

UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

---

“ESTABILIZACIÓN DE SUELOS CON USO DE ADITIVOS QUÍMICOS DEL  
CAMINO VECINAL PAMPAS DE COCHAYA, OLAYA – MACHE – OTUZCO –  
LA LIBERTAD”

---

**Área de Investigación:**

Transportes

**Autor (es):**

Br. Del Castillo Benites, Fiorella de Fátima  
Br. Solano Varas, Yosmer Russbel

**Jurado Evaluador:**

**Presidente:** Lujan Silva, Enrique

**Secretario:** Geldres Sánchez, Carmen

**Vocal:** Vargas López, Alfredo

**Asesor:**

Ing. Medina Carbajal, Lucio Sigifredo

**Código Orcid:** <https://orcid.org/0000-0001-5207-4421>

**TRUJILLO – PERU**

**2021**

**Fecha de sustentación: 2021/10/20**



UNIVERSIDAD PRIVADA ANTENOR ORREGO  
FACULTAD DE INGENIERÍA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL



TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

---

“ESTABILIZACIÓN DE SUELOS CON USO DE ADITIVOS QUÍMICOS DEL  
CAMINO VECINAL PAMPAS DE COCHAYA, OLAYA – MACHE – OTUZCO –  
LA LIBERTAD”

---

**Área de Investigación:**

Transportes

**Autor (es):**

Br. Del Castillo Benites, Fiorella de Fátima  
Br. Solano Varas, Yosmer Russbel

**Jurado Evaluador:**

**Presidente:** Lujan Silva, Enrique

**Secretario:** Geldres Sánchez, Carmen

**Vocal:** Vargas López, Alfredo

**Asesor:**

Ing. Medina Carbajal, Lucio Sigifredo

**Código Orcid:** <https://orcid.org/0000-0001-5207-4421>

TRUJILLO – PERU

2021

Fecha de sustentación: 2021/10/20

## DEDICATORIA

El presente trabajo está dedicado a mis padres, Juan Luis Del Castillo Ramírez y Marina Betzabet Benites Campos. Gracias a ustedes por todo, a mi hermosa hija Adriana Pérez Del Castillo, que sin ella no estaría aquí donde estoy, Doy gracias a Dios por haberme permitido ser madre de una hermosa niña la cual es mi motor a seguir y mi lucha constante para levantarme. A mis hermanos Lourdes Del Castillo Benites y Juan Del Castillo Benites por su cariño y estar presente en los momentos más importantes, por ser mi fuente de motivación.

**Br. Del Castillo Benites, Fiorella de Fátima**

Este presente trabajo está dedicado a mis padres Yhonny y Rosa, gracias a ustedes por brindarme su apoyo y fuerza para realizar mis objetivos y su gran esfuerzo por haberme dado el privilegio más importante que es una educación, a mis hermanas Yanina y Greysi, por su apoyo absoluto en toda circunstancia, desde el inicio hasta el término de mi carrera universitaria, y a una persona muy especial Andrea, por haber estado a mi lado en todo este proceso. Muchas Gracias Familia.

**Br. Solano Varas, Yosmer Russbel**

## RESUMEN

El propósito de este estudio es realizar una propuesta de estabilización de suelo y así mejorar las propiedades físicas - mecánicas del suelo natural que garantice un aumento importante en la capacidad de soporte de la subrasante del camino vecinal Pampas de Cochada, Olaya-Mache – Otuzco – La Libertad, para verificar su efectividad y rendimiento de los aditivos químicos. La presente investigación comprobó las mejorías que se obtienen al estabilizar suelos, una de ellas fue Mejorar la capacidad de soporte del suelo, Reducción del Índice de plasticidad y otra fue evidenciar que la utilización de aditivos químicos permite una reducción de costos de la construcción en relación a una estructura tradicional de pavimento.

La metodología se basó en el estudio de la normativa y sus especificaciones técnicas vigentes. De tal manera se llevará a cabo el estudio de la subrasante, por medio de Análisis y evaluación de ensayos de campo y laboratorio, de igual modo se precisará las cantidades de aditivos químicos efectuando evaluaciones de los antecedentes sobre ensayos con diferentes proporciones por medio de tanteos, posteriormente se revisó el ensayo de CBR a fin de especificar la resistencia de hundimiento y de igual forma se revisó el ensayo del Proctor modificado con el objetivo de conocer el grado de densidad Húmeda del suelo natural y del suelo con agregación de aditivos químicos de acuerdo con el manual de diseño de carreteras. Siguiendo se pasó a realizar una comparación de resultados de los distintos CBR y Proctor modificado y de igual forma se pudo precisar las cantidades ideales de aditivos químicos posteriormente se efectuó un análisis comparativo de acuerdo los resultados logrados.

De esta manera podemos conocer como es su comportamiento de la subrasante con la agregación de aditivos químicos y poder conocer respecto a que tanto se mejoró el camino vecinal. Con esta técnica de estabilización planteamos la utilización de aditivos químicos con el fin de tener un aumento de porcentaje de CBR en el suelo, promoviendo el uso de una opción económica de utilizar; tal como una guía a próximas investigaciones de estabilizaciones de suelos.

## **ABSTRACT**

The purpose of this study is to stabilize the soil and improve the physical and mechanical properties of the natural soil to be used as an improved subgrade for the Pampas de Cochaya, Olaya-Mache - Otuzco - La Libertad road, to verify its effectiveness and performance of the chemical additives. The present investigation proved the improvements obtained by stabilizing soils, one of them was to improve the bearing capacity of the soil and another was to prove that the use of chemical additives allows a reduction in construction costs in relation to a traditional pavement structure.

The methodology was based on the study of current regulations and technical specifications. In this way, the study of the subgrade will be carried out by means of field and laboratory tests, in the same way the quantities of chemical additives will be specified by carrying out tests with different proportions by means of trial and error, then the CBR test was carried out in order to specify the sinking resistance and in the same way the modified Proctor test was carried out with the objective of knowing the degree of wet density of the natural soil and of the soil with aggregation of chemical additives according to the road design manual. Next, a comparison of the results of the different CBR and modified Proctor tests was made, and the ideal quantities of chemical additives were determined, and then a comparative analysis was made according to the results obtained.

In this way we can know how the granular base behaves with the addition of chemical additives and be able to know how much the road was improved.

With this stabilization technique we propose the use of chemical additives in order to have an increase in the percentage of CBR in the soil, promoting the use of an economic option to use; such as a guide to future research on soil stabilization.

## **PRESENTACIÓN**

Señores miembros del jurado:

En concordancia con lo estipulado por el Reglamento de Grados y Títulos de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Privada Antenor Orrego y el Reglamento de Programa Académico de Tesis Asistida de la Facultad de Ingeniería, ponemos a vuestra disposición Tesis Profesional titulada:

**“ESTABILIZACIÓN DE SUELOS CON USO DE ADITIVOS QUÍMICOS DEL CAMINO VECINAL PAMPAS DE COCHAYA, OLAYA-MACHE – OTUZCO – LA LIBERTAD”**. El presente trabajo fu realizado con el propósito de obtener el Título profesional de Ingeniero Civil.

