

UNIVERSIDAD PRIVADA DE TRUJILLO

CARRERA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



**BASES TEÓRICAS PARA LA MEJORA DE LOS
ESTABILIZADORES QUÍMICOS EN LAS PROPIEDADES
MECÁNICAS DE UN SUELO EXPANSIBLE EN LA URBANIZACIÓN
SANTA MARÍA IV ETAPA - TRUJILLO, 2019**

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN
PARA OPTAR EL GRADO DE
BACHILLER**

AUTOR:

IVÁN RIVERA CHURA

ASESOR:

Ing. JOSUALDO CARLOS VILLAR QUIROZ

TRUJILLO – PERÚ

2019



HOJA DE FIRMAS

PRESIDENTE

SECRETARIO

I. ÍNDICE

I.	INTRODUCCION.....	1
	1.1. Delimitación del problema que motiva el estado del arte....	2
	1.1.1. Campo temático.....	4
	1.1.2. Espacio.....	4
	1.1.3. Tiempo.....	4
	1.2. Formulación del problema.....	4
	1.3. Justificación del tema.....	4
	1.3.1. Realidad Problemática.....	4
	1.3.2. Aspectos diferenciados de justificación	6
	1.4. Objetivos.....	8
	1.4.1. Objetivo General.....	8
	1.4.2. Objetivo específicos.....	8
	1.5. Procedimientos metodológicos seguidos.....	8
	1.5.1. Instrumentos de recolección.....	8
	1.5.2. Fuentes de información.....	9
II.	RESULTADOS RESPECTO A LOS ANTECEDENTES	9
	ESTADO DEL ARTE O ESTADO DE LA CUESTION.....	
	2.1. Antecedentes.....	9
	2.2. Bases teóricas.....	21
III.	CONCLUSIONES.....	42
IV.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	43
V.	ANEXOS.....	45

II. RESUMEN

La presente monografía busca obtener información técnica necesaria para elaborar la investigación Impacto de los estabilizadores químicos en las propiedades mecánicas de un suelo expansible en la Urbanización Santa María IV etapa - Trujillo, 2019.

La presente investigación pretende reunir información para en la mejora de las propiedades mecánicas de los suelos cohesivos de la Urbanización Santa María IV etapa de la ciudad de Trujillo, el problema es que la baja resistencia que presentan los suelos cohesivos de la urbanización santa maría IV etapa, no permiten que se realicen diseños económicos tanto como en proyecto de edificaciones como de infraestructura vial, los resultados obtenidos dan a conocer que el uso de la Cal como estabilizador químico en diferentes porcentajes puede mejorar cuantiosamente las propiedades mecánicas que presenta el suelo, esto se puede evidenciar con los resultados del CBR al suelo con relación a la norma ASTM D- 1883.

PALABRAS CLAVE

- Estabilizadores químicos.
- Propiedades mecánicas.
- Suelo expansible.

III. ABSTRAC

This monograph seeks to obtain the necessary technical information to prepare the research Impact of chemical stabilizers on the mechanical properties of an expandable soil in the Santa María IV Urbanization stage - Trujillo, 2019

The present investigation intends to gather information for the improvement of the mechanical properties of the cohesive soils of the Santa María IV Urbanization stage of the city of Trujillo, the problem is that the low resistance presented by the cohesive soils of the Santa Maria IV urbanization stage , they do not allow economic designs to be made as much as in buildings or road infrastructure projects, the results obtained show that the use of lime as a chemical stabilizer in different percentages can greatly improve the mechanical properties that the soil presents, this is It can be evidenced with the results of the CBR on the ground in relation to the ASTM D-1883 standard.

KEYWORDS

- Chemical stabilizers.
- Mechanical properties.
- Expandable soil.

I. INTRODUCCION

Los estabilizadores estudiados en la presente investigación presentan diversos efectos al ser aplicados en los suelos expansibles, sin embargo, teniendo en cuenta las bajas propiedades mecánicas, su principal problema de expansión de estos suelos y las cantidades de estabilizantes químicos presentes en el mercado, viene a relevancia realizar y comparar los efectos antes mencionados, para poder determinar la mejores características y cambios que se vean reflejados entre las muestras estabilizadas y también con las muestras de suelo inalteradas. Por otro lado, los resultados que se obtendrán podrán servir de base para futuras investigaciones donde se necesite el estudio de los suelos expansibles como punto de partida para llegar a obtener un nuevo conocimiento, pues en todo estudio relacionado con obras civiles es necesario contar un suelo que trabajen de forma eficiente, y en este caso nuestra investigación influiría enormemente en la parte inicial de dichas investigaciones. Nuestro estudio también beneficiara a los futuros proyectos que requieran poder llegar a obtener determinadas propiedades mecánicas de acuerdo a la magnitud que se desee llevar a cabo, pues es sabido que en todo proyecto ya sea de edificaciones o netamente vial debe poseer un suelo que cumpla con todos los requerimientos cumple demasía importancia, pues determinara la resistencia que influirá completamente en la vida útil de estos.

La estabilización de suelos para carreteras ha tenido en estos últimos tiempos una gran acogida por parte del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, al lanzar estudios de diseño en construcción, rehabilitación y mantenimiento de carreteras de tercer orden o caminos rurales. Debido a esto se han venido empleando diversos productos estabilizadores de suelo, importados por lo general; pero sin tener un seguimiento y análisis de la aplicabilidad de ellos en suelos peruanos. El tema de estabilización de

suelos, tiene mucho tiempo de haber sido estudiado, pero, aun así, se ha venido realizando de manera muy empírica y primando intereses comerciales, más que los logros técnico-económico de la utilización de alguno de estos productos.

1.1. Delimitación del problema que motiva el estado del arte

Patrone&Prefumo (2005), afirma que:

El análisis de las bases teórica de la investigación la investigación Impacto de los estabilizadores químicos en las propiedades mecánicas de un suelo expansible en la Urbanización Santa María IV etapa - Trujillo, 2019, la conducta de materiales expansivos frente a daños ensayados como experimento en estructuras no fue determinado por los especialistas de suelos y principalmente como un de las causas fundamentales sin embargo, se comienza a reconocer que muchas de las patologías de las estructuras y las reducidas propiedades mecánicas de los suelos, que antes eran consideradas a asentamientos ú otros inconvenientes, se deban en realidad a un fenómeno de hinchamiento. El cual ha interesado en forma creciente a los especialistas en suelos y construcciones.

Patrone&Prefumo (2005), Aduce que:

“El potencial expansivo de un suelo (presión de hinchamiento y elevación) dependen, como mínimo, de las siguientes variables: el tipo de arcilla, la humedad inicial, el peso específico, la plasticidad, y la fatiga de expansión.”

Patrone&Prefumo (2005), Aduce que:

La Naturaleza y tipo de arcilla y la composición mineralógica de la arcilla (porcentajes de illita, caolinita y montmorillonita) que está compuesto la arcilla resultan principalmente capacidad expansiva del suelo por excelencia y tiene elevado porcentaje de montmorillonita.

Patrone&Prefumo (2005), afirma que:

“La saturación primaria y el elemento catalizador del comportamiento de expansión, es precisamente la variación en el contenido de saturación.”

Patrone&Prefumo (2005), afirma que:

“Si más montmorillonita que esté compuesta una arcilla, si no hay variación en el contenido de saturación del suelo, no habrá cambios volumétricos.”

Patrone&Prefumo (2005), afirma que:

No hay necesidad de tener suelo saturado completamente para que genere expansión del mismo, al contrario, en determinados casos son suficiente variaciones en el contenido de saturación del suelo de sólo uno ó dos puntos porcentuales, así causar hinchamientos y originar daños estructurales.

Patrone&Prefumo (2005), afirma que:

El contenido de humedad inicial del suelo regula la magnitud del slump, arcilla “secas”, con contenido de humedad por debajo del 15 % señalan un riesgo de expansión alto, pues fácilmente puede llegar absorber contenidos de saturación de 35 % con los seguidos daños estructurales.

Patrone&Prefumo (2005), afirma que:

“Muy al contrario las arcillas cuya composición húmeda está encima del 30 %, señala que la totalidad de expansión ya ha tenido lugar y sólo se espera un sutil hinchamiento excedente.”

1.1.1. Campo Temático

- Estructuras

1.1.2. Espacio

Distrito : Trujillo

Provincia : Trujillo.

Región : La Libertad

1.1.3. Tiempo

Enero del 2019 a septiembre 2019

1.2. FORMULACION DEL PROBLEMA

¿Cuáles son las bases teóricas que permitirán la realización de la investigación Impacto de los estabilizadores químicos en las propiedades mecánicas de un suelo expansible en la Urbanización Santa María IV etapa - Trujillo, 2019?

1.3. Justificación del Tema

1.3.1. Realidad Problemática

Patrone&Prefumo (2005), afirma que:

El comportamiento de los materiales expansivos en los daños experimentados por las estructuras no fue identificado por los especialistas de suelos y fundaciones como una de las causas fundamentales, sin embargo, recientemente se comienza a reconocer que muchas de las tipologías de estructuras y las bajas características

mecánicas de suelos, que antes eran atribuidas a asentamientos u otros problemas, se debían en realidad a un fenómeno de hinchamiento, el cual ha interesado en forma creciente a los especialistas en suelos y construcciones.

