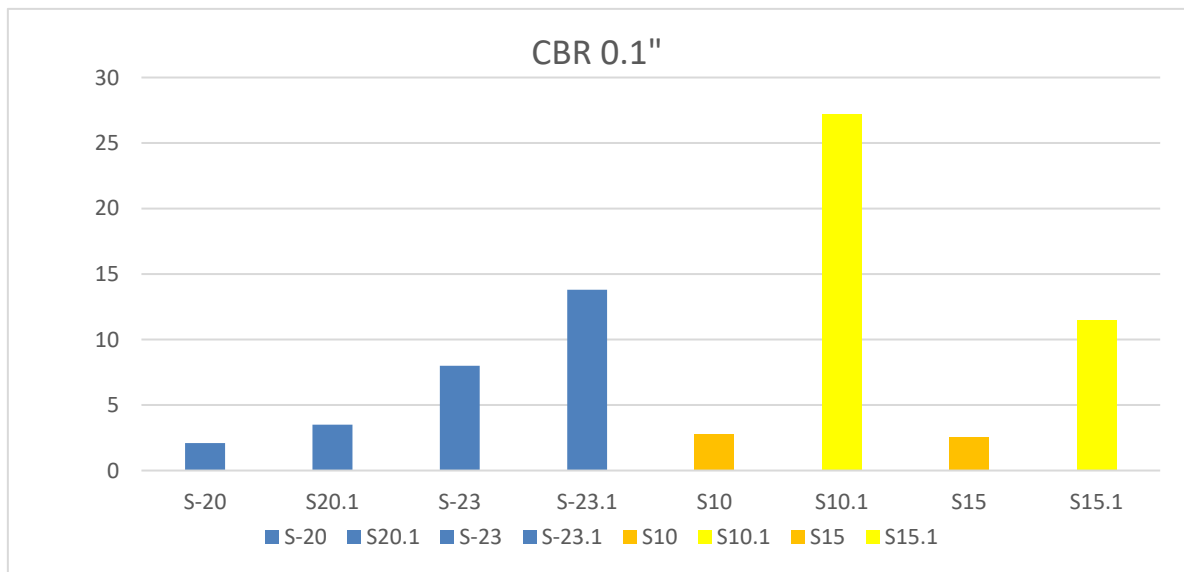
Resultado máxima densidad seca de un suelo de alta plasticidad estabilizado y no



*Nota:* Se compara la máxima densidad seca de un suelo con su óptimo porcentaje de estabilizante y uno no estabilizado. La máxima densidad seca tiene una relación con la capacidad de carga de un suelo mientras más denso sea un suelo mayor capacidad de soporte tendrá

Figura N° 22

Resultado del CBR 0.1” de un suelo de alta plasticidad estabilizado y no estabilizado.



*Nota:* Se compara los resultados del ensayo del CBR a una velocidad de 0.1” de un suelo sin estabilizar y uno con el óptimo contenido de estabilizante, se observa que los suelos con óptimos porcentajes del agente estabilizante logran una mayor capacidad de carga en el suelo estabilizado con cemento y cal, logra una mayor capacidad de carga a diferencia de los suelos estabilizados con cenizas.

### 3.7 Resultado de Estabilización Química Tradicional y No Tradicional en un Suelo con Grava Limosa

Se analizó cuatro investigaciones que presentaban un suelo con grava limosa, analizando sus características mecánicas y físicas.

Tabla N°22

*Análisis Comparativo de una Estabilización Química Tradicional y No Tradicional en un suelo con Grava Limosa*

Investigación	Clasificación de Suelo		Estabilizante	Química Tradicional	Química No Tradicional
	SUSC	ASTHO			
E-05	GM	NP	Cemento Portland y Emulsión Asfáltica		✓
E-14	GM	NP	Cemento Portland	✓	
E-19	GM	NP	Cemento Portland y Cal Hidratada	✓	
E-21	GM	NP	Cloruro de Calcio	✓	

*Nota: “NP” significa que no encontró resultados de su clasificación*

Tabla N°23

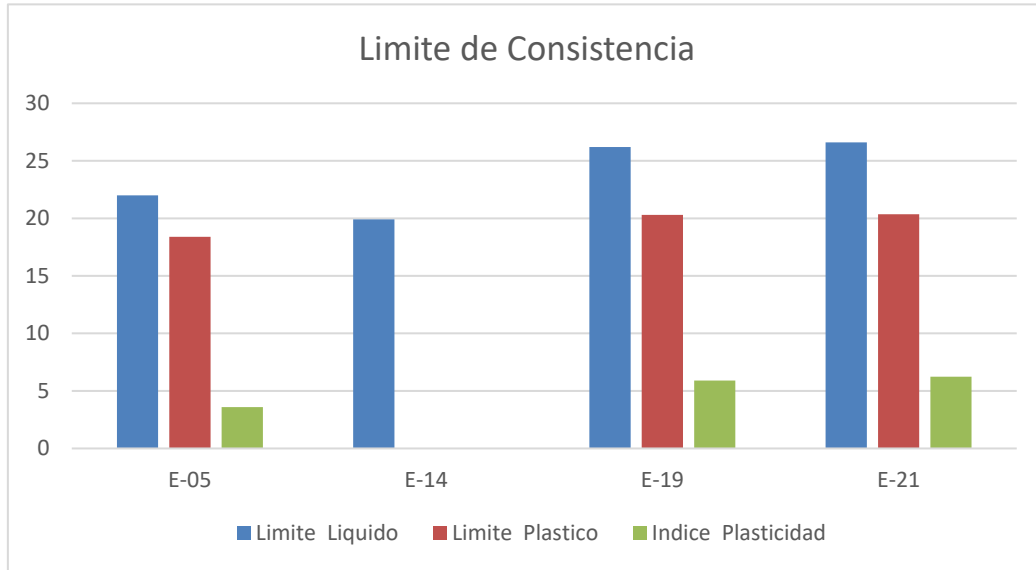
*Análisis de resultados de un suelo grava limosa sin estabilizar*

Investigación	Limite	Limite	Índice	OCH (%)	MDS (g/cm <sup>3</sup> )	CBR 95%	CBR 100%
	Líquido	Plástico	Plasticidad				
E-05	22	18.4	3.6	6.3	2.292	48.3	65.1
E-14	19.91	NP	NP	15.6	1.844	13.6	16
E-19	26.2	20.3	5.9	8.78	2.207	37	54
E-21	26.6	20.36	6.24	7.2	2.232	51.25	NP

*Nota: “NP” significa que no encontró resultados*

Figura N° 23

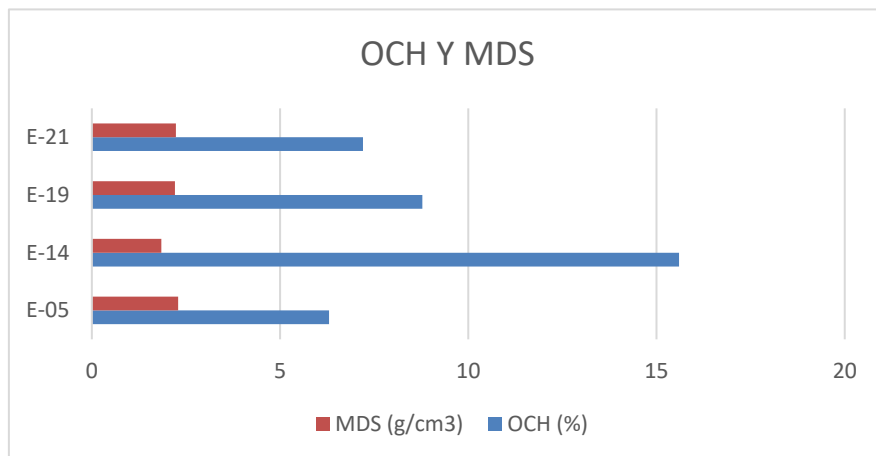
Resultado de los límites de consistencia de un suelo con grava limosa sin estabilizar.



*Nota:* En la gráfica se observa los límites de consistencias encontrados de cada investigación sin usar ningún agente estabilizante.

Figura N° 24

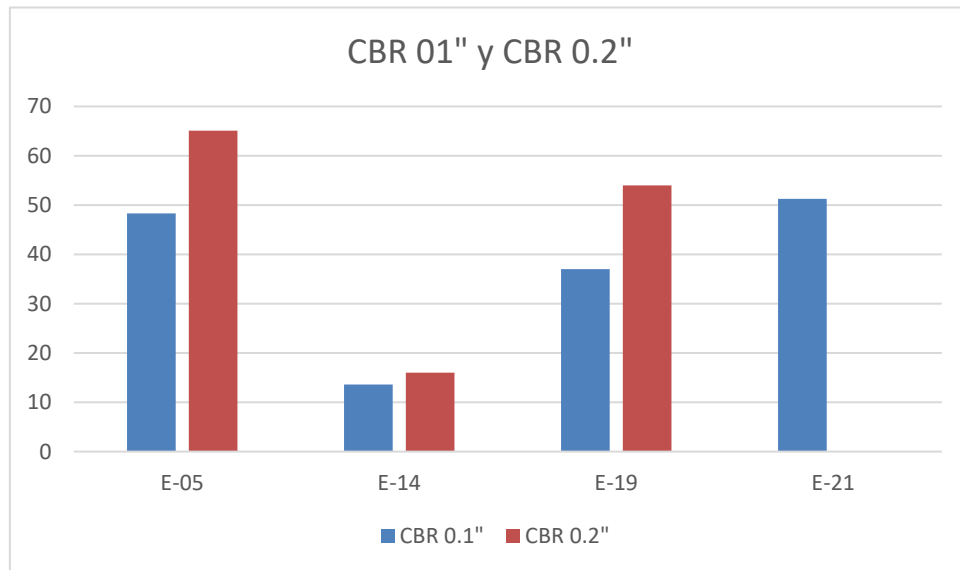
Resultados del Optimo Contenido de Humedad y Máxima Densidad Seca de un suelo grava limosa sin estabilizar.



*Nota:* En la gráfica se observa el óptimo contenido de humedad y la máxima densidad seca de los suelos encontrados de cada investigación sin usar ningún agente estabilizante.

Figura N° 25

Resultado de CBR al 0.1” y 0.2” en un suelo grava limosa sin estabilizar.



*Nota:* Se observa el CBR al 0.1” y 0.2” de penetración, la E-21 no presento a 0.2”.

Tabla N°24

Resultados de las características mecánicas que presenta un suelo con grava limosa estabilizado

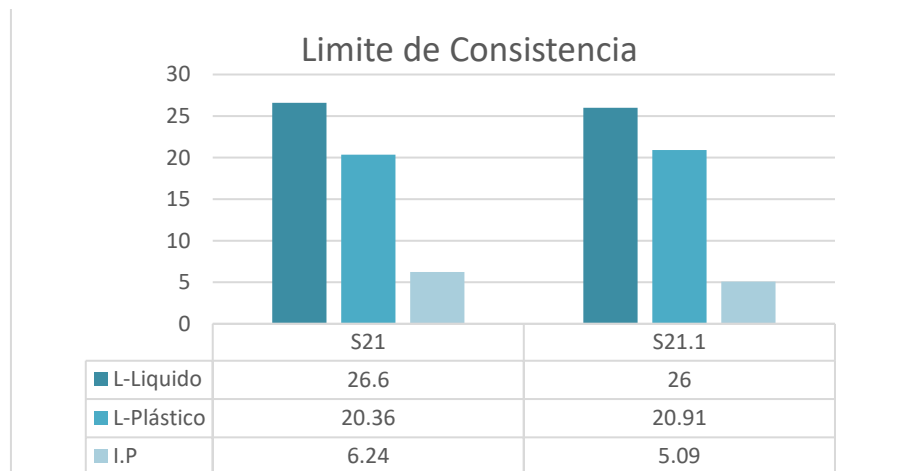
	Estabilizante		L-Líquido	L-Plástico	I.P	OCH	MDS	CBR 0.1"	CBR 0.2"
			%						
E-05	Cemento Portland	Emulsión Asfáltica							
S5	0%	0%	22	18.4	3.6	6.3	2.292	48.3	65.1
S5.1	5%	0%	NP	NP	NP	7.1	2.303	126	153.5
S5.2	0%	5.8%	NP	NP	NP	5.8	2.281	58.2	75.3
E-14	Cemento Portland								
S14	0%		19.91	NP	NP	15.6	1.844	13.6	16
S14.1	7%		NP	NP	NP	17.42	1.925	23	26
E-19	% Cemento Portland	% Cal Hidratada							
S19	0%	0%	26.2	20.3	5.9	8.78	2.207	37	54
S19.1			NP	NP	NP	7.06	2.223	66.5	82.8
E-21	Cloruro de Calcio								
S21	0%		26.6	20.36	6.24	7.2	2.232	51.25	NP
S21.1	1.5%		26	20.91	5.09	7	2.305	59.51	NP

Nota: "NP" significa que no encontró resultados del ensayo



Figura N° 26

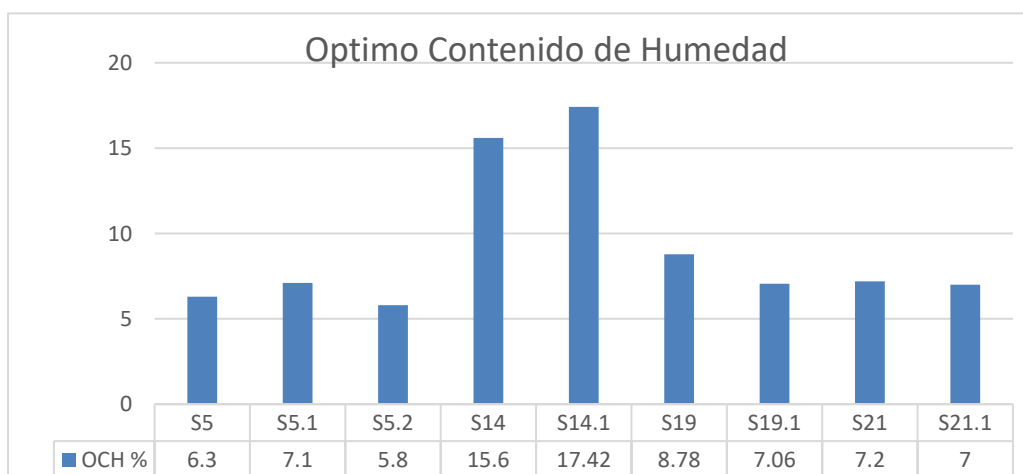
Resultados de límite de Consistencia en suelo grava limosa sin estabilizar y estabilizado.



