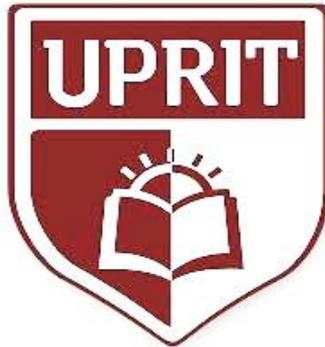


UNIVERSIDAD PRIVADA DE TRUJILLO

CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL



**INFLUENCIA DE LA SODA CÁUSTICA EN LA ESTABILIZACIÓN DE
SUELOS EN LA ZONA DE HUANCHACO – TRUJILLO, 2018.**

TESIS

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

AUTOR:

Bach. HORACIO ARAUJO RODRÍGUEZ

ASESOR:

Ing. JOSUALDO CARLOS VILLAR QUIROZ

TRUJILLO - PERU

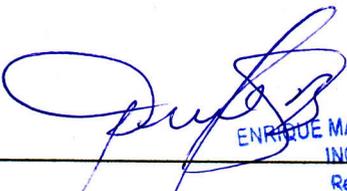
2019

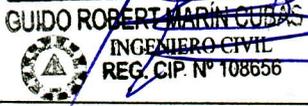


APROBACIÓN DE LA TESIS

Los miembros del jurado evaluador asignados, **APRUEBAN** la tesis desarrollada por el Bachiller **HORACIO ARAUJO RODRÍGUEZ**, denominada:

“INFLUENCIA DE LA SODA CAUSTICA EN LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS EN LA ZONA DE HUANCHACO – TRUJILLO, 2018”.


Ing. 
Jurado Presidente


Ing. 
Jurado Secretario


Ing. 
Jurado Vocal



Dedicatoria

A MI HIJA

Que es el motor y motivo para seguir

Adelante y crecer cada día en lo

Personal y profesional y en el futuro

Darle lo mejor.

A MI HERMANOS

Que siempre me incentivaron y

Apostaron por mi educación para ser

Mejor que ellos.

HORACIO ARAUJO RODRIGUEZ



Agradecimiento

En primer lugar, agradecer a mi dios, por darme salud y las fuerzas necesarias para llegar a culminar con mi trabajo de investigación.

A mi hija y a mi madre por su comprensión y apoyo por ser ellas el motor y motivo para cumplir con mis objetivos.

Agradezco a la Universidad Privada de Trujillo por permitir consolidar mis Conocimientos Profesionales.

A nuestros docentes, porque a través de sus ponencias, nos transmitieron sus conocimientos y pautas de cómo lograr exitosamente nuestros objetivos y por ende ser buenos

A mis amistades por formar parte de mi vida social

HORACIO ARAUJO RODRIGUEZ



ÍNDICE DE CONTENIDOS

DEDICATORIA	iii
AGRADECIMIENTO	iv
INDICE DE CONTENIDOS	v
ÍNDICE DE TABLAS	vii
ÍNDICE DE FIGURAS	viii
RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
I. INTRODUCCIÓN	11
1.1. Realidad Problemática	11
1.2. Formulación del problema	23
1.3. Justificación	23
1.4. Objetivos	25
1.4.1. Objetivo General	25
1.4.2. Objetivos Específicos	25
1.5. Antecedentes	26
1.6. Bases Teóricas	34
1.6.1. Origen y formación de los suelos	34
1.6.2. Suelos Finos	38
1.6.3. Comportamiento de los suelos	44
1.6.4. Lluvia	51
1.7. Definición de términos básicos	55
1.8. Formulación de la hipótesis	55
1.8.1. Hipótesis General	55
1.8.2. Hipótesis Especificas	55
II. MATERIAL Y MÉTODOS	56
2.1. Material	56
2.2. Humano	56
2.3. Servicios	56
2.4. Otros	56



2.5. Material de estudios	56
2.6. Técnicas, Procedimientos e Instrumentos	57
2.7. Ensayos de Laboratorio	61
2.8. Operacionalización de las variables	89
III. RESULTADOS	90
IV. DISCUSIÓN	98
V. CONCLUSIONES	100
VI. RECOMENDACIONES	102
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	103
VIII. ANEXOS	107



ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Identificación entre suelo y roca según tamaño	35
Tabla 2 Clasificación según tamaño de partículas	36
Tabla 3 Sistema de clasificación por grupos	39
Tabla 4 Sistema de clasificación por subgrupos.....	39
Tabla 5 Sistema de clasificación Suelos Finos	41
Tabla 6 Clasificación de precipitación según la necesidad	52



ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Curva Granulométrica	36
Figura 2. Clasificación de los Suelos	37
Figura 3. Carta de Plasticidad	38
Figura 4. Partículas de líquido partículas de suelo	45
Figura 5. Interacción Física	45
Figura 6. Medición por acumulación de lluvias	53
Figura 7. Plano de ubicación	57
Figura 8. Formato de Observación	58
Figura 9. Preparación del terreno	58
Figura 10. Tipo de Análisis	59
Figura 11. Valor Crítico	60



RESUMEN

La presente investigación se realizó en la localidad de las Lomas, Huanchaco donde se encuentran involucrados los pobladores de esa zona, el objetivo es determinar la influencia de la soda caustica en la estabilización de suelos de dicha zona, se logró mediante ensayos en laboratorio bajo las normas de la AASHTO y SUCS, este proyecto de investigación es importante ya que beneficia de manera tecnológica a la sociedad y al país.

Este trabajo de investigación busca una nueva solución al uso de la soda caustica mejorando las propiedades físicas y mecánicas del suelo. La soda caustica es un hidróxido cáustico usado en la industria (principalmente como una base química) tiene un elevado PH por lo que es apto para estabilizar el suelo.

Esta investigación es tipo experimental, experimental puro, se realizó con 8500 cm³ de suelo de la localidad a través de la técnica de la observación con el instrumento guía de observación y utilizando el método de la inferencia estadística ya que se realizarán inferencias de la población a partir de datos muestrales.

Con una adición de 10% de soda caustica teniendo como resultados los siguientes: limite liquido = 57.15% la cual es la suma del límite plástico = 47.60% y del índice de plasticidad = 9.56%, donde la densidad seca máxima es 1.59 gr/cm³ y la humedad optima es de 20.50 % y mediante el ensayo de CBR nos da 11.48%, Se determinó con la adición de soda caustica de 0%, 8%, 10% y 12% el comportamiento del límite liquido disminuye, teniendo su máxima disminución la muestra con soda caustica al 10% con un 57.15. La muestra con cal al 0% tiene un límite líquido de 67.57, concluyendo que el suelo adopta el mejor comportamiento a ese porcentaje volviéndose menos viscoso.



ABSTRACT

The present investigation was carried out in the locality of Las Lomas, Huanchaco, where the inhabitants of that zone are involved, the objective is to determine the influence of caustic soda in the stabilization of soils of said zone, norms of the AASHTO and SUCS, This research project is important and that technology benefits society and the country.

This research work seeks a new solution to the use of caustic soda improving the physical and mechanical properties of the soil. Caustic soda is a caustic hydroxide used in industry has a high PH so it is suitable to stabilize the soil.

This research is experimental, pure experimental, was carried out with 8500 cm³ of soil of the locality through the technique of observation with the observation guide instrument and using the method of statistical inference that was already made in the references of the population from sample data.

With an addition of 10% caustic soda resulting in the following: liquid limit = 57.15% which is the sum of the plastic limit = 47.60% and the plasticity index = 9.56%, where the maximum dry density is 1.59 gr / cm³ and the optimum humidity is of 20.50% and by means of the CBR test it gives us 11.48%. It was determined with the addition of caustic soda of 0%, 8%, 10% and 12% of the content of the maximum demand the sample with caustic soda to 10% with a 57.15. The sample with 0% heat has a liquid limit of 67.57, concluding that the soil adopted the best behavior at that percentage becoming less viscous.

INTRODUCCIÓN

1.1. Realidad problemática

La Ingeniería Geotécnica o simplemente Geotecnia es la rama ingenieril de la Geología que se encarga del estudio de las propiedades mecánicas, hidráulicas e ingenieriles de los materiales provenientes del medio geológico, aplicadas a las obras de Ingeniería Civil. Los ingenieros geotecnistas investigan el suelo y las rocas por debajo de la superficie para determinar sus propiedades ingenieriles y diseñar las cimentaciones para estructuras tales como edificios, puentes, presas y centrales hidroeléctricas. Acciones en la rama vial como la estabilización de taludes, diseño y construcción de túneles y carreteras, diseño y construcción de cualquier tipo de estructura de contención para la prevención de riesgos geológicos, etc.

Núñez et. al., (2011)

La estabilización de suelos hoy en día es muy utilizada especialmente para darle capacidad al suelo de recibir cargas sin deformarse; uno de los ejemplos más conocidos es el tratamiento que recibe la tierra en el proceso de pavimentación. Se dice que la técnica de estabilizar suelos se ha aplicado desde hace 5000 años atrás, las pirámides de Shensi en el Tibet fueron construidas con mezclas compactadas de arcilla y cal. En la China y la India a lo largo de la historia, se ha utilizado de varias maneras de estabilización con cal hasta llegar a las técnicas que actualmente conocemos.

Uno de las tantas aplicaciones como lo es en caminos la cual es la base de desarrollo de los países, se fundamenta principalmente en sus vías de conexión, por intermedio de ellos se lleva a cabo las interacciones económicas, sociales, culturales, etc. millones de dólares y horas - hombre

se invierte año a año en la construcción, mantenimiento y reparación de caminos. Se suma a esto acanalamientos, erosión, deslizamiento de tierras, baches y polvo problemas comunes de los caminos secundarios, o no pavimentados, que afectan a todos. Tiempo y dinero son desperdiciados, los precios se elevan y nuestra tranquilidad y seguridad están expuestas por las condiciones insuficientes de las vías de comunicación.

Meneses et. al., (2014).

Experiencias realizadas en la India, indicaron que el hidróxido de calcio estabilizaba adecuadamente los suelos de tipo laterítico a los cuales hacía fácilmente compactables. Sin embargo, su costo, sus efectos cáusticos y la carbonatación rápida que sufre al contacto con el aire, son desventajas que hacen que su uso sea demasiado limitado.

Cedeño et. al., (2013)

En el Distrito Metropolitano de Quito, está llevando un violento programa guiado a mejorar el desarrollo vial, por medio de la construcción y rehabilitación de carreteras. Programa del cual está incluido el empleo de estabilizadores como insumo principal para darle elevada vida útil a este tipo de estructuras y por consiguiente garantizar la vida útil, extendiendo los periodos de mantenimiento. Las enzimas orgánicas, es una alternativa para la estabilización de suelos en carreteras cuya formulación líquida enzimática natural, no tóxica y biodegradable perfecciona la calidad de las obras de ingeniería. La enzima cataliza la degradación de los materiales orgánicos en el suelo alterando favorablemente sus atributos físicos y químicos. Dando como resultado una mejor unión química de partículas cohesivas de suelo y una estructura de suelos más estable y duradera.

Mondragón, (2014)

En el Perú la estabilización de suelos arcillosos con cal esta principalmente centrado en la selva amazónica por tener con una gran variedad de suelos arcillosos y con alto contenido de humedad. En el tercer congreso internacional realizado en Sao Pablo, Brasil, de infraestructura de transportes (CONINFRA, 2009) presentaron una estabilización de una subrasante de suelo arcilloso con cal llegando a obtener los siguientes resultados como se muestra en la tabla siguiente.

DEL CASTILLO, (2015)

El trabajo de investigación se desarrolló en el distrito de Puno dentro de la bahía interior del lago Titicaca, de la región de Puno durante los meses de noviembre y diciembre del año 2014, con el propósito de evaluar la resistencia a la compresión simple de los suelos arcillosos estabilizados con cal y cemento.

Kaite, (2016)

En el sector de Palian de Huancayo se viene ejecutando la construcción de pavimentos, las cuales se están realizando de forma típica, es decir no haciendo uso de aditivos estabilizadores de suelos, por consiguiente, se realizaron movimientos de tierras para reemplazar el suelo con material granular. Para la aplicación del aditivo se debe tener en consideración las especificaciones técnicas, ya que es una información muy importante la cual deberá ser comprobada y así obtener datos certeros.

Pérez, (2012)

La investigación se orienta a evaluar las características mecánicas de los suelos de la selva peruana estabilizados con cenizas de carbón para su

empleo como subrasante o de sub base en pavimentos, Se evaluarán las características físicas, químicas y mecánicas del suelo a estabilizar, de las cenizas de carbón como material estabilizante y del producto de la mezcla suelo ceniza, mediante ensayos de laboratorio.

Montes, (2010)

En Virú - Lalibertad la estabilización de suelos con Bischofita en la carretera permite conocer las ventajas técnicas, económicas y del medio ambiente de los productos químicos estabilizadores, determinando líneas de acción a señalar al momento de optar por una u otra alternativa de estabilización de una carretera no pavimentada hallada en la costa peruana.