Patrone&Prefumo (2005), afirma que:

“El potencial expansivo de un suelo (presión de hinchamiento y elevación) dependen, como mínimo, de las siguientes variables: el tipo de arcilla, la humedad inicial, el peso específico, la plasticidad, y la fatiga de expansión.”

Patrone&Prefumo (2005), afirma que:

“El Peso específico de un suelo insaturado está vincuado con la saturación inicial, siendo peso específico seco del suelo es otra incógnita principal en el procedimiento del suelo expansivo.”

Patrone&Prefumo (2005), afirma que:

La densidad insaturada de un suelo arcilloso se proyecta en valores elevados en los resultados del ensayo de penetración estándar con valores de N, inferiores a 15 que indican densidades insaturadas mínimas y riesgo expansivo mínimo, aumentando significativamente estos a medida que aumenta el valor de N características del suelo plástico suelo.

Patrone&Prefumo (2005), afirma que:

“Potencia del estrato activo a través de ensayos de laboratorio sobre muestras de un mismo suelo, compactadas al mismo grado densidad y humedad inicial, se ha estudiado el efecto del espesor del estrato en la magnitud total del hinchamiento.”

Patrone&Prefumo (2005), afirma que:

El producto de los ensayos mostraron que la magnitud del cambio volumétrico ensayado es proporcional al espesor del estrato, así que la presión de expansión se mantiene igual, esto nos estaría señalando si una estructura es suficiente para transmitir una presión constante e uniforme a profundidades elementales, debajo de la base se podría contrarrestar el fenómeno de cambio volumétrico, sin embargo como sabemos esto no es posible porque que a medida que aumentamos la profundidad, la presión transmitida por la zapata de base reduce y por lo tanto no constituye un método efectivo para el control de la expansión.

1.3.2. Aspectos diferenciados de justificación

La presente investigación busca en principio estudiar a profundidad los suelos presentes en la urbanización Santa María – Trujillo, principalmente aquellos suelos expansivos donde se requiere estabilización química oportuna del suelo, pues representa una muestra de los suelos expansibles que se encuentran en Trujillo, con el fin de proporcionar herramientas para mejorar las propiedades mecánicas de los suelos principalmente de la Urbanización Santa María IV Etapa pero que se puede replicar en toda la ciudad de Trujillo pues en la actualidad existe una gran expansión demográfica que requiere que toda aquella edificación y obra vial posea suelos con propiedades mecánicas eficientes, que se obtendrán con soluciones desde la estabilización química de suelos que beneficiara directamente

a los pobladores de la Urbanización Santa María IV Etapa de Trujillo y los investigadores que quieran hacer estudios sobre el tema.

La presente investigación tiene como primer fin establecer la relación que existe en los diversos tipos de estabilizadores químicos con los que se tratan los suelos expansibles de la ciudad de Trujillo, de tal manera que se pueda establecer una relación según su rendimiento que nos permita conocer las ventajas que existen entre los estabilizadores químicos en función a su desempeño.

Estudiar la relación existente entre los estabilizadores químicos usados en la estabilización química de los suelos expansibles de Trujillo es importante pues tendremos parámetros que nos proporcionaran conocimiento del rendimiento de estos al momento de utilizarlos y poder aplicar el estabilizador químico que cumpla determinadas metas según el desempeño que esperamos y las posibilidades que se presente.

Esta investigación tiene es importante pues permitirá tratar los proyectos en donde se requiera estabilización química de suelos con mayor eficiencia pues podremos tener valores que nos permita comparar tanto el desempeño funcional que puedan tener los diversos estabilizadores químicos como las ventajas de cada uno frente a al impacto económico generado por estos.

Nuestra investigación permitirá a los futuros tesisistas tener conocimiento específico de los estabilizadores químicos al usarlos en los suelos expansibles de Trujillo y el rendimiento que estos tienen de tal manera que proporcione información clara y precisa para que se

obtengan desempeños esperados según lo que pueda demandar las futuras investigaciones.

1.4. OBJETIVOS

1.4.1. OBJETIVO GENERAL

Redactar bases teóricas para realizar la investigación Impacto de los estabilizadores químicos en las propiedades mecánicas de un suelo expansible en la Urbanización Santa María IV etapa - Trujillo, 2019.

1.4.2. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Identificar información acerca las propiedades mecánicas del suelo y los factores que afectan las propiedades.
- Evaluar información acerca de los suelos expansivos, identificación y determinación de ciertas propiedades de los suelos expansivos.
- Buscar información acerca de los métodos indirectos de determinación del potencial expansivo del suelo.
- Encontrar información acerca de las medidas directas de la expansión del suelo.

1.5. PROCEDIMIENTOS METODOLIGOS SEGUIDOS

1.5.1. Técnica de recolección

- La técnica utilizada en la presente investigación fue revisión documental y análisis al contenido de la búsqueda de información, clasificación y selección de información de Bases Teóricas, con la consiguiente toma de lectura de las condiciones, procesos y consecuencias observables, servirán de aporte importante a una solución al problema detectado.

1.5.2. Instrumentos de recolección

El instrumento empleado fue la matriz de datos la cual representa el modo y forma que utiliza el investigador para recolectar la información adecuada para su tema, utilizando:

- Ver Anexo 01°, Anexo N° 02.

1.5.3. Fuentes de Información

Corresponde a los instrumentos diferenciados para la toma de conocimientos, búsqueda y acceso a información necesaria.

- **Fuente de datos primaria:**

- Reglamento Nacional de Edificaciones, la Norma E-050.
- Investigaciones de artículos científicos en revistas indexadas acerca de la evaluación de las propiedades mecánicas de los suelos expansibles.
- Tesis relacionadas a estabilizadores químicos.

II. RESULTADOS RESPECTO A LOS ANTECEDENTES ESTADO DEL ARTE O ESTADO DE LA CUESTION

2.1 Antecedentes:

NACIONALES

“ENSAYOS GEOFÍSICOS PARA EL ESTUDIO DE MICROZONIFICACIÓN SISMICA DEL DISTRITO DE TRUJILLO”.

Consejo departamental de La Libertad (2015), Afirma que:

Dicho trabajo tiene como objetivos determinar los perfiles sísmicos del suelo, las características de propagación de ondas, las profundidades de investigación variables, el conocimiento de las propiedades de las

diferentes capas y también de complementar la información de la superficie y el subsuelo.

Para el estudio de Microzonificación Sísmica del Distrito de Trujillo, se realizaron en 2 etapas, las cuales fueron las siguientes: El Estudio Geotécnico del Distrito de Trujillo y El Estudio Geofísico del Distrito de Trujillo, las Pruebas de Campo fueron realizadas mediante calicatas a cielo abierto y los Sondajes se realizaron mediante los Equipos DPL y SPT.

Se concluyó en el análisis que la geología del Distrito de Trujillo considera afloramientos rocosos (rocas sedimentarias, volcánicas sedimentarias y plutónicas) y depósitos sedimentarios (marinos, eólicos, coluvio - aluviales y aluviales), porque han sufrido las deformaciones terrestres mostrando estructuras regionales (lineamientos estructurales y diaclasas) que tienen una orientación andina (Noroeste-Sureste).

Del programa de exploración geotécnica en las Urbanizaciones que abarca el Distrito de Trujillo, se ha realizado excavación de calicatas, pruebas estándar y específicas de laboratorio. El análisis de toda esa información ha contribuido a determinar cuatro zonas geotécnicas en el Distrito de Trujillo, acorde a las propiedades físicas y mecánicas de los suelos iniciales.

Este estudio de microzonificación aportará datos importantes a tener en cuenta en la ubicación de los tipos de suelos presentes en la ciudad de Trujillo, para que de esta forma nosotros podamos saber en qué zona se encuentra los suelos que estudiaremos, junto con la profundidad y una estratificación que se espera encontrar al momento de hacer la calicata.

“CAPACIDAD PORTANTE (CBR) DE UN SUELO ARCILLOSO, CON LA INCORPORACIÓN DEL ESTABILIZADOR MAXXSEAL 100”

Palomino (2016), Aduce que:

Determinar la capacidad portante (CBR) de un suelo arcilloso con incorporación de 2%,4% y 6% del estabilizador Maxxseal 100. Una vez que el producto se encuentra en el lugar del proyecto se añadirá a un camión cisterna con agua. La relación de los polímeros y agua se estima previamente y se confirma antes que se inicie la aplicación. Básicamente hay dos métodos para aplicar el polímero. Uno de ellos es para una estabilización profunda, El método de estabilización requiere escarificación del suelo a la profundidad requerida de la estabilización.

Esto se puede llevar a cabo con una motoniveladora o con un tractor con ripper. Una vez que el suelo ha sido bien escarificado o abierto con discos, se comienza a agregar la mezcla de Maxx-Seal con agua. A medida que el camión cisterna pasa con el mix de Maxx-Seal /agua. Una vez que haya finalizado usted debe tener un suelo humedecido uniforme que está listo para darle forma.