Nota: se compara los límites de consistencias encontrados de cada investigación sin usar ningún agente estabilizante y usando un agente estabilizante se puede observar que al usar el óptimo contenido de estabilizante el índice de plasticidad baja un punto esto se debe que un suelo menos plástico es más resistente.

Figura N° 27

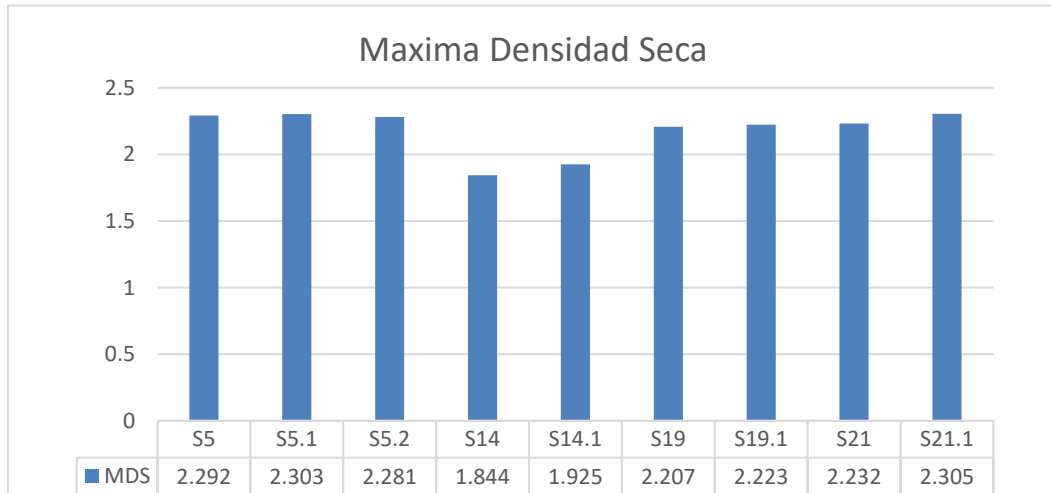
Resultado del optimo contenido de humedad de un suelo grava limosa sin estabilizar y estabilizado.



Nota: Se compara el óptimo contenido de humedad de un suelo con su óptimo porcentaje de estabilizante y uno no estabilizado. Un óptimo contenido de humedad guarda relación con la capacidad de carga mientras un suelo sea más seco tendrá mayor capacidad de carga.

Figura N° 28

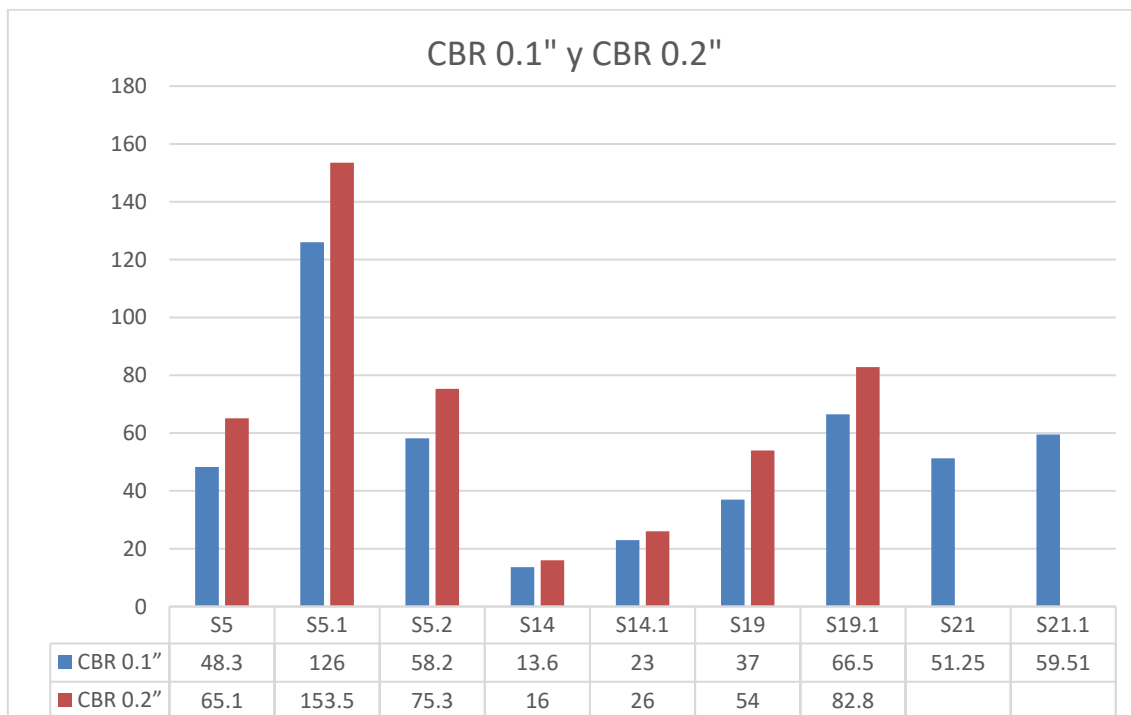
Resultado de la máxima densidad seca de un suelo grava limosa estabilizado y no estabilizado.



*Nota:* Se compara la máxima densidad seca de un suelo con su óptimo porcentaje de estabilizante y uno no estabilizado. La máxima densidad seca tiene una relación con la capacidad de carga de un suelo mientras más denso sea un suelo mayor capacidad de soporte tendrá. En la gráfica se muestra las 4 investigaciones teniendo una mayor densidad seca el suelo estabilizado con cemento y emulsión asfáltica.

Figura N° 29

Resultado del CBR 0.1” de un suelo con grava limosa estabilizado y no estabilizado.



*Nota:* Se compara los resultados del ensayo del CBR a una velocidad de 0.1” y 0.2” de un suelo sin estabilizar y uno con el óptimo contenido de estabilizante los resultados indican una mayor capacidad de carga en un suelo con grava limosa estabilizado con cemento y emulsión asfáltica una estabilización química no tradicional, seguido de una estabilización con cemento y cal se puede observar que la combinación de agentes estabilizante tradicionales como el cemento , cal y los agentes no tradicionales como la emulsión asfáltica mejora la capacidad de carga de un suelo notablemente. La estabilización con cloruro de sodio también tiene unos resultados muy favorables en la capacidad de carga de un suelo grava limosa. La combinación de agentes estabilizantes como el cemento y la emulsión asfáltica demuestran un gran aumento en un suelo grava limosa.

### 3.8 Resultado de Estabilización Química Tradicional y No Tradicional en un Suelo Areno Limoso

Se analizó cuatro investigaciones que presentaban un suelo areno limoso, analizando sus características mecánicas y físicas.

Tabla N°25

*Análisis Comparativo de una Estabilización Química Tradicional y No Tradicional en un suelo con Arenas Limosas*

Investigación	Clasificación de Suelo		Estabilizante	Química Tradicional	Química No Tradicional
	SUSC	ASTHO			
E-01	SM	NO	Ceniza de caña de azúcar		✓
E-04	SM	NO	Cenizas de Cascaras de Arroz		✓
E-17	SM	NO	Cenizas de Carbón		✓
E-18	SM	NO	Aditivo Proes		✓

*Nota: “NO” significa que no encontró resultados de su clasificación*

Tabla N°26

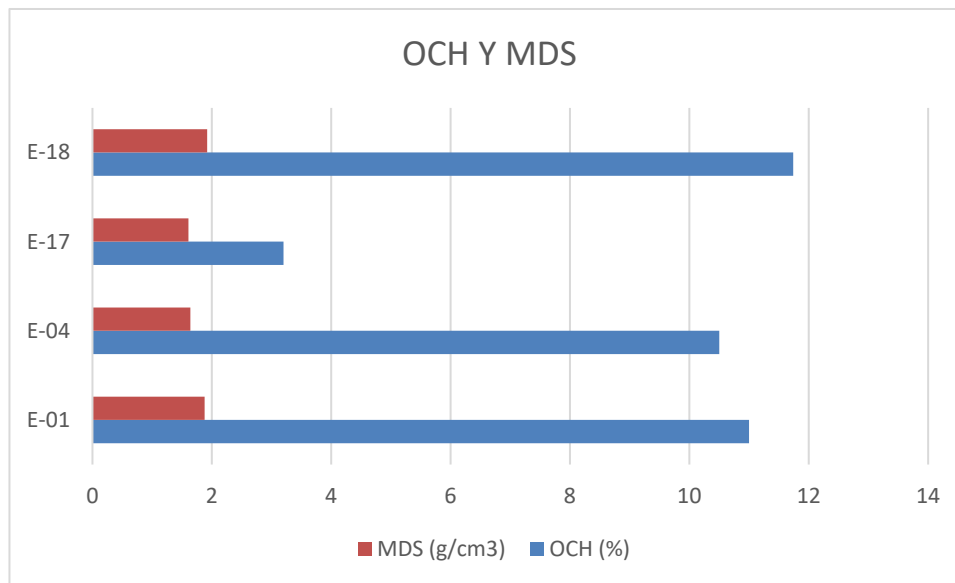
*Análisis de resultados de un suelo arenas limosas sin estabilizar*

Investigación	Limite	Limite	Índice	OCH (%)	MDS (g/cm <sup>3</sup> )	CBR 95%	CBR 100%
	Liquido	Plástico	Plasticidad				
E-01	NP	NP	NP	11	1.88	67	71
E-04	NP	NP	NP	10.5	1.64	39	45
E-17	24.77	7.78	16.99	3.2	1.6	NP	NP
E-18	NP	NP	NP	11.74	1.92	14.4	14.4

*Nota: “NP” significa que no encontró resultados del ensayo*

Figura N° 30

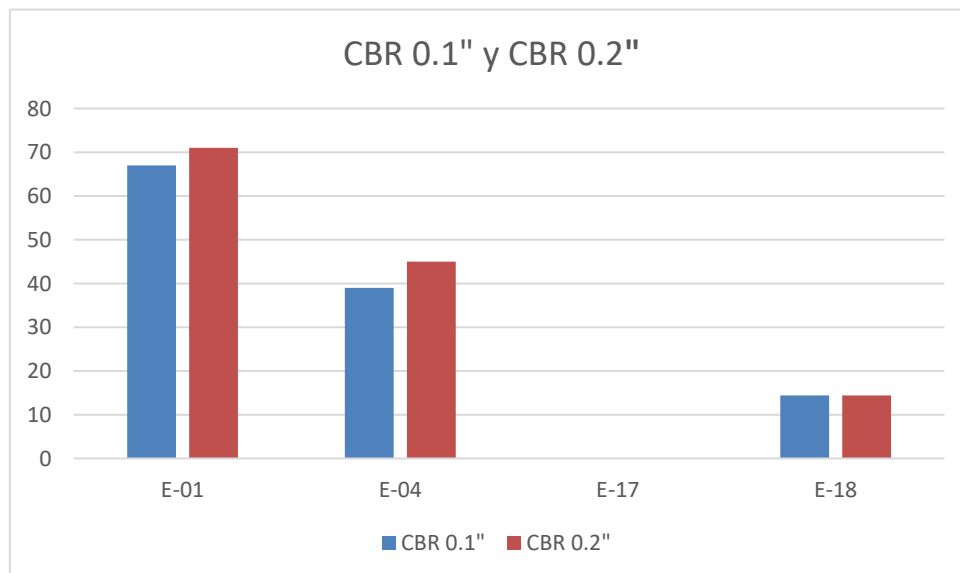
Resultado de los límites de consistencia de un suelo areno limoso sin estabilizar.



*Nota:* En la gráfica se observa el óptimo contenido de humedad y la máxima densidad seca de los suelos encontrados de cada investigación sin usar ningún agente estabilizante.

Figura N° 31

Resultado de CBR al 0.1” y 0.2” en un suelo areno limoso sin estabilizar.



*Nota:* Se observa el CBR al 0.1” y 0.2” de penetración en un suelo areno limoso sin agente estabilizante, la E-17 no presento datos del ensayo.