En nuestra provincia de Trujillo existen zonas donde la resistencia del terreno no es buena como es el caso del distrito Huanchaco, en estas situaciones donde la población se va expandiendo de forma no planificada construyen sus edificaciones sobre estos suelos deficientes corriendo un gran peligro al habitar en estas zonas ya que las estructuras pueden asentarse y ceder provocando un deslizamiento. Otro problema son los asentamientos de pavimentos existentes en estas zonas ya mencionadas como pueden ser en otros lugares por una deficiente construcción de estas.

David, (2013) demostró que:

“Se logra consolidar esta clase de materiales finos insuficientes con enzimas orgánicas, cemento y emulsión asfáltica y los porcentajes de estabilización óptimos que satisfacen con la estabilización propuesta son los siguientes:”

- ✓ Para sub-rasante estabilizada con enzima orgánica la dosificación óptima es de 1lt para 30m³.
- ✓ Para sub-rasante estabilizada con cemento, el porcentaje óptimo con relación al peso es

de 9%.

- ✓ Para la sub-rasante estabilizada con emulsión asfáltica CSS – 1h, el porcentaje optimo con relación al peso es de 8%.

MONTES et. al., (2010)

Se verificó la elevación de la alta densidad seca, acorde el aumentar el porcentaje adicional (3%, 4% y 5%) en la estabilización de la carretera sin pavimentar no corroborando la elevación del C.B.R. en la prueba de laboratorio debido que la sumersión por 48 horas no dejaba actuar al cloruro de magnesio.

Mondragón, (2014) Encontró que:

Con adición de cal de 0%, 2%, 4% y 6% el comportamiento del límite líquido disminuye, disminuyendo al máximo la muestra con cal al 4% con un 57.15. La muestra con cal al 0% tiene un límite líquido de 67.57, el límite plástico aumenta de acuerdo a la adición de cal logrando su máximo límite plástico de 47.60 con cal al 4%, el límite plástico menor es de 30.70 con cal al 0%.

Kaite, (2016), Encontró que:

La adición del aditivo Eco Road 2000 al suelo natural se observaron notables cambios en la parte física y mecánica esto es debido a que el aditivo acelera el proceso de expansión y contracción para poder obtener un suelo más estable y las calicatas que reaccionaron mejor al aditivo fueron C-4, C-5, C-7, C-8, C10 debido al porcentaje de finos que contiene cada uno (71.30%, 73.50%, 74.00%, 81.60%, 74.80%) en conclusión un suelo con mayor cantidad de finos reaccionaría mejor al aditivo Eco Road 2000, esto demuestra que no todos los suelos cohesivos reaccionan de la

misma forma.

Pérez, (2012), Encontró que: “Las cenizas volantes operan como aditivo supresor de las propiedades expansivas del material, pero este requiere ser adicionado en porcentajes excesivos, en el caso de una arcilla expansiva, en promedio mayor a 20%.”

Del Castillo, (2015) Encontró que: “Si es posible implementar la metodología de superficie de respuesta (MSR) en la estabilización de suelos arcillosos con cal y cemento pues se lograron obtener resistencias que superan ampliamente a la de los suelos no estabilizados.”

Las Propiedades físicas y mecánicas son los patrones más importantes que determinan a la unidad de la estabilización de los suelos, ya que al intentar mejorar estas, se obtendrán más tecnologías en la creación de nuevos recursos para la estabilización, además de mejorar la calidad de los suelos, mejorar el desarrollo social, económico, disminuir el impacto ambiental y sobre todo evitar daños ocasionados por asentamientos.

La empresa española GeoCompact realizó una estabilización de suelo con cemento y resina incolora GeoCompact A4 en Begur, Cataluña el problema era que el terreno con diferentes tipos de material (piedra, arena, sub-base, polvo, hormigón) vegetación diversa y explanada con una única entrada-salida de vehículos. Tráfico muy intenso en verano. Encharcamiento y barro en invierno. En verano al tener un intenso tráfico levanta mucho polvo motivo de queja de los vecinos y comercios del alrededor.

La empresa Eco Road con RUC: 20554010980 de Junín es el contratista que ejecutó la estabilización de suelos con aditivo en la ciudad de Huancayo donde se observó notables cambios en la parte física y mecánica esto debido a que el aditivo acelera el proceso de expansión y contracción para la obtención de un suelo más estable.

La empresa Firmes y Estabilizados del Sur de Sevilla, España realizo una estabilización y ampliación de suelos mediante cal y cemento en la carretera del aeropuerto

de Sevilla dando óptimos resultados ya que en la ampliación quedó acorde con la carretera existente para la mejor transitabilidad de los vehículos.

Los inconvenientes más repetitivos en relación a las características del suelo están relacionados con las actividades de las personas. Al respecto, los problemas directamente derivados del empleo del hombre de los suelos en la actualidad muy severos. La erosión donde es la pérdida de suelo fértil, puesto que el agua y el viento comúnmente erosionan la superficie de la tierra hacia el mar, el avance de los desiertos agresivo provocando zonas áridas, la contaminación donde los suelos poseen una cierta capacidad para aprovechar las actuaciones del ser humano sin entrar en procesos de daños, la compactación se elabora por el paso de personas, animales y vehículos en forma repetida por el mismo lugar, el avance de las ciudades y urbanización, se ubican entre los problemas más álgidos que afectan hoy a los suelos.

Lo que causa esos problemas es que las personas con el afán de hacer invasiones de los terrenos sin pagar una cantidad de dinero al estado y sin asesoramiento de los profesionales o expertos construyen sus edificaciones sobre esos suelos no aptos para la construcción donde sus edificaciones pueden asentarse, desgastando la estructura donde se puede desplomar, colocando en riesgo la integridad de su persona y sus familias.

Lo que causa también que, en lo económico, en primera instancia, puede resultar barato ya que los pobladores no hacen gasto alguno para el estudio de suelos, por lo que a largo plazo al verse afectados quizás por un desplomo de sus viviendas resultará mayor la pérdida económica ya que sus bienes materiales se echarán a perder y quizás no solo eso sino también pérdidas de vida.

Otro principal problema es de las carreteras en terrenos arcillosos, particularmente en climas áridos o semiáridos, es elevadamente probable ubicar inconvenientes en relaciona con la inestabilidad volumétricas ante la ganancia o pérdida de agua.

Lo que se quiere investigar es el porcentaje de influencia de la soda caustica en la estabilización del suelo con mejores propiedades físico-mecánicas como es la resistencia del suelo dando como resultado un suelo apto para edificar. Esta nueva técnica de estabilizar con soda caustica es muy positivo para las nuevas tecnologías.

Por consiguiente, el adicionar soda caustica al suelo se mejorará el comportamiento del suelo para posibles asentamientos, evitando así daños de alto grado como devastado. Ya que en el Perú cuenta con muchos suelos de baja resistencia, estaríamos aportando calidad para nuestra resistencia de suelos.

Además, se incentivará no solo para estabilización de suelos sino también en el uso de inyectables de los suelos que son otras formas de regenerar pavimentos ya existentes por lo que este material es muy diverso para diferentes investigaciones.

De no hacer esta investigación, no existiría un aporte de como influiría la soda caustica para la estabilización de suelos ni tampoco un aporte para la industria de carreteras o estabilizaciones de estas, además de su aporte al cuidado medio ambiental.

Además, también se investigará si la soda caustica tiene algún impacto negativo u otra desventaja sobre el suelo, en el ambiente, en lo económico y en lo toxico por lo que no solo se verá lo positivo o los beneficios que esta investigación dará sino también las desventajas o maleficios que esto nos dará.

1.2. Formulación del problema

¿Cómo influye la soda caustica para la estabilización de suelos en Huanchaco, Trujillo?

1.3. Justificación

Este proyecto de investigación es importante porque beneficia de manera tecnológica a la sociedad y al país además este trabajo de investigación busca una nueva solución al uso de la soda caustica mejorando las propiedades físicas y mecánicas del suelo; permitiendo

aplicarlo a nuevas construcciones que sean de mayor avance, prácticas y seguras. Además, también beneficia de forma indirecta a las empresas y a la sociedad, ya que su materia prima estaría dándose un mejor uso.

En muchos proyectos se ha hablado de la estabilización de suelos utilizando otros materiales como es la cal y el cemento, pero con la soda caustica se pretende mejorar la técnica; sin embargo, se pretende dar a conocer esta forma de estabilizar ya que no se tiene mucho conocimiento por lo que esta materia es un poco costosa y no se ha ejecutado al nivel local sino en el extranjero.

El suelo generalmente en estas zonas genera muchos problemas por lo que no tienen la suficiente resistencia y ocasiona asentamientos en viviendas y/o deslizamientos, porque no se obtiene conocimiento y no se asesoran con profesionales que ante todo se estudia el suelo. Lo que se quiere hacer con esta investigación es disminuir el riesgo de asentamientos en las viviendas y dándole también un valor agregado a las nuevas técnicas para estabilizar los suelos utilizando otros materiales como es la soda caustica.

Las cualidades de esta investigación radican en que propone una nueva técnica de estabilización de suelos con soda caustica, dándole un aporte a mejorar las propiedades físicas y mecánicas del suelo. Además de dar un aporte de nuevas formas para la estabilización de suelos bajo las mismas técnicas de la estabilización clásica como es la cal y el cemento.

Por último, esta investigación presenta a la comunidad científica y a las nuevas generaciones que estén en el centro de la investigación una nueva forma de estabilizar el suelo con la soda caustica, además de dar un aporte referente a nuevas generaciones que estén frente a investigaciones que relacionan los nuevos materiales de la estabilización de suelos.

1.4. Objetivos

1.4.1. Objetivo General.

Determinar la influencia de la soda caustica en la estabilización de suelos de la zona de Huanchaco, Trujillo.

1.4.2. Objetivos Específicos.

- ✓ Evaluar el efecto de la soda caustica en el índice plástico, límite líquido y límite plástico, del suelo.
- ✓ Evaluar el efecto de la soda caustica en el valor relativo de soporte (CBR) del suelo arcilloso.
- ✓ Evaluar el efecto de la soda caustica en la densidad seca máxima y el porcentaje óptimo de humedad del suelo arcilloso.

1.5. Antecedentes

1.5.1. “Estabilización de suelos de alta plasticidad usando cemento Portland en el departamento de Lambayeque”.

Romero, (2015) La presenta tesis: “Se enmarca en analizar el cemento como elemento estabilizador, con adiciones de diferentes proporciones del 7%,10%,13%,16%, 19% y 22%, estableciendo resistencias y poder cotejarlas con la del suelo natural”.

Para la elaboración de la tesis, primero se tuvo que definir zonas de suelos de alta plasticidad por medio de límites de consistencia, con la finalidad de conseguir suelos de elevada plasticidad, luego por medio según lo estipulado en el Manual para el diseño de carreteras no pavimentadas de bajo volumen de tránsito, se determinó los diferentes porcentajes de adición de cemento.

Posteriormente se realizó lo especificado en las normas MTC-E 1103 – 2000 *Resistencia a la compresión de probetas de Suelo-Cemento* para la realización de las probetas de suelo cemento, su posterior rotura y obtención de su capacidad de carga en kg/cm².

En determinación, el análisis nos facultará determinar rangos adecuados de cemento para mejorar las propiedades del material natural.

Este estudio aportará un análisis adicional ya que utilizó una relación directa de diferentes porcentajes de adición de cemento para encontrar la estabilización óptima del suelo, servirá de base para utilizar una relación directa de los porcentajes de soda caústica con el suelo para mi investigación.

1.5.2. “Estabilización de suelos empleando emulsiones asfálticas catiónicas de resquebrajamiento lento. Caso de investigación vía Las Mercedes – Puerto Nuevo, provincia de Santo Domingo de los Tsachilas”.

Sánchez, (2011) Afirma que: “En el presente estudio se aplica a Emulsiones Asfálticas Catiónicas de resquebrajamiento lento CSS-1h, la estabilización de suelos de tipo: Limo Elásticos Arenosos (MH), Arenas Limosas (SM) y Limo Arenosos (ML) de Subrasante.”

Se efectúan pruebas de Capacidad de Soporte del Suelo (CBR) al suelo natural y al suelo con distinto porcentaje de emulsión asfáltica, producto que admiten caracterizar la mezcla suelo-emulsión, lográndose conseguir resultados desfavorables en los mismos.

Este estudio aportará un análisis adicional ya que realizan ensayos de capacidad de soporte del suelo que es el CBR, esto servirá de base para un mejor entendimiento de lo que se realizara también en el comportamiento del suelo con la soda caústica.