Atentamente:

-----  
**Br. Del Castillo Benites, Fiorella de Fátima**

-----  
**Br. Solano Varas, Yosmer Russbel**

## INDICE

<b>DEDICATORIA</b> .....	<b>i</b>
<b>RESUMEN</b> .....	<b>ii</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>iii</b>
<b>PRESENTACIÓN</b> .....	<b>iv</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
1.1. Problema de Investigación: .....	1
a) Descripción de la realidad problemática: .....	1
b) Formulación del problema: .....	3
1.2. Objetivos de la Investigación:.....	3
1.2.1 Objetivo General: .....	3
1.2.2. Objetivo Específico: .....	3
1.3. Justificación del Estudio: .....	3
<b>2. MARCO DE REFERENCIA</b> .....	<b>4</b>
2.1. Antecedentes del Estudio:.....	4
2.2. Marco Teórico:.....	8
2.3. Marco conceptual .....	34
2.4 Variables e Indicadores: .....	35
<b>3. METODOLOGIA EMPLEADA</b> .....	<b>37</b>
3.1. Tipo y nivel de investigación.....	37
3.2. Población y Muestra de Estudio.....	37
3.3. Diseño de Investigación .....	38
3.4. Técnicas e Instrumentos de Investigación .....	39
3.5. Procesamiento y Análisis de Datos.....	40
<b>4. PRESENTACION DE RESULTADOS</b> .....	<b>48</b>
4.1. Análisis e interpretación de resultados .....	48
4.1.1. Levantamiento topográfico de lo existente en el tramo .....	48
4.1.2. Ensayos de laboratorio .....	51
4.1.3. Adición de estabilizador químico (Cal): Resultados por dosificación. ....	54
4.1.4. Evaluación y análisis comparativo de costos .....	67
<b>5. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS</b> .....	<b>73</b>
<b>CONCLUSIONES</b> .....	<b>74</b>
<b>RECOMENDACIONES</b> .....	<b>75</b>

<b>REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS .....</b>	<b>76</b>
<b>ANEXOS.....</b>	<b>78</b>

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla N°1:</b> Límites de separación de tamaño de suelo .....	9
<b>Tabla N°2:</b> Criterio para la asignación de símbolo de grupo .....	17
<b>Tabla N°3:</b> Sistema unificado de clasificación del suelo que pasa por el tamiz #200 .....	18
<b>Tabla N°4:</b> Altura mínima entre el nivel freático y la subrasante .....	20
<b>Tabla N°5:</b> Cemento requerido por volumen para la estabilización de varios suelos .....	30
<b>Tabla N°6:</b> Características típicas de la sal (cloruro de sodio) .....	32
<b>Tabla N°7:</b> Operacionalización de variables .....	36
<b>Tabla N°8:</b> Numero de calicatas para la exploración de suelos .....	37
<b>Tabla N°9:</b> Técnica e instrumentos de investigación .....	39
<b>Tabla N°10:</b> Cuadro de tolerancia de las poligonales Topográficas .....	41
<b>Tabla N°11:</b> Método Gráfico AASTHO T220-66 (Demanda mínima de cal) ....	47
<b>Tabla N°12:</b> Cuadro de control de los puntos de control, zona 17 .....	48
<b>Tabla N°13:</b> Cuadro de elementos de curva .....	48
<b>Tabla N°14:</b> Cuadro de coordenadas de elementos de curva.....	50
<b>Tabla N°15:</b> Cuadro de resumen de ensayo de análisis granulométrico por tamizado, AASTHO y SUCS .....	51
<b>Tabla N°16:</b> Cuadro resumen, ensayo Limite liquido, Límite plástico, Índice de plasticidad.....	52
<b>Tabla N°17:</b> Cuadro resumen de Contenido de Humedad.....	52
<b>Tabla N°18:</b> Cuadro resumen de ensayo de Proctor Modificado .....	53
<b>Tabla N°19:</b> Cuadro resumen de ensayo CBR .....	53
<b>Tabla N°20:</b> Cuadro resumen de % de humedad de acorde a cada dosificación .....	54
<b>Tabla N°21:</b> Cuadro resumen de LL de acorde a cada dosificación.....	56
<b>Tabla N°22:</b> Cuadro resumen de LP de acorde a cada dosificación .....	58
<b>Tabla N°23:</b> Cuadro resumen de IP de acorde a cada dosificación .....	60
<b>Tabla N°24:</b> Cuadro resumen de Densidad máx. de acorde a cada dosificación .....	62
<b>Tabla N°25:</b> Cuadro resumen de H % óptima de acorde a cada dosificación .	64
<b>Tabla N°26:</b> Cuadro resumen de CBR de acorde a cada dosificación .....	66

<b>Tabla N°27:</b> PPTO para la ejecución del pavimento con un valor de subsante de 4.04% CBR .....	72
<b>Tabla N°28:</b> PPTO para la ejecución del pavimento con un valor de subsante de 6.70% CBR .....	72
<b>Tabla N°29:</b> PPTO para la ejecución del pavimento con aditivo químico .....	72

## INDICE DE TABLAS

<b>Figura 1:</b> Clasificación de materiales de carreteras subrasante (Braja M, 2013) .....	15
<b>Figura 2:</b> Clasificación de materiales de carreteras subrasante (Braja M, 2013) .....	15
<b>Figura 3:</b> Grafica de Carta de plasticidad .....	16
<b>Figura 4:</b> Clasificación Sistema Unificado.....	17
<b>Figura 5:</b> cuadro resumen de estabilizaciones para cada tipo de suelo. ....	19
<b>Figura 6:</b> Factores para considerar el método más a provechoso de estabilización. ....	20
<b>Figura 7:</b> Diseño de la Investigación .....	38
<b>Figura 8:</b> imagen del tramo extraído del google earth. ....	40
<b>Figura 9:</b> Demanda mínima de % de cal (Método Grafico AASTHO T 220-66) .....	44
<b>Figura 10:</b> Demanda mínima de cal para la M-01.....	45
<b>Figura 11:</b> Demanda mínima de cal para la M-02.....	46
<b>Figura 12:</b> Demanda mínima de cal para la M-03.....	47
<b>Figura 13:</b> Grafico de comportamiento contenido de humedad de la M-01 frente el % de cal .....	54
<b>Figura 14:</b> Grafico de comportamiento contenido de humedad de la M-02 frente el % de cal. ....	55
<b>Figura 15:</b> Grafico de comportamiento contenido de humedad de la M-03 frente el % de cal. ....	55
<b>Figura 16:</b> Grafico de comportamiento del LL de la M-01 frente el % de cal....	56
<b>Figura 17:</b> Grafico de comportamiento del LL de la M-02 frente el % de cal..	57
<b>Figura 18:</b> Grafico de comportamiento del LL de la M-03 frente el % de cal....	57