Antes de que pasar un rodillo para comprimir, se sugiere usar una motoniveladora emparejando el suelo. No excavar muy al fondo para no extraer suelo sin tratamiento. Si vemos la tierra de color humedecida desigual, se recomienda humedecer nuevamente según necesidad en estas secciones. Una vez satisfecho con la humedad uniforme y de acuerdo a la forma de la carretera se compacta con el rodillo. Tan pronto como el suelo esté compactado se podría abrir camino al tránsito, y así el tráfico adicional ayudará a compactar el camino aún más y hacerlo ser mucho más sólido, Una vez secado emplear el camión aljibe para aplicar la última capa de sellado, Siendo que se sellará la superficie y añadirá mejor resistencia a la abrasión.

Se determinó que el contenido de humedad promedio de muestra es de 27.6 %. Se puede observar que la densidad aumenta al aumentar la dosificación de Maxxseal 100. Se observó que el límite líquido y el límite plástico aumentan a medida que aumentamos la cantidad del estabilizador Maxxseal 100, mientras que el índice de plasticidad disminuye. Se puede observar que el CBR aumenta al aumentar la dosificación de Maxxseal 100.

La hipótesis planteada en la investigación, ha sido demostrada, generando una relación directamente proporcional, a medida que se incrementa el % del estabilizador Maxxseal 100 en un suelo arcilloso, se incrementa la capacidad portante (CBR).

Este estudio aportara conocimiento de cómo influye la utilización del estabilizador químico Maxxseal 100 en la estabilización de suelos con respecto a los porcentajes utilizados, de manera que se puedan esperar resultados similares o contrastables con los estabilizadores químicos que utilizaremos para realizar el presente trabajo de investigación.

“UTILIDAD Y ANÁLISIS DE CLORURO DE MAGNESIO HEXAHIDRATADO (BISCHOFITA) COMO TRATAMIENTO ESTABILIZADOR DE LA CAPA DE RODADURA GRANULAR EMPLEDO EN EL TRAMO DE LA CARRETERA ESPINAR- TINTAYA MARQUIRI.”

Hilario (2015), Afirma que:

“Evaluar experimentalmente las propiedades físicas y/o mecánicas del material afirmado y afirmado con cloruro de magnesio existente en el tramo de la carretera Espinar - Tintaya - Marquiri.”

Hilario (2015), Asevera que:

“Todos los ensayos se realizaron siguiendo los procedimientos del Manual de Ensayos de Materiales para Obras Viales (EM 2000) dados para el control de los agregados, el procedimiento de algunos ensayos, especialmente diseñados para suelo-sal, se detalla a continuación.”

Hilario (2015), Asevera que:

Del ensayo de compresión no confinada, para 1.15, 1.20 y 1.25 gr./cm³ de densidad de solución salmuera, se ha determinado que la resistencia a los 28 días disminuye 2.59, 4.05, 5.18, respectivamente. Y estos valores de variación indican indirectamente que el cloruro de magnesio no modifica el valor de la capacidad de soporte de este suelo.

Hilario (2015), Asegura que:

El porcentaje óptimo de cloruro de magnesio establecido para este suelo es el de 3 %, el cual corresponde a una densidad de solución salmuera de 1.20 gr./cm³, valores menores a este porcentaje de cloruro de magnesio nos da una capa de afirmado menos duradera, y valores mayores a este porcentaje nos da una paca de afirmado resbaladiza y peligrosa al tránsito vehicular.

Este estudio aporta conocimiento de cómo influye el estabilizador químico de cloruro de magnesio al utilizarlo en un tramo de carretera, principalmente la relación existente sobre las propiedades mecánicas de acuerdo y los porcentajes utilizados, de esta manera se verifican su poder estabilizador y el porcentaje adecuado a usar de un estabilizante promedio.

“ESPECIFICACIÓN DE LA RESISTENCIA DE LA SUBRASANTE INCORPORANDO CAL ESTRUCTURAL EN EL SUELO LIMO ARCILLOSO DEL SECTOR 14 MOLLEPAMPA DE CAJAMARCA, 2015”

García (2015), Asevera que:

Determinar la resistencia de la subrasante limo arcillosa al incorporar cal estructural en porcentajes de 2%,4%, 6% y 8%. Se escogió una calle del sector 14 Mollepampa, en esta investigación se opta por muestra por conveniencia seleccionada siendo la calle elegida el Jr. 23 de septiembre del sub-sector 6.

García (2015), Señala que:

Se realizó el levantamiento topográfico para obtener el perfil del terreno en el cual se incorporará el perfil estratigráfico del suelo para una mejor comprensión del estudio incorporando también los estratos de las calicatas 1 y 2 con sus respectivos espesores.

García (2015), Afirma que:

En el suelo natural se obtuvo una muestra por debajo de los 40cm que se llevará al laboratorio para obtener su límite líquido y límite plástico en donde los valores obtenidos se verificaron con las condiciones del material a estabilizar que nos brinda el MANUAL DE CARRETERAS – ESPECIFICACIONES TÉCNICAS GENERALES PARA LA CONSTRUCCIÓN – EG-2013.

Una vez verificados los valores del límite líquido y límite plástico del suelo a estabilizar, se realizó las calicatas respectivas a 1.50m de profundidad donde se obtendrá las muestras para los ensayos de granulometría y límites de Atterberg para clasificar el suelo. Al tener la clasificación se procederá a realizar los ensayos

de proctor modificado y CBR del suelo natural. Se realizó los ensayos de límites de Atterberg, Proctor Modificado y CBR, a cada muestra de suelo natural incorporándole porcentajes de cal de 2%, 4%, 6% y 8%. Se comparó los resultados de los ensayos para obtener la respuesta a la hipótesis. Después de haber culminado los ensayos de laboratorio y procesamiento de datos se realizó este cuadro comparativo de los ensayos realizados al suelo natural y al suelo con cal incorporado a diferentes porcentajes.

La hipótesis de esta investigación es verdadera, el uso de cal estructural en porcentajes de 2%, 4%, 6% y 8% incrementa la resistencia de la subrasante en el suelo limo arcilloso.

Este trabajo aporta conocimiento del funcionamiento de la cal estructural como estabilizador químico de suelos y su influencia frente a sus propiedades mecánicas de acuerdo a los porcentajes utilizados, de manera que complementa lo que se viene indicando de acuerdo a los efectos de la cal y otros estabilizadores ya mencionados.

INTERNACIONALES

“EVALUACIÓN DE LAS PROPIEDADES MECÁNICAS DE SUELOS DE GRANO FINO ESTABILIZADOS CON CAL”

Jiménez (2010), Asegura que:

La investigación tiene por objeto analizar tres tipos diferentes de suelos arcillosos, extraídos de tres ubicaciones distintas; los ensayos de laboratorio realizados a las muestras de suelo evalúan los cambios positivos que la cal ejerce sobre los suelos arcillosos y determinan, de acuerdo con las características propias de cada uno de ellos, el mejoramiento alcanzado.

Jiménez (2010), Señala que:

Se realizaron análisis granulométricos, nivel de pH, límites de consistencia, ensayo de compactación, CBR (valor soporte California), resistencia a compresión no confinada y resistencia a tracción indirecta. En todos los casos, salvo el análisis granulométrico, se hicieron pruebas en el suelo natural y en mezclas con 2%, 4% y 6% de cal en relación a su peso seco, las muestras analizadas observaron resultados positivos en su mejoramiento, disminuyendo su plasticidad y aumentando su resistencia. Este estudio aportará un análisis a la influencia de la cal como estabilizador y como modificador de las propiedades mecánicas, ya que, al aplicar cal al suelo, este mismo se verá beneficiado con un aumento en su resistencia a la compresión y tracción, siendo de gran ayuda para saber que se cumplen los resultados esperados de los estabilizadores químicos.

“MODIFICACIÓN DE LAS CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS DE SUELOS ARCILLOSOS COMPRESIBLES ESTABILIZADOS CON MATERIAL CEMENTANTE”

Gómez (2016), Señala que:

El Estudio se enfoca a analizar mezclas de suelo con incremento de material cementante (cal y cemento) en dosificaciones en peso de 2% a 6% para la cal y de 2% a 16% para el cemento, luego se prepararon probetas que se ensayaron a curados de 7, 14 y 28 días; ejecutando ensayos como límites de plasticidad, corte directo, compresión inconfiada y CBR, para más adelante comparar con las mismas pruebas ejecutadas a probetas obtenidos del suelo en estado natural.

En relación a los resultados para el suelo en estado natural, en comparación a los obtenidos para las mezclas de suelo-cementante se tuvo una reducción en el índice de plasticidad entre 20 y 24%, un incremento significativo en el índice de capacidad de soporte CBR entre 500 y 1300%, incremento en el ángulo de fricción hasta un 160%, y aumento en resistencia a la compresión inconfina hasta un 1400%.

De acuerdo a lo obtenido experimentalmente, el incremento de materiales cementantes como la cal y el cemento y para el caso de suelo analizado, conduce a un método efectivo en estabilización de suelos arcillosos compresibles, permitiendo a éstos reducir plasticidad, mejorando su comportamiento para ser empleados como material de soporte.