Tabla N°27

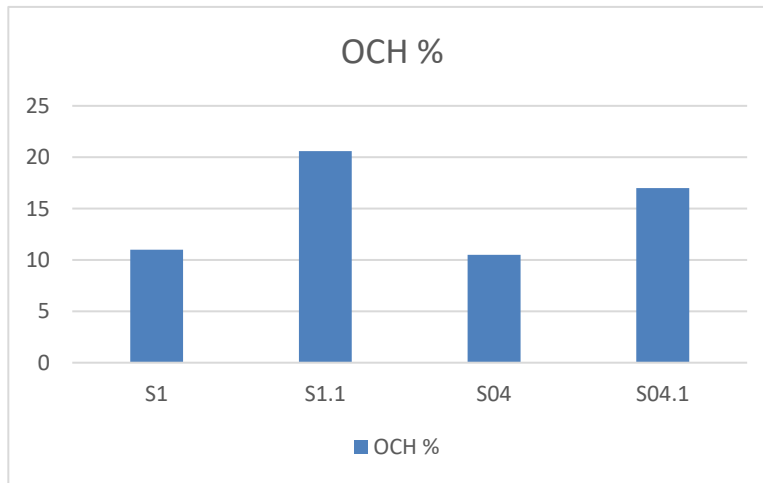
*Resultados de las características mecánicas que presenta un suelo arena limosa estabilizado*

Estabilizante		L-Líquido	L-Plástico	I.P	OCH %	MDS	CBR 0.1''	CBR 0.2''	
E-01	Ceniza de caña de Azúcar								
S1	0%		NP	NP	NP	11	1.88	67	71
S1.1	10%		NP	NP	NP	20.6	1.41	70	96
E-04	Ceniza de Cascara de Arroz								
S04	0%		NP	NP	NP	10.5	1.64	39	45
S04.1	10%		NP	NP	NP	17	1.51	120	133
E-17	Cenizas de Carbón								
S17	0%		24.77	7.78	16.99	3.2	1.607	NP	NP
S17.1									
E-18	Aditivo Proes	Cemento Portland							
S18	0%	0%	NP	NP	NP	NP	1.922	14.4	14.4
S18.1	0.3 LT	2%	NP	NP	NP	NP	1.922	43.2	43.2

*Nota:* La tabla se trabajó con los valores óptimos de cada estabilización, NP significa que no se encontraron datos respecto al ensayo

Figura N° 32

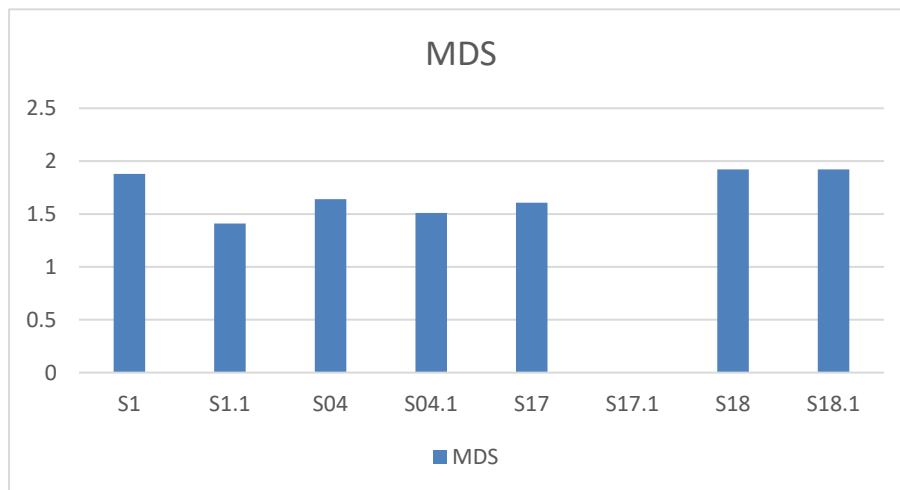
Resultado del óptimo contenido de humedad de un suelo areno limoso sin estabilizar y estabilizado.



*Nota:* Se compara el óptimo contenido de humedad de un suelo con su óptimo porcentaje de estabilizante y uno no estabilizado. Un óptimo contenido de humedad guarda relación con la capacidad de carga mientras un suelo sea más seco tendrá mayor capacidad de carga.

Figura N° 33

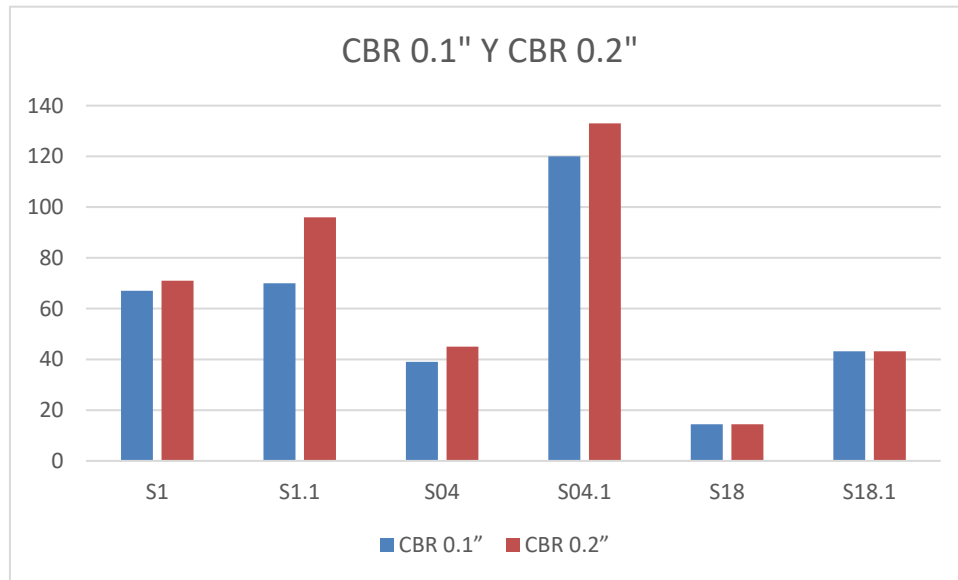
Resultado de la máxima densidad seca de un suelo areno limoso estabilizado y no estabilizado.



*Nota:* Se compara la máxima densidad seca de un suelo con su óptimo porcentaje de estabilizante y uno no estabilizado. La máxima densidad seca tiene una relación con la capacidad de carga de un suelo mientras más denso sea un suelo mayor capacidad de soporte tendrá.

Figura N° 34

Resultado del CBR 0.1” Y CBR 0.2” de un suelo areno limoso estabilizado y no estabilizado.



*Nota:* Se compara los resultados del ensayo del CBR a una velocidad de 0.1” y 0.2” de un suelo sin estabilizar y uno con el óptimo contenido de estabilizante los resultados indican una mayor capacidad de carga en un suelo areno limoso estabilizado con cenizas de cascara de arroz a diferencia del estabilizado con cenizas de caña de azúcar. El suelo estabilizado con aditivo Proes muestra una mejora, pero a comparación de la estabilización con cenizas de cascara de arroz su mejora es menor.



## CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Esta investigación tiene como objetivo central el análisis comparativo de una estabilización química tradicional y no tradicional empleadas para suelos con fines de pavimentación Trujillo 2022. A continuación, se discutirán los hallazgos durante la investigación.

Esta investigación se basó en 23 estudios de estabilización química de suelos con fines de pavimentación, en la tabla N°13 se muestra que el 35% de las investigaciones son de estabilización química tradicional y el 65% es una estabilización química no tradicional.

En la tabla N°14 se clasifica una estabilización química tradicional por agente estabilizante como el cemento portland tipo 1, Cloruro de calcio y cal hidratada. Se denomina estabilizaciones tradicionales a las estabilizaciones químicas que son empleadas por largos periodos de tiempo, regularmente en trabajos con fines de pavimentación.

En la tabla N°15 se clasifica una estabilización química no tradicional por agentes estabilizantes como Aditivos Terrayme, productos enzimáticos, emulsiones asfálticas, valvas de moluscos trituradas, aditivos químicos, cenizas de concha de abanico, cascara de arroz, bagazo de caña de azúcar. Se denomina estabilizaciones químicas no tradicionales a estabilizaciones que hace 30 años atrás están siendo implementadas en trabajos con fines de pavimentación.

El análisis comparativo de una estabilización química tradicional y no tradicional será en 3 tipos de suelo en la tabla N°12 nos indica un suelo arcilloso, un suelo con grava limosa y un suelo arenoso. Esta investigación presenta dos tipos de suelos arcillosos uno de baja plasticidad y uno de alta plasticidad. Un suelo arcilloso de alta plasticidad presenta un

comportamiento que los hace vulnerables a cambios volumétricos, una baja resistencia al corte y a la deformación. Un suelo arcilloso de baja plasticidad se caracteriza por presentar poca expansividad y baja capacidad portante. Los suelos con grava limosa y arenosos son suelos con poca capacidad portante, son considerados suelos malos AASHTO 93.

En la tabla N°16 se clasifican los estudios que presentan un suelo arcilloso de baja plasticidad, en la figura N°8 nos indica que el 22% de los estudios analizados presentan una estabilización química tradicional y el 78% presentan una estabilización química no tradicional. En la figura N°9 se muestra los límites de consistencia de los estudios analizados sin usar ningún agente estabilizante, se puede apreciar que el rango del índice de plasticidad va desde 14 hasta 18, este es una característica de un suelo arcilloso de baja plásticas la relación que guarda un índice de plasticidad bajo con la capacidad portante de un suelo es la capacidad de carga que puede soportar un suelo mientras más seco sea un suelo puede soportar relativamente mayor carga. En la figura N°10 se observa el porcentaje de humedad y la máxima densidad seca que presentan los estudios sin usar ningún agente estabilizante se puede observar que el rango de contenido óptimo de humedad está en el rango de 8 hasta 24 y la máxima densidad seca está en el rango de 1.3 gr/cm<sup>3</sup> hasta 2.3 gr/cm<sup>3</sup>. Estos parámetros tienen influencia en la capacidad de carga mientras más denso y seco sea un suelo tendrá mayor capacidad de carga.

En la figura N°11 se observa un gráfico de CBR 0.1” y 0.2” esto quiere que se tomaron los datos a 0.1 pulgadas y 0.2 pulgadas mientras que el valor a 0.1 pulgadas sea menor al 0.2 pulgadas este valor se registra si en caso fuera lo contrario se volvería a realizar el ensayo. Los valores de CBR a 0.1” y 0.2” son muy bajos para considerar un suelo óptimo para una subrasante, en la tabla N°4 se categorizan los valores óptimos de CBR para

considerar una subrasante buena, muy buena y excelente según el manual de carreteras (MTC, 2013).

\*En la tabla N°18 se clasifican las investigaciones con su óptimo porcentaje de agente estabilizante, en la figura N°12 se compara los límites de consistencia de un suelo sin su óptimo porcentaje de estabilizante y uno sin estabilizante. En la figura N°13 y N°14 se compara la máxima densidad seca y su óptimo contenido de humedad, con el óptimo porcentaje de agente estabilizante. En la figura N°15 se observa las investigaciones con su óptimo porcentaje de agente estabilizante las investigaciones con estabilización química tradicional son las E-08 y E-11, la investigación E-08 presenta un CBR a 0.1” de 24.2 sin agente estabilizante y con el óptimo contenido de estabilizante llega aun CBR a 0.1” de 69.3. En la investigación E-11 se muestra 3 contenido óptimos de estabilizante que corresponde a los agentes estabilizante de cal y cemento portland tipo I, el suelo sin estabilizar tiene un CBR a 0.1” de 4.6 una capacidad portante muy pobre con el óptimo porcentaje de estabilizante de cemento portland tipo I llega a 11.2 y con la cal llega a 7.7. Las investigaciones E-02, E-03, E-06, E-07, E-09, E-13 y E-16 son estabilizaciones químicas no tradicionales la investigación E-02 tiene como agente al aditivo Perma-Zyme, el suelo de la investigación E-02 presenta un CBR a 0.1” sin estabilizar de 7 y con el óptimo contenido de estabilizante llega aún CBR a 0.1” de 26. La investigación E-03 tiene como agente estabilizante la combinación de valvas de molusco trituradas y ceniza de carbón, su CBR a 0.1” inicial sin agente estabilizante es de 2.8 un suelo muy pobre en su capacidad portante con su óptimo contenido de agente estabilizante el CBR a 0.1” llega a 19.8. La investigación E-06 tiene como agentes estabilizantes valvas de moluscos trituradas concha de abanico y concha de pico de pato, su CBR a 0.1” sin estabilizar es de 2 una capacidad portante muy baja con el óptimo contenido de agente estabilizante su CBR a 0.1” es de 59 la mejora es muy grande solo en su capacidad portante. La

investigación E-09 tiene como agentes estabilizantes a la combinación de aditivo proes y cal hidratada, presenta un CBR a 0.1” sin agente estabilizante de 6.12 con el óptimo contenido de estabilizante llega a 83.6 en su capacidad portante. Por último, la investigación E-13 es la combinación de dos agentes estabilizantes aditivo Proes y Cemento Portland tipo I, su CBR a 0.1” sin agente estabilizante es de 6.9 y con su óptimo contenido de estabilizante es de 110 una mejora considerable.

En la tabla N°4 se categoriza los valores óptimos de CBR para una subrasante, en la figura N°15 se puede apreciar que las investigaciones con su óptimo porcentaje de estabilizante logran obtener valores para una sub rasante buena, la combinación de agentes estabilizantes logra llegar a una subrasante excelente, solo se está evaluando la capacidad portante del suelo.

En la tabla N°19 se clasifican los estudios que presentan un suelo arcilloso de alta plasticidad los estudios E-12, E-20, E-23 son estudios que presentan una estabilización química no tradicional y los estudios E-10, E-15 y E-22 son estudios que presentan una estabilización química tradicional. Los estudios E-12, E-20 y E-23 tienen como agente estabilizante a cenizas de madera de ladrilleras, cenizas de carbón, cenizas de cascara de arroz. Las investigaciones E-10, E-11 y E-22 presentan como agente estabilizantes cemento portland tipo I, cal y la combinación de ambos agentes estabilizantes.