1.5.3. Estabilización de suelos cohesivos por medio de arenas volcánicas y cal viva.

RUANO (2012), Evalúa que

El comportamiento de las arenas de origen volcánico en la estabilización de suelos cohesivos, estas arenas son muy comunes en diferentes áreas de la construcción y existen en gran cantidad dentro del departamento de

Guatemala como en otras áreas del país. Los materiales de origen volcánico son muy fáciles de encontrar en Guatemala, la mayoría de su territorio tiene influencia en sus suelos procedentes por eventos y actividad volcánica.

Se analizó anteriormente todas las estabilizaciones realizadas a los dos tipos de suelos cohesivos las cuales fueron positivas, cada una de las estabilizaciones presentó un CBR diferente.

Las características de las de arenas de origen volcánico usadas en la investigación presentan cualidades positivas para la estabilización de suelos cohesivos, las minas ya se usan de forma exitosa en la construcción para diferentes áreas como fundición de concretos y la fabricación de tejas de concreto prefabricadas.

Este estudio aportara un análisis adicional ya que realizan ensayos de capacidad de soporte del suelo que es el CBR, esto servirá de base para un mejor entendimiento de lo que se realizara también en el comportamiento del suelo con la soda caustica.

1.5.4. Elección y dosificación del conglomerante en estabilización de suelos.

Rojas, (2011) Manifiesta que:

La presente investigación se basó en determinar un método óptimo y sencillo de alcanzar la estabilización; se inició por determinar los límites de Atterberg y con ello se obtuvo el IP de 18.425, el cual indica que tenemos un suelo de alta plasticidad. Según las investigaciones hechas, es posible determinar el tipo de conglomerante por medio del IP. Cuando se obtiene un IP menor a 10, es un suelo no plástico y el conglomerado más adecuado es el cemento. En nuestro caso al ser mayor a 10, el suelo se estabilizará con cal. Para determinar la dosificación de cal que necesita, se realizó la prueba de Eades y Grim la cual indica que el porcentaje optimo será el más

cercano y superior a 12.4, por lo tanto, se obtuvo que con un porcentaje de 1% el suelo alcanzo su estabilización óptima.

Este estudio aportará un análisis adicional ya que utilizó diferentes porcentajes de conglomerantes para encontrar la estabilización optima, servirá de base para utilizar los porcentajes de soda caustica con el suelo para mi investigación.

1.5.5. Estudio y análisis de la estabilización de suelos con enzima adaptado a la sub-rasante de la avenida Quitumbe – Ñan, Cantón Quito.

Plaza, (2013) El estudio y análisis demostró que:

la utilidad que se consigue al estabilizar un suelo siendo las características físicas y mecánicas son escasas. Estos suelos son propios y se ubican con mucha reiteración en diversos sitios del país, originando bastante expectativas en la ingeniería, debido a son base fundamental en el empleo de sub-rasantes en una estructura de pavimentos.

Por lo descrito, se estudiaron las características físicas y mecánicas de un segmento de suelos y después se constituyó una mezcla de los variados agentes estabilizantes normados y disponibles en la zona o área de influencia. Efectuado las pruebas de laboratorio definimos los datos de inicio para después cotejar con los resultados desarrollados de la mezcla estabilizada. La definición de las proporciones adecuadas de los estabilizantes fue el producto de varios ensayos, cuyos análisis y resultados admitieron tener las cantidades correctas para cada caso.

Se demostró que se puede estabilizar este tipo de materiales finos deficientes con enzimas orgánicas, cemento y emulsión asfáltica.

Este estudio aportara un análisis adicional estableciendo una relación entre las propiedades mecánicas y la adición de enzimas, servirá de base para describir mejor el comportamiento de una propiedad mecánica importante como la es la resistencia del suelo

ante la adición de la soda caustica.

1.5.6. Estabilización de suelos arcillosos con cenizas de carbón para su uso como subrasante mejorada y/o sub base de pavimentos.

Pérez, (2011) Esta investigación:

Analiza el efecto que desarrolla la adición de cenizas volantes de carbón en un suelo arcilloso, con la finalidad de comparar sus obras de pavimentación. La ceniza volante es un remanente que se origina de la planta termoeléctrica ubicada en Ilo, Moquegua. La disposición de éste, origina inconveniente ambiental. Se efectuaron ensayos de laboratorio para caracterizar la ceniza volante, las mezclas suelo-ceniza volante y suelo – ceniza volante – cemento para estimar su desenvolvimiento geotécnico. Se verifica que la mezcla de ceniza volante con el suelo arcilloso en análisis, así al igual la adición de cemento, muestra un mejor comportamiento que puro suelo para su utilización como capa de sub-base y sub-rasante optimizada de pavimentos.

Se evaluó factores como; tiempo de curado, tiempo de compactación, humedad y otros factores que intervienen en el comportamiento final de la mezcla. Los diseños de estructuras representativas de pavimento rural, tanto con un suelo natural arcilloso y con suelo estabilizado, se relacionan por medio del método NAASRA (National Association of Australian State Road Authorities).

El estudio determina que existe factibilidad técnica y económica para la construcción de pavimentos utilizando cenizas volantes de carbón como insumo estabilizador de suelos.

Este estudio aporta un análisis adicional en la relación de la adición de la ceniza volante con las propiedades mecánicas del suelo y así tener de base para nuestra relación de la soda caustica con el suelo que se va a estudiar en esta presente investigación.

1.6. Bases Teóricas

1.6.1. Soda Caustica

1.6.1.1. Definición de la soda caustica.

Meneses, (2014) Afirma que:

“El hidróxido de sodio (NaOH), hidróxido sódico o hidrato de sodio, también conocido como soda cáustica o sosa cáustica, es un hidróxido cáustico usado en la industria como una base química en la fabricación de papel, tejidos, y detergentes.”

Meneses, (2014) Aduce que:

“Además, se utiliza en la industria petrolera en la elaboración de lodos de perforación base agua. A nivel doméstico, son reconocidas sus utilidades para desbloquear tuberías de desagües de cocinas y baños, entre otros.”



Figura 1: Soda cáustica.

Fuente: www.clasf.co.ve/q/kilos-soda-caustica/

1.6.1.2. Características de la Soda cáustica:

- Agresiva con la piel, por lo tanto, tiende a corroerla.
- En el agua se disuelve completamente, liberando una gran cantidad de calor.
- Mayormente se emplea de forma sólida o en solución.
- Al mezclarse con el agua se neutraliza con un ácido, liberando gran cantidad de calor que logra encender materiales combustibles.
- Mayormente se usa en forma sólida o como una solución de 50%.



Figura 2: Soda cáustica.

Fuente: Shijiazhuang Tilin Technology Co.

1.6.1.3. Tipos de Soda caustica:

La soda cáustica puede clasificarse en

- Soda cáustica líquida.



Figura 3: Soda cáustica líquida.

Fuente: distribuidorajiron

- Soda cáustica granulada



Figura 4: Soda cáustica granulada.

Fuente: sosacaustica.com

- **Soda cáustica sólida**



Figura 5: Soda cáustica sólida.

Fuente: alibaba.com

- **Soda cáustica en escamas**
- **Soda cáustica en hojuelas**
- **Soda cáustica en trozos**
- **Soda cáustica en granos**
- **Soda cáustica en barra**
- **Soda cáustica cristalina**

Cuando se tiene a temperatura ambiente, la sosa cáustica se encuentra como solido blanco e inodoro, tiende a comportarse absorbiendo la humedad del aire, lo cual la hace soluble en agua y etanol. Es insoluble en éter y al disolverse en agua o en algún ácido esta desprende calor suficientemente fuerte como para encender materiales combustibles.

En presentación sólida como líquida, la sosa cáustica presenta la misma composición química. En presentación granulada esta posee una mayor superficie de contacto, esto se debe al pequeño tamaño de partícula que posee, haciéndola más fácil de disolver.

Como también es posible conseguir la sosa cáustica líquida al se debe asegurar que

se encuentre cristalina, si no está así y tiene turbiedad es que ha absorbido CO₂ y ha formado carbonato de sodio.

1.6.1.4. Usos y aplicaciones de la soda cáustica

El hidróxido de sodio se emplea para fabricar jabones, crayón, papel, explosivos, pinturas y productos de petróleo. También se emplea en el procesamiento de textiles de algodón, lavandería y blanqueado, revestimiento de óxidos, galvanoplastia y extracción electrolítica, por lo que su alto índice de PH indica que es útil para estabilización de suelos.



Figura 6: Inyección de soda cáustica.

Fuente: Liliana Andrea Meneses

1.6.2. Suelos

1.6.2.1. Clasificación de suelos.

- **Tamaño de grano**

Se distinguen tres tamaños principales: grava, arena y finos (limo y arcilla). Los bloques de roca (tamaño superior a los 75 milímetros) ubicado incluido en la muestra de suelo, se excluyen de la porción, sin embargo, se toma registro de la cantidad presente.

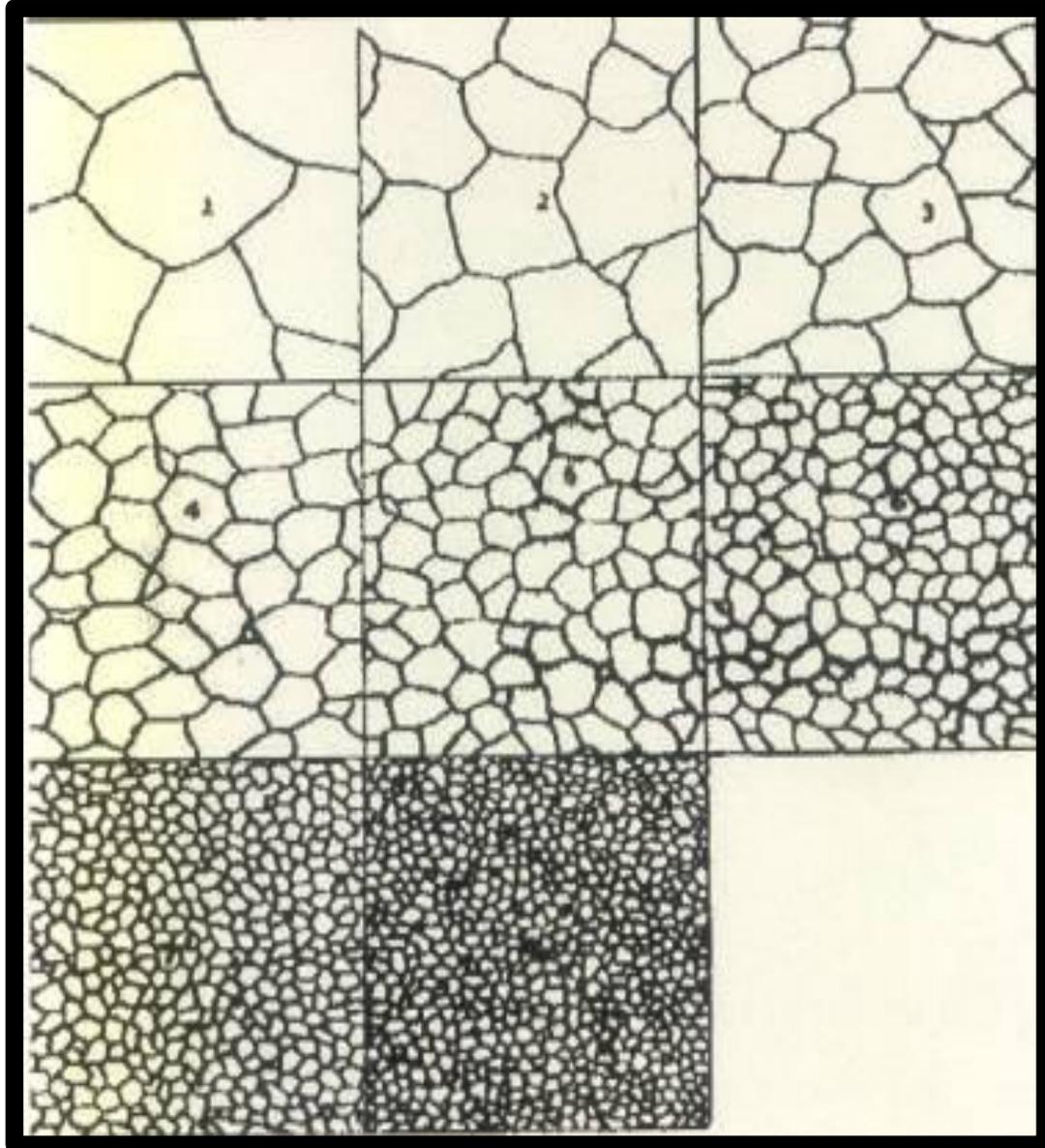


Figura 7: Medida del tamaño de grano.

Fuente: www.uam.es/docencia/labvfnat/labvfnat/practicas/practica4/grano.htm

- **Plasticidad**

Si la plasticidad es menor o igual a 10, es de consistencia arcillosa a las fracciones con plasticidad superior o igual a 11.



Figura 8: Plasticidad del suelo.