<b>Figura 19:</b> Grafico de comportamiento del LP de la M-01 frente el % de cal. ..	58
<b>Figura 20:</b> Grafico de comportamiento del LP de la M-02 frente el % de cal. .	59
<b>Figura 21:</b> Grafico de comportamiento del LP de la M-03 frente el % de cal. .	59
<b>Figura 22:</b> Grafico de comportamiento del IP de la M-01 frente el % de cal. ..	60
<b>Figura 23:</b> Grafico de comportamiento del IP de la M-02 frente el % de cal. ..	61
<b>Figura 24:</b> Grafico de comportamiento del IP de la M-03 frente el % de cal. ..	61
<b>Figura 25:</b> Grafico de comportamiento de la D <sub>máx.</sub> de la M-01 frente el % de cal. ....	62
<b>Figura 26:</b> Grafico de comportamiento de la D <sub>máx.</sub> de la M-02 frente el % de cal. ....	63
<b>Figura 27:</b> Grafico de comportamiento de la D <sub>máx.</sub> de la M-03 frente el % de cal. ....	63
<b>Figura 28:</b> Grafico de comportamiento de la H optima de la M-01 frente el % de cal. ....	64
<b>Figura 29:</b> Grafico de comportamiento de la H optima de la M-02 frente el % de cal. ....	65
<b>Figura 30:</b> Grafico de comportamiento de la H optima de la M-03 frente el % de cal. ....	65
<b>Figura 31:</b> Grafico de comportamiento de CBR de la M-01 frente el % de cal.	66
<b>Figura 32:</b> Grafico de determinación de e de capa de revestimiento granular.	68
<b>Figura 33:</b> Dimensionamiento del espesor de la capa con CBR natural. ....	69
<b>Figura 34:</b> Dimensionamiento del espesor de la capa con CBR mejorado. ....	69
<b>Figura 35:</b> Análisis de precios unitarios para construcción de base extraído del expediente. ....	71
<b>Figura 36:</b> Análisis de precios unitarios para construcción de Sub-base extraído del expediente. ....	71

## **1. INTRODUCCIÓN**

### **1.1. Problema de Investigación:**

#### **a) Descripción de la realidad problemática:**

##### **A Nivel Internacional**

(Alvarado, 2017) Nos menciona que la técnica suelo-cemento es una alternativa acorde para la conservación vial. Es una combinación homogénea de material granular, cemento y agua, que se emplea como capa estructural posteriormente de la compactación del suelo. El uso de este método puede economizar costos de obra y tiempo en la realización de vías, aeropuertos, estacionamientos. Conforme a la cámara de la construcción de Guayaquil, esta técnica está firmemente establecida en Ecuador. El Centro Técnico del Hormigón de Holcim Corroboró que en el país hay carreteras con bases estabilizadas que, posteriormente de varios años de operatividad, no se presentaron fallas por fatigas usuales en los pavimentos flexibles. Una de ellas es la vía de 11 km que empieza desde el Puente Alterno Norte, hasta Durán-Yaguachi y otra es la ampliación de la vía de acceso a Durán, de diez carriles. En virtud de ello, debido a sus buenos resultados y reducción de costos, el Ministerio de Transporte y Obras Públicas y varios gobiernos regionales del país comienzan a precisar el uso de la estabilización de suelo con la adición de material cementicio, en proyectos viales.

(García, 2019) Nos dice que el uso de la técnica suelo-cemento para la estabilizar las carreteras puede optimizar el proceso constructivo, pues al obtener un mayor aporte a unas de las características (resistencia) del suelo se pueden aminorar la capa de base y la capa de sub-base para construir caminos futuros, incluso si es una vía de tercera clase basta con efectuar el mejoramiento y dejar el suelo a nivel sin pavimentar (afirmado). Además, cuando los materiales existentes en el suelo se mezclan con el cemento, se reduce la permeabilidad y el deterioro mejorando así la durabilidad. Esta técnica para vías terciarias se realiza con materiales granulares del sitio, conjuntamente de cemento y maquinaria, esto también disminuye la explotación de canteras, lo cual es bueno para el medio

ambiente, reduce los costos de producción y es beneficioso para los constructores y proporcionan a los hogares rurales un camino adecuado de transporte.

### **A Nivel Nacional**

(MTC, 2013) “Según el Ministerio de Transportes y Comunicaciones Contempla que es primordial “establecer criterios técnicos sólidos y coherentes para posibilitar el diseño y construcción de carreteras eficientes, optimizados en su costo e impulsar la extensión técnica masiva de su conocimiento en sus estamentos políticos, técnicos y sociales involucrados en el tema”. Para ello, el manual introduce tecnologías adecuadas a las condiciones reales del país y es propicio para el uso de los recursos locales, especialmente en el cuidado de la seguridad vial y la protección del medio ambiente. La entidad responsable de la gestión vial debe exigir un uso correcto. El Ministerio de Transportes y Comunicaciones reparó 5646 kilómetros de caminos en la red vial nacional en agosto de 2011. Se entiende que Perú tiene solo 18% -20% del suelo pavimentado. Para julio de 2016, MTC pavimentará el 85% de las vías de la red vial nacional, en comparación con el 53,6% en 2011, principalmente para su sector vial”.

### **A Nivel Local**

A nivel local, Existe poca información de investigaciones similares a este tema de investigación, Pero encontramos que necesitamos realizar las estabilizaciones químicas de forma primordial, debido que nuestro país tiene un alto porcentaje de caminos sin pavimentar, por lo que inquirimos técnicas de estabilizaciones acordes que puedan ayudarnos a perseverar nuestras carreteras en buenas condiciones y proporcionen servicios adecuados a la comunidad. Por tanto, se recomienda realizar la técnica de estabilización de vías afirmadas considerando la adición del cemento en términos de mejorar el desempeño de las propiedades físico-mecánicas del material para que posteriormente se pueda determinar las ventajas mediante la investigación para que se pueda utilizar en el camino vecinal Las Pampas de Cochaya - Olaya, Mache - Otuzco - La Libertad.

## **b) Formulación del problema:**

¿Cómo es la Estabilización con uso de aditivos químicos del camino del vecinal Pampas de Cochaya - Olaya, Mache - Otuzco - La Libertad?

### **1.2. Objetivos de la Investigación:**

#### **1.2.1 Objetivo General:**

Proponer la estabilización de suelos con uso de aditivos químicos en la estabilización suelos del camino vecinal Pampas de Cochaya - Olaya, Mache - Otuzco - La Libertad.

#### **1.2.2. Objetivo Específico:**

- Realizar el levantamiento topográfico de lo existente en el camino vecinal Pampas de Cochaya - Olaya, Mache - Otuzco - La Libertad.
- Evaluar las propiedades físicas y mecánicas del suelo a través de los Ensayos de mecánica de suelos.
- Determinar el porcentaje de la reducción de plasticidad en suelos estabilizados con el uso de aditivos químicos.
- Determinar la influencia de uso de aditivos químicos en la capacidad de soporte en los suelos estabilizados.
- Determinar la influencia del uso de aditivos químicos en la elaboración del presupuesto de mejoramiento del camino vecinal.