En la figura N°16 se muestra los límites de consistencia de los estudios analizados sin usar ningún agente estabilizante, se puede apreciar que el rango del índice de plasticidad va desde 24 hasta 67, este es una característica de un suelo arcilloso de alta plasticidad la relación que guarda un índice de plasticidad alto con la capacidad portante de un suelo es la capacidad de carga que puede soportar un suelo mientras más húmedo sea un suelo menor capacidad de carga tendrá. En la figura N°17 se observa el porcentaje de humedad y la máxima densidad seca que presentan los estudios sin usar ningún agente estabilizante

se puede observar que el rango de contenido óptimo de humedad está en el rango de 11 hasta 32 y la máxima densidad seca está en el rango de  $1.3 \text{ gr/cm}^3$  hasta  $1.85 \text{ gr/cm}^3$ . Estos parámetros tienen influencia en la capacidad de carga mientras menos denso y más húmedo sea un suelo tendrá menor capacidad de carga. En las figura N°19 el grafico representa los límites de consistencia de las investigaciones sin adición de aditivo y con óptimo porcentaje de aditivo se puede aprecia una disminución en el índice de plasticidad y en la figura N°20 se aprecia el óptimo contenido de humedad también disminuye con el óptimo porcentaje de agente estabilizante. En la figura N°21 el grafico de máxima densidad seca se observa que con el óptimo contenido de agente estabilizante aumenta la densidad.

En la figura N°22 se compara los resultados del CBR a 0.1” sin agente estabilizante y con su óptimo porcentaje de agente estabilizante, las investigaciones E-20 y E-23 muestran un aumento pobre en comparación a las investigaciones E-10 y E-15 que son estabilizaciones químicas tradicionales esto se debe a que el cemento portland y la cal como agentes estabilizantes aportan una mayor cohesión entre partículas y a la vez una mayor capacidad portante en el suelo.

En la tabla N°22 se clasifican los estudios que presentan un suelo con grava limosa el estudio E-05 presenta una estabilización química no tradicional y los estudios E-14, E-19 y E-21 son estudios que presentan una estabilización química tradicional. El estudio E-05 tiene como agente estabilizante a la combinación de emulsión asfáltica y cemento Portland tipo I. Las investigaciones E-14, E-19 y E-21 presentan como agente estabilizantes cemento portland tipo I, Cal hidratada y Cloruro de Sodio.

En la figura N°23 se muestra los límites de consistencia de los estudios analizados sin usar ningún agente estabilizante, se puede apreciar que el rango del índice de plasticidad va desde 3.6 hasta 6.24, este es una característica de un suelo con grava limosa la relación

que guarda un índice de plasticidad bajo con la capacidad portante de un suelo es la capacidad de carga que puede soportar un suelo mientras más seco sea un suelo mayor capacidad de carga tendrá. En la figura N°24 se observa el porcentaje de humedad y la máxima densidad seca que presentan los estudios sin usar ningún agente estabilizante se puede observar que el rango de contenido óptimo de humedad está en el rango de 6.3 hasta 15.6 y la máxima densidad seca está en el rango de 1.84 gr/cm<sup>3</sup> hasta 2.3 gr/cm<sup>3</sup>. Estos parámetros tienen influencia en la capacidad de carga mientras menos denso y más húmedo sea un suelo tendrá mayor capacidad de carga. En la figura N°26 el gráfico representa los límites de consistencia de las investigaciones sin adición de aditivo y con óptimo porcentaje de aditivo se puede apreciar una disminución en el índice de plasticidad y en la figura N°27 se aprecia el óptimo contenido de humedad también disminuye y en otros aumenta con el óptimo porcentaje de agente estabilizante. En la figura N°21 el gráfico de máxima densidad seca se observa que con el óptimo contenido de agente estabilizante aumenta la densidad.

En la figura N°29 se compara los resultados del CBR a 0.1” y 0.2” sin agente estabilizante y con su óptimo porcentaje de agente estabilizante, las investigaciones E-14 y E-21 muestran un aumento pobre en comparación a las investigaciones E-19, la investigación E-05 muestra un aumento mucho mayor esto se debe a la combinación de agentes estabilizantes como el cemento portland tipo I más la emulsión asfáltica. La investigación E-21 muestra un aumento muy bajo, pero según la norma del MTC-2013 pasa hacer para una sub rasante buena.

En la tabla N°26 se clasifican los estudios que presentan un suelo areno limoso los estudios E-01, E-04, E-17 y E-18 son estudios que presentan una estabilización química no tradicional. El estudio E-18 tiene como agente estabilizante un aditivo proes. Las investigaciones E-01, E-17 y E-18 presentan como agentes estabilizantes cenizas de

cascara de azúcar, cascaras de arroz y cenizas de carbón. En estos estudios no se encontró datos sobre sus límites de consistencia, pero si su clasificación de suelo. En la figura N°30 se observa el porcentaje de humedad y la máxima densidad seca que presentan los estudios sin usar ningún agente estabilizante se puede observar que el rango de contenido óptimo de humedad está en el rango de 3.2 hasta 11.74 y la máxima densidad seca está en el rango de 1.6 gr/cm<sup>3</sup> hasta 1.92 gr/cm<sup>3</sup>.

En la figura N°32 se puede observar el óptimo contenido de humedad de las investigaciones sin adición de aditivo y con óptimo porcentaje de aditivo en las investigaciones E-01 y E-04 se puede apreciar un aumento en su contenido óptimo de humedad y en la figura N°33 su densidad máxima seca disminuye. En la figura N°34 se compara CBR a 0.1” y 0.2” los resultados indican una mayor capacidad de carga en un suelo areno limoso estabilizado con cenizas de cascara de arroz a diferencia del estabilizado con cenizas de caña de azúcar. El suelo estabilizado con aditivo Proes muestra una mejora, pero a comparación de la estabilización con cenizas de cascara de arroz su mejora es menor.

Al analizar las investigaciones seleccionadas una de las dificultades encontradas fue que no todas las investigaciones presentaban los ensayos físicos y mecánicos, se adaptó las fichas de recolección de datos a los resultados encontrados en cada investigación. Por causa de la pandemia no se pudo realizar esta investigación experimental y se optó por hacer una investigación descriptiva y analizar solo los parámetros físicos y mecánicos de los suelos estabilizados.

Para una estabilización química hay muchos parámetros a evaluar, comenzando por el clima que afecta directamente a una estabilización, el flujo de tráfico que pasara por la vía estabilizada, el análisis económico, disminuir o eliminar la permeabilidad, incrementar la resistencia y reducir el índice de plasticidad. Se recomienda realizar una

investigación experimental teniendo como referencia esta investigación, pero tomando en cuenta las variables de costo de una estabilización química tradicional y no tradicional, flujo de tráfico, el diseño de espesor de capa y la permeabilidad.

Esta investigación compara las características mecánicas y físicas de una estabilización química tradicional y no tradicional. Unas limitaciones en la investigación la falta de acceso de información actualizada y la falta de uniformidad en la presentación de las investigaciones. Actualmente, hay una gran cantidad de investigaciones sobre estabilizaciones químicas donde solo se evalúa los parámetros físicos y mecánicos, dejando de lado los parámetros de permeabilidad y económicos de una estabilización.



## CONCLUSIONES

- Luego de analizar las 23 investigaciones relacionadas con estabilizaciones químicas, se puede afirmar que el 65% de ellas se enfocaron en estabilizaciones no tradicionales, mientras que el 35% restante se centró en estabilizaciones tradicionales. A partir de los resultados obtenidos, se concluye que todas las estabilizaciones, tanto tradicionales como no tradicionales, logran mejorar la capacidad portante del suelo.
- Se concluye que la combinación de agentes estabilizantes, como emulsión asfáltica y cemento Portland, aditivo Quim-KD40 y cal hidratada, logra mejorar significativamente una subrasante de mala calidad a una categoría excelente según la tabla N°4 del MTC-2013, que considera el CBR para categorizar la subrasante. Tanto las estabilizaciones químicas tradicionales como no tradicionales lograron alcanzar una subrasante buena, mientras que las estabilizaciones tradicionales que utilizaron cemento Portland tipo 1 y cal llegaron a la categoría de subrasante muy buena..
- Se pudo comparar la respuesta de suelos arcillosos, arenosos y con grava limosa a la estabilización química tanto tradicional como no tradicional. En todos los casos, se observó una mejora en las características físicas y mecánicas del suelo al utilizar el contenido óptimo de agente estabilizante.

## REFERENCIAS

- Aliaga, F., & Soriano, C. (2019). *Análisis Comparativo de Estabilización con Cemento Portland y Emulsión Asfáltica en Bases Granulares* [Tesis de Pre Grado en Ingeniería Civil, Universidad Ricardo Palma].  
<http://repositorio.urp.edu.pe/handle/URP/2673>
- Aucalla, G. & Valenzuela, J. (2019). *Estabilización de la Sub rasante de suelos arcillosos, aplicando la cal* [Tesis de Pre Grado en Ingeniería Civil, Universidad Cesar Vallejo]. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/55879>
- Almeida, V. & Hidalgo, D. (2016). *Análisis comparativo de los procesos de estabilización de suelo con enzimas orgánicas y suelo-cemento, aplicado a suelos arcillosos de sub-rasante Juliaca* [Tesis de Pre Grado en Ingeniería Civil, Universidad Técnica de Ambato].  
<http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/24610>
- Apolinario, A. & Delgado, E. (2019). *Estabilización de suelos arcillosos, con bajos valores de soporte (CBR), con fines de mejoramiento de la subrasante Chimbote* [Tesis de licenciatura en Ingeniería Civil, Universidad Nacional Hermilio Valdizán].<http://repositorio.unheval.edu.pe/handle/UNHEVAL/5500>
- Araya, M. (2010) *Análisis Comparativo para ejecución de Estabilización de suelos, entre procesos Tradicionales y el Estabilizador de Suelos* [Tesis de licenciatura en Ingeniería Civil, Universidad Austral de Chile].
- Aliaga Rezza, S. C. (2019). *Análisis Comparativo de Estabilización con Cemento Portland y Emulsión Asfáltica en Base Granulares* [Tesis de pregrado, Universidad Ricardo Palma]. Repositorio Institucional. Obtenido de <http://repositorio.urp.edu.pe/handle/URP/2673>

- Ara, R. (2015). Comparación del Diseño de Mezcla Asfáltica en Caliente, Utilizando Filler Procesado o Agregado Mineral (polvo de roca) y el Filler (limo no plástico), aplicando el método Marshall para Capa de Rodadura de 3/4". (*Tesis de Pre Grado*). Universidad de San Carlos de Guatemala.
- Altamirano, G. & Díaz, A. (2015). *Estabilización de suelos cohesivos por medio de Cal en las Vías de la comunidad de San Isidro del Pegón, municipio Potosí- Rivas* [Tesis de licenciatura en Ingeniería Civil, Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua]. <http://repositorio.unan.edu.ni/id/eprint/6456>
- Babbie, E. (2016). FUNDAMENTOS DE INVESTIGACIÓN SOCIAL (7ma ed.). Cengage Learning Editores.
- Cedeño, D. & Ávila, J. (2013). *Investigación de la estabilización de suelos con enzima aplicado a la sub-rasante de la Avenida Quitumbe - Ñan, Cantón Quito* [Tesis de Pre Grado Ingeniería Civil, Universidad Central de Ecuador]. <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/2201>
- Chavez, F. & Cubas, B. (2016). *Estabilización Química de Suelos: Aplicaciones en la construcción de estructuras de pavimento* [Tesis de Pre Grado, Pontificia Universidad Católica de Chile]. <https://repositorio.uc.cl/handle/11534/10036>
- Creswell, J. W. (2014). *Investigación Cuantitativa Y Cualitativa: Métodos Complementarios* (4ta ed.). Ediciones Morata.
- Das, B. M. (2008). *Advanced Soil Mechanics*. New York: Taylor & Francis Group.
- Estrada, F. J. & Pintado, J. F. (2019). *Capacidad portante (CBR) del suelo del sector 9 de Cajamarca, incorporando 2%, 4% y 6% de cal hidratada, 4%, 6% y 8% de cemento portland tipo i y 4%, 8% y 12% de cloruro de sodio* [Tesis de Pre Grado, Universidad Privada del Norte]. <http://hdl.handle.net/11537/22322>

- Falen, J. Cubas, k. (2016). *Evaluación de las cenizas de carbón para la estabilización de suelos mediante activación alcalina y aplicación en carreteras no pavimentada Benkelman* [Tesis de licenciatura en Ingeniería Civil, Señor de Sipán].  
<https://hdl.handle.net/20.500.12802/3134>
- Fernandez, H.(2017). *Efecto del aditivo terrazyme en la estabilización de suelos arcillosos de subrasantes en la zona de expansión de la ciudad de Cajamarca* [Tesis de Pre Grado en Ingeniería Civil, Universidad Nacional de Cajamarca].  
<http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/1140>
- Flores, J. (2015). *Estabilización de suelos con fines de conformación de la estructura de un pavimento flexible estabilizado Con cemento en la Ciudad de Juliaca* [Tesis de Pre Grado en Ingeniería Civil, Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez].  
<http://repositorio.uancv.edu.pe/handle/UANCV/487>
- García, F. J. (2012). Metodología de la investigación: diseño y ejecución del trabajo de investigación científica. Paraninfo
- Garnicas, P. & Pérez, A. & Gómez, J. & Obil, E. (febrero 2002). *Estabilización de Suelos con Cloruro de Sodio para su uso en las Vías Terrestres, SCT*  
<https://www.imt.mx/archivos/publicaciones/publicaciontecnicapt201.pdf>
- Gálvez Cano, J. M., & Aponte Castello, J. F. (2019). *Estudio experimental del comportamiento geotécnico de suelo arenoso mejorado con ceniza proveniente de la quema de madera y carbón de las ladrilleras artesanales del distrito del Lurigancho, Lima*. [Tesis de Pre Grado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas]. <https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/648674>
- Goñas, O. (2019) *Estabilización de suelos con cenizas de carbón para uso como subrasante mejorada* [Tesis de licenciatura en Ingeniería Civil, Universidad

Nacional Toribio Rodríguez De Amazonas].