Fuente: <http://viaproces.blogspot.pe/2013/04/perfil-de-suelo-en-una-zona-mazahua.html>

Índice de grupo (IG)

El índice de grupo involucra el grupo de clasificación, se emplea para definir la calidad relativa de suelos de terraplenes, material de subrasante, subbases y bases.

El índice de grupo se define por medio de la evolución en cada grupo, por medio del cálculo de la fórmula empírica.

Donde:

F 200 = **porcentaje** donde pasa la malla No. 200 expresado como un número entero.

LL = límite líquido.

IP = índice de plasticidad.

Si el porcentaje que pasa por la malla No. 200, si es menos 35 se anota cero y si es mayor de 75, se anotará 75.

Si el porcentaje de material que pasa por la malla No. 200, es menor a 15 se anotará cero, si es mayor de 55.

Valor del límite líquido, si es menor 40 se anotará cero, si el LL es mayor de 60 se anotará 60.

Valor del índice de plasticidad, menor 10 se anotará cero, si el IP es mayor de 30, se anotará 30.

Al calcular el índice de grupo para un suelo de los grupos A-2-6 o A-2-7, se debe de emplear la ecuación de índice de grupo parcial relativa al índice de plasticidad:

$$IG = 0,01(F_{200}-15) (IP-10)$$

Cuando el suelo es NP o cuando el límite líquido no logra ser definido, el índice de grupo debe tomarse cero. Si un suelo es elevadamente orgánico (turba) puede ser clasificado A-8 sólo con una inspección ocular, mayormente, es de color oscuro, fibroso y olor putrefacto.

Algunas reglas con respecto al uso de estas ecuaciones, son las siguientes:

- valor obtenido es negativo, se debe asumir como $IG=0$
- Valor ilimitado para límite superior para el índice de grupo
- El IG debe redondearse a valores enteros

1.6.2.2. Principales tipos de suelos.

Con respecto a donde provienen sus elementos, los suelos se clasifican en dos amplios grupos:

1. Suelos provenientes de la descomposición física o química de las rocas, o sea de los suelos inorgánicos
2. Suelos de origen es mayormente orgánico. Los suelos inorgánicos son producto del intemperismo de las rocas que permanece en el sitio donde se formó da origen a un suelo residual, en caso contrario, forma un suelo transportado, cualquiera que haya sido el agente transportador (por gravedad: talud; por agua: aluviales o lacustres; por viento: eólicos; por glaciares; depósito glaciario).

En suelos orgánicos, ellos se forman casi siempre en situaciones que muchas veces la cantidad de materia orgánica, ya sea en forma de humus, en estado de descomposición, es tan elevada con deriva de la porción mineral quedan suprimidas.

Ruano, (2012) Afirma que:

Es muy habitual tener suelos inorgánicos en zonas pantanosas, por lo que los restos de vegetación acuática logran formar verdaderos depósitos de gran espesor, conocidos con nombre genérico de turbas, Se caracterizan por su color negro o café oscuro y por su poco peso cuando están secos y su gran compresibilidad. La turba es el primer paso de la conversión de la materia vegetal en carbón.

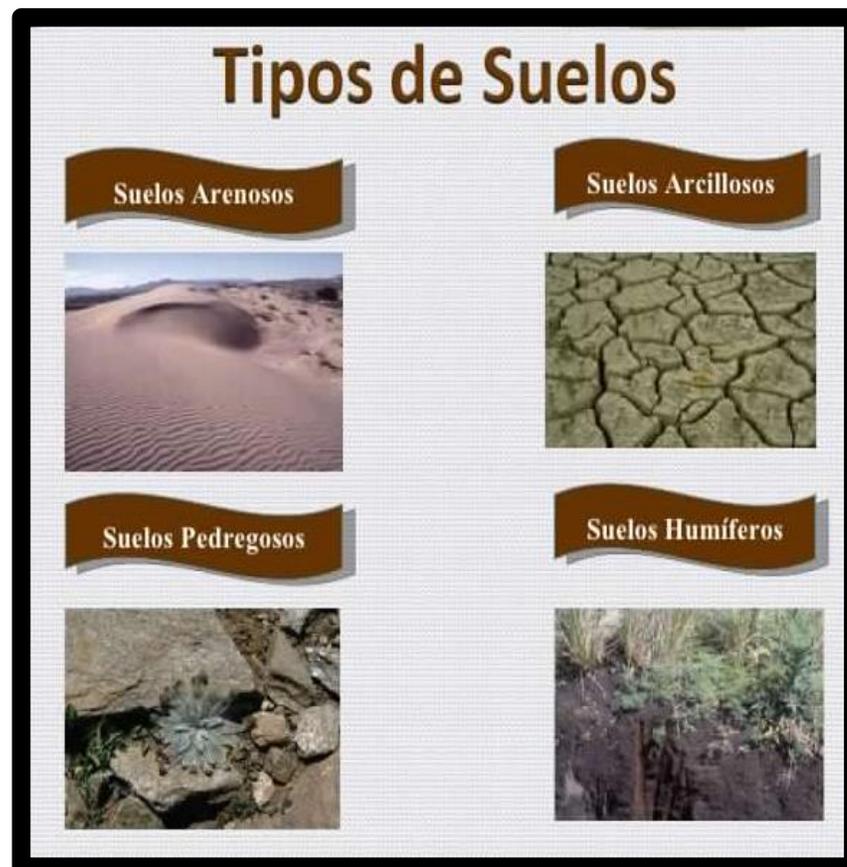


Figura 9: Tipos de suelo.

Fuente: <http://miprofegrace.blogspot.pe/2015/11/tipos-de-suelo.html>

1.6.2.3. Propiedades y características físicas de los suelos cohesivos.

López, (2012) Afirma que:

“Las propiedades físicas de los suelos cohesivos, son aquellas que definen los elementos internos de la estructura de cada suelo y los cuales ven reflejados en la apariencia de cada uno”.

a) Factores intervinientes en el proceso de erosión hídrica en suelos cohesivos.

Los efectos y las propiedades de los factores físicos fundamentales de los suelos cohesivos, que influyen en la resistencia de los mismos a la erosión son las siguientes:

- Peso específico.
- Porosidad.
- Humedad.
- Plasticidad.
- Cohesión.
- Ángulo de fricción interna.
- Hinchamiento.
- Heterogeneidad.
- Integridad.
- En la acción hidrodinámica del flujo sobre lechos cohesivos influyen:
- Magnitud de las velocidades de las corrientes medias o de fondo.
- Nivel de pulsación de la velocidad.
- Profundidad del flujo.
- Contenidos de mezclas en el flujo (sedimentos en suspensión, sustancias químicas, etc.).

b) Propiedades de los suelos cohesivos.

Las propiedades de los suelos cohesivos son las que se examinan en forma sintética y precisa, estas propiedades del suelo y flujo son datos que se necesitan para iniciar una evaluación de sus características.

Peso específico (densidad):

Cuanto más denso es un suelo tanto más sólido es el mismo, pero existen arcillas densas con hinchamiento las cuales para el estado de saturación pierden la solidez y su

resistencia a la erosión. El peso específico de los suelos cohesivos fluctúa comúnmente entre pequeños límites de 2,60 a 2,75 gramos por centímetro cúbico; por lo tanto, no influyen en la erosión.

Porosidades y humedad

En estado natural mantienen el equilibrio de las fuerzas internas cuando menos es la porosidad, para igual cohesión, se mejora y resiste el suelo a la erosión. Con la variedad de la humedad se modifican la resistencia a la erosión y la plasticidad. Con el aumento de la saturación, un suelo cohesivo puede pasar del estado sólido al fluido. Se diferencia el límite de plasticidad superior cuando al rolar la muestra no se conforma fisura, conservando la arcilla cualquier forma; el límite de plasticidad inferior, cuando disminuyen bruscamente las fuerzas de cohesión, apareciendo la fluidez.

López, (2012) Manifiesta que: “En arcillas muy plásticas (alta plasticidad mayor a 0,15) existe una gran resistencia a la erosión (hasta un 30%) y una gran resistencia elasto-plástica a la fatiga (resistencia a las cargas pulsatorias)”.

c) Cohesión

Es la atracción entre partículas, originada por las fuerzas moleculares y las películas de agua. Por lo tanto, la cohesión de un suelo variará si cambia su contenido de humedad. La cohesión se mide en kilogramo sobre centímetro cuadrado. Los suelos arcillosos tienen cohesión alta de 0,25 kilogramo sobre centímetro cuadrado 2 a 1,5 kilogramo sobre centímetro cuadrado, o más.

Ruano, (2012) Afirma que:

“Los suelos limosos tienen poca cohesión es así que en las arenas la cohesión es prácticamente nula por eso se dice que las arenas no son suelos cohesivos y se pueden identificar muy fácilmente solo apreciando su textura.”

d) Propiedades de limos y arcillas

Las características de limos y arcillas, son propiedades que tienen estos suelos, los cuales se logra definir cotejando las muestras de suelos y efectuando ensayos para comparar así su comportamiento.

- Resistencia en estado seco.
- La arcilla la resistencia seca es alta y en el limo la resistencia seca es baja.
- Dilatación
- Tenacidad
- Sedimentación o dispersión
- Brillo.

1.7. Formulación de la hipótesis.

1.7.1. Hipótesis General.

La soda caustica se adicionará en el suelo, mejorará sus propiedades mecánicas como la de su resistencia en las propiedades físicas mejorará su permeabilidad de esta.

Tabla 1:
Hipótesis general

HIPOTESIS	COMPONENTES METODOLOGICOS		COMPONENTES REFERENCIAL	
	VARIABLES	UNIDAD DE ANALISIS	CONECTORES LOGICOS	EL ESPACIO EL TIEMPO

Soda Caustica

La adición soda caustica en el suelo, mejorará sus propiedades mecánicas como la de su resistencia en las propiedades físicas mejorará su permeabilidad de esta, Ensayada en el laboratorio de la Universidad Nacional de Trujillo en el año 2017.

Propiedades mecánicas

Suelo de Huanchaco, las lomas de Trujillo – Aumentará entre un 25% a 35%

Laboratorio de la Universidad Nacional de Trujillo Año 2017

1.7.2. Hipótesis Específica.

- a) La muestra de suelo con la adición de soda caustica al 8 % mejorará notablemente sus propiedades físicas y mecánicas.

HIPOTESIS	CONPONENTES METODOLOGICOS		CONPONENTES REFERENCIAL	
	VARIABLES	UNIDAD DE ANALISIS	CONECTORES LOGICOS	EL ESPACIO EL TIEMPO
La muestra de suelo con la adición de soda caustica al 8 % mejorará notablemente sus propiedades físicas y mecánicas., Ensayada en el laboratorio de la Universidad Nacional de Trujillo en el año 2017.	Soda Caustica			
	Propiedades mecánicas	Canteras en la ciudad de Trujillo - Libertad	Aumentará de porcentaje de humedad optima de 16% a 20%	su Laboratorio de la Universidad Nacional de Trujillo Año 2017

- b) La nuestra de suelo con la adición de soda caustica al 10 % mejorará y a su vez mejora sus propiedades, serán un poco mejores que la muestra con 8% ya que según indicaciones el 10% es el óptimo porcentaje de adición.

HIPOTESIS	CONPONENTES METODOLOGICOS		CONPONENTES REFERENCIAL	
	VARIABLES	UNIDAD DE ANALISIS	CONECTORES LOGICOS	EL ESPACIO EL TIEMPO
La muestra de suelo con la adición de soda caustica al 10 % mejorará si bien mejorara sus propiedades, serán un poco mejores que la muestra con 8% ya que según indicaciones el 10% es el óptimo porcentaje de adición.	Soda Caustica			
	Propiedades mecánicas	Canteras en la ciudad de Trujillo - Libertad	Aumentará de porcentaje de humedad optima de 16% a 21%	Laboratorio de la Universidad Nacional de Trujillo Año 2017

- c) La muestra de suelo con adición de 12% no tendrá muchas mejoras, pero se espera ver la variación de sus propiedades en comparación con los con la muestra de suelo de 8% y 10%.

HIPOTESIS	COMPONENTES METODOLOGICOS			COMPONENTES REFERENCIAL	
	VARIABLES	UNIDAD DE ANALISIS	CONECTORES LOGICOS	EL ESPACIO	EL TIEMPO
La muestra de suelo con adición de 12% no tendrá muchas mejoras, pero se espera ver la variación de sus propiedades en comparación con los con la muestra de suelo de 8% y 10%., Ensayada en el laboratorio de la Universidad Nacional de Trujillo en el año 2017	Soda Caustica				
	Propiedades mecánicas	Canteras en la ciudad de Trujillo - La Libertad	Aumentará su porcentaje de humedad optima de 16% a 22%	Laboratorio de la Universidad Nacional de Trujillo	Año 2017



CAPÍTULO II: MATERIAL Y MÉTODOS

2.1. Material

a) Materiales

- Hojas de papel bond
- Lapiceros
- Laptop

Instrumentos secundarios o auxiliares

- Cinta métrica
- Jalones
- Palanas

Software

- Excel office 2010
- Word office 2010
- AutoCAD 2018
- S10

Fuentes

- Reglamento nacional de edificaciones
- Libros
- Tesis
- Informes

b) Humano.