### **1.3. Justificación del Estudio:**

La presente investigación se realiza con la finalidad de señalar el alcance de su efecto que tendría en la Población, en el uso de estabilizaciones químicas, ya que es posible ampliar la investigación de suelos para aumentar el desempeño de la subrasante que se presencia en el camino vecinal pampas de Cochaya- Olaya, Mache- Otuzco – La Libertad agregando el estabilizador químico de suelos en el que podremos analizar cuán se puede mejorar la resistencia y durabilidad de la trocha. La presente investigación permitirá comprender mejor los avances realizados en la implementación de productos que se pueden utilizar como estabilizador para alternativas económicas, cooperando al acortamiento de estos como en los costos de su realización para vías sin pavimentar. Considerando que

el gran porcentaje de las carreteras del país no están pavimentadas a nivel nacional a medida que avance el estudio, esto se convertirá en un precedente para el uso de la vía y ayudara a mejorar las carreteras haciéndolas duraderas y resistentes.

## **2. MARCO DE REFERENCIA**

### **2.1. Antecedentes del Estudio:**

#### **2.1.1. Antecedentes Internacionales:**

(García, 2019) “ESTUDIO DE LA TÉCNICA DE SUELO-CEMENTO PARA LA ESTABILIZACIÓN DE VIAS Terciarias en Colombia que posean un alto contenido de caolín”. - De la Universidad Católica de Colombia

Concluyó que:

Este estudio mostro que el cemento es muy efectivo como estabilizador de suelos, en este caso se encontró que el porcentaje de cemento en la mezcla era mayor al 8% para incrementar significativamente la resistencia a cargas monotónicas. Por otro lado, cabe destacar que el contenido de estos aglomerantes es muy elevado. Si se quiere estabilizar una vía de gran longitud con alto contenido de caolín o suelo fino el costo puede ser elevado, pero a nivel académico y experimental el presente trabajo de grado tiene como objetivo evaluar contedios de 10% y 12% para obtener indicadores que puedan diagnosticar las tendencias de comportamiento a largo plazo del material.

(Gavilanes, 2015) “ESTABILIZACIÓN Y MEJORAMIENTO DE SUB - RASANTE MEDIANTE CAL Y CEMENTO PARA UNA OBRA VIAL EN EL SECTOR DE SANTOS PAMBA BARRIO COLINAS DEL SUR”. - De la Universidad Internacional del Ecuador.

concluyó:

Que el índice de plasticidad para cada tipo de suelo estabilizado con cemento disminuye, en relación al suelo natural. Se analizó que existe una reducción significativa del índice de plasticidad con el incremento del porcentaje de cemento; provocando un ligero aumento de límite de plasticidad y decrecimiento del límite líquido. El uso de cemento para estabilizar el suelo es ventajoso, ya que, al dimensionar la estructura de

rodadura, se logra disminuir el espesor de la estructura de rodadura ya sea de hormigón rígido o asfalto, en relación a su estado natural. En este aspecto constructivo esto nos favorece en una disminución de los costos de construcción. Los suelos tratados con cemento incrementan su capacidad de soporte a valores mayores a los que especifican el MOP en su normativa para mejoramiento de sub- rasante.

### **2.1.2. Antecedentes Nacionales:**

(Cuadros, 2016) “MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FISICO - MECANICAS DE LA SUBRASANTE EN UNA VIA AFIRMANDA DE LA RED VIAL DEPARTAMENTAL DE LA REGION JUNIN MEDIANTE LA ESTABILIZACION QUIMICA CON OXIDO DE CALCIO- 2016”. - De La Universidad Peruana de los Andes.

Concluyó:

Que la estabilización química con Óxido de calcio influye positivamente en las propiedades físico-mecánicas de la subrasante, ya que reduce el índice de plasticidad y aumenta significativamente el valor de soporte (C.B.R). Se ha determinado que al agregar diversas proporciones (, mejorando así las propiedades del suelo de 1%, 3%, 5% y 7%) para estabilizar el suelo estudiado, el porcentaje óptimo de óxido de calcio con respecto al peso del suelo es del 3%, mejorando así las propiedades del suelo suelo, dando como resultado la reducción del Indicie de Plasticidad de un suelo natural con un IP de 19.08% a un IP de 4.17% posterior a su estabilización, asimismo reduce el óptimo contenido de Humedad de su compactación del 18.3% en suelo natural al 16.5% después de la estabilización y también aumenta significativamente el valor de C.B.R. del 4.85% para suelo natural y después de la estabilización a un valor de C.B.R del 15.64%, categorizándolo como un material de subrasante buena, de acuerdo al Manual de Carreteras “ Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos”- Sección suelos y pavimentos, después de su estabilización. Al comprar los costos de la estabilización física por combinación de suelos y la estabilización química con Oxido de calcio, el costo entre estos dos métodos de estabilización de suelo se reduce en un 44.41%, lo que aun prueba que la ventaja económica de usar el Óxido de calcio como

estabilizante químico frente al método conocido de estabilización física por combinación de suelos.

(Moale & Rivera, 2019) “ESTABILIZACION QUIMICO DE SUELOS ARCILLOSOS CON CAL PARA SU USO COMO SUBRASANTE EN VIAS TERRESTRES DE LA LOCALIDAD DE VILLA RICA”. - De La Universidad Peruana de ciencias aplicadas.

Concluyeron que:

Se realizó el estudio de sus propiedades físicas y se concluye que las características físicas del suelo en estudio son: gravead específica 2.63, porcentaje de grava 8.43%, porcentaje de arena 23.15% y cantidad de finos 68.042% e índice de plasticidad de 13%. Se realizó la clasificación de los suelos por el método AASHTO y SUCS y se concluye que la muestra en estudio fue una arcilla de baja plasticidad CL según SUCS y un suelo arcilloso plástico con índice de grupo 8; A-6(8) según AASHTO. Como terreno de fundación para obras viales está clasificada como regular a malo. Se determinó la máxima densidad seca (MDS) y el óptimo contenido de humedad del suelo con diferente dosis de cal aplicando proctor modificado Método A. La MDS fue de 1.85 g/cm<sup>3</sup> que se logra con un óptimo contenido de humedad de 13.40%. Según el valor obtenido del ensayo del proctor, el valor del CBR estimado en condiciones de suelo natural es igual al 3.3% al 95% de la densidad seca máxima, por lo que su capacidad de carga es cualitativamente baja. A partir de la investigación realizada, se encontró que luego de agregar un 15% de cal al suelo natural, el CBR aumento en un 78.8%, lo que significa que el nuevo valor de CBR del suelo estabilizado al 95% de la MDS fue el 5,9%.

### **2.1.3. Antecedentes Locales**

(Rodriguez & Silva, 2019) “ESTABILIZACION DE SUELOS ADICIONANDO CEMENTO PORTLAND TIPO I MAS CAL HIDRATADA EN VIAS AFIRMADAS, PARA EL CENTRO POBLADO ALTO TRUJILLO, EL PORVENIR – LA LIBERTAD”. - De la Universidad Privada Antenor Orrego.