<http://repositorio.untrm.edu.pe/handle/UNTRM/1801>

Gutiérrez, A. (2010). *Estabilización Química de Carreteras no Pavimentadas en el Perú y ventajas comparativas del Cloruro de Magnesio (Bischofita) frente al Cloruro de Calcio* [Tesis de Pre Grado en Ingeniería Civil, Universidad Ricardo Palma].

<http://repositorio.urp.edu.pe/handle/urp/116>

Guamán, I. (2016). *Estudio del comportamiento de un suelo arcilloso estabilizado por dos métodos químicos (cal y cloruro de sodio)* [Tesis de licenciatura en Ingeniería Civil, Universidad Técnica de Ambato].

<http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/24608>

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2010). *Metodología de la investigación* (5a ed.). McGraw-Hill.

Higuera Sandoval, C. H. (2014). *Fundamentos Teóricos, Ajuste Granulométrico, Estabilización con Cal y Aditivos Químicos*. Tunja.

International, A. (2018). *Análisis Granulométrico*. ASTM T 88, 14-15.

International, A. (2018). *Método de prueba estándar para California Bearing Ratio (CBR) de suelos compactados en laboratorio*. ASTM D1883, 4-6.

International, A. (2018). *Método de prueba estándar para factores de contracción de suelos cohesivos por el método de inmersión en agua*. ASTM D 427, 19-22.

International, A. (2018). *Método de prueba estándar para límite de líquido, límite de plástico e índice de plasticidad de los suelos*. ASTM D 4318, 3-6.

International, A. (2018). *Métodos de prueba estándar para las características de compactación de laboratorio del suelo utilizando esfuerzo modificado (56,000 ft-lbf / ft<sup>3</sup> (2,700 kN-m / m<sup>3</sup>))*. ASTM D 1557, 4-6.

- Jara, R. (2014) *Efecto de la cal como estabilizante de una subrasante de suelo arcilloso*  
[Tesis de licenciatura en Ingeniería Civil, Universidad Nacional de Cajamarca].  
<http://repositorio.unc.edu.pe/handle/UNC/686>
- Jayaranjan, M. L. D., van Hullebusch, E. D., & Annachhatre, A. P. (2014). Reuse options  
for coal fired power plant bottom ash and fly ash. *Reviews in Environmental  
Science and Bio/Technology*, 13(4), 467-486. <https://doi.org/10.1007/s11157-014-9336-4>
- Landa Alarcon, J. Y., & Torres Montesinos, S. F. (2019). *Mejoramiento de suelos  
arcillosos en subrasante mediante el uso de cenizas volantes de bagazo de caña  
de azúcar y cal* [Tesis de Pre Grado, Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas].  
<https://repositorioacademico.upc.edu.pe/handle/10757/626177>
- Leyva, R. (2012). *Metodología de la investigación: Diseño y ejecución del proyecto*.  
Cengage Learning Editores.
- Mamani Barriga, L. E., & Yataco Quispe, A. J. (2017). *Estabilización de suelos arcillosos  
aplicando ceniza de madera de fondo, producto de ladrilleras artesanales en el  
departamento de Ayacucho* [Tesis de Pre Grado en Ingeniería Civil, Universidad  
San Martín de Porres]. <http://repositorio.usmp.edu.pe/handle/usmp/3635>
- Milton, J. (2014). *Diagnostico estructural de afirmado estabilizado con cloruro de  
magnesio mediante el modelo matemático de Hogg y Viga Benkelman* [Tesis de  
licenciatura en Ingeniería Civil, Universidad Privada de Ciencias Aplicadas].  
<http://hdl.handle.net/10757/325860>
- Ministerio de Transporte y Comunicaciones. (2013). *MANUAL DE CARRETERAS  
ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES PARA LA  
CONSTRUCCIÓN EG-2013*. Lima-Perú

- Ministerio de Transporte y Comunicaciones. (2013). *MANUAL DE CARRETERAS: SUELOS GEOLOGIA Y PAVIMENTOS EG-2013*. Lima-Perú
- Parra Gómez, M. G. (2018). *Estabilización de un suelo con cal y ceniza volante* [Tesis de Pre Grado en Ingeniería Civil, Universidad Católica de Colombia]. <https://hdl.handle.net/10983/22856>
- Pères, R. & Cañar, E. (2017). *Análisis comparativo de la resistencia al corte y estabilización de suelos arenosos finos y arcillosos combinadas con ceniza de carbón* [Tesis de licenciatura en Ingeniería Civil, Universidad Técnica de Ambato]. <http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/25266>
- Peruana, N. T. (2019). Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de suelo. *NTP 339.127*, 4-5.
- Pinto, K. (2018). *Estabilización mecánica de suelos tipo C-1 para subbases y bases utilizando cemento, cal hidratada y concreto asfáltico reciclado* [Tesis de licenciatura en Ingeniería Civil, Universidad de San Carlos de Guatemala]. <http://biblioteca.ingenieria.usac.edu.gt/>
- Quezada, S. (2017). *Estudio comparativo de la estabilización de suelos arcillosos con valvas de moluscos para pavimentación* [Tesis de Pre Grado, Universidad de Piura]. <https://hdl.handle.net/11042/3207>
- Quispe, R. (2019). *Estudio experimental y numérico del comportamiento mecánico de una arcilla* [Tesis de Pre Grado en Ingeniería Civil, Universidad Privada de Ciencias Aplicadas]: <http://hdl.handle.net/10757/626409>
- Quiran, W. (2015). *Estabilización de suelos con productos enzimáticos, como alternativa a la carencia de bancos de préstamos de material en el departamento de Guatemala* [Tesis de Pre Grado en Ingeniería Civil, Universidad de San Carlos de Guatemala]. <http://www.repositorio.usac.edu.gt/id/eprint/1369>

- Quispe, R. (2019). *Estudio experimental y numérico del comportamiento mecánico de una arcilla mejorada con métodos tradicionales y ceniza de madera* [Tesis de licenciatura en Ingeniería Civil, Universidad Privada de Ciencias Aplicadas].  
<http://hdl.handle.net/10757/626409>
- Ranjan, A. (2015). *Soil stabilization: principles and practice* (2da ed.). Springer.
- Rabanal, W. (2020). *Influencia del aditivo quim KD-40 y cal hidratada para estabilización de suelos arcillosos como capa subrasante en pavimentos rígidos, Pucallpa, 2020* [Tesis de licenciatura en Ingeniería Civil, Universidad Cesar Vallejo]. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/58139>
- Rodríguez, V. Silva, J. (2019). *Estabilización de suelos adicionando cemento portland tipo 1 mas cal hidratada en vías afirmadas, para el centro poblado alto Trujillo, el porvenir - la libertad* [Tesis de Pre Grado en Ingeniería Civil, Universidad Privada Antenor Orrego]. <https://hdl.handle.net/20.500.12759/5553>
- Rodríguez, C. & Lorenzo, A. (2019) *Estabilización de suelos con concreto asfáltico reciclado el el PJ. Dos de Mayo – Chimbote* [Tesis de licenciatura en Ingeniería Civil, Universidad Nacional del Santa].  
<http://repositorio.uns.edu.pe/handle/UNS/3687>
- Rojas, H. & Barrera, J. & Piracon, C (2007). *Análisis comparativo de la estabilización de una base granular, a través de dos elementos químicos como el multienzemático emático perma zyme IIX, y cemento en un suelo de Bogotá D.C* [Tesis de licenciatura en Ingeniería Civil inédita, Universidad de La Salle].  
[https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1282&context=ing\\_civil](https://ciencia.lasalle.edu.co/cgi/viewcontent.cgi?article=1282&context=ing_civil)



Rodríguez Gómez, G., Fradejas Sánchez, A., & Sánchez Moreno, M. (2014).  
Metodología de la investigación cualitativa. Ediciones Morata.

Sánchez, F. (2010). Técnicas de muestreo estadístico. Paraninfo.

Sampieri, R. H., Collado, C. F., Lucio, P. B., & Pérez, M. A. (2020). Metodología de la  
investigación. McGraw Hill.

SANCHEZ, A. (2019). *Estabilización de suelos expansivos con cal y cemento en el  
sector Cacical del cantón Tosagua provincia de Manabí* [Tesis de Pre Grado en  
Ingeniería Civil, Universidad Católica de Ecuador].  
<http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/11180>

Sinche, J. & Zevallos, J. (2019). *Influencia de las escamas de tereftalato de polietileno  
(flake PET) en el comportamiento mecánico de los suelos areno-limosos del  
distrito de La Molina* [Tesis de Pre Grado en Ingeniería Civil, Universidad San  
Martin de Porres]. <https://hdl.handle.net/20.500.12727/4790>

Surco, A. (2019). *Evaluación geologica, geotecnica, para el uso de cemento Portland en  
el mejoramiento y conservación del corredor vial Putina - Dv. Ananea Tramo III,  
Km 97+000 al Km 104+000* [Tesis de Pre Grado en Ingeniería Geólogo,  
Universidad Nacional del Altiplano].  
<http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/15504>


Terrones, A. T. (2018). *Estabilización de suelos arcillosos adicionando cenizas de  
bagazo de caña para el mejoramiento de subrasante en el sector Barraza, Trujillo  
– 2018* [Tesis de Pre Grado en Ingeniería Civil, Universidad Privada del Norte].  
<http://hdl.handle.net/11537/14971>

Trochim, W. M. (2006). *The research methods knowledge base* (3ra ed.). Atomic Dog Publishing.

Valencia, S. (2020). *Estabilización de suelo con cemento en la ruta LI-877 Comunidad Campesina La Victoria - Distrito de Tayabamba - Provincia De Pataz - Región La Libertad, 2020* [Tesis de Pre Grado en Ingeniería Civil, Universidad Cesar Vallejo]. <https://hdl.handle.net/20.500.12692/61092>

## ANEXOS

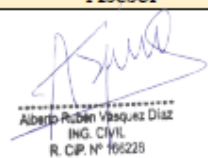
### ANEXO N° 1

	Universidad Privada del Norte – Sede Trujillo		
	Ficha de Recolección de Datos		
	Tesis:	Análisis Comparativos de Estabilización Química Tradicional y No Tradicional Empleadas para Suelos con Fines de Pavimentación Trujillo 2022.	
	Tesista:	Bach. Montoro Budinich Victor Rogelio	
Asesor:	Ing. Alberto Rubén Vasques Diaz		

Título:	Efecto de la incorporación de las cenizas de caña de azúcar en subrasantes areno-limosas		
Código:	E-01		
Ubicación:	Piura		
Tipo de Suelo	SUCS:	SM	AASTHO: A-4 (0)
Descripción del Suelo:	Arena Limosa		
Agente Estabilizador:	Ceniza de caña de azúcar		
Tipo de Estabilización:	Estabilización Química No Tradicional		


Muestra	Limite Líquido	Limite Plástico	IP	OCH %	MDS (gr/cm <sup>3</sup> )	CBR 0.1"	CBR 0.2"
S1	NP	NP	NP	11	1.88	67	71
S1+5%CNIZA	NP	NP	NP	16	1.63	109	117
S1+10%CNIZA	NP	NP	NP	20.6	1.41	70	96
S1+15%CNIZA	NP	NP	NP	24.5	1.24	43	49

Nota: “NP” significa que no presento datos sobre el ensayo, IP significa índice de plasticidad, OCH% significa óptimo contenido de humedad, MDS significa máxima densidad seca y CBR a 0.1” y 0.2” significa la penetración en pulgadas.

Autor		Asesor	
Firma:		Firma:	 Alberto Rubén Vasques Diaz ING. CIVIL R. C.P. N° 166226
Nombre:	Bach. Montoro Budinich Victor Rogelio	Nombre:	Ing. Alberto Rubén Vasques Diaz
Fecha:		Fecha:	

Nota Ficha de recolección de datos


ANEXO N° 2

	Universidad Privada del Norte – Sede Trujillo		
	Ficha de Recolección de Datos		
	Tesis:	Análisis Comparativos de Estabilización Química Tradicional y No Tradicional Empleadas para Suelos con Fines de Pavimentación Trujillo 2022.	
	Tesista:	Bach. Montoro Budinich Victor Rogelio	
Asesor:	Ing. Alberto Rubén Vasques Diaz		

Título:	Pruebas con un Producto Enzimático como Agente Estabilizador de Suelos para Carreteras.		
Código:	E-02		
Ubicación:	Piura		
Tipo de Suelo	SUCS:	CL	AASTHO: A-2-6
Descripción del Suelo:	Arcilla Limosa		
Agente Estabilizador:	Producto Enzimático (Perma-Zyme 22X)		
Tipo de Estabilización:	Estabilización Química No Tradicional		


Muestra	Limite Líquido	Limite Plástico	I.P	OCH %	MDS (gr/cm <sup>3</sup> )	CBR 0.1"	CBR 0.2"
S2	30	14	16	8	2.17	NP	NP
S2+1lt de Perma-Zyme 22X	29	13	16	NP	NP	25	NP

Nota: “NP” significa que no presento datos sobre el ensayo, I.P significa índice de plasticidad, OCH% significa óptimo contenido de humedad, MDS significa máxima densidad seca y CBR a 0.1” y 0.2” significa la penetración en pulgadas.