Se evidenció mayormente las características físicas de resistencia y deformación mejoran, el tiempo de curado de la mezcla influye de manera diferente para el caso de la cal y del cemento.

Este estudio aportara un análisis sobre la comparación de 2 estabilizadores químicos, siendo una fuente clara de información para la investigación que desarrollaremos, debido a que estos resultados nos servirán de base para contrastarlos con aquellos que obtendremos en el estudio de los suelos estabilizados mientras utilizamos un estabilizante químico más, que es el cloruro de sodio.

“ESTABILIZACIÓN DE SUELOS CON CLORURO DE SODIO PARA SU EMPLEO EN LAS VÍAS TERRESTRES”

Garnica (2002), Afirma que:

“En éste análisis se presentan y analizan los principales resultados obtenidos del estudio experimental, llevados a analizar la estabilización con cloruro de sodio (NaCl) en suelos arcillosos, enmarcados a la aplicación en terracerías de las vías terrestres.”

Garnica (2002), Asegura que:

“Se analizaron los suelos en el Salitre y Jurica, de la Ciudad de Querétaro, cuyo alto potencial de expansión, se definió la influencia de la sal en las características físicas y mecánicas, modificando porcentajes de sal agregada al suelo.”

Garnica (2002), Señala que:

Las características físicas aquí estudiadas son los límites de resistencia y por ende su selección en Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) y el Potencial de Hidrógeno (pH), así como las propiedades de compactación de dichos suelos estudiados con el ensayo Próctor, siendo que las características mecánicas analizadas son la resistencia a la compresión y el módulo de resiliencia.

Garnica (2002), Señala que:

Acorde al producto del ensayo se tiene que la estabilidad de suelos con cloruro de sodio, genera diferentes resultados en los suelos tratados, logrando producir características desfavorables en suelos empleados en la construcción de vías terrestres, por lo anterior es importante realizar análisis previos de la influencia del producto estabilizante, sobre las propiedades de interés del suelo que se quiera mejorar.

Este estudio aportará una tendencia del comportamiento del suelo al momento de tratarlo con el estabilizador de cloruro de sodio, teniendo en cuenta los resultados desfavorables para los suelos tratados y considerarlos para la aplicación que se les hará a los suelos de donde hemos sacado nuestras muestras y compararlos con la muestra inalterada.

“ESTABILIZACIÓN DE SUELOS COHESIVOS POR MEDIO DE CAL EN LAS VÍAS DE LA COMUNIDAD DE SAN ISIDRO DEL PEGÓN, MUNICIPIO POTOSÍ- RIVAS”

Ulloa (2015), Señala que:

Estabilizar los suelos cohesivos de las vías en la comunidad San Isidro del Pegón, municipio de Potosí departamento Rivas, con una mezcla de cal hidratada, se realizó el muestreo de los suelos de la comunidad “San Isidro”, ubicado en el municipio de Potosí, Rivas, mediante la realización de calicatas de un metro cuadrado y con profundidades que varían en 1-2 metros, las muestras se sometieron a un análisis y así fueron caracterizadas siguiendo los procedimientos descritos en las normas ASTM, revisión anual 2007.

Al analizar estas muestras se obtuvo que el suelo que predomina es un A-7-6 que según la normativa AASHTO son suelos con baja capacidad de carga, un alto índice de plasticidad; además de un alto porcentaje de expansión debido al cambio de la humedad, estos datos de laboratorio se muestran en la tabla 6.13; no obstante, el estrato número 1 de la calicata 4 es un suelo A-6, aunque no posee las mismas características que el suelo descrito anteriormente, no deja de ser un suelo con condiciones no deseables en un proyecto vial.

Luego de haber caracterizado y clasificado este suelo, se mezclaron las 5 muestras que correspondía a la clasificación A-7-6, y se determinó su índice de plasticidad; a partir de este punto se propusieron las dosificaciones mostradas en la tabla 6.8. Debido a que eran demasiados ensayos para realizar, se retomaron los porcentajes en los que hubiese mayor cambio siendo estos los de 3, 6, 9, y 12 por ciento. Al determinar las propiedades con estos porcentajes se obtuvo una mejora significativa en cuanto a la plasticidad, densidad de compactación; se aumentó la humedad requerida en este proceso debido a la reacción exotérmica producida entre la cal y la arcilla, se aumentó significativamente la capacidad de soporte del suelo. Aunque no se cumplió con el parámetro de expansión propuesto, se logró un resultado aceptable. De los porcentajes anteriores se determinó que con 9 por ciento de cal se obtenían las mejores condiciones de suelo cumpliendo con la mayor parte de las propiedades propuestas en la tabla 2.2, (ver tabla 7.1). Ciertamente la expansión o hinchamiento es la propiedad con mayor incidencia en estos suelos, logrando una reducción del 61 por ciento con la adición óptima de cal.

Este trabajo aporta un estudio donde se puede observar cómo influye la utilización de la cal hidratada en la estabilización de suelos de acuerdo a los porcentajes utilizados durante la investigación y sus efectos en sus propiedades mecánicas como la densidad de compactación, plasticidad y la capacidad de carga, siendo de ayuda para nuestra investigación.

“ANÁLISIS COMPARATIVO DE UN MATERIAL ESTABILIZADO CON CAL Y CEMENTO”

Guzmán (2016) Nos indica que:

Analizar las modificaciones en las propiedades físicas de un suelo arcilloso con aplicación de cal, se esparció y homogenizo 3% de cal viva y cemento para luego compactarse con medios mecánicos. Se obtuvieron la resistencia a la compresión del suelo y su humedad. El método que se optó a utilizar fue secado con cal viva ya que ayudo a perder contenido de agua, lo que agiliza el secado del material.

Guzmán (2016) Indica que:

Las bases de suelos estabilizadas con cemento han descrito una opción muy interesante en la construcción de pavimentos, su aporte estructural, la variabilidad de materiales en las distintas zonas del país, el clima lluvioso y la presencia de zonas con niveles freáticos favorecen la aplicación de esta tecnología.

Este estudio aportara un análisis adicional para aplicar al resto de estabilizantes a estudiar y sus efectos en el suelo como las desventajas y ventajas que posee cada estabilizador a la hora de ser utilizado, demostrándose al comparar el cambio que tienen las propiedades mecánicas del suelo estabilizado por cada uno de los métodos tratados en el estudio.

2.2 Bases teóricas

a. PROPIEDADES MECANICAS

Geniolandia (2018), señala que:

“Son características físicas que muestran el comportamiento de un material solido al ejercer fuerzas de tracción, compresión y torsión.”

Geniolandia (2018), señala que:

El suelo tiene un conjunto diverso de características mecánicas, el estudio empírico y teórico de la mecánica de los suelos ha avanzado a tal punto que los ingenieros que analizan el suelo son capaces de considerar una amplia variedad de propiedades mecánicas cuando el diseño de estructuras conglomerar cantidades considerables de tierra.

Geniolandia (2018), señala que:

“La mecánica de los suelos tiene bastantes aplicaciones y diversas, desde grandes proyectos de ingeniería, hasta el suelo de un terreno sencillo.”

1. RESISTENCIA AL CORTE

Geniolandia (2018), señala que:

“La resistencia al corte se refiere al nivel de fuerzas cortantes que un material puede resistir sin fracturarse, la resistencia al corte se mide en Newton por metro cuadrado.”

Geniolandia (2018), señala que:

Las fuerzas cortantes se aplican tangencialmente en un tramo de tramo de tierra siendo complicado medir la resistencia al corte debido a una amplia variedad de factores, incluyendo la naturaleza del suelo, la historia de la muestra de suelo particular que es medida y la velocidad a la que las fuerzas de corte que se aplican.

2. PRESIÓN LATERAL DEL SUELO

Geniolandia (2018), Nos indica:

La presión lateral del suelo es la presión que aplica la tierra horizontalmente, Si tienes una masa cúbica de tierra en un recipiente cúbico, entonces la presión lateral del suelo es la presión aplicada sobre

las paredes del recipiente, es así que el empuje lateral se mide en Pascales o Newton por metro cuadrado.

3. CONSOLIDACIÓN

Geniolandia (2018), Nos indica:

“Es el proceso el cual el volumen del suelo se reduce bajo la aplicación de una carga, la consolidación es originada por cargas que se ejercen al suelo y los granos de suelo que son comprimidos como resultado.”

4. CAPACIDAD DE CARGA

Geniolandia (2018), Aduce que:

“La capacidad de carga es cuando la tierra en torno a una estructura puede soportar las cargas ejercidas; se mide en Pascales o Newton por metro cuadrado.”

5. PERMEABILIDAD Y FILTRACIÓN

Geniolandia (2018), señala que:

“La permeabilidad es la facilidad del fluido puede atravesar los poros en el suelo, se mide en metros cuadrados o Darcy.”

Geniolandia (2018), señala que:

“La filtración es la tasa que el fluido se mueve a través de una masa de tierra, la filtración se mide en metros por segundo.”