Concluyeron que:

Las propiedades físicas y mecánicas se determinaron con la estabilización

de suelos agregando cemento tipo I y cal hidratada a las vías afirmadas en el centro poblado el alto Trujillo, distrito el porvenir, departamento La Libertad, para la estabilización de suelos, se obtuvieron los siguientes resultados: un total de 3 muestras de calicata. La proporción de estabilización de suelos es: 30% cemento portland tipo I y 70% cal hidratada. Se utilizan varias bolsas de cemento por cada 20m<sup>2</sup>. La prueba de Proctor Modificado se utilizó para determinar el porcentaje de contenido de humedad en el suelo con cemento Portland Tipo I y cal hidratada para obtener el resultado de nuestra máxima densidad seca que es de 2.223 g/cm<sup>3</sup> y teniendo un óptimo contenido de humedad de 7.07%. Mediante la prueba CBR, se han adicionado cemento Portland Tipo I y cal hidratada al suelo granular a una densidad de 66.50% y el 100% de la densidad seca máxima para determinar el 95% de su densidad seca máxima. El porcentaje de resistencia al corte. Un aumento del 82,80%. Los resultados muestran que el suelo estabilizado con cemento Portland Tipo I y cal Hidratada mejora las propiedades físicas y mecánicas iniciales del suelo y aumenta la capacidad de soporte del suelo en un 29.5%, cumpliendo con los requisitos de la tabla N° 42 para el uso Sub-Base Granular Mejorada o Base Granular.

(Castillo, 2018)“INFLUENCIA DE LA APLICACIÓN DE ADITIVOS QUIMICOS EN LA ESTABILIZACION DE SUELOS COHESIVOS DE PAVIMENTOS ENTRE LOS SECTORES CALAMARCA – HUASO, LA LIBERTAD, 2018”. - De la Universidad Privada del Norte.

Concluyó que:

Después de realizados los ensayos necesarios para evaluar la influencia del aditivo PROES, se concluyó que el aditivo PROES mejora las propiedades mecánicas del suelo con la dosificación de 0.27 L/m<sup>3</sup> de aditivo liquido PROES y 45 Kg/m<sup>3</sup> de cemento Portland, debido a que la capacidad de soporte aumenta significativamente. Esto se vio reflejado en tres puntos de la carretera donde el sueño era inadecuado, a los cuales se les añadió el aditivo PROES, de tal forma que el CBR del sueño del km 2+500 aumento de 7.54% a 114.28%, lo cual indica que el aditivo mejoro el CBR del suelo en más de quince veces. Esto a su vez, influyo positivamente

en los costos para la elaboración de la carretera, de tal forma que el costo por Kilómetro de pavimento (de acuerdo a las principales partidas involucradas) con la adicción de 0.27 L/m<sup>3</sup> de aditivo PROES más cemento Portland es de S/ 386,487.90 y del pavimento sin aditivo es de S/ 436,465.92. ES decir, el pavimento con aditivo PROES y cemento Portland reduce los costos en hasta 15.57% respecto a un pavimento que no utiliza este aditivo. El resultado obtenido en la investigación no deberá ser utilizada para suelos similares. Para cada tipo de suelo a estabilizar se hace los ensayos de laboratorios pertinentes para poder calcular el porcentaje óptimo de aditivo líquido PROES y cemento Portland.

## **2.2. Marco Teórico:**

### **2.2.1. Suelos**

Es un agregado natural de granos minerales, con o sin componentes orgánicos, que pueden separarse por medios mecánicos comunes tales como la agitación en el agua.

### **2.2.2. Características De Los Suelos**

#### **2.2.2.1 Tamaño de las partículas**

Según la fuente de los elementos del suelo, se dividen en dos categorías: El primero es la descomposición física y / o química del suelo. Piedras; estas últimas son las que son principalmente orgánicas.

- **Gravas**

Es un suelo de piedras redondas o pedazos compactos de rocas. Muy estable y adecuada para rellenos. Su tamaño varía desde 2.0 mm hasta 7.62 cm.

- **Arenas**

Existen dos tipos: de grano grueso y de grano fino. La primera es sumamente estable, mezclada con grava; la segunda se vuelve inestable ya que acumula demasiada humedad. Sus partículas varían desde los 0.05 mm hasta los 2 mm de diámetro. Las arenas y las gravas se suelen encontrarse en el mismo sitio.

- **Limos**

Suelo con granos escasamente visibles, con apariencia de polvo. Es uno de los más inestables con la humedad cuyo tamaño varía entre los 0.005 mm y 0.05 mm.

- **Arcillas**

Suelo de partículas invisibles, forma masas de terrenos duros. Normalmente es el suelo que se encuentra al excavar. Como se muestra en la tabla 1, las arcillas se definen generalmente como partículas menores de 0.002 mm. En algunos casos las partículas de tamaño entre 0.002 y 0.005 mm también. Las partículas se clasifican como Arcilla sobre la base de su tamaño, ya que no pueden contener necesariamente minerales de arcilla. (Braja M, 2013)

Tabla n°1

*Límites de separación de tamaño de suelo*

Nombre de la organización	Tamaño de grano (mm)			
	Grava	Arena	Limo	Arcilla
MIT	>2	2 a 0.06	0.06 a 0.002	<0.002
USDA	>2	2 a 0.06	0.05 a 0.002	<0.002
AASHTO	76.2 a 2	2 a 0.075	0.075 a 0.002	<0.002
SUCS	76.2 a 2	2 a 0.075	Finos (p.ej. limos y arcillas < 0.075)	

*Fuente:* (Braja M, 2013)

## **2.2.3 Ensayo de Laboratorio.**

### **2.2.3.1 Ensayo de Análisis Granulométrico por tamizado (ASTM D-421)**

La granulometría es la distribución de las partículas de un suelo de acuerdo a su tamaño, que se determina mediante el tamizado o paso del agregado por mallas de distinto diámetro hasta el tamiz N° 200 (diámetro 0.074 milímetros), considerándose el material que pasa dicha malla en forma global. Para conocer su distribución por debajo de ese tamiz se hace el ensayo de sedimentación. EL análisis granulométrico deriva en una curva granulométrica, donde se plotea el diámetro de tamiz versus el porcentaje acumulado que pasa o que retiene el mismo, de acuerdo al huso que se quiera dar al agregado.

### **2.2.3.2. Ensayo Límite Líquido (ASTM D-423) y Límite Plástico (ASTM D-424)**

Se conoce como plasticidad de un suelo a la capacidad de este ser moldeable. Esta depende de la cantidad de arcilla que contiene el material que pasa la malla N° 200, porque este material el que actúa como ligante.

Un material, de acuerdo al contenido de humedad que tenga, pasa por tres estados definidos: líquidos, plásticos y secos. Cuando el agregado tiene determinado contenido de humedad en la cual se encuentra húmedo de modo que no puede ser moldeable, se dice que está en estado semilíquido. Conforme se le va quitando agua, llega un momento en el que el suelo, sin dejar estar húmedo, comienza a adquirir una consistencia que permite moldearlo o hacerlo trabajable, entonces se dice que está en estado plástico.

Al seguir quitando agua, llega un momento en el que el material pierde su trabajabilidad y se cuarteo al tratar de moderarlo, entonces se dice que está en estado semi-seco. El contenido de humedad en el cual el agregado pasa del estado semilíquido al plástico es el Límite Líquido (ASTM D-423), y el contenido de humedad que pasa del estado plástico al semi-seco es el Límite Plástico (ASTM D-424).