Autor		Asesor	
Firma:		Firma:	 Alberto Rubén Vasques Diaz ING. CIVIL R.C.P. N° 105220
Nombre:	Bach. Montoro Budinich Victor Rogelio	Nombre:	Ing. Alberto Rubén Vasques Diaz
Fecha:		Fecha:	

Nota Ficha de recolección de datos

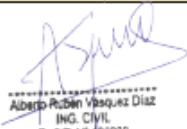
ANEXO N° 3

	Universidad Privada del Norte – Sede Trujillo		
	Ficha de Recolección de Datos		
	Tesis:	Análisis Comparativos de Estabilización Química Tradicional y No Tradicional Empleadas para Suelos con Fines de Pavimentación Trujillo 2022.	
	Tesista:	Bach. Montoro Budinich Victor Rogelio	
Asesor:	Ing. Alberto Rubén Vasques Diaz		

Título:	Cenizas de Conchas de Abanico y Cenizas de Carbón		
Código:	E-03		
Ubicación:	Chimbote		
Tipo de Suelo	SUCS:	CL	AASTHO: A-6
Descripción del Suelo:	Arcilla Limosa		
Agente Estabilizador:	Cenizas de Conchas de Abanico y Carbón		
Tipo de Estabilización:	Estabilización Química No Tradicional		


Muestra	Limite Líquido	Limite Plástico	IP	OCH %	MDS (gr/cm <sup>3</sup> )	CBR 0.1"	CBR 0.2"
S3	32.43	19.42	13.01	10.6	1.928	2.8	NP
S3+20%CoCe	39.32	24.87	14.45	13	1.886	14.5	NP
S3+25%CoCe	40.74	28.32	12.41	13.8	1.838	19.8	NP
S3+30%CoCe	39.84	29.98	9.86	11	1.847	15.6	NP

Nota: “NP” significa que no presento datos sobre el ensayo, IP significa índice de plasticidad, OCH% significa óptimo contenido de humedad, MDS significa máxima densidad seca y CBR a 0.1” y 0.2” significa la penetración en pulgadas.

Autor		Asesor	
Firma:		Firma:	 Alberto Rubén Vasques Diaz ING. CIVIL R. C.P. N° 196228
Nombre:	Bach. Montoro Budinich Victor Rogelio	Nombre:	Ing. Alberto Rubén Vasques Diaz
Fecha:		Fecha:	

Nota Ficha de recolección de datos

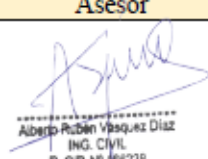
ANEXO N° 4

	Universidad Privada del Norte – Sede Trujillo		
	Ficha de Recolección de Datos		
	Tesis:	Análisis Comparativos de Estabilización Química Tradicional y No Tradicional Empleadas para Suelos con Fines de Pavimentación Trujillo 2022.	
	Tesista:	Bach. Montoro Budinich Victor Rogelio	
Asesor:	Ing. Alberto Rubén Vasques Diaz		

Título:	Efecto de la incorporación de las cenizas de cáscara de arroz en subrasantes arenosas		
Código:	E-04		
Ubicación:	Piura		
Tipo de Suelo	SUCS:	SP-SM	AASTHO: A-3(0)
Descripción del Suelo:	Arena Pobremente Graduada con Limo		
Agente Estabilizador:	Cenizas de Cascaras de Arroz		
Tipo de Estabilización:	Estabilización Química No Tradicional		


Muestra	Limite Líquido	Limite Plástico	I.P	OCH %	MDS (gr/cm <sup>3</sup> )	CBR 0.1"	CBR 0.2"
S4	NP	NP	NP	10.5	1.64	39	45
S4+5%CCA	NP	NP	NP	16	1.61	148	213
S4+10%CCA	NP	NP	NP	17	1.51	120	133
S4+15%CCA	NP	NP	NP	23	1.44	62	69

*Nota:* “NP” significa que no presento datos sobre el ensayo, I.P significa índice de plasticidad, OCH% significa óptimo contenido de humedad, MDS significa máxima densidad seca y CBR a 0.1” y 0.2” significa la penetración en pulgadas.

Autor		Asesor	
Firma:		Firma:	 Alberto Rubén Vasques Diaz ING. CIVIL R. CIP. N° 165228
Nombre:	Bach. Montoro Budinich Victor Rogelio	Nombre:	Ing. Alberto Rubén Vasques Diaz
Fecha:		Fecha:	

*Nota* Ficha de recolección de datos

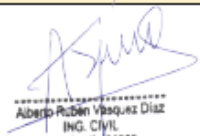
ANEXO N° 5

	Universidad Privada del Norte – Sede Trujillo	
	Ficha de Recolección de Datos	
	Tesis:	Análisis Comparativos de Estabilización Química Tradicional y No Tradicional Empleadas para Suelos con Fines de Pavimentación Trujillo 2022.
	Tesista:	Bach. Montoro Budinich Victor Rogelio
Asesor	Ing. Alberto Rubén Vasques Diaz	

Título:	Análisis Comparativo de Estabilización con Cemento Portland y Emulsión Asfáltica en Bases Granulares.		
Código:	E-05		
Ubicación:	Lima		
Tipo de Suelo	SUCS: GM	AASTHO:	A-1-a
Descripción del Suelo:	Arena con Limo		
Agente Estabilizador:	Cemento Portland y Emulsión Asfáltica		
Tipo de Estabilización:	Estabilización Química No Tradicional		


Muestra	Limite Líquido	Limite Plástico	IP	OCH %	MDS (gr/cm <sup>3</sup> )	CBR 0.1"	CBR 0.2"
S5	22	18.4	3.6	6.3	2.292	48.3	65.1
S5+5% Cemento				7.1	2.303	126	153.5
S5+5.8% Emulsión Asfáltica				5.8	2.281	58.2	75.3

Nota: “NP” significa que no presento datos sobre el ensayo, IP significa índice de plasticidad, OCH% significa óptimo contenido de humedad, MDS significa máxima densidad seca y CBR a 0.1” y 0.2” significa la penetración en pulgadas.

Autor		Asesor	
Firma:		Firma:	 Alberto Rubén Vasques Diaz ING. CIVIL R. C.P. N° 166225
Nombre:	Bach. Montoro Budinich Victor Rogelio	Nombre:	Ing. Alberto Rubén Vasques Diaz
Fecha:		Fecha:	

Nota Ficha de recolección de datos


ANEXO N° 6

	Universidad Privada del Norte – Sede Trujillo	
	Ficha de Recolección de Datos	
	Tesis:	Análisis Comparativos de Estabilización Química Tradicional y No Tradicional Empleadas para Suelos con Fines de Pavimentación Trujillo 2022.
	Tesista:	Bach. Montoro Budinich Victor Rogelio
Asesor	Ing. Alberto Rubén Vasques Diaz	

Título:	Estudio Comparativo de la Estabilización de Suelos Arcillosos con Valvas de Molusco para Pavimentación		
Código:	E-06		
Ubicación:	Piura		
Tipo de Suelo	SUCS: CL	AASTHO:	A-6(16)
Descripción del Suelo:	Arcilla Limosa		
Agente Estabilizador:	Valvas de Moluscos Triturada		
Tipo de Estabilización:	Estabilización Química No Tradicional		

Muestra	Limite Líquido	Limite Plástico	I.P	OCH %	MDS (gr/cm <sup>3</sup> )	CBR 0.1"	CBR 0.2"
S6	37	23	14	16.4	1.69	2	NP
S6+20%CP	36	22	14	15	15	3	NP
S6+40%CP	24	22	12	12	1.89	5	NP
S6+20%CA	35	22	12	15.5	1.73	21	NP
S6+80%CA	21	19	2	11.2	1.85	59	NP


Nota: "NP" significa que no presento datos sobre el ensayo, I.P significa índice de plasticidad, OCH% significa óptimo contenido de humedad, MDS significa máxima densidad seca y CBR a 0.1" y 0.2" significa la penetración en pulgadas.

Autor		Asesor	
Firma:		Firma:	 Alberto Rubén Vasques Diaz ING. CIVIL R. CIP. N° 165225
Nombre:	Bach. Montoro Budinich Victor Rogelio	Nombre:	Ing. Alberto Rubén Vasques Diaz
Fecha:		Fecha:	

Nota Ficha de recolección de datos



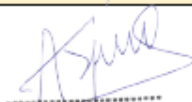
ANEXO N° 7

	Universidad Privada del Norte – Sede Trujillo	
	Ficha de Recolección de Datos	
	Tesis:	Análisis Comparativos de Estabilización Química Tradicional y No Tradicional Empleadas para Suelos con Fines de Pavimentación Trujillo 2022.
	Tesista:	Bach. Montoro Budinich Victor Rogelio
Asesor:	Ing. Alberto Rubén Vasques Diaz	

Título:	Estabilización de Suelos Arcillosos Adicionando Cenizas de Bagazo de Caña para el Mejoramiento de Subrasante en el Sector Barraza, Trujillo – 2018		
Código:	E-07		
Ubicación:	Trujillo		
Tipo de Suelo	SUCS:	CL	AASTHO: A-6
Descripción del Suelo:	Arcilla Limosa de baja plasticidad		
Agente Estabilizador:	Ceniza Bagazo de Caña de Azúcar		
Tipo de Estabilización:	Estabilización Química No Tradicional		


Muestra	Limite Líquido	Limite Plástico	I.P	OCH %	MDS (gr/cm <sup>3</sup> )	CBR 0.1"	CBR 0.2"
S7	31.57	18.3	13.27	14.18	1.987	NP	2.68
S7+5%CBA	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP
S7+10%CBA	NP	NP	NP	NP	NP	NP	NP
S7+15%CBA	NP	NP	NP	15.6	2.091	22.5	24.1

*Nota:* “NP” significa que no presento datos sobre el ensayo, I.P significa índice de plasticidad, OCH% significa óptimo contenido de humedad, MDS significa máxima densidad seca y CBR a 0.1” y 0.2” significa la penetración en pulgadas.

Autor		Asesor	
Firma:		Firma:	 Alberto Rubén Vasques Diaz ING. CIVIL R. CIP. N° 166225
Nombre:	Bach. Montoro Budinich Victor Rogelio	Nombre:	Ing. Alberto Rubén Vasques Diaz
Fecha:		Fecha:	

*Nota* Ficha de recolección de datos


ANEXO N° 8

	Universidad Privada del Norte – Sede Trujillo	
	Ficha de Recolección de Datos	
	Tesis:	Análisis Comparativos de Estabilización Química Tradicional y No Tradicional Empleadas para Suelos con Fines de Pavimentación Trujillo 2022.
	Tesista:	Bach. Montoro Budinich Victor Rogelio
Asesor	Ing. Alberto Rubén Vasques Diaz	

Título:	Estabilización de suelo con cemento en la ruta LI-877 Comunidad Campesina La Victoria - Distrito de Taya bamba - Provincia De Pataz - Región La Libertad, 2020.		
Código:	E-08		
Ubicación:	Taya bamba		
Tipo de Suelo	SUCS:	CL	AASTHO: A-6-7
Descripción del Suelo:	Arcilla Limosa de baja plasticidad		
Agente Estabilizador:	Cemento Portland		
Tipo de Estabilización:	Estabilización Química Tradicional		


Muestra	Limite Líquido	Limite Plástico	I.P	OCH %	MDS (gr/cm <sup>3</sup> )	CBR 0.1"	CBR 0.2"
S8	40	14.4	25.6	8	1.28	24.3	27.41
S8+10%	NP	NP	NP	7.4	1.4	59.25	63.1
S8+12%	NP	NP	NP	7.57	1.69	69.26	79.25

*Nota:* “NP” significa que no presento datos sobre el ensayo, I.P significa índice de plasticidad, OCH% significa óptimo contenido de humedad, MDS significa máxima densidad seca y CBR a 0.1” y 0.2” significa la penetración en pulgadas.

Autor		Asesor	
Firma:		Firma:	 Alberto Rubén Vasques Diaz ING. CIVIL R. CIP. N° 168226
Nombre:	Bach. Montoro Budinich Victor Rogelio	Nombre:	Ing. Alberto Rubén Vasques Diaz
Fecha:		Fecha:	

*Nota* Ficha de recolección de datos

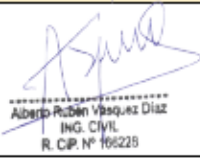
ANEXO N° 9

	Universidad Privada del Norte – Sede Trujillo		
	Ficha de Recolección de Datos		
	Tesis:	Análisis Comparativos de Estabilización Química Tradicional y No Tradicional Empleadas para Suelos con Fines de Pavimentación Trujillo 2022.	
	Tesista:	Bach. Montoro Budinich Victor Rogelio	
Asesor	Ing. Alberto Rubén Vasques Diaz		

Título:	Influencia del aditivo Quim KD-40 y cal hidratada para estabilización de suelos arcillosos como capa subrasante en pavimentos rígidos, Pucallpa 2020		
Código:	E-09		
Ubicación:	Pucallpa		
Tipo de Suelo	SUCS:	CL	AASTHO: NP
Descripción del Suelo:	Arcilla Limosa de baja plasticidad		
Agente Estabilizador:	Aditivo Quim KD-40 y cal hidratada		
Tipo de Estabilización:	Estabilización Química No Tradicional		


Muestra	Limite Líquido	Limite Plástico	IP	OCH %	MDS (gr/cm <sup>3</sup> )	CBR 0.1"	CBR 0.2"
S9	54	28	26	NP	NP	NP	NP
S9+7%CAL	45.8	33.8	12	NP	NP	83.58	NP
S9+9%CAL	45.5	33	12.5	NP	NP	103.82	NP
S9+6% KD-40	41.44	30.19	11.25	NP	NP	12.38	NP
S9+10% KD-40	38.2	29.84	8.36	NP	NP	11.26	NP

Nota: “NP” significa que no presento datos sobre el ensayo, IP significa índice de plasticidad, OCH% significa óptimo contenido de humedad, MDS significa máxima densidad seca y CBR a 0.1” y 0.2” significa la penetración en pulgadas.