Horacio Araujo Rodriguez

Josualdo Carlos Villar Quiroz

c) Servicios.

d) Otros.

2.2. Material de estudio

2.2.1. Población.

El presente proyecto de investigación tiene como población el estudio en el suelo de la localidad de Huanchaco, Trujillo.

2.2.2. Muestra.

El presente proyecto de investigación tiene como muestra el suelo del lugar de las lomas 8 500 cm³ para someterlo a pruebas con adición de soda caustica a 0%, 8%, 10%, 12%.

Tabla 2:

Distribución de muestras para realizar los ensayos en la investigación

	Porcentaje de Soda Cáustica				Total
	0%	8%	10%	12%	
Propiedades física-mecánicas					
Proctor modificado Ensayo CBR	2125 cm ³	2125 cm ³	2125 cm ³	2125 cm ³	8500 cm ³

Fuente: propia

No es un producto de un proceso de selección aleatoria Una muestra no probabilística generalmente son seleccionados en función de su accesibilidad o a criterio personal e intencional del investigador. Así, esto sería un muestreo no Probabilístico por Conveniencia, ya que la muestra fue seleccionada, como el nombre lo indica, por conveniencia de la persona que realiza la investigación, porque los elementos de muestra están fácilmente disponibles.



2.3. Técnicas, procedimientos e instrumentos

2.3.1. Para recolectar datos.

En la presente investigación se usará la OBSERVACIÓN como técnica de recolección de datos, ya que nuestro propósito es recolectar información en cada visita de campo. Se usará la GUÍA DE OBSERVACIÓN para llevar un registro de las características necesarias para poder llevar a cabo el proyecto de Diseño de la vía local en la zona de estudio.

GUIA DE OBSERVACION				
Cantidad de soda caustica (%)				
Límite Líquido (%)				
Límite Plástico (%)				
Indice de plasticidad (%)				
Proctor modificado				
Dsmáx				
Wop				
Ensayo CBR				
Dsmáx				
95% Ds Máx				
CBR de diseño				
% de Soda Caustica	Límite Líquido(%)	Límite Plástico(%)	Indice de Plasticidad (%)	(%) que decae IP
% de Soda Caustica	Dsmax (gr/cm3)	W %	CBR de diseño	% de variacion de CBR

CI 090402
Ing. Paredes Esteban J.

2.3.2. Para procesar datos.



a) Ubicación de la zona de estudio.

Para hacer el estudio de la presente investigación se tendrá que ubicar la zona en donde se ejecutara lo que se quiere conocer. La ubicación de la zona a investigar es en la localidad de las lomas que se encuentra ubicada en la zona de Huanchaco en la provincia de Trujillo.

b) Ubicación de puntos de calicata.

Las calicatas se ubicarán longitudinalmente y en forma alternada, la ubicación será determinada mediante técnica aleatoria, dentro de la calle que cubre el ancho de la calzada. Si a lo largo del avance del estacado las condiciones topográficas o del tramo, muestran por ejemplo cambios en el perfil de corte a terraplén o la naturaleza de los suelos del terreno evidencia un cambio significativo de sus características o se presentan suelos erráticos, se deben ejecutar otra calicata cerca del lugar a estudiar.

c) Excavación de calicatas.

La sección mínima recomendada es de 0.80m por 1,00m, a fin de permitir una adecuada inspección de las paredes. El material rescatado será depositado en la superficie de modo ordenado y separado según la profundidad y horizonte adecuados. Se debe echarse todo el material contaminado con suelos de estratos diferentes.

d) Extracción de muestras.

En el lugar escogido, desechar la cobertura vegetal, limpiar la superficie del suelo clasificando lo que sea rastrojo o desperdicios césped.

Con una pala efectuar cortes como señalan las figuras, hasta unos 15-20 cm de profundidad. Cavar una primera palada (haciendo un hoyo en forma de V) colocándola al costado, y luego una segunda palada de 3 cm de grosor aproximado,

descartando los bordes mediante un corte a cuchillo. Colocar en un balde o bolsa grande.

e) Ensayos de muestras en laboratorio:

Luego de extraerse las muestras se llevarán al laboratorio para hacer los ensayos correspondientes como es el análisis granulométrico, densidad seca máxima, humedad optima del suelo, ensayo de diseño de CBR, límites de atterberg.

2.3.2.1. Procedimiento de recolección de datos.



A. Extracción de muestras.

En cada punto elegido, desechar la cobertura vegetal, limpiar la superficie del suelo descartando todo lo que sea rastrojo o restos de césped. Con una pala efectuar cortes como indican las figuras, hasta unos 15-20 cm de profundidad. Cavar una primera palada (haciendo un hoyo en forma de V) arrojándola al costado, y luego una segunda palada de 3 cm de grosor aproximado, descartando los bordes mediante un corte a cuchillo. Colocar en un balde o bolsa grande.

B. Ensayos de muestras en laboratorio.

Luego de extraerse las muestras se llevarán al laboratorio para hacer los ensayos correspondientes como es el análisis granulométrico, densidad seca máxima, humedad optima del suelo, ensayo de diseño de CBR, límites de Atterberg.

C. Preparación de suelo.

Para el ensayo de las muestras del suelo se van a tener que adicionar la soda caustica para los respectivos ensayos a 0%, 8%, 10% y a 12%.

D. Límites de Atterberg.

- **LIMITE LIQUIDO:** En una capsula de porcelana se mezcla el suelo con agua mediante una espátula hasta obtener una pasta uniforme. Se colocó una porción de la pasta en la copa de Casagrande, nivelar mediante la espátula hasta obtener un espesor de 1 cm. En el centro se realizó una ranura con el acanalador de tal manera que la muestra quedó dividida en dos partes. Se Elevó y dejó caer la copa mediante la nivela a razón de 2 caídas por segundo hasta que las dos mitades de suelo se pongan en contacto con la parte inferior de la ranura y a lo largo de 1.27 cm., se registró el número de golpes. Mediante la espátula se retiró la porción de suelo que se ha puesto en contacto en la parte inferior de la ranura y se colocó en una tara para determinar su contenido de humedad. Se retiró el suelo remanente .de la copa Casagrande y colocar en la capsula de porcelana, agregamos agua si el número de golpes del ensayo anterior ha sido alto, y agregamos suelo si el número de golpes ha sido bajo. (el número de golpes debe estar comprendido entre 6 y 35). Se Repitió el ensayo dos veces más. Dibujamos la curva de fluidez (la recta) en escala semilogarítmica, en el eje de las abscisas se registró el número de golpes en escala logarítmica, en el eje de ordenadas los contenidos de humedad en escala natural. Se determinó la orden correspondiente a los 25 golpes en la curva de fluidez, este valor será el límite líquido del suelo.
- **LIMITE PLASTICO:** A la porción de la mezcla preparada para el límite líquido se agregó suelo seco de tal manera que la pasta baje su contenido de

humedad. Se enrolló la muestra con la mano sobre una placa de vidrio hasta obtener cilindros de 3 mm. De diámetro y que presenten agrietamientos, determinamos su contenido de humedad. Se repitió el ensayo una vez más. El límite plástico es el promedio de los dos valores de contenidos de humedad.

E. Determinación del contenido de humedad óptima.

Para este ensayo se pesó la tara (W_t), luego se pesó la muestra húmeda más la tara (W_{h+t}), Se secó la muestra en la estufa, durante 24 horas a 105°C , Se pesó la muestra más la tara (W_{s+t}), se determinó el peso del agua $W_w = (W_{h+t}) - (W_{s+t})$, se determinó el peso de la muestra seca $W_s = (W_{s+t}) - (W_t)$ y se determinó el contenido de humedad $W\% = W_w/W_s * 100$.

F. Análisis granulométrico.

Para este ensayo se secó la muestra y pesó la muestra seca (W_s), colocando la muestra en un recipiente, se cubrió con agua y se dejó durante algunas horas, se tamizó la muestra por la malla N° 200 mediante chorro de agua, la muestra retenida en la malla N° 200 se retiró en un recipiente y se dejó secar, se pasó la muestra seca por el juego de tamices, agitando en forma manual, se calculó los porcentajes de los pesos retenidos en cada tamiz ($\% RP$) $\% RP = PRP/W_s * 100$

Se calculó los porcentajes retenidos acumulados en cada tamiz $\% RA$, para lo cual se sumarán en forma progresiva los $\% RP$, se calculó los porcentajes acumulados que pasan en cada tamiz y por último se dibujó la curva granulométrica en escala semilogarítmica.

G. Ensayo del Proctor modificado.

Para este ensayo se preparó la muestra seca para el ensayo, método utilizado: método A, se preparó S muestras con una determinada cantidad de agua de tal

manera que el contenido de humedad de cada una de ellas varió aproximadamente en 1 ½ % entre ellas, se Ensambló el molde cilíndrico con la placa de base y el collar de extensión y el papel filtro.

Se compactó cada muestra en 5 capas y cada capa con 25 golpes, al terminar de compactar la última capa, se retiró el collar de extensión, se enrasó con la espátula y se determina la densidad húmeda (Dh), se determinó el contenido de humedad de cada muestra compactada (W%), utilizando muestras representativas de la parte superior e inferior, se determinó la densidad seca de cada muestra compactada (Ds). $D_s = \frac{D_h}{1 + W/100}$, se dibujó la curva de compactación en escala natural, los datos de contenido de humedad se registraron en el eje de las abscisas y los datos de densidad seca en el eje de ordenadas y por último se determinó la máxima densidad seca y el óptimo contenido de humedad.

H. Ensayo del diseño de CBR.

Consta de 3 fases: ensayo de **compactación** CBR, ensayo de hinchamiento y ensayo carga- penetración.

a) Ensayo de **compactación** CBR.

Se Preparó la muestra con el contenido óptimo de humedad determinado en el ensayo de compactación Proctor modificado, se ensambló los moldes cilíndricos con sus placas de base, collares de extensión, discos espaciadores y papeles filtro, se compactó la muestra en los 3 CBR en cada uno de ellos en 5 capas, el primero con 12 golpes, el segundo con 25 golpes y el tercero con 56 golpes por capa, se determinó la humedad de las muestras de cada molde, se determinó la densidad seca de las muestras de cada molde.

b) Ensayo de hinchamiento.

Se Invirtió las muestras de tal manera que la superficie libre quede en la parte superior cuando se ensambla nuevamente los moldes en sus placas de base, se colocó sobre cada muestra el papel filtro, la placa de expansión, la sobrecarga, el trípode y el dial de expansión y por último se colocó los tres moldes debidamente equipados en un tanque de agua durante 4 días (96 horas), registrar las lecturas de expansión cada 24 horas.

c) Ensayo de carga - penetración.

Después de los 4 días se retiró los moldes del tanque, se dejó drenar durante 15 minutos, se colocó la sobrecarga en cada molde, llevamos a la prensa hidráulica, se procedió el ensayo de penetración aplicando un pisón a una velocidad de 0.05 pulg/min., registramos las lecturas de carga y de penetración de cada muestra, se determinó nuevamente la densidad humedad y el contenido de humedad de las muestras de cada molde, se dibujó las 03 curvas esfuerzos - deformación correspondientes a las muestras de cada molde, en escala natural, los valores de la penetración se registraron en el eje de las abscisas y los valores de los esfuerzos en el eje de las ordenadas. (algunas veces es necesario corregir las curvas y cambiar el origen de las coordenadas), se determinó los esfuerzos correspondientes a 0.1 y 0.2 de penetración de cada una de las curvas esfuerzo – deformación, luego determinamos los índices CBR para 0.1 y 0.2 de penetración, los cuales se obtienen dividiendo cada valor correspondiente a 0.1" y 0.2" de la muestra ensayada entre el esfuerzo correspondiente a 0.1" y 0.2" de la muestra ensayada entre el esfuerzo patrón correspondiente a 0.1" y 0.2" de la muestra ensayada entre el esfuerzo patrón correspondiente a 0.1" y 0.2".

$$\text{CBR} = \frac{\sigma_t}{\sigma_p} * 100$$

rt: esfuerzo de la muestra ensayada

rp: esfuerzo patrón

Se Dibujó las dos curvas densidad seca versus CBR correspondientes a 0.1" y 0.2" de penetración, el índice CBR de diseño es el menor valor obtenido correspondiente al 95% de densidad seca máxima.

2.3.2.2. Análisis Estadístico.

Para determinar la existencia o no de diferencias significativas entre las diferentes propiedades de los concretos se realizó un análisis de varianza (ANOVA) con los resultados obtenidos.