6. ESTABILIDAD DE TALUDES

Geniolandia (2018), señala que:

“Resistencia de una pendiente al fallo o colapso, la estabilidad de una pendiente considera una amplia gama de posibilidades en su implementación no teniendo una unidad universal de medición.”

b. FACTORES QUE AFECTAN A LAS PROPIEDADES MECANICAS

1. ANGULO DE FRICCIÓN INTERNA

Apuntes de ingeniería civil (2017), Asevera que:

Resistencia al deslizamiento originado por la fricción que existe entre las superficies de contacto de las partículas y de su densidad, dado que suelos granulares tienen superficies de contacto mayores y sus partículas especialmente si son angulares, presentan obstáculo lo que provocará fricciones internas altas, en cambio, los suelos finos tienen baja fricción interna.

Apuntes de ingeniería civil (2017), Asevera que:

Definida por el ángulo cuya tangente es la relación entre la fuerza que resiste el deslizamiento a lo largo de un plano y la fuerza normal aplicada a dicho plano, denominado ángulo de fricción interna y varían de 0 grados para arcillas plásticas, con una consistencia próxima a su límite líquido, hasta 45 grados a más, para gravas y arenas secas, compactas y de partículas angulares y mayormente el ángulo para arenas es alrededor de 30°.

COEFICIENTE DE COHESIÓN

Valcárcel (2001), Aduce que:

“Es la atracción entre partículas, originada por las fuerzas moleculares y las películas de agua, por lo tanto, la cohesión de un suelo se modificará al cambio de su saturación, midiéndose en kilogramo por centímetro cuadrado.”

Valcárcel (2001), Aduce que:

“Los suelos arcillosos tienen cohesión alta entre 0,25 kg/cm² a 1.5 kg/cm² a más, los suelos limosos son de bajos valores y en arena es casi nula.”

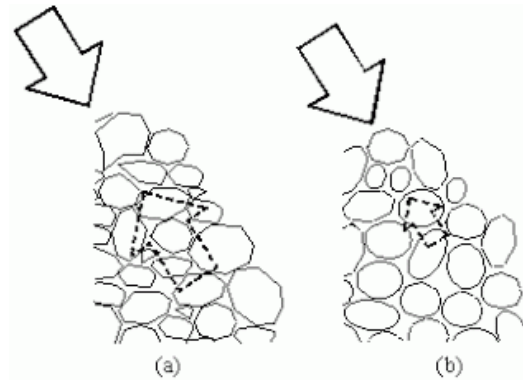


Fig. 1. Estructuras que dan cohesión a los suelos granulares.

Valcárcel (2001), Afirma que:

Partículas con textura angular. (b) Partículas con textura redondeada, Para el caso de suelos compuestos de partículas con forma granular, la trabazón entre partículas origina estructuras granulares simples y la fricción que se origina entre ellas contrarresta el deslizamiento de unas respecto a otras, como se muestra en la figura uno, a este comportamiento se identifica como la cohesión para el caso de suelos granulares, donde el suelo presenta resistencia contra su disgregación ocasionada por un agente externo.

Valcárcel (2001), Afirma que:

“El grado de cohesión que presentan los suelos granulares, está en función a la textura de las partículas de forma granular.”

Valcárcel (2001), Afirma que:

“Las partículas con textura angular (Fig. 1a) logran que el suelo tenga

cohesión, mientras que las partículas con textura redondeada (Figura 1. b) no contribuyen a la cohesión del suelo.”

2. PESO ESPECÍFICO

Yepes (2008), Asegura que:

“La relación de peso y volumen, es valor dependiente de la saturación de huecos de aire y peso específico de las partículas sólidas, el resultado de los ensayos de laboratorio facilita por un lado el peso específico seco y humedad.”

Yepes (2008), Asegura que:

La densidad del suelo establece una relación entre la masa y el volumen, también denominado peso específico relativo, definido como cociente del peso específico del suelo y el peso específico del agua a una temperatura determinada, los valores típicos de gravedades específicas para los sólidos del suelo son entre 2.65 y 2.72.

3. CONDUCTIVIDAD HIDRAULICA

Minaya (2007), Afirma que:

La conductividad hidráulica denota la mayor o menor facilidad con la que el medio deja pasar el agua a través de él por unidad de área transversal a la dirección del flujo así que tiene las dimensiones de velocidad y actualmente se distinguen dos tipos: la conductividad hidráulica darciana o lineal, KD y la conductividad hidráulica turbulenta, KT .

4. RELACIÓN DE VACÍO

Bosch (2010), Manifiesta:

La relación de vacío de suelo es el volumen de suelo no ocupado por partículas sólidas, si mayor es la relación de vacío, más suelto es el suelo y el aumento de la proporción de huecos del suelo se realiza por el arado así también generado por los organismos como los gusanos y las hormigas que generan la cantidad suficiente de espacio vacío de un suelo, si mayor es la relación de vacío de un suelo, más agua puede absorber fácilmente en él es así que los suelos con una alta relación de vacío facilitan a las plantas a que crezcan.

ESTABILIZACION QUIMICA

Solminihac (2006), Señala que:

“La estabilización química consiste en modificar las propiedades del suelo empleando aditivo, el cual mezclado con el suelo produce un cambio en las características moleculares superficiales de los granos del suelo y en algunos casos producir incremento en su resistencia.”

c. FACTORES QUE AFECTAN LA ESTABILIZACION QUIMICA

1. ESTABILIDAD VOLUMÉTRICA

Montejo (2001), Aduce que:

La expansión y contracción de suelos originados por los cambios de humedad se pueden mostrar rápidamente si las expansiones que se desarrollan con un incremento de humedad no se regulan en algunas formas, es así que estas presiones pueden generar significantes deformaciones y rupturas en los pavimentos, en general, en cualquier obra resulta necesario detectar los suelos expansivos, su composición y

su tratamiento más adecuado.

Montejo (2001), Aduce que:

“Hoy en día las soluciones para evitar modificaciones volumétricas en suelos expansivos consisten en agregar humedad al suelo de manera periódica y someterlas a fuerzas que equilibre la presión de expansión.”

Montejo (2001), Asegura que:

“Por otra opción podría consistir en modificar la arcilla expansiva, transformándola en una masa dura granular, donde las partículas tengan la capacidad para resistir la presión expansiva interna de la arcilla y que puede lograrse por medios químicos o térmicos.”

Montejo (2001), Asevera que:

“En casos cuando la capa a estabilizar es poco espesor, deberá tenerse en cuenta que el suelo subyacente es aun susceptible a expandirse, pero tales movimientos pueden tolerarse siempre cuando la capa estabilizada se mueva en forma uniforme.”

2. RESISTENCIA

Montejo (2001), Señala que:

La resistencia de los suelos, es mayormente más baja cuando mayor sea su contenido de humedad, los suelos arcillosos al secarse, alcanzan altas resistencias, se eleva cuando se calienta a temperaturas muy elevadas, como ocurre en la fabricación de tabiques y ladrillos.

Montejo (2001), Señala que:

Existen casos donde la disminución de la humedad puede significar una reducción en la resistencia, pues sean presentado casos de deslizamientos de tierras provocados por arcillas que se secaron y se

agrietaron, provocando que el comportamiento del material sea de un suelo friccionante, pudiendo tener menor resistencia si mayor es la humedad siendo más cohesivo tomando la acción del tránsito que puede originar que el material cohesivo se pulverice y se pierda la cohesión.

Montejo (2001) Asevera que:

Dependiendo de saturación y nivel de compactación se puede lograr diferentes propiedades de resistencia en un suelo arcilloso, ya que un suelo compactado de lado sin humedad refleja en la curva de compactación y muestra la humedad de compactación con un comportamiento relativamente elástico y con una resistencia relativamente elevada, mientras que este mismo suelo compactado con una elevada saturación.

Montejo (2001) Asevera que:

No obstante, su peso volumétrico seco sea elevado, mostraría resistencias bajas y comportamiento plástico o viscoso, este efecto se debe mayormente, a que una elevada saturación genera en una arcilla efectos de repulsión entre sus partículas, originando que la cohesión sea reducida que en el caso de utilizar humedades de compactación mínimas.

Montejo (2001), Afirma que:

Se ve que los suelos finos, tiene una importancia decisiva la forma de aplicación de la energía de compactación sobre todo cuando se emplean saturaciones elevadas más que la óptima; por ejemplo, la energía aplicada por impacto, puede generar que un suelo del lado húmedo muestre resistencias del orden de hasta un cuarto de veces menor que la

resistencia en igualdad de circunstancias, mostrando el mismo suelo compactado en forma estática, la explicación de este fenómeno, reside en la diferente estructuración que adoptan las arcillas, al ser compactadas mediante procesos de compactación diferentes.

Montejo (2001), Señala que:

Es evidente que los procedimientos que sirven para mantener a un suelo sin que se presente cambios volumétricos, son también adecuados para tener la consistencia del suelo, como la adición de agentes que transformen un suelo fino en una masa dura granular.

3. PERMEABILIDAD

Montejo (2001), Afirma que:

Es factible modificar sustancialmente la permeabilidad de formaciones de suelos por métodos tales como la compactación, la inyección, etc., en materiales arcillosos, el uso de floculantes (ejemplo los polifosfatos) que pueden minimizar la permeabilidad también significativamente.