Autor		Asesor	
Firma:		Firma:	 Alberto Rubén Vasques Diaz ING. CIVIL R. CIP. N° 106228
Nombre:	Bach. Montoro Budinich Victor Rogelio	Nombre:	Ing. Alberto Rubén Vasques Diaz
Fecha:		Fecha:	

Nota Ficha de recolección de datos


ANEXO N° 10

	Universidad Privada del Norte – Sede Trujillo	
	Ficha de Recolección de Datos	
	Tesis:	Análisis Comparativos de Estabilización Química Tradicional y No Tradicional Empleadas para Suelos con Fines de Pavimentación Trujillo 2022.
	Tesista:	Bach. Montoro Budinich Victor Rogelio
Asesor	Ing. Alberto Rubén Vasques Diaz	

Título:	Estabilización de la Sub rasante de suelos arcillosos, aplicando la cal con cemento en el tramo de san José-Chichizu, Junín 2019		
Código:	E-10		
Ubicación:	Junín		
Tipo de Suelo	SUCS:	CH	AASTHO: A-7-6
Descripción del Suelo:	Suelo Altamente Plastico		
Agente Estabilizador:	Cemento Portland y Cal		
Tipo de Estabilización:	Estabilización Química No Tradicional		


Muestra	Limite Líquido	Limite Plástico	I.P	OCH %	MDS (gr/cm <sup>3</sup> )	CBR 0.1"	CBR 0.2"
S10	51.1	25.4	25.7	15.6	1.761	3.1	4.7
S10+4.8%CEM+4.9%CAL	37.6	27.6	10	17.5	1.737	24.7	36.5
S10+4.8%CEM+4.9%CAL	38.6	27.5	11.1	17.4	1.739	27.2	39.5
S10+4.8%CEM+4.9%CAL	36.8	25.5	11.3	17.7	1.724	25.1	37.2

Nota: “NP” significa que no presento datos sobre el ensayo, I.P significa índice de plasticidad, OCH% significa óptimo contenido de humedad, MDS significa máxima densidad seca y CBR a 0.1” y 0.2” significa la penetración en pulgadas.

Autor		Asesor	
Firma:		Firma:	 Alberto Rubén Vasques Diaz ING. CIVIL R. CIP. N° 166226
Nombre:	Bach. Montoro Budinich Victor Rogelio	Nombre:	Ing. Alberto Rubén Vasques Diaz
Fecha:		Fecha:	

Nota Ficha de recolección de datos


ANEXO N° 11

	Universidad Privada del Norte – Sede Trujillo	
	Ficha de Recolección de Datos	
	Tesis:	Análisis Comparativos de Estabilización Química Tradicional y No Tradicional Empleadas para Suelos con Fines de Pavimentación Trujillo 2022.
	Tesista:	Bach. Montoro Budinich Victor Rogelio
Asesor	Ing. Alberto Rubén Vasques Diaz	

Título:	Capacidad Portante (CBR) del suelo del sector 9 de Cajamarca, incorporando 2%, 4% y 6% de Cal Hidratada, 4%, 6% y 8% de Cemento Portland Tipo i y 4%, 8% y 12% de Cloruro de Sodio”		
Código:	E-11		
Ubicación:	Cajamarca		
Tipo de Suelo	SUCS:	CL	AASTHO: A-6
Descripción del Suelo:	Arcilla de baja Plasticidad		
Agente Estabilizador:	Cal Hidratada, Cemento Portland y Cloruro de Sodio		
Tipo de Estabilización:	Estabilización Química Tradicional		


Muestra	Limite Líquido	Limite Plástico	I.P	OCH %	MDS (gr/cm <sup>3</sup> )	CBR 0.1”	CBR 0.2”
S11	34.12	15.48	18.64	10.13	2.296	4.6	5
S11+4% CAL	NP	NP	NP	10.4	2.391	11.15	11.5
S11+8% CEMENTO	NP	NP	NP	10.5	2.350	7.7	8.13
S11+12% NaCl	NP	NP	NP	10.3	2.3	5.1	5.5

Nota: “NP” significa que no presento datos sobre el ensayo, I.P significa índice de plasticidad, OCH% significa óptimo contenido de humedad, MDS significa máxima densidad seca y CBR a 0.1” y 0.2” significa la penetración en pulgadas.

Autor		Asesor	
Firma:		Firma:	 Alberto Rubén Vasques Diaz ING. CIVIL R. CIP. N° 166228
Nombre:	Bach. Montoro Budinich Victor Rogelio	Nombre:	Ing. Alberto Rubén Vasques Diaz
Fecha:		Fecha:	

Nota Ficha de recolección de datos

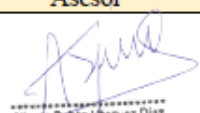
ANEXO N° 12

	Universidad Privada del Norte – Sede Trujillo		
	Ficha de Recolección de Datos		
	Tesis:	Análisis Comparativos de Estabilización Química Tradicional y No Tradicional Empleadas para Suelos con Fines de Pavimentación Trujillo 2022.	
	Tesista:	Bach. Montoro Budinich Victor Rogelio	
Asesor:	Ing. Alberto Rubén Vasques Diaz		

Título:	Estabilización de Suelos Arcillosos aplicando Ceniza de Madera de Fondo, producto de Ladrilleras Artesanales en el Departamento de Ayacucho		
Código:	E-12		
Ubicación:	Ayacucho		
Tipo de Suelo	SUCS:	CH	AASTHO: A-7-6
Descripción del Suelo:	Arcilla de alta Plasticidad		
Agente Estabilizador:	Ceniza de Madera de ladrilleras		
Tipo de Estabilización:	Estabilización Química No Tradicional		


Muestra	Limite Líquido	Limite Plástico	I.P	OCH %	MDS (gr/cm <sup>3</sup> )	CBR 0.1"	CBR 0.2"
S12	82.71	23.37	59.34	32.27	1.47	NP	NP
S12+10% CLA	43.69	23.27	20.42	30.12	1.403	NP	NP
S12+30% CLA	39.61	20.89	18.78	24.44	1.506	NP	NP
S12+50% CLA	38.49	20.62	17.86	23.25	1.422	NP	NP

Nota: “NP” significa que no presento datos sobre el ensayo, I.P significa índice de plasticidad, OCH% significa óptimo contenido de humedad, MDS significa máxima densidad seca y CBR a 0.1” y 0.2” significa la penetración en pulgadas.

Autor		Asesor	
Firma:		Firma:	 Alberto Rubén Vasques Diaz ING. CIVIL R. CIP. N° 166228
Nombre:	Bach. Montoro Budinich Victor Rogelio	Nombre:	Ing. Alberto Rubén Vasques Diaz
Fecha:		Fecha:	

Nota Ficha de recolección de datos


ANEXO N° 13

	Universidad Privada del Norte – Sede Trujillo		
	Ficha de Recolección de Datos		
	Tesis:	Análisis Comparativos de Estabilización Química Tradicional y No Tradicional Empleadas para Suelos con Fines de Pavimentación Trujillo 2022.	
	Tesista:	Bach. Montoro Budinich Victor Rogelio	
Asesor:	Ing. Alberto Rubén Vasques Diaz		

Título:	Influencia de la Aplicación de Aditivos Químicos en la Estabilización de Suelos Cohesivos para uso como Subrasante Mejorada de Pavimentos entre los Sectores Calamarca – huaso, la libertad, 2018		
Código:	E-13		
Ubicación:	La Libertad		
Tipo de Suelo	SUCS:	CL	AASTHO: A-6
Descripción del Suelo:	Arcilla de baja Plasticidad		
Agente Estabilizador:	Aditivo Proes más Cemento Portland		
Tipo de Estabilización:	Estabilización Química No Tradicional		


Muestra	Limite Líquido	Limite Plástico	IP	OCH %	MDS (gr/cm <sup>3</sup> )	CBR 0.1”	CBR 0.2”
S13	37.5	22.1	15.4	19	1.37	6.9	6.1
S13+0.231/m3+45kg/m3	NP	NP	NP	16.1	1.57	78.4	NP
S13+0.271/m3+45kg/m3	NP	NP	NP	18.57	1.66	109.8	NP
S13+0.301/m3+45kg/m3	NP	NP	NP	20.9	1.59	79.30	NP

Nota: “NP” significa que no presento datos sobre el ensayo, IP significa índice de plasticidad, OCH% significa óptimo contenido de humedad, MDS significa máxima densidad seca y CBR a 0.1” y 0.2” significa la penetración en pulgadas.

Autor		Asesor	
Firma:		Firma:	
Nombre:	Bach. Montoro Budinich Victor Rogelio	Nombre:	Ing. Alberto Rubén Vasques Diaz
Fecha:		Fecha:	

Nota Ficha de recolección de datos


ANEXO N° 14

	Universidad Privada del Norte – Sede Trujillo	
	Ficha de Recolección de Datos	
	Tesis:	Análisis Comparativos de Estabilización Química Tradicional y No Tradicional Empleadas para Suelos con Fines de Pavimentación Trujillo 2022.
	Tesista:	Bach. Montoro Budinich Victor Rogelio
Asesor	Ing. Alberto Rubén Vasques Diaz	

Título:	Estabilización de Suelos con fines de Conformación de la Estructura de un Pavimento Flexible Estabilizado con Cemento en la Ciudad de Juliaca		
Código:	E-14		
Ubicación:	Juliaca		
Tipo de Suelo	SUCS:	GM	AASTHO: NP
Descripción del Suelo:	Suelo con Grava Limosa		
Agente Estabilizador:	Cemento Portland		
Tipo de Estabilización:	Estabilización Química Tradicional		

Muestra	Limite Líquido	Limite Plástico	I.P	OCH %	MDS (gr/cm <sup>3</sup> )	CBR 0.1"	CBR 0.2"
S14	NP	NP	NP	15.6	1.84	13.6	16
S14+3%CEM	NP	NP	NP	15.5	1.87	16.5	20
S14+5%CEM	NP	NP	NP	16.3	1.89	20	24
S14+7%CEM	NP	NP	NP	17.42	1.92	23	26


Nota: “NP” significa que no presento datos sobre el ensayo, I.P significa índice de plasticidad, OCH% significa óptimo contenido de humedad, MDS significa máxima densidad seca y CBR a 0.1” y 0.2” significa la penetración en pulgadas.

Autor		Asesor	
Firma:		Firma:	 Alberto Rubén Vasques Diaz ING. CIVIL R. CIP. N° 165228
Nombre:	Bach. Montoro Budinich Victor Rogelio	Nombre:	Ing. Alberto Rubén Vasques Diaz
Fecha:		Fecha:	

Nota Ficha de recolección de datos




ANEXO N° 15

	Universidad Privada del Norte – Sede Trujillo		
	Ficha de Recolección de Datos		
	Tesis:	Análisis Comparativos de Estabilización Química Tradicional y No Tradicional Empleadas para Suelos con Fines de Pavimentación Trujillo 2022.	
	Tesista:	Bach. Montoro Budinich Victor Rogelio	
Asesor:	Ing. Alberto Rubén Vasques Diaz		

Título:	Efecto de la Cal como Estabilizante de una Subrasante de Suelo Arcilloso		
Código:	E-15		
Ubicación:	Cajamarca		
Tipo de Suelo	SUCS:	CH	AASTHO: A-7-5
Descripción del Suelo:	Suelo Arcilloso		
Agente Estabilizador:	Cal		
Tipo de Estabilización:	Estabilización Química Tradicional		


Muestra	Limite Líquido	Limite Plástico	IP	OCH %	MDS (gr/cm <sup>3</sup> )	CBR 0.1"	CBR 0.2"
S15	67.57	30.7	36.87	16.8	1.69	2.55	NP
S15+2%CAL	63.49	32.05	31.44	20.81	1.65	7.5	NP
S15+4%CAL	57.15	47.06	9.56	20.5	1.59	11.48	NP
S15+6%CAL	56.69	47.46	9.23	22.2	1.55	10.75	NP

Nota: “NP” significa que no presento datos sobre el ensayo, IP significa índice de plasticidad, OCH% significa óptimo contenido de humedad, MDS significa máxima densidad seca y CBR a 0.1” y 0.2” significa la penetración en pulgadas.

Autor		Asesor	
Firma:		Firma:	 Alberto Rubén Vasques Diaz ING. CIVIL R. CIP. N° 106225
Nombre:	Bach. Montoro Budinich Victor Rogelio	Nombre:	Ing. Alberto Rubén Vasques Diaz
Fecha:		Fecha:	

Nota Ficha de recolección de datos

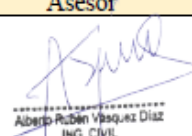
ANEXO N° 16

	Universidad Privada del Norte – Sede Trujillo		
	Ficha de Recolección de Datos		
	Tesis:	Análisis Comparativos de Estabilización Química Tradicional y No Tradicional Empleadas para Suelos con Fines de Pavimentación Trujillo 2022.	
	Tesista:	Bach. Montoro Budinich Víctor Rogelio	
Asesor	Ing. Alberto Rubén Vasques Díaz		

Título:	Efecto del Aditivo Terrazyme en la Estabilización de Suelos Arcillosos de Subrasantes en la zona de Expansión de la ciudad de Cajamarca		
Código:	E-16		
Ubicación:	Cajamarca		
Tipo de Suelo	SUCS:	CL	AASTHO: A-6
Descripción del Suelo:	Suelo Arcilloso		
Agente Estabilizador:	Aditivo Terrazy		
Tipo de Estabilización:	Estabilización Química No Tradicional		


Muestra	Limite Líquido	Limite Plástico	I.P	OCH %	MDS (gr/cm <sup>3</sup> )	CBR 0.1"	CBR 0.2"
S16	43.18	25.92	17.26	18.33	NP	4.3	6.7
S16+30ml aditivo	NP	NP	NP	NP	NP	3.9	6.3
S16+40ml aditivo	NP	NP	NP	NP	NP	3.6	6.2
S16+60ml aditivo	NP	NP	NP	NP	NP	3.72	5.9

*Nota:* “NP” significa que no presento datos sobre el ensayo, I.P significa índice de plasticidad, OCH% significa óptimo contenido de humedad, MDS significa máxima densidad seca y CBR a 0.1” y 0.2” significa la penetración en pulgadas.