SUELO	CBR DE DISEÑO (%)	DENSIDAD SECA MAXIMA (gr/cm ³)	LIMITE LÍQUIDO (%)	PORCENTAJE HUMEDAD ÓPTIMA (%)
M-01	3 ± 1	1.5 ± 0.1	50 ± 5	16 ± 2
M-02	5 ± 1	1.6 ± 0.1	55 ± 5	18 ± 2
M-03	7 ± 1	1.7 ± 0.1	60 ± 5	20 ± 2

Valor promedio y desviación de las propiedades del concreto permeable

A continuación, se presentan los resultados obtenidos del análisis estadístico para las propiedades de resistencia a la CBR de diseño, Densidad Seca Máxima, Límite Líquido y Porcentaje Humedad Optima respectivamente.

Para la prueba de análisis de varianza se plantearon las siguientes hipótesis:

H₀ : El empleo de comportamiento del concreto permeable.

H₁ : El empleo de fibras de acero Dramix 4D influye significativamente en el comportamiento del concreto permeable.

Origen de las variaciones	Suma de Cuadrados	GI	Cuadrado Medio	Razón - F	Valor -p
ENTRE GRUPOS	200.0000	3	66.6667	5.33	0.04
INTRA GRUPOS	100.0000	8	12.5000		
TOTAL	300.0000	11			

Resultados ANOVA para los valores de Diseño de CBR

Origen de las variaciones	Suma de Cuadrados	GI	Cuadrado Medio	Razón - F	Valor -p
ENTRE GRUPOS	40.0000	3	13.3333	10.6667	0.04
INTRA GRUPOS	10.0000	8	1.2500		
TOTAL	50.0000	11			

Resultados ANOVA para los valores de densidad seca máxima.

Origen de las variaciones	Suma de Cuadrados	GI	Cuadrado Medio	Razón - F	Valor -p
ENTRE GRUPOS	18.0000	3	6.0000	24.0000	0.52
INTRA GRUPOS	2.0000	8	0.25		
TOTAL	20.0000	11			

Resultados ANOVA para los valores de Límite líquido

Origen de las variaciones	Suma de Cuadrados	GI	Cuadrado Medio	Razón - F	Valor -p
ENTRE GRUPOS	12.0000	3	4.0000	10.6667	0.15
INTRA GRUPOS	3.0000	8	0.3750		
TOTAL	15.0000	11			

Resultados ANOVA para los valores de porcentaje de humedad optima

Se observa que el valor-p asociado al ANOVA para límite líquido y densidad seca máxima, con un nivel de confianza de 95%, resultó ser menor de 0.05. Por tanto, para este caso la hipótesis nula se rechaza y se confirma que el acero Dramix 4D influye significativamente en el concreto permeable.

Se observa que el valor-p asociado al ANOVA para la porosidad y permeabilidad, con un nivel de confianza de 95%, resultó ser mayor de 0.05. Por tanto, para este caso la hipótesis nula se acepta concluyendo que las fibras de acero Dramix 4D no influyen significativamente en el concreto permeable.

2.4. Operacionalización de variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN EXPERIMENTAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ÍTEMS
ESTABILIZACION DE SUELOS EN LA ZONA DE HUANCHACO	En la formación de explanadas se puede mejorar la calidad de un suelo, aumentando su resistencia a la deformación, su durabilidad, su insensibilidad al agua, controlando la erosión y los cambios de volumen, entre otras cosas, mediante su estabilización.	Con la adición de la soda caustica en el suelos se va a incrementar la resistencia y mejorar sus propiedades químicas y mecánicas para obtener una mejor estabilidad de los suelos	□ Mejorar el comportamiento físico-mecánico	-Aumento de la densidad seca – Densidad máxima del suelo	
				-Optimizar la humedad	– Humedad
				- Incrementar el valor relativo de soporte (CBR)	– Porcentaje de diseño CBR
					- Variación del estado del límite líquido. – Numero de golpes

CAPÍTULO III: RESULTADOS

3.1. Resultados

La clasificación se hizo mediante la clasificación SUCS y AASHTO

Cantidad de soda caustica (%)	0%
Límite Líquido (%)	67.57
Límite Plástico (%)	30.7
Indice de plasticidad (%)	36.87
Clasificacion SUCS	CH
Clasificacion AASHTO	A-7-5(29)
Proctor modificado	
Dsmáx	1.69 gr/cm ³
Wop	16.80%
Ensayo CBR	
Dsmáx	1.69 gr/cm ²
95% Ds Máx	1.61 gr/cm ³
CBR de diseño	2.55%

Estos datos vendrían hacer los patrones ya que el suelo no contiene soda caustica por lo que los siguientes datos resultan: limite liquido = 67.57% la cual es la suma del límite máxima es 1.69 gr/cm³ y la humedad optima es de 16.80% y mediante el ensayo de CBR nos da plástico = 30.7% y del índice de plasticidad = 36.87%, donde la densidad seca máxima es 1.69 gr/cm³ y la humedad optima es de 16.80% y mediante el ensayo de CBR nos da 2.55%.

Cantidad de soda caustica (%)	8%
Límite Líquido (%)	63.49
Límite Plástico (%)	32.05
Indice de plasticidad (%)	31.44
Proctor modificado	
Dsmáx	1.65gr/cm ³
Wop	20.81%
Ensayo CBR	
Dsmáx	1.65gr/cm ²
95% Ds Máx	1.57gr/cm ³
CBR de diseño	7.50%

Cantidad de soda caustica (%)	12%
Límite Líquido (%)	56.69
Límite Plástico (%)	47.46
Indice de plasticidad (%)	9.23
Proctor modificado	
Dsmáx	1.55gr/cm ³
Wop	22.20%
Ensayo CBR	
Dsmáx	1.55gr/cm ²
95% Ds Máx	1.47gr/cm ³
CBR de diseño	10.75%

Estos datos tienen una adición de 8% de soda caustica teniendo como resultados los siguientes: limite liquido = 63.49% la cual es la suma del límite plástico = 32.05% y del índice de plasticidad = 31.44%, donde la densidad seca máxima es 1.65 gr/cm³ y la humedad optima es de 20.81 % y mediante el ensayo de CBR nos da 7.50%.

Cantidad de soda caustica (%)	10%
Límite Líquido (%)	57.15
Límite Plástico (%)	47.6
Indice de plasticidad (%)	9.56
Proctor modificado	
Dsmáx	1.59gr/cm ³
Wop	20.50%
Ensayo CBR	
Dsmáx	1.59gr/cm ²
95% Ds Máx	1.51gr/cm ³
CBR de diseño	11.48%

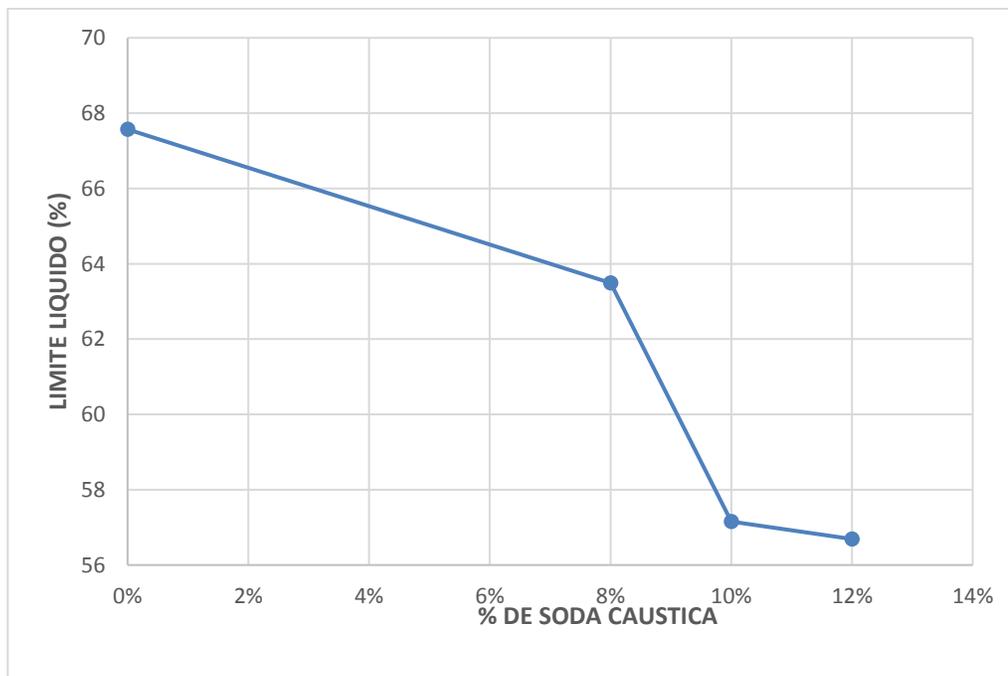
Estos datos tienen una adición de 10% de soda caustica teniendo como resultados los siguientes: limite liquido = 57.15% la cual es la suma del límite plástico = 47.60% y del índice de plasticidad = 9.56%, donde la densidad seca máxima es 1.59 gr/cm³ y la humedad optima es de 20.50 % y mediante el ensayo de CBR nos da 11.48%.

Estos datos tienen una adición de 12% de soda caustica teniendo como resultados los siguientes: limite liquido = 56.69% la cual es la suma del límite plástico = 47.46% y del índice de plasticidad = 9.23%, donde la densidad seca máxima es 1.55 gr/cm³ y la humedad optima es de 22.20 % y mediante el ensayo de CBR nos da 10.75%.

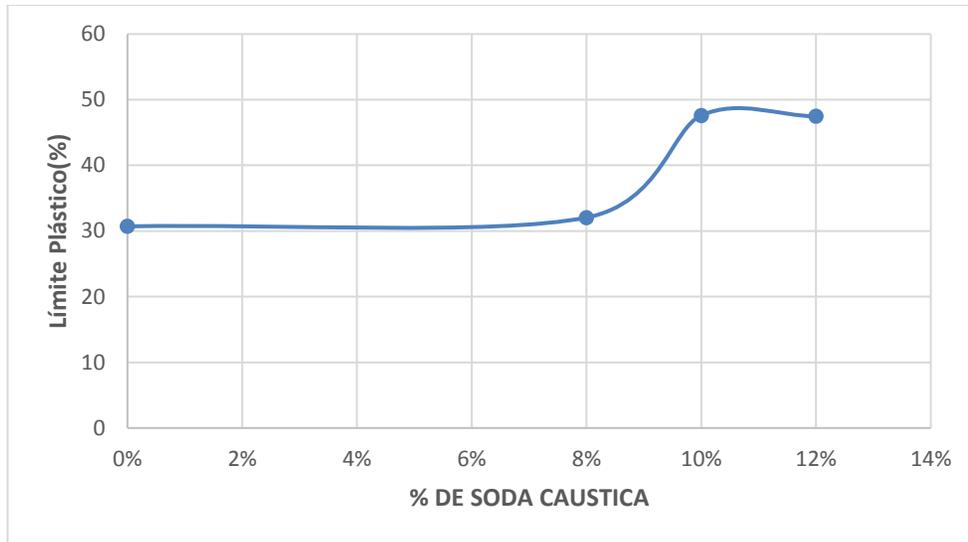
3.2. Análisis de resultados.

a. Límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad.

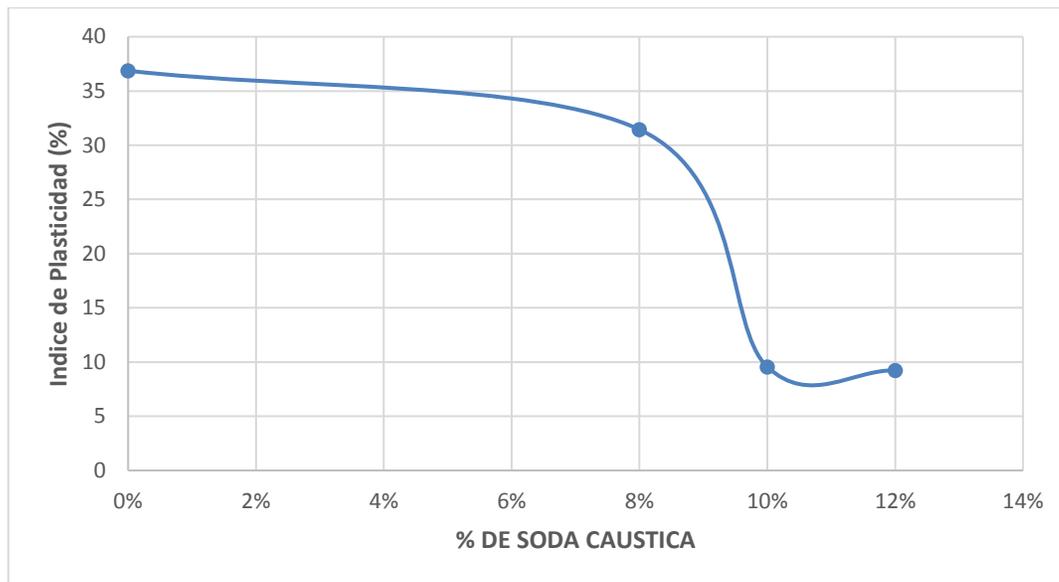
% de Soda Caustica	Límite Líquido(%)	Límite Plástico(%)	Indice de Plasticidad (%) que decae IP	
0%	67.57	30.7	36.87	
8%	63.49	32.05	31.44	14.73
10%	57.15	47.6	9.56	74.07
12%	56.69	47.46	9.23	74.97



Comportamiento del límite líquido sobre los porcentajes de soda caustica



Comportamiento del límite plástico sobre los porcentajes de soda caustica.