**a. Límite Líquido (LL)**

$$L.L. = w_N \left(\frac{N}{25}\right)^{\tan \beta}$$

Donde:

L.L. es el Limite Liquido

$w_N$  es el contenido de humedad natural

N es el número de golpes

**b. Límite Plástico (LP)**

$$L.P. = \frac{P_h - P_s}{P_s} * 100 = \frac{P_w}{P_s} * 100$$

Donde:

L.P. es el Límite Plástico

Ph es el peso de los trozos de filamentos húmedo (gr)

Ps es el peso de los trozos de filamentos seco (gr)

Pw es el peso del agua (gr)

**c. Índice de Plasticidad**

$$IP = LL - LP$$

Donde:

IP es el índice de plasticidad:

LL es el límite líquido

LP es el límite plástico

### 2.2.3.3 Ensayo de Contenido de Humedad Natural (ASTM D-2216)

El contenido de humedad de una muestra indica la cantidad de agua que esta contiene, expresándola como un porcentaje del peso de agua entre el peso del material seco. En cierto modo de este valor es relativo, porque depende de las condiciones atmosféricas que pueden ser variables. Entonces lo conveniente es realizar este ensayo y trabajar casi inmediatamente con este resultado, para evitar distorsiones al momento de los cálculos.

$$\text{Humedad (\%)} = \frac{(W \text{ Tara} + Sh) - (W \text{ Tara} + Ss)}{(W \text{ Tara} + Ss) - (W \text{ Tara})} * 100$$

### 2.2.3.4 Ensayo de Próctor Modificado (ASTM D-1557)

El ensayo de Próctor se efectúa para determinar un óptimo contenido de humedad, para la cual se consigue la máxima densidad seca del suelo con una compactación determinada. Este ensayo se debe realizar antes de usar el agregado sobre el terreno, para así saber qué cantidad de agua se debe agregar para obtener la mejor compactación.

Con este procedimiento de compactación se estudia la influencia que ejerce en el proceso el contenido inicial de agua del suelo, encontrado que tal valor es de fundamental importancia en la compactación lograda. En efecto, se observa que, a contenidos de humedad creciente, a partir de valores bajos, se obtienen más altos pesos específicos secos y por lo tanto mejores compactaciones del suelo, pero que esta tendencia no se mantiene indefinidamente, sino que, al pasar la humedad de un cierto valor, los pesos específicos secos obtenidos disminuían, resultando peores compactaciones en la muestra. Es decir, para un suelo dado y empleando el procedimiento descrito, existe una humedad inicial, llamada la “óptima”, que produce el máximo peso específico seco que puede lograrse con este procedimiento de compactación.

Lo anterior puede explicarse, en términos generales, teniendo en cuenta

que, a bajos contenidos de agua, en los suelos finos, del tipo del suelo arcillosos, el agua está en forma capilar produciendo compresiones entre las partículas constituyentes del suelo lo cual tiende a formar grumos difícilmente desintegrables que dificultan la compactación. El aumento en contenido de agua disminuye esa tensión capilar en el agua haciendo que una misma energía de compactación produzca mejores resultados. Empero, si el contenido de agua es tal que haya exceso de agua libre, al grado de llenar casi los vacíos del suelo, esta impide una buena compactación, puesto que no puede desplazarse simultáneamente bajo los impactos del pisón.

#### **2.2.3.5. Ensayo de California Bearing Ratio – CBR (ASTM D-1883)**

El índice de California (CBR) es una medida de la resistencia al esfuerzo cortante de un suelo, bajo condiciones de densidad y humedad, cuidadosamente controladas.

Se usa en proyectos de pavimentación auxiliándose de curvas empíricas. Se expresa en porcentaje como la razón de la carga unitaria que se requiere para introducir un pistón a la misma profundidad en una muestra de tipo piedra partida. Los valores de carga unitaria para las diferentes profundidades de penetración dentro de la muestra patrón están determinados.

El CBR que se usa para proyectar, es el valor que se obtiene para una penetración de 0.1 pulgadas. Como el CBR de un agregado varía de acuerdo a su grado de compactación y el contenido de humedad, se debe repartir cuidadosamente en el laboratorio las condiciones del campo, por lo que ese requiere un control minucioso. A menos que sea seguro que el suelo no acumulara humedad después de la construcción, los ensayos de CBR se llevan a cabo sobre muestras saturadas.

#### **2.3.4 Clasificación de Suelos**

Los diferentes tipos de suelos son definidos por el tamaño de las partículas. Son frecuentemente encontrados en combinación de dos o más tipos de suelos diferentes, como, por ejemplo: arenas, gravas, limo, arcillas y limo

arcilloso, etc. La determinación del rango de tamaño de las partículas (gradación) es según la estabilidad del tipo de ensayos para la determinación de los límites de consistencia. Uno de los ms usuales Sistemas de clasificación de los suelos es el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), el cual clasifica al suelo en 15 grupos identificados por nombre y por términos simbólicos.

El sistema de clasificación para construcción de carreteras AASHTO, es también usado de manera general. Los suelos pueden ser también clasificados en grades grupos, puede ser porosos, de grado grueso o grano fino, granular o no granular y cohesivo, semi cohesivo y no cohesivo.

#### **2.3.4.1 Sistema de Clasificación AASHTO**

Este sistema de clasificación de suelos se desarrolló como un sistema de clasificación en 1929. Esta muy destinada al área vial y dentro de los protocolos y trabajos que han venido realizando ha generado normativa y especializaciones para lo que es la parte de suelos. Este sistema pasó por varias revisiones y actualmente es usado para propósitos ingenieriles enfocados más en el campo de las carreteras como la construcción de los terraplenes, subrasantes, subbases y bases de carreteras.

Proceso para la clasificación de AASHTO:

1. Necesitan la granulometría.
2. Datos de ensayo de límites de consistencia.
3. Graficar el limite líquido.
4. Obtener el índice de plasticidad.
5. Usar la tabla de clasificación AASHTO.
6. Calcular IG (Índice de grupo).

El índice de grupo se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$IG = (F - 35) * [0,2 + 0,005(W_L - 40)] + 0,01(F - 15)(IP - 10)$$

Donde:

- F = % que pasa por el tamiz Numero 200.

- IP= índice de plasticidad.
- LL= límite líquido.
- IG= Se redondea a número entero si da negativo se asume el valor de cero.