Autor		Asesor	
Firma:		Firma:	 Alberto Rubén Vasques Díaz ING. CIVIL R. CIP. N° 166228
Nombre:	Bach. Montoro Budinich Víctor Rogelio	Nombre:	Ing. Alberto Rubén Vasques Díaz
Fecha:		Fecha:	

*Nota* Ficha de recolección de datos

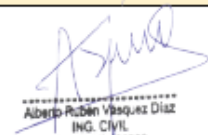
ANEXO N° 17

	Universidad Privada del Norte – Sede Trujillo	
	Ficha de Recolección de Datos	
	Tesis:	Análisis Comparativos de Estabilización Química Tradicional y No Tradicional Empleadas para Suelos con Fines de Pavimentación Trujillo 2022.
	Tesista:	Bach. Montoro Budinich Victor Rogelio
Asesor:	Ing. Alberto Rubén Vasques Diaz	

Título:	Evaluación de las Cenizas de Carbón para la Estabilización de Suelos mediante activación Alcalina y Aplicación en Carreteras no Pavimentadas		
Código:	E-17		
Ubicación:	Chiclayo		
Tipo de Suelo	SUCS:	SM	AASTHO: NP
Descripción del Suelo:	Suelo Areno Limoso		
Agente Estabilizador:	Cenizas de Carbón		
Tipo de Estabilización:	Estabilización Química No Tradicional		


Muestra	Limite Líquido	Limite Plástico	IP	OCH %	MDS (gr/cm <sup>3</sup> )	CBR 0.1"	CBR 0.2"
S17	24.77	7.78	16.99	3.2	1.607	NP	NP
S17	23.51	5.64	12.3	2.8	1.456	15.2	NP

Nota: "NP" significa que no presento datos sobre el ensayo, IP significa índice de plasticidad, OCH% significa óptimo contenido de humedad, MDS significa máxima densidad seca y CBR a 0.1" y 0.2" significa la penetración en pulgadas.

Autor		Asesor	
Firma:		Firma:	 Alberto Rubén Vasques Diaz ING. CIVIL R. CP. N° 105228
Nombre:	Bach. Montoro Budinich Victor Rogelio	Nombre:	Ing. Alberto Rubén Vasques Diaz
Fecha:		Fecha:	

Nota Ficha de recolección de datos

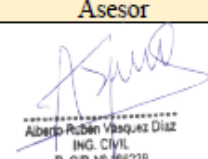
ANEXO N° 18

	Universidad Privada del Norte – Sede Trujillo		
	Ficha de Recolección de Datos		
	Tesis:	Análisis Comparativos de Estabilización Química Tradicional y No Tradicional Empleadas para Suelos con Fines de Pavimentación Trujillo 2022.	
	Tesista:	Bach. Montoro Budinich Victor Rogelio	
Asesor	Ing. Alberto Rubén Vasques Diaz		

Título:	Ensayo de Fiabilidad con Aditivo Proes para la Estabilización del Suelo en el aa. hh el Milagro, 2016		
Código:	E-18		
Ubicación:	Trujillo		
Tipo de Suelo	SUCS:	SM	AASTHO: A-4(1)
Descripción del Suelo:	Suelo Areno Limoso		
Agente Estabilizador:	Aditivo Proes		
Tipo de Estabilización:	Estabilización Química No Tradicional		


Muestra	Limite Líquido	Limite Plástico	IP	OCH %	MDS (gr/cm <sup>3</sup> )	CBR 0.1"	CBR 0.2"
S18					1.922	14.4	14.4
S18+2%CEN					1.922	25.5	25.5
S18+2%CEN+0.3lt Proes curado					1.922	43.2	43.2

Nota: “NP” significa que no presento datos sobre el ensayo, IP significa índice de plasticidad, OCH% significa óptimo contenido de humedad, MDS significa máxima densidad seca y CBR a 0.1” y 0.2” significa la penetración en pulgadas.

Autor		Asesor	
Firma:		Firma:	 Alberto Rubén Vasques Diaz ING. CIVIL R. C.P. N° 166228
Nombre:	Bach. Montoro Budinich Victor Rogelio	Nombre:	Ing. Alberto Rubén Vasques Diaz
Fecha:		Fecha:	

Nota Ficha de recolección de datos


ANEXO N° 19

	Universidad Privada del Norte – Sede Trujillo	
	Ficha de Recolección de Datos	
	Tesis:	Análisis Comparativos de Estabilización Química Tradicional y No Tradicional Empleadas para Suelos con Fines de Pavimentación Trujillo 2022.
	Tesista:	Bach. Montoro Budinich Victor Rogelio
Asesor	Ing. Alberto Rubén Vasques Diaz	

Título:	Estabilización de suelos adicionando Cemento Portland tipo I más Cal hidratada en vías afirmadas, para el centro poblado alto Trujillo, el Porvenir - La Libertad		
Código:	E-19		
Ubicación:	Trujillo		
Tipo de Suelo	SUCS: GM	AASTHO:	A-1-b
Descripción del Suelo:	Suelo Grava Arenosa		
Agente Estabilizador:	Cemento Portland tipo I más Cal		
Tipo de Estabilización:	Estabilización Química Tradicional		


Muestra	Limite Líquido	Limite Plástico	I.P	OCH %	MDS (gr/cm <sup>3</sup> )	CBR 0.1"	CBR 0.2"
S19	26.2	20.3	5.9	8.789	2.207	37	54
S19+CEM+CAL	NP	NP		7.06	2.223	66.5	82.8

*Nota:* “NP” significa que no presento datos sobre el ensayo, I.P significa índice de plasticidad, OCH% significa óptimo contenido de humedad, MDS significa máxima densidad seca y CBR a 0.1” y 0.2” significa la penetración en pulgadas.

Autor		Asesor	
Firma:		Firma:	 Alberto Rubén Vasques Diaz ING. CIVIL R. CIP. N° 196228
Nombre:	Bach. Montoro Budinich Victor Rogelio	Nombre:	Ing. Alberto Rubén Vasques Diaz
Fecha:		Fecha:	

*Nota* Ficha de recolección de datos

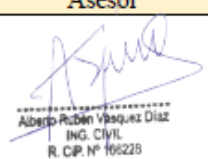
ANEXO N° 20

	Universidad Privada del Norte – Sede Trujillo		
	Ficha de Recolección de Datos		
	Tesis:	Análisis Comparativos de Estabilización Química Tradicional y No Tradicional Empleadas para Suelos con Fines de Pavimentación Trujillo 2022.	
	Tesista:	Bach. Montoro Budinich Victor Rogelio	
Asesor	Ing. Alberto Rubén Vasques Diaz		

Título:	Mejoramiento de suelos arcillosos en subrasante mediante el uso de cenizas volantes de bagazo de caña de azúcar y cal		
Código:	E-20		
Ubicación:	Trujillo		
Tipo de Suelo	SUCS:	CH	AASTHO: NP
Descripción del Suelo:	Suelo Arcilloso		
Agente Estabilizador:	Ceniza de Bagazo de Caña de Azúcar		
Tipo de Estabilización:	Estabilización Química No Tradicional		


Muestra	Limite Líquido	Limite Plástico	IP	OCH %	MDS (gr/cm <sup>3</sup> )	CBR 0.1"	CBR 0.2"
S20	51	27	24	18.2	1.449	2.1	NP
S20+15%CBA	52	31	21	19.1	1.457	2.3	NP
S20+20%CBA	53	34	19	21.5	1.487	2.9	NP
S20+25%CBA	55	39	16	24.7	1.494	3.5	NP

*Nota:* “NP” significa que no presento datos sobre el ensayo, IP significa índice de plasticidad, OCH% significa óptimo contenido de humedad, MDS significa máxima densidad seca y CBR a 0.1” y 0.2” significa la penetración en pulgadas.

Autor		Asesor	
Firma:		Firma:	 Alberto Rubén Vasques Diaz ING. CIVIL R. C. P. N° 166226
Nombre:	Bach. Montoro Budinich Victor Rogelio	Nombre:	Ing. Alberto Rubén Vasques Diaz
Fecha:		Fecha:	

*Nota* Ficha de recolección de datos


ANEXO N° 21

	Universidad Privada del Norte – Sede Trujillo	
	Ficha de Recolección de Datos	
	Tesis:	Análisis Comparativos de Estabilización Química Tradicional y No Tradicional Empleadas para Suelos con Fines de Pavimentación Trujillo 2022.
	Tesista:	Bach. Montoro Budinich Victor Rogelio
Asesor	Ing. Alberto Rubén Vasques Diaz	

Título:	Evaluación del uso de Cloruro de Calcio en la Estabilización de Suelos en Carreteras no Pavimentadas en el Tramo Llochegua - Periavente alta, Provincia de Huanta		
Código:	E-21		
Ubicación:	Huanta		
Tipo de Suelo	SUCS: GM	AASTHO:	A-1
Descripción del Suelo:	Suelo Grava Limosa Arcillosa		
Agente Estabilizador:	Cloruro de Calcio		
Tipo de Estabilización:	Estabilización Química Tradicional		


Muestra	Limite Líquido	Limite Plástico	I.P	OCH %	MDS (gr/cm <sup>3</sup> )	CBR 0.1"	CBR 0.2"
S21	26.6	20.36	6.24	7.2	2.23	51.25	NP
S21+0.5%Cloruro CAL	27	21.32	5.68	7	2.26	NP	NP
S21+1.5%Cloruro CAL	26	20.91	5.09	7	2.305	59.51	NP

Nota: "NP" significa que no presento datos sobre el ensayo, I.P significa índice de plasticidad, OCH% significa óptimo contenido de humedad, MDS significa máxima densidad seca y CBR a 0.1" y 0.2" significa la penetración en pulgadas.

Autor		Asesor	
Firma:		Firma:	 Alberto Rubén Vasques Diaz ING. CIVIL R. CIP. N° 168228
Nombre:	Bach. Montoro Budinich Victor Rogelio	Nombre:	Ing. Alberto Rubén Vasques Diaz
Fecha:		Fecha:	

Nota Ficha de recolección de datos


ANEXO N° 22

	Universidad Privada del Norte – Sede Trujillo	
	Ficha de Recolección de Datos	
	Tesis:	Análisis Comparativos de Estabilización Química Tradicional y No Tradicional Empleadas para Suelos con Fines de Pavimentación Trujillo 2022.
	Tesista:	Bach. Montoro Budinich Victor Rogelio
Asesor:	Ing. Alberto Rubén Vasques Diaz	

Título:	Estabilización de Suelos Expansivos con Cal y Cemento en el sector Calcical del Cantón Tosagua provincia de Manabí		
Código:	E-22		
Ubicación:	Manabí		
Tipo de Suelo	SUCS: CH	AASTHO:	A-1
Descripción del Suelo:	Suelo Arcilloso de alta Plasticidad		
Agente Estabilizador:	Cal y Cemento Portland		
Tipo de Estabilización:	Estabilización Química Tradicional		

Muestra	Limite Líquido	Limite Plástico	IP	OCH %	MDS (gr/cm <sup>3</sup> )	CBR 0.1"	CBR 0.2"
S22	98.1	30.4	67.69	31	1.355	NP	NP
S22+7%Cal	89.9	36.69	54.21	33.4	1.28	NP	NP
S22+7%Cemento	97.9	44.62	53.28	40	1.217	NP	NP


Nota: “NP” significa que no presento datos sobre el ensayo, IP significa índice de plasticidad, OCH% significa óptimo contenido de humedad, MDS significa máxima densidad seca y CBR a 0.1” y 0.2” significa la penetración en pulgadas.

Autor		Asesor	
Firma:		Firma:	 Alberto Rubén Vasques Diaz ING. CIVIL R. CIP. N° 106223
Nombre:	Bach. Montoro Budinich Victor Rogelio	Nombre:	Ing. Alberto Rubén Vasques Diaz
Fecha:		Fecha:	

Nota Ficha de recolección de datos




ANEXO N° 23

	Universidad Privada del Norte – Sede Trujillo		
	Ficha de Recolección de Datos		
	Tesis:	Análisis Comparativos de Estabilización Química Tradicional y No Tradicional Empleadas para Suelos con Fines de Pavimentación Trujillo 2022.	
	Tesista:	Bach. Montoro Budinich Victor Rogelio	
Asesor:	Ing. Alberto Rubén Vasques Diaz		

Título:	Mejoramiento de la subrasante mediante ceniza de cáscara de arroz en la carretera Dv San Martin – Lonya Grande, Amazonas 2018		
Código:	E-23		
Ubicación:	Amazonas		
Tipo de Suelo	SUCS:	CH	AASTHO: A-7-6
Descripción del Suelo:	Suelo Arcilloso de Alta Plasticidad		
Agente Estabilizador:	Ceniza de Cascara de Arroz		
Tipo de Estabilización:	Estabilización Química No Tradicional		

Muestra	Limite Líquido	Limite Plástico	I.P	OCH %	MDS (gr/cm <sup>3</sup> )	CBR 0.1"	CBR 0.2"
S23	54.4	28.1	26.3	11.2	1.85	8	9.7
S23+10%CCA				9.4	1.85	9	10.8
S23+15%CCA				8.6	1.86	11.5	13.2
S23+20%CCA				8.1	1.88	13.8	15.2

Nota: “NP” significa que no presento datos sobre el ensayo, I.P significa índice de plasticidad, OCH% significa óptimo contenido de humedad, MDS significa máxima densidad seca y CBR a 0.1” y 0.2” significa la penetración en pulgadas.

Autor		Asesor	
Firma:		Firma:	
Nombre:	Bach. Montoro Budinich Victor Rogelio	Nombre:	Ing. Alberto Rubén Vasques Diaz
Fecha:		Fecha:	

Nota Ficha de recolección de datos