Montejo (2001), Indica que:

El uso de floculantes (hidróxido de calcio o yeso) eleva el valor de la permeabilidad en los suelos la permeabilidad, se plantea en general dos problemas básicos, uno vinculado con la disipación de las presiones de poro y el relacionado con el flujo de agua por medio del suelo.

Montejo (2001), Manifiesta que:

Tener presiones de poro excesivos puede originar deslizamientos en explanaciones y el flujo de agua puede originar porosidad y arrastres siendo que, si se compacta un suelo arcilloso con humedades muy reducidas o prácticamente en seco, se obtendrá formalmente una

elevada permeabilidad de los suelos debido a los grumos que no se dispersan, resistiendo al esfuerzo de compactación y permitiendo con ello se forme una gran cantidad de vacíos intersticiales.

Montejo (2001) Afirma que:

“Mientras más alta sea la humedad de compactación se producirán menores permeabilidades en el suelo compactado, ya que este tiene mayores oportunidades de deformarse, eliminándose así grandes vacíos.”

Tabla 1: Coeficientes de permeabilidad k en cm/seg

		100	10	1	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸	10 ⁻⁹
Drenaje		Bueno				Pobre				Prácticamente Impermeable			
Tipo de Suelo	Grava Limpia	Arenas limpias y mezclas limpias de arena y grava.				Arenas muy finas, limos orgánicos e inorgánicos, mezclas de arena, limo y arcilla, morenas glaciares, depósitos de arcillas estratificadas.				Suelos "impermeables", es decir, arcillas homogéneas situadas por debajo de la zona de descomposición.			
Determinación	Ensayo directo del suelo "in situ" por ensayos de bombeo. Se requiere mucha experiencia, pero bien realizados son bastante exactos.												
Directa de k	Permeámetro de carga hidráulica constante. No se requiere mayor experiencia.												
Determinación Indirecta de k	Permeámetro de carga hidráulica decreciente. No se requiere mayor experiencia y se obtienen buenos resultados.				Permeámetro de carga hidráulica decreciente. Resultados dudosos. Se requiere mucha experiencia.				Permeámetro de carga hidráulica decreciente. Resultados de regular a bueno. Se requiere mucha experiencia.				
	Por cálculo, partiendo de la curva granulométrica. Solo aplicable en el caso de arenas y gravas limpias sin cohesión									Cálculos basados en los ensayos de consolidación. Resultados buenos. Se necesita mucha experiencia.			

Fuente: Terzaghi & Peck, 1978.

Tabla 2: Clases de permeabilidad de los suelos

CLASES DE PERMEABILIDAD DE LOS SUELOS	COEFICIENTE DE PERMEABILIDAD (K en m/s)	
	LIMITE INFERIOR	LIMITE SUPERIOR
	PERMEABLE	2×10^{-7}
SEMIPERMEABLE	1×10^{-11}	1×10^{-5}
IMPERMEABLE	1×10^{-11}	5×10^{-7}

Fuente: Bowles, 1979.

4. COMPRESIBILIDAD

Montejo (2001), Asevera que:

Las variaciones de compresibilidad, son una importante influencia en las características de los suelos, pues se modifica la permeabilidad, se altera las fuerzas existentes entre las partículas tanto en magnitud como en sentido, que tiene una importancia decisiva en la modificación de la resistencia del suelo en el esfuerzo cortante y se provocan desplazamientos.

Montejo (2001), Señala que:

El caso de arcillas saturadas, si no se presenta el drenaje y aplican esfuerzos, estos serán tomados por el agua, en el momento en el que se permita el drenaje, las fuerzas son transmitidas paulatinamente a la estructura del suelo, este procedimiento da como resultado una compresión gradual de dicha estructura, fenómeno conocido como consolidación, la compresibilidad del suelo puede presentar cambios importantes, dependiendo de algunos factores tales como la relación de la capa aplicada respecto a la del suelo soportado anteriormente y el

tiempo de aplicación de la carga una vez que se ha disipado la presión de poro en exceso de la hidrostática, que es de naturaleza química del líquido intersticial aunados estos factores a los originados por el muestreo, sensibilidad del suelo y a la forma de ejecutar las pruebas que se utilizan para analizar la consolidación.

Montejo (2001), Manifiesta que:

Es obvio que remoldando un suelo se modifica su compresibilidad, por lo que esta particularidad se puede modificar por medio de procesos de compactación donde se ha encontrado que la humedad de compactación tiene una gran importancia en la compresibilidad de suelos compactados, pues si se compactan dos probetas al mismo peso volumétrico pero uno en la rama seca de la curva de peso volumétrico contra humedad y el otro en la rama húmeda, se tendrá que para presiones de consolidación bajas, el probeta compactado de lado húmedo será más compresible debido a que su estructura se encuentra más dispersa, pero para grandes presiones se tienen colapsos y reorientaciones en la estructura del espécimen que se encuentra en el lado seco, lo cual provoca que este sea ahora más compresible, bajo presiones muy elevadas, ambas muestras llegan a la misma relación de vacíos ya que se llegan a una orientación similar.

5. DURABILIDAD

Montejo (2001), Señala que:

Se involucra en este, aquellos factores que se refieren a la resistencia al intemperismo, a la erosión o a la abrasión del tráfico; de esta manera los problemas de durabilidad en vías terrestres suelen estar vinculados a

suelos situados relativamente cerca de la superficie de rodamiento.

Montejo (2001), Afirma que:

“Estos inconvenientes pueden perjudicar a los suelos naturales y a los estabilizados, este último tiene defectuoso comportamiento porque suelen ser consecuencia de diseños no adecuados, tal como mala elección de agente estabilizador o error en su uso.”

Montejo (2001), Señala que:

Hoy en día las modificaciones sustanciales en los estudios de estabilización, es la carencia de pruebas adecuadas para analizar la durabilidad, las pruebas de intemperismo muchas veces no son óptimas para el estudio de agregados para pavimentos por no reproducir en forma eficiente el ataque al que están sometidos.

Montejo (2001), Señala que:

Las pruebas con aplicación de efectos cíclicos, no se tiene aún una correlación precisa entre el tráfico y las pruebas a que se somete los especímenes a efectos de secado y humedad son más bien del orden cualitativo que cuantitativo, la durabilidad es uno de los aspectos más difíciles de cuantificar, y la relación común ha sido la de sobre diseñar no siempre ha sido lo más adecuado.

d. SUELOS EXPANSIVOS

Patrone&Prefumo(2005), afirma que:

“Se conocen como suelos expansivos aquellos que muestran expansiones o contracciones, cambios de volumen cuando varía su humedad o contenido de agua.”

Patrone&Prefumo (2005), afirma que:

La arcilla, tienen la bondad de absorber grandes cantidades de agua y retenerla, el agua produce el incremento del volumen en el material mencionado y experimenta una drástica reducción del volumen cuando el agua que mantiene o se seca.

IDENTIFICACION DE SUELOS EXPANSIVOS

IDENTIFICACIÓN MINERALÓGICA

Patrone&Prefumo (2005), Asevera que:

“Los tres grupos más importantes que se seleccionan los minerales arcillosos como la illita, caolinita y montmorillonita, constituidos por hidro-aluminosilicatos, los ensayos mineralógicos tienden a identificar la presencia de montmorillonita, mineral preponderante y expansivo.”

Patrone&Prefumo (2005), afirma que:

Las cargas eléctricas negativas en la superficie de los minerales arcillosos tienen la capacidad de intercambio catiónico, son importantes en la expansión, así que los ensayos de identificación mineralógica son muy utilizados en trabajos de investigación científica, sin embargo, son imprácticos y no económicos en práctica ingenieril, puesto que se requiere equipamiento y personal especializado, por este motivo que no se extiende en su desarrollo.

1. DETERMINACIÓN DE CIERTAS PROPIEDADES BÁSICAS DE LOS SUELOS

Patrone&Prefumo (2005), afirma que:

Por medio de ciertas características básicas y sencillas de los suelos se puede definir el grado del potencial expansivo del suelo, las

características a definir son Límite líquido y Límite Plástico, Límite de contracción, contenido de coloides, expansión libre del suelo, siendo que estos métodos tienen la ventaja de su fácil tratamiento y equipamiento disponible en todos los laboratorios, la desventaja es que no se mide la expansión, sino que cualitativamente se determinan niveles de grados para potencial expansivo.

1.1. Límite Líquido y Límite Plástico

Patrone&Prefumo (2005), afirma que:

“Investigadores como Seed, Woodward y Lundgren demostraron que las características plásticas de los suelos pueden ser usados como un indicador primario de la característica expansiva de las arcillas.”

La relación entre las características plásticas y el hinchamiento de los suelos puede establecerse como:

Tabla 3: Grado de potencial expansivo

Grado de Potencial Expansivo	Índice Plástico
Bajo	0 – 15
Medio	10 – 35
Alto	20 – 55
Muy Alto	> 35

Fuente: (Patrone&Prefumo & Patrone&Prefumo, s.f)

Patrone&Prefumo (2005), Asegura que:

La relación entre las características plásticas y el hinchamiento de los suelos puede establecerse como: la mayoría de suelos altamente expansivos tienen plasticidades altas, no necesariamente los suelos con elevada plasticidad son expansivos.