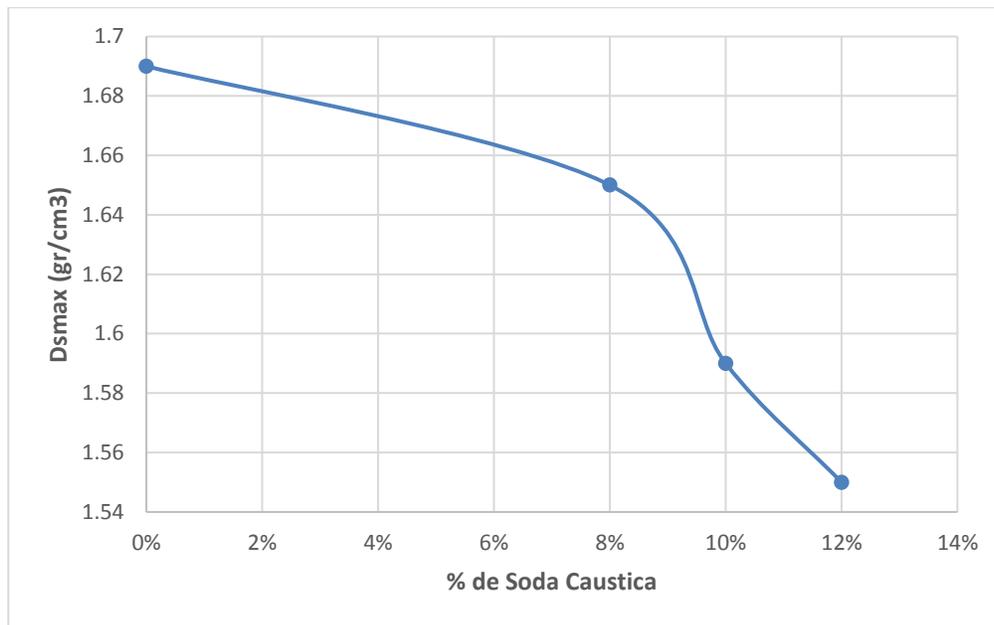


Comportamiento del índice de plasticidad sobre los porcentajes de la soda caustica

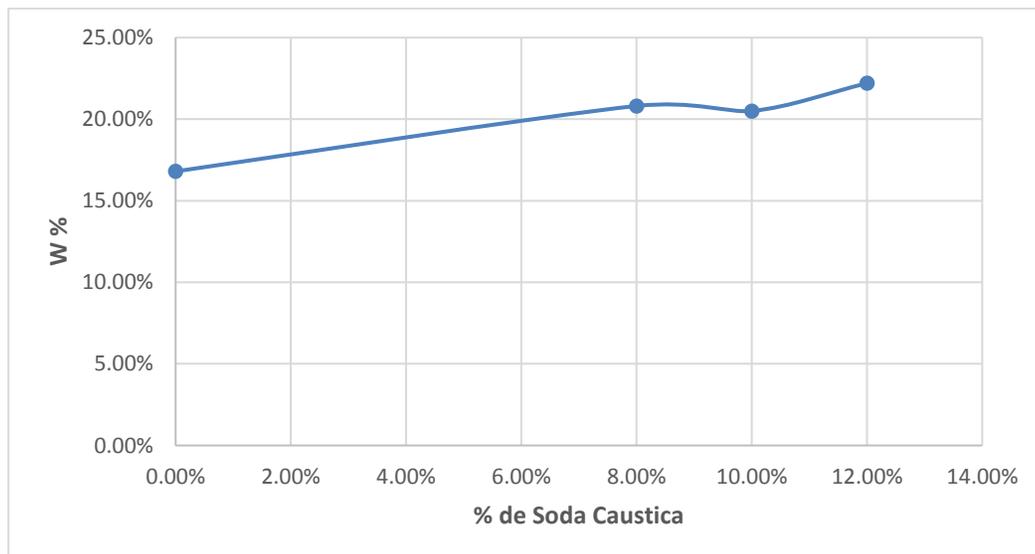
- El índice de plasticidad decae en un 74.97 % con respecto al índice de plasticidad del suelo sin agregar cal con respecto del suelo con adición de cal al 6%.
- Los límites líquidos varían en proporciones **pequeñas**, variando en un 16.10% entre la dosis de cal de 0% y cal al 6%.
- El límite plástico aumenta con la adición de cal hasta un 54%.

b. Compactación Proctor y CBR

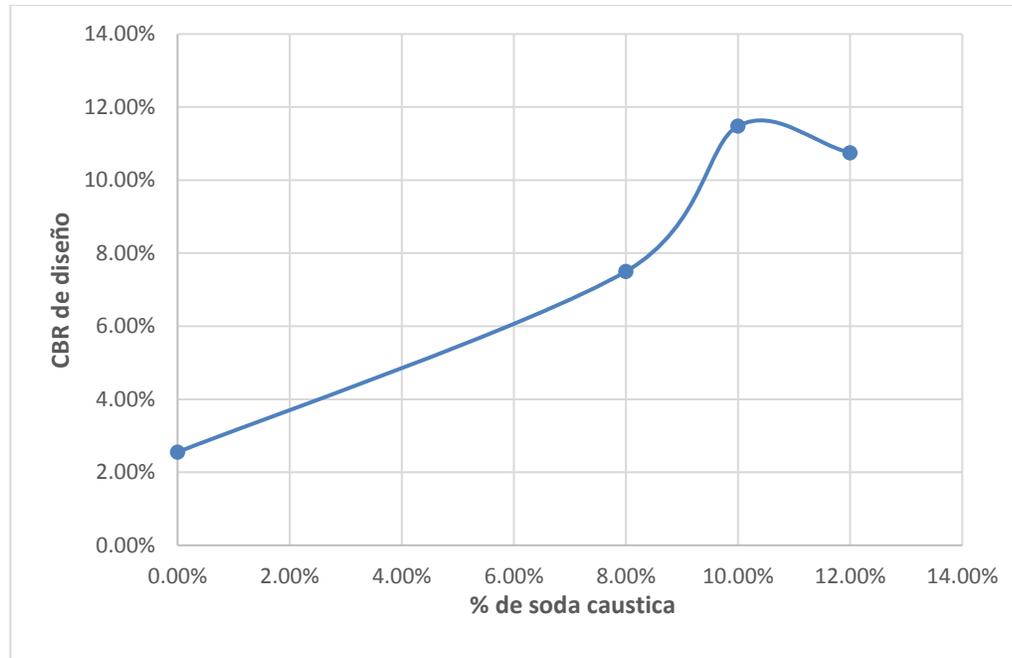
% de Soda Caustica	Dsmax (gr/cm ³)	W %	CBR de diseño	% de variacion de CBR
0%	1.69	16.80%	2.55%	
8%	1.65	20.81%	7.50%	294.118
10%	1.59	20.50%	11.48%	450.196
12%	1.55	22.20%	10.75%	421.569



Comportamiento de la Dsmax sobre los porcentajes de Soda Caustica



Comportamiento contenido de humedad (W%) en los porcentajes de la soda caustica



Comportamiento del CBR sobre los porcentajes de Soda Caustica

- Las densidades disminuyen claramente con el aumento de las dosis de soda caustica.
- A mayor dosis de soda caustica mayor contenido de agua variando dentro de un 25 a un 35% de aumento.
- El CBR de diseño al 95% aumenta hasta en un 450.2%

CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN

4.1. Discusión

- Las densidades disminuyen claramente con el aumento de las dosis de soda caustica.
- A mayor dosis de soda caustica mayor contenido de agua variando dentro de un 25 a un 35% de aumento.
- El CBR de diseño al 95% aumenta hasta en un 450.2%
- Tomando como referencia la hipótesis, en lo que se afirma que las propiedades mecánicas aumentarán, podemos notar en los resultados una mejora en la humedad óptima y en el límite plástico, debido a la adición de la soda caustica, así como también una disminución del límite líquido e índice plástico del suelo.
- Cabe recalcar que la adición de soda caustica resulta costoso y toxico por el alto contenido de químicos dañinos, sin embargo, teniendo las precauciones correspondientes se puede utilizar ya que es netamente para la estabilización de suelos.
- Otro de los factores que se debe analizar, es el porcentaje adecuado para reemplazar al suelo, Ya que se analizaron muestra en los siguientes porcentajes: 0%,8%,10% y 12%, obteniendo un mejor comportamiento para el 10% de adición, debido a que en los factores negativos que son la disminución de la densidad seca máxima y el límite liquido no tiene mucha consideración, respecto a los resultados positivos, al considerar el 10% de soda caustica, obtenemos una mayor optimización de humedad como también el limite plástico y un mayor diseño de CBR.



- Los resultados obtenidos con la adición de soda cáustica al 8%, 10%, y 12% muestra una clara variación en el índice plástico, índice líquido, contenido de humedad, densidad seca máxima y en el CBR al 95% y según los resultados presentados en el tercer congreso internacional realizado en Sao Pablo, Brasil, de infraestructura de transportes (CONINFRA 2009) Tabla 1, Presentan similares resultados.
- El CBR de diseño al 95% aumenta hasta en un 450.2% por lo que en la adición al 10% es más óptima ya que se acerca al máximo valor por lo que el suelo tendrá un mejor comportamiento.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES

1. Se determinó que la influencia de soda caustica, mejoran el porcentaje de humedad optimo además también aumenta el límite plástico, y en gran medida aumenta el CBR de diseño, mientras disminuyo la densidad seca máxima a medida que se aumentaba la soda caustica.
2. Se determinó con la adición de soda caustica de 0%, 8%, 10% y 12% el comportamiento del límite liquido disminuye, teniendo su máxima disminución la muestra con soda caustica al 10% con un 57.15. La muestra con cal al 0% tiene un límite líquido de 67.57, concluyendo qué el suelo adopta el mejor comportamiento a ese porcentaje volviéndose menos viscoso.
3. Se determinó que el límite plástico aumenta de acuerdo a la adición de cal logrando su máximo límite plástico de 47.60 con cal al 10%, el límite plástico menor es de 30.70 con soda caustica al 0%, concluyendo que el suelo adopta su mejor comportamiento por lo que se hace más sólido.
4. Se determinó que el índice de plasticidad disminuye, logrando la máxima disminución con la adición de 12% de soda castica, con un valor de 9.26. La muestra con cal al 0% presenta un índice plástico de 36.87, esto nos representa una disminución de un 74.97% del índice plástico.
5. Se determinó que la densidad seca máxima con la adición de los diferentes porcentajes de soda caustica disminuye, siendo el mínimo de 1.55 en la muestra con cal al 12%. El contenido de humedad aumenta siendo el máximo de 22.20% en la muestra con soda caustica al 12%. que vendría a ser el 35% de aumento en relación a la muestra patrón siendo la mayor mejora en dicha propiedad.
6. El CBR de diseño al 95% máximo se logra con un porcentaje de soda caustica de 10% hasta un valor de 11.48%. El CBR mínimo a 2.55% sin adicionar soda caustica a la muestra.

CAPÍTULO VI: RECOMENDACIONES

1. Se recomienda a las entidades privadas el uso de esta adición de soda caustica para el suelo, son una solución técnica, social y responsable debido a su calidad, cuidado, y resistencia, Lo cual es favorable tanto para el desarrollo social como también para las nuevas tecnologías.
2. Se recomienda a los ingenieros civiles e arquitectos, que residan en obras de carreteras incentivar el uso de la soda caustica, por su mayor facilidad de aplicación, optimizando los costos tanto en materiales como en mano de obra.
3. Se recomienda a la población, el uso de soda caustica, por su aplicación con facilidad sobretodo en forma de inyectables para sus viviendas y además su menor impacto ambiental.
4. Se recomienda a los futuros tesisistas, incentivar el estudio en problemas económicos y ambientales, debido a su gran problemática en la sociedad y además de seguir el estudio en el tema de la estabilización de suelos con soda caustica a porcentajes de 2,4 y 6 %.
5. Adicionalmente se puede recomendar en la construcción de taludes de obras, debido a que la soda cáustica puede contribuir a mantener seco y así no se desmorone y se deslice material afectando la vida de terceros u obras en ejecución.
6. En el presente trabajo, como recomendación para los ensayos realizados y acorde a lo investigado se tomó la soda cáustica líquida en la mezcla de las muestras. El uso de soda cáustica granulada y en polvo podría utilizarse como aditivo similar a la ceniza volante que también aporta a la sequedad del material ensayado, está claro que el uso de soda cáustica ofrece una mejor alternativa frente a otros componentes, sin embargo, por el alto costo y su distribución regulada es que sólo se deba usar en casos críticos de construcción que se requiera estabilizar suelos, taludes, terraplenes, carreteras y otras obras que se necesite estabilizar suelos donde se ubicaría estructuras de índole ingenieril.