1.2. Contenido de Coloides

Patrone&Prefumo (2005), afirma que:

Dentro de los materiales que tiene un tamaño inferior a 74 micras están los limos y las arcillas, desde el punto de vista del tamaño se considera arcillas aquellos materiales que tienen un tamaño inferior a 2 micras (0.002 mm), siendo necesario para su determinación la realización de un ensayo hidrométrico.

Patrone&Prefumo (2005), afirma que:

“La magnitud de la expansión que experimenta una arcilla está vinculada con la cantidad de partículas de tamaño arcilla presente en el suelo.”

Se ha establecido una relación del tipo: $S = k \cdot C^x$

Dónde:

S = Hinchamiento potencial, expresado como % del hinchamiento de una muestra compactada a la humedad óptima y al P.U.S.M. según Proctor Estándar.

C = Porcentaje de fracción arcilla (partículas menores a 0.002 mm).

x = exponente que depende del tipo de arcilla

k = Coeficiente que depende del tipo de arcilla.

x y k, que indican el tipo de partículas coloidales presentes se determinan a través de ensayos difracción por rayos X. Determinación de la expansión

Libre

Patrone&Prefumo (2005), afirma que:

“Ensayo basado en colocar una probeta cilíndrica, un volumen de suelo seco, sumergirlo en agua sin ejercer sobrecarga alguna midiendo la expansión la variación del volumen final e inicial expresado como un

porcentaje del volumen inicial es la expansión libre.”

Patrone&Prefumo (2005), afirma que:

La medida de expansión se efectúa en condiciones no favorables donde no existe ninguna sobrecarga, hoy en día se emplean métodos más óptimos para tal efectos; experimentos efectuados por Holtz indican que una arcilla como la bentonita comercial puede tener en este ensayo expansión del orden de 1200 a 2000 %, Holtz es así que se recomienda que las expansiones medidas en este ensayo por encima del 100 % pueden generar daños significativos a la estructura, mientras que suelos que conllevan a una expansión por debajo del 50 %, rara vez experimentan cambios de volúmenes considerables bajo la aplicación de cargas estructurales, aun cuando estas sean originarias de estructuras livianas.

Evaluación del potencial expansivo en base a los métodos expuestos.

Patrone&Prefumo (2005), afirma que:

“Existen varios métodos que realizando diversas combinaciones de los resultados de las medidas de las propiedades antes mencionadas clasifican en categorías los potenciales expansivos del suelo Método desarrollado por Holtz y Gibbs.”

Plástico y el límite de contracción. (Patrone&Prefumo& Patrone&Prefumo, s.f)

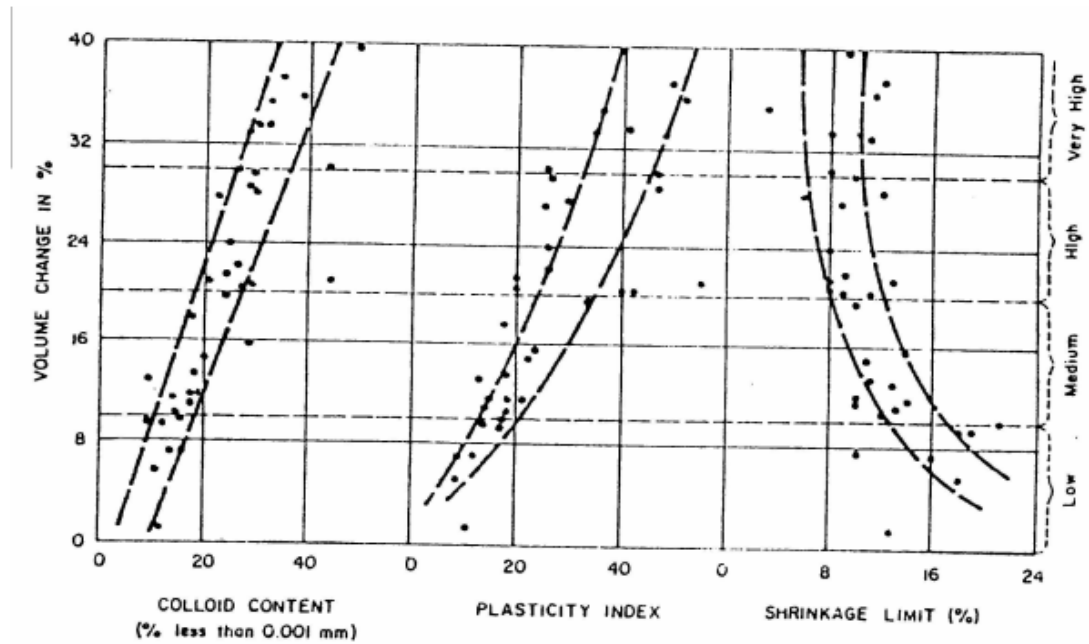


Figura 2: Relacion Coloides-Índice plástico

Fuente: (Patrone&Prefumo& Patrone&Prefumo, s.f)

Contenido de coloide (< 0.001 mm) en %	Índice Plástico	Shrinkage Limit	% Expansión bajo carga de 1.0 psi	Grado de Expansión
> 28	>35	<11	>30	Muy alto
20 –13	25 – 41	7 – 12	20 –30	Alto
13- 23	15 – 28	10 –16	10 – 30	Medio
>15	<18	>15	<10	Bajo

Patrone&Prefumo (2005), afirma que:

Basado en las curvas presentadas Holtz, propone el siguiente criterio para la identificación de suelos expansivos: Método del “Índice de la actividad de la arcilla” propuesto por Seed, Woodward y Lundgren Está basado en muestras remoldeadas de suelo compuestos por mezcla de arcillas, bentonita, illita, caolinita y arena fina.

Patrone&Prefumo (2005), afirma que:

“La expansión se midió como un % del hinchamiento que experimentan probetas compactadas al 100 % del P.U.S.M. del Proctor Estándar y con

el contenido de humedad óptimo y sometidas a una sobrecarga.”

Método del “Índice de la actividad de la arcilla” propuesto por Seed, Woodward y Lundgren Está basado en muestras remoldeadas de suelo compuestos por mezcla de arcillas, bentonita, illita, caolinita y arena fina. La expansión se midió como un % del hinchamiento que experimentan probetas compactadas al 100 % del P.U.S.M. del Proctor Estándar y con el contenido de humedad óptimo y sometidas a una sobrecarga de 1 Psi

La actividad de la arcilla se define como: $A = \frac{PI}{(C-10)}$ IP: Índice Plástico C = % < 0.002 mm

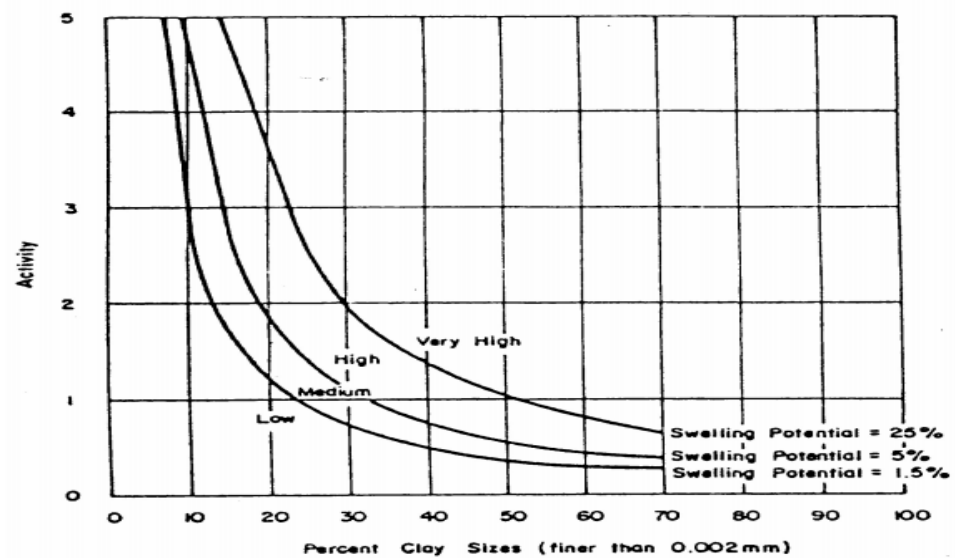


Figura 3: Relación Actividad frente al porcentaje de arcilla (Patrone&Prefumo& Patrone&Prefumo, s.f)

Fuente: (Patrone&Prefumo& Patrone&Prefumo, s.f)

2. MÉTODOS INDIRECTOS DE DETERMINACIÓN DEL POTENCIAL EXPANSIVO DEL SUELO

Patrone&Prefumo (2005), afirma que:

“Estos métodos consisten en predecir el potencial expansivo del suelo de una forma cualitativa, en base a medidas directas de la expansión del

suelo sobre muestras remoldadas compactadas en condiciones prefijadas de humedad y densidad.”

Patrone&Prefumo (2005), afirma que:

“Los métodos más utilizados son el de “Ladd y Lambe” auspiciado por la Federal Housing Administration y el método de “PVC” o método de la medida del cambio volumétrico.”