CAPÍTULO VII: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Liliana Meneses, Julian Cordova, Oscar Cabrera, Carlos Torres. (2014). *Estabilización de Suelos con soda Cáustica. 2017, de Universidad Cooperativa de Colombia.*

Recuperado de: <https://prezi.com/wzpg26ganupv/estabilizacion-de-suelos-con-soda-caustica/>

Cedeño Plaza David Gabriel. (2013). *Investigación de la Estabilización de Suelos con Enzima aplicado a la sub-rasante de la avenida Quitumbe - Ñan, cantón Quito. Ecuador.*

Rosa Llique Mondragón. (2014). *Efecto de la Cal como estabilizante de una subrasante de suelo arcilloso. Cajamarca: Perú.*

Arq. Lizarzaburu Manuel. (2014). *Impacto de la Gestión del espacio de la ciudad en función de la condición socioeconómica de la población dmistrital de Huanchaco. 2017, de Universidad Privada del Norte. Recuperado de:*
<https://es.slideshare.net/miguelitollontop/diagnostico-urbano-huanchaco>

Dagoberto Núñez Rojas. *Elección y dosificación del conglomerante en estabilización de suelos.* Recuperado de:
http://biblioteca.itson.mx/dac_new/tesis/317_nunez_dagoberto.pdf

Abel Darwin Velarde del Castillo. (2014). *Aplicación de la metodología de superficie de respuesta en la determinación de la resistencia a la compresión simple de suelos arcillosos estabilizados con cal y cemento. Puno: Perú.*

Gutiérrez Montes, Carlos Alberto. (2010). *Estabilización química de carreteras no pavimentadas en el Perú y ventajas comparativas del Cloruro de Magnesio (Bischofita) frente al Cloruro de Calcio. La Libertad: Perú.*



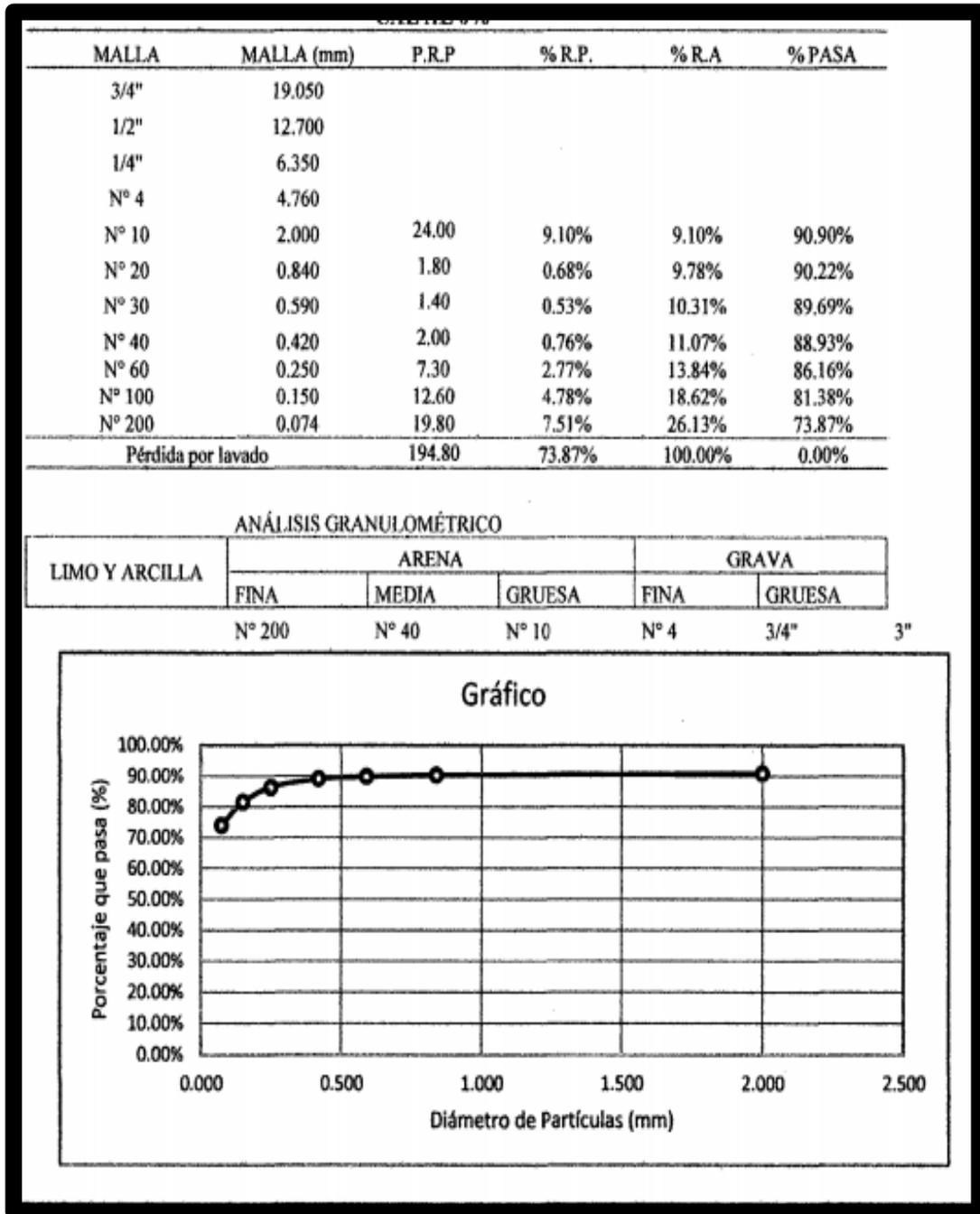
De la Cruz Gutiérrez, Lizeth Mercedes y Salcedo Rojas, Kaite Karen. (2013). “*Estabilización de suelos cohesivos por medio de aditivos (Eco Road 2000) para pavimentación en Palian – Huancayo.*”. Junín: Perú.

Rocío del Carmen Pérez Collantes. (2012). *Estabilización de suelos arcillosos con cenizas de carbón para su uso como subrasante mejorada y/o sub base de pavimentos.* Lima: Perú.

Quimicanet. (2012). *Características de la Soda Caustica. 2016, de Quimicanet.* **Recuperado de:** <https://www.quiminet.com/articulos/las-caracteristicas-mas-importantes-de-la-sosa-caustica-2683089.htm>

ANEXOS

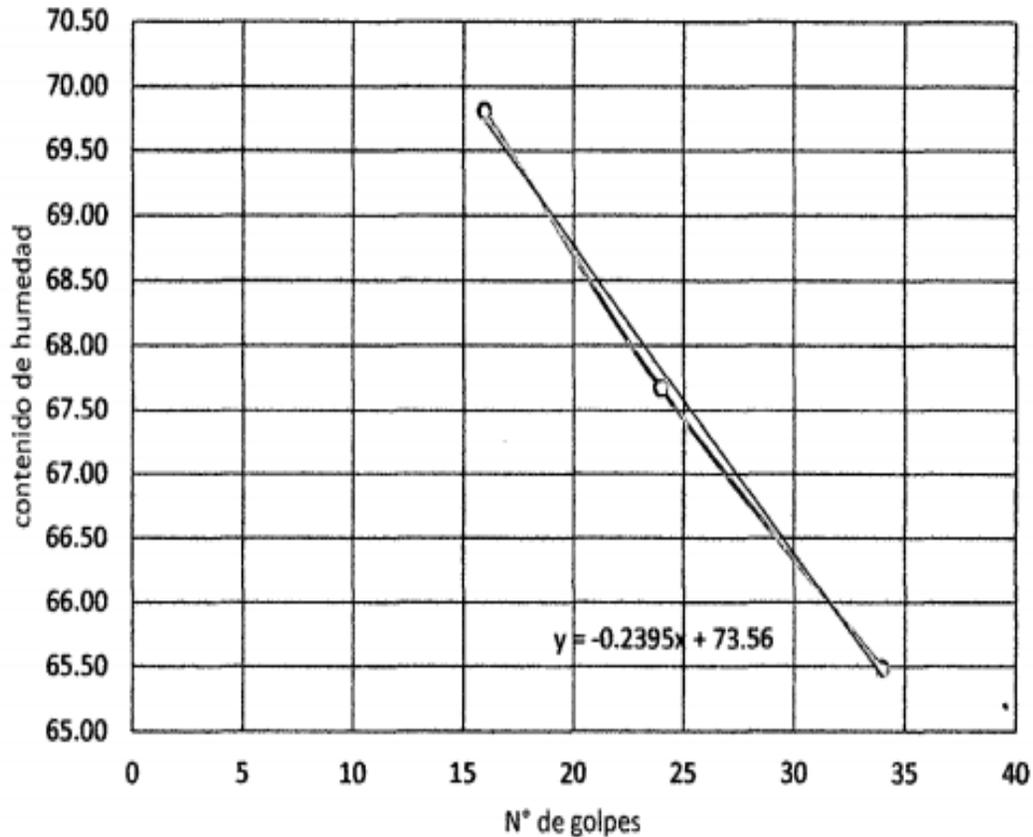
Anexo N° 1



Análisis granulométrico por lavado soda cáustica al 0%

Anexo N° 2

TARA	LL1	LL2	LL3
W t (gr.)	20.34	18.95	21.17
W mh + t (gr.)	33.38	33.47	35.4
W ms + t (gr.)	28.22	27.61	29.55
W w (gr.)	5.16	5.86	5.85
W ms (gr.)	7.88	8.66	8.38
Nº golpes	34	24	16
W %	65.48	67.67	69.81
LL	67.57		



Ensayo limite del suelo para soda castica al 0%

Anexo N° 3



Preparando material para el ensayo Proctor modificado soda cáustica al 0%.

Anexo N° 4



Ensayo Proctor modificado soda castica al 0%.

Anexo N° 5



Peso de molde Proctor más muestra compactada soda caustica al 0%.



Anexo N° 6 FORMATOS VALIDADOS DE LABORATORIO

GUIA DE OBSERVACION	
Cantidad de soda caustica (%)	
Límite Líquido (%)	
Límite Plástico (%)	
Indice de plasticidad (%)	
Proctor modificado	
Dsmáx	
Wop	
Ensayo CBR	
Dsmáx	
95% Ds Máx	
CBR de diseño	

% de Soda Caustica	Límite Líquido(%)	Límite Plástico(%)	Indice de Plasticidad (%)	(%) que decae IP

CIP90402

Ing. Paredes Esteban J.

% de Soda Caustica	Dsmax (gr/cm3)	W %	CBR de diseño	% de variacion de CBR

Anexo N° 7 COSTOS COMPARATIVOS ANTE OTROS ESTABILIZANTES

REFERENCIA POR METRO CUADRADO (m ²) A ESTABILIZAR	CAPA SUPERFICIAL	COSTO
Estabilización aporte SODA CÁUSTICA	15 cm.	S/ 82.00
Estabilización mediante arena y cal hidraulica natural, premezclada	15 cm.	S/ 59.47
Estabilización concreto asfáltico en parches	15 cm.	S/ 47.44
Estabilización aporte cal hidráulica natural	15 cm.	S/ 46.50
Estabilización continuo de concreto con endurecedor	10 cm.	S/ 44.00
Estabilización mediante medios mecánicos	25-35 cm.	S/ 42.54
Estabilización Asfalto líquido RC 250	15 cm.	S/ 40.00
Estabilización MC 30 líquido brea sólida	15 cm.	S/ 40.00
Estabilización mediante arena y cal hidraulica natural	10 cm.	S/ 39.81
Estabilización con cal aérea CL90	15 cm.	S/ 37.05
Estabilización con lechada de cemento CEM II/A-L32, 5N	10 cm.	S/ 37.00
Estabilización carpeta asfáltica en caliente	15 cm.	S/ 35.00
Estabilización aporte ceniza volante aproximado	10 a 15 cm.	S/ 32.00
Estabilización mezcla bitumitosa en frío con 12mm agregado granítico	8 cm.	S/ 27.59
Estabilización Asfalto líquido RC 70	15 cm.	S/ 20.00

Fuente:

http://www.peru.generadordeprecios.info/obra_nueva/Urbanizacion_interior_de_la_parcela/Pavimentos_externos/Explanadas_caminos_y_senderos/UXE036_Estabilizacion_de_caminos_y_sendero.html

Otro

<http://basepreciosconstruccion.gobex.es/u/u04em/u04em.html>