3. MEDIDAS DIRECTAS DE LA EXPANSIÓN DEL SUELO.

Patrone&Prefumo (2005), afirma que:

Estos métodos consisten en medir la expansión del suelo al saturarlo bajo diferentes condiciones de carga, graficándose las variaciones de hinchamiento para diferentes presiones aplicadas. Es universalmente aceptado que los dos parámetros que definen el Potencial de Hinchamiento son:

Patrone&Prefumo (2005), Asegura que:

- Presión de hinchamiento (PS) definida como la presión aplicada en laboratorio sobre una muestra de suelo expansivo para que, una vez en contacto con agua, la probeta mantenga constante su volumen inicial, es decir que la variación de volumen sea nula.

Patrone&Prefumo (2005), Asevera que:

- “Hinchamiento libre (Hc) definido como el porcentaje de elevación máxima para presión nula en relación a la longitud inicial de la probeta.”

III. CONCLUSIONES

- Se redactaron las bases teóricas para realizar la investigación Impacto de los estabilizadores químicos en las propiedades mecánicas de un suelo expansible en la Urbanización Santa María IV etapa - Trujillo, 2019.
- Se identificó la información acerca de las propiedades mecánicas del suelo y los factores que afectan las propiedades.
- Se evaluó la información acerca de los suelos expansivos y se identificó la determinación de ciertas propiedades de los suelos expansivos.
- Se buscó información acerca de los métodos directos de determinación del potencial expansivo del suelo.
- Se encontró información acerca de las medidas directas de la expansión del suelo.

IV. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS:

Apuntes de Ingeniería Civil (2017),

<https://es.scribd.com/document/373968275/Manuales-y-Apuntes-Para-Estudiantes-de-Ingenieria-Civil-CivilGeeks>.

Ballarín Zavala, M.A (2006) *Mejoramiento de caminos no pavimentados en el departamento de Huánuco mediante la estabilización de suelos comparando el estabilizador orgánico Perma - Zime 22x y el probase TX – 55. Huánuco.*

Bosch R. Dante (2010), *Identificación y Clasificación de Suelos*. Argentina

Carrasco Mejía, D.A (2017), *Estabilización de los Suelos Arcillosos Adicionando Cenizas de Caña de Azúcar en el Tramo de Moro a Virahuanca en el Distrito de Moro – Provincia del Santa – 2017. Santa.*

Concejo Departamental de La Libertad (2015), *Ensayos Geofísicos para el estudio de microzonificación sísmica del distrito de Trujillo, Perú.*

Garnica Anguas, Paul (2002), *Estabilización de Suelos con cloruro de Sodio para su uso en las vías terrestres*. México.

García Gonzales, A (2015) *Determinación de la resistencia de la subrasante incorporando cal estructural en el suelo limo arcilloso del sector 14 Mollepampa – Cajamarca.*

García Huaranca, J.M (2015) *Estabilización de suelos arcillosos con cal aplicación a la carretera Tingo María – Pucallpa sector III: Neshuya-Pucallpa. Perú*

Geniolandia, Escrito por Thomas James; última actualización: (2018). *Propiedades Mecánica de los Suelos.*

<https://www.geniolandia.com/13155042/propiedades-mecanicas-de-los-suelos>

Gómez Pérez, L.E, Guillin Acosta, W.F, Gallardo Amaya, R.J, (2016), *Variación de las propiedades mecánicas de suelos arcillosos compresibles estabilizados con material cementante*. Colombia

Gutiérrez Montes, C.A (2010) *Estabilización química de carreteras no pavimentadas en el Perú y ventajas comparativas del cloruro de magnesio (bischofita) frente al cloruro de calcio*. Perú

Guzmán Domínguez, Elvis (2010), *Estabilización de un suelo dispersivo mediante Zeolita Micronizada, recuperado de dirección electrónica*
<https://www.researchgate.net/publication/260737857>, Habana - Cuba

Hilario Carlos, F (2015) *Aplicación y evaluación de cloruro de magnesio hexahidratado (bischofita) como tratamiento y estabilizador de la capa de rodadura granular aplicado en el tramo de la carretera Espinar - Tintaya Marquiri*. Cuzco.

Jiménez Gonzáles Marta Liliana (2010), *Evaluación de las propiedades Mecánicas de suelos de grano fino estabilizados con Cal*. Guatemala.

López Martínez, M.A, (2017), *Mejoramiento de las propiedades físico mecánicas de los suelos arenosos del sector de Pomasqui para cimentaciones superficiales y contrapisos, mediante el uso de cemento tipo MH*. Ecuador

López Ruiz, A (s.f) (1983), *Mejora geotécnica del suelo*. España

Minaya Gallegos María Teresa (2007) *La Conductividad Hidráulica de los suelos como función del contenido y de la tensión Hídrica*. La Coruña – España.

Muchick, (2015). <http://muchik.com>. Recuperado de <http://muchik.com/que-es-la-geotecnia/>

-
- Montejo Fonseca, Alfonso (2001) *Ingeniería de Pavimentos, Reimpresión Segunda Edición Universidad Católica de Colombia*. Bogotá, Colombia
- Palomino Terán, Karen Estefany (2016) *Capacidad portante (CBR) de un suelo arcilloso, con la incorporación del estabilizador MAXXSEAL 100*. Lima
- Ponce Crispín, Daisy Kenia (2017), *Uso del cloruro de calcio para estabilización de la subrasante en suelos arcillosos de la avenida Ccoripaccha - Puyhuan Grande*. Huancavelica
- Patrone Julio & Prefumo José Enrique (2005), *La Acción de los suelos expansivos sobre las cimentaciones. Métodos de Prevención y Control*
<https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=3058000>
- Solminihac Tampier, Hernán (2006) *Estabilización Química de suelos: Aplicaciones en la construcción de estructuras de Pavimentos*. Chile
- Ugaz Palomino, Roxana María (2006) *Estabilización de suelos y su aplicación en el mejoramiento de subrasante*. Lima
- Ulloa López Horacio (2015). *Estabilización de Suelos Cohesivos por medio de Cal en las vías de La Comunidad de San Isidro del Pegón, Municipio POTOSÍ-RIVAS*. <http://repositorio.unan.edu.ni/6456/>
- Valcárcel Juan Pérez (2001). *Conceptos Generales de la Mecánica del Suelo*, La Coruña – España.
- Yepes Piquera Víctor (2008). *Construction Managers' Library Leonardo da Vinci*: Ed. Warsaw University of Technology, Valencia – España.



V. ANEXOS

ANEXO N° 1

Ítems	TEMA	AUTOR	FUENTE

ANEXO N° 2

MATRIZ DE DATOS

Ítems	TEMA	AUTOR	FUENTE
1	Mejoramiento de caminos no pavimentados en el departamento de Huánuco mediante la estabilización de suelos comparando el estabilizador orgánico Perma - Zime 22x y el probase TX.	Ballarín Zavala, M.A (2006)	https://www.semanticscholar.org/paper/Mejoramiento-de-caminos-no-pavimentados-en-el-de-la-Zavala-%C3%81ngel/ac64f7fa1d70e64db0607fe9daaa0a1b02073825
2	Estabilización de los Suelos Arcillosos Adicionando Cenizas de Caña de Azúcar en el Tramo de Moro a Virahuanca en el Distrito de Moro – Provincia del Santa – 2017. Santa	Carrasco Mejia, D.A (2017)	http://repositorio.ucv.edu.pe/handle/UCV/10223
3	Determinación de la resistencia de la subrasante incorporando cal estructural en el suelo limo arcilloso del sector 14 Mollepampa. Cajamarca	García Gonzales, A (2015)	http://hdl.handle.net/11537/7327
4	Estabilización de suelos arcillosos con cal aplicación a la carretera Tingo Maria – Pucallpa sector III: Neshuya-Pucallpa. Peru	García Huaranca, J.M (2015)	http://cybertesis.uni.edu.pe/bitstream/uni/5524/1/garcia_hj.pdf
5	Variación de las propiedades mecánicas de suelos arcillosos compresibles estabilizados con material cementante. Colombia	Gómez Pérez, L.E, Guillin Acosta, W.F, Gallardo Amaya, R.J, (2016)	DOI: https://doi.org/10.14483/22487638.11682
6	Estabilización química de carreteras no pavimentadas en el Perú y ventajas comparativas del cloruro de magnesio (bischofita) frente al cloruro de calcio. Perú	Gutiérrez Montes, C.A (2010)	http://repositorio.urp.edu.pe/handle/urp/116
7	Aplicación y evaluación de cloruro de magnesio hexahidratado (bischofita) como tratamiento y estabilizador de la capa de rodadura granular aplicado en el tramo de la carretera espinar - tintaya marquiri. Espinar	Hilario Carlos, F (2015)	http://repositorio.unsa.edu.pe/handle/UNSA/213
8	Mejoramiento de las propiedades físico mecánicas de los suelos arenosos del sector de Pomasqui para cimentaciones superficiales y contrapisos, mediante el uso de cemento tipo MH. Ecuador.	LopezMartinez,M.A, (2017),	http://repositorio.puce.edu.ec/handle/22000/13132