Clasificación general	Materiales granulares (35% o menos del total de la muestra pasada por el núm. 200)						
	A-1			A-2			
Grupo de clasificación	A-1-a	A-1-b	A-3	A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7
Análisis de tamiz (porcentaje de paso)							
Núm. 10	50 máx.						
Núm. 40	30 máx.	50 máx.	51 mín.				
Núm. 200	15 máx.	25 máx.	10 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.
Características de la fracción de paso núm. 40							
Límite líquido				40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.
Índice de plasticidad	6 máx.		NP	10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.
Tipos comunes de materiales significativos constituyentes	Fragmentos de roca, grava y arena		Arena fina	Limo o grava arcillosa y arena			
Clasificación general de la subrasante	Excelente a bueno						

**Figura 1:** Clasificación de materiales de carreteras subrasante (Braja M, 2013)

Clasificación general	Materiales granulares (35% o menos del total de la muestra pasada por el núm. 200)			
	A-4	A-5	A-6	A-7 A-7-5* A-7-6†
Grupo de clasificación				
Análisis de tamiz (porcentaje de paso)				
Núm. 10				
Núm. 40				
Núm. 200	36 mín.	36 mín.	36 mín.	36 mín.
Características de la fracción de paso núm. 40				
Límite líquido	40 máx.	41 mín.	40 máx.	41 mín.
Índice de plasticidad	10 máx.	10 máx.	11 mín.	11 mín.
Tipos comunes de materiales significativos constituyentes	Suelos limosos		Suelos arcillosos	
Clasificación general de la subrasante	Regular a malo			

\*Para A-7-5,  $PI \leq LL - 30$

†Para A-7-6,  $PI > LL - 30$

**Figura 2:** Clasificación de materiales de carreteras subrasante (Braja M, 2013)

### 2.3.4.2. Sistema de Clasificación SUCS

Sistema de clasificación usado en Ingeniería y Geología para describir la textura y el tamaño de las partículas de un suelo. Divide a los suelos en dos grandes grupos, según la proporción en peso de cada uno de los componentes del suelo (gravas, arenas, limos y arcilla) así tendremos suelos granulares cuando predominen las arenas y/o las gravas y tendremos suelos finos cuando exista un predominio de limos y/o arcillas.

Dentro de los suelos granulares, si su proporción en finos es mayor que el 5%, se deben determinar las propiedades plásticas es decir el límite líquido y el límite plástico.

Partimos de un suelo partiendo donde conocemos su curva granulométrica y si es el caso sus límites de Atterberg, con la curva granulométrica veremos que tanto % ha pasado por el tamiz n° 200. Si estamos en suelos finos, directamente calcularemos el límite líquido y su índice de plasticidad y lo haremos en la gráfica de plasticidad de Casagrande que se detallara en la gráfica n° 1

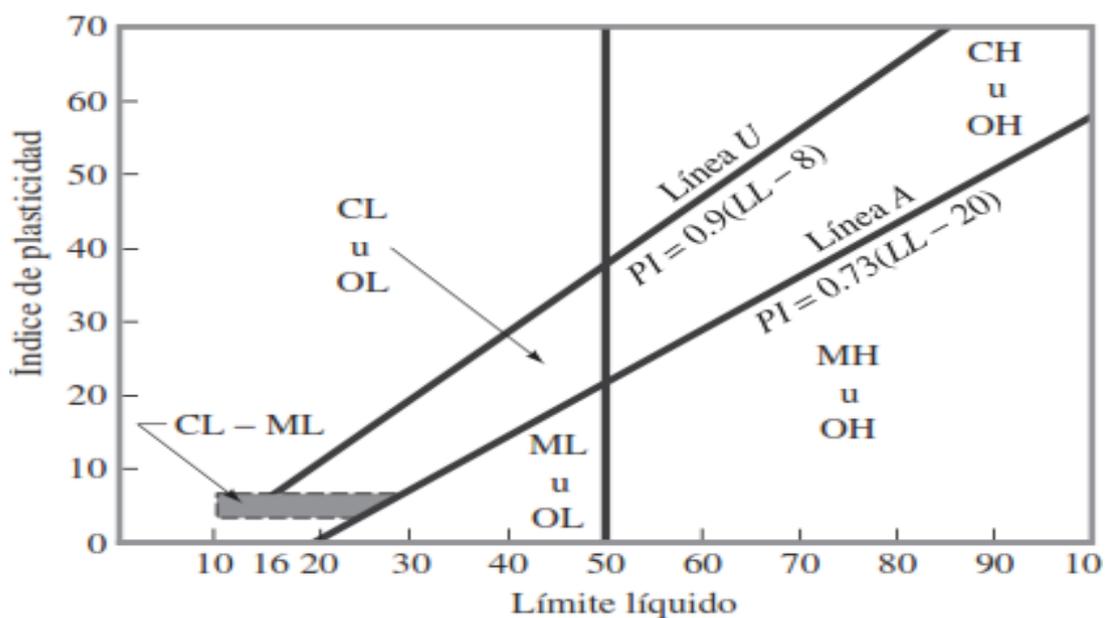


Figura 3: Grafica de Carta de plasticidad

Si estamos en los suelos granulares tendremos que irnos a ver el tanto % que se ha quedado retenido por el tamiz n° 4, lo haremos en la tabla n° 4 que se detallara:

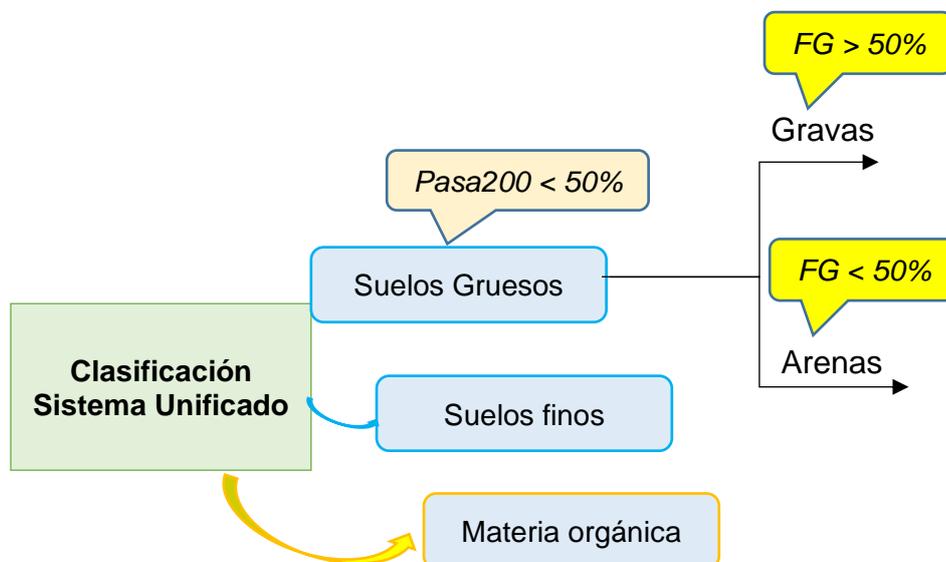
Tabla n°2

*Criterio para la asignación de símbolo de grupo*

Tipo de suelo		Símbolo	Sub Grupo	Sub símbolo
Suelo de grano grueso	Grava	G	Bien clasificado	W
	Arena	S	Mal clasificado	P
Suelo de grano fino	Limo	M	Limoso	M
	Arcilla	C	Arcilloso	C
	Orgánicos	O	Límite líquido < 50	L
	Turbas	Pt	Límite líquido > 50	H

*Fuente:* (Braja M, 2013)

A partir de los datos de granulometría y plasticidad, se clasifica un suelo, paso a paso, por el método SUCS (Sistema Unificado)



**Figura 4:** Clasificación Sistema Unificado

Partiendo de los símbolos, podemos fijar los siguientes grupos de símbolos que nos faculta precisar el tipo de suelo, que se detallara en la tabla sgte:

Tabla n° 3

*Sistema unificado de clasificación del suelo que pasa por el tamiz #200*

<b>Símbolo de grupo</b>		<b>Características Generales</b>	
GW	Gravas más de 50% de fracción gruesa que retenida en el tamiz N° 4	Gravas limpias < de 5 % Finos	<i>Bien clasificada</i>
PG			<i>Mal clasificada</i>
GM	N° 4	Gravas limpias > de 12% finos	<i>Comp. limoso</i>
GC			<i>Comp. arcilloso</i>
SW	Arenas 50 % o más de la fracción gruesa pasa tamiza N° 4	Arenas limpias < de 5% finos	<i>Bien clasificada</i>
SP			<i>Mal clasificada</i>
SM	N° 4	Arenas limpias > 12 % finos	<i>Comp. limoso</i>
SC			<i>Como. arcilloso</i>
ML	Limos		<i>Baja plasticidad (LL menor a 50)</i>
MH			<i>Alta plasticidad (LL mayor a 50)</i>
CL	Arcillas		<i>Baja plasticidad (LL menor a 50)</i>
CH			<i>Alta plasticidad (LL mayor a 50)</i>
OL	<i>Suelos Orgánicos</i>		<i>Baja plasticidad (LL menor a 50)</i>
OH			<i>Alta plasticidad (LL mayor a 50)</i>
Pt	<i>Turbas</i>	Suelos Altamente orgánicos	

*Fuente: (Braja M, 2013)*

### 2.2.5. Estabilización de suelos:

La Estabilización de un suelo se conceptualiza como una práctica de estabilización para suelos de baja calidad, que implica como procedimiento de adición de un material, en el cual podría ser cemento o cal. Lo que conduce a un incremento en su capacidad portante “carga” y así también un aumento significativo en la resistencia mecánica del terreno. Esta técnica también se detalla como la mejora de las características físicas del suelo mediante procesos mecánicos y la incorporación de sustancias químicas, naturales o sintéticos. Dichos estabilizadores, se suelen utilizar en suelos de la subrasante deficientes o insuficientes.

Las propiedades del suelo imponen a tomar determinaciones, que a continuación detallaremos:

1. Aceptar el material tal como está, pero teniendo en cuenta las limitaciones impuestas por la calidad del diseño.
2. Eliminar el material insatisfactorio o evitar de usarlo para reemplazar otra característica adecuada.
3. Mejorar las características del material presente para efectuar mejor con las condiciones requeridas, o se obtenga la calidad suficiente.

TIPO DE SUELO	TIPO DE ESTABILIZACION
<b>Materia Orgánica</b>	Estabilización mecánica. Los demás métodos no son efectivos.
<b>Arenoso</b>	Mecánica, cuando la granulometría es uniforme. Las arenas limpias pueden mejorar sus características con cemento o asfalto.
<b>Limoso con algo de arcilla</b>	En general, el único tratamiento al que son susceptibles es la compactación
<b>Limosos poca o ninguna arcilla</b>	No existen tratamientos económicos. Debe evitarse su uso en superficies expuestas por el polvo cuando secan.
<b>Arcillosos plásticos</b>	Responden a la estabilización con cal.
<b>Arcillosos de textura abierta</b>	Responden muy bien a la compactación.
<b>Arcillas suaves</b>	Susceptibles a la estabilización con cal.
<b>Caolín</b>	Estabilización mecánica con arena, cemento o cal.
<b>Montmorillonita</b>	Con cal.
<b>Illita</b>	Con cemento o cal.

**Figura 5:** cuadro resumen de estabilizaciones para cada tipo de suelo.

### 2.2.5.1. Pautas para fijar la estabilización de suelos

- Se debe considerar la investigación especial sobre la estabilidad del suelo cuando el CBR del suelo existente en la subrasante sea menor al 6%, o cuando En áreas blandas o localmente húmedas.
- Cuando el suelo que constituye la subrasante sea arcilloso o limoso, y cuando entre en contacto con el agua, estas partículas penetran en la capa de granulares para formar la estructura del pavimento los contamina. Para ello, se debería considerar colocar una una capa de material anticontaminación con un espesor de 10 cm o más.
- Cuando hay un nivel de agua subterránea (freático), la altura mínima entre los dos esto y la superficie de la subrasante dependen de la calidad de esta última:

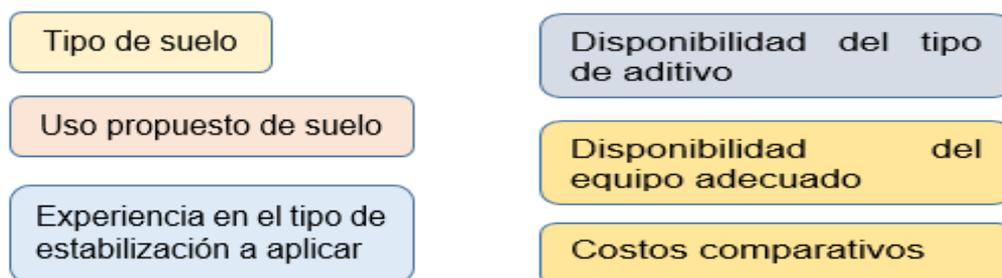
Tabla n° 4

*Altura mínima entre el nivel freático y la subrasante*

Calidad de la Subrasante	Altura entre el nivel freático y la superficie de la subrasante
Extraordinaria o muy buena	0.60 m
Buena o regular	0.80 m
Pobre	1.0 M
Inadecuada	1.20 m

*Fuente:* (MTC, 2013)

- En áreas por encima de los 4000 metros sobre el nivel del mar se evaluará el efecto de las heladas en el suelo.
- Para establecer el tipo de estabilidad del suelo, se debe determinar el tipo de suelo Suelo actual en la zona.
- Factores a considerar al optar el método más provechoso de estabilización:



**Figura 6:** Factores para considerar el método más a provechoso de estabilización.

### 2.2.5.2. Tipos de Estabilización:

#### a) Estabilizaciones por recursos mecánicos

Incluye un proceso de estabilización mediante compactación, que debe utilizarse en todos los proyectos que utilicen el suelo como materia prima. También son comunes las mezclas de suelo que mejoran las características físicas del suelo. Mediante este patrón de estabilización se busca mejorar el material del suelo. El propósito de esta estabilización es optimizar el material del suelo presente sin alterar su forma y conformación principal. La compactación también se emplea como herramienta para alcanzar esta estabilización, aminorando así el volumen de vacíos presentes en el suelo.

#### b) Estabilización por mezclas de suelo

A través del efecto estabilizador de la mezcla de suelos, contempla la combinación de dos o más componentes para obtener un material eficiente, la mezcla de suelos puede tener un principal impacto en materiales de préstamo “canteras”.

#### c) Estabilizaciones por recursos químicos

Esta estabilización generalmente se logra agregando estabilizadores específicos (como cemento, la cal el asfalto y otros agentes químicos). Sosteniendo la diversidad del suelo y su concepción, se puede esperar que cada procedimiento solo sea aplicable a una cantidad reducida de suelos.

Los estabilizadores tienen que presentar características de tal forma:

- **Cemento:** Aumenta la firmeza de los suelos y se utiliza en arenas o gravas.
- **Cal:** Reduce la plasticidad de suelos arcillosos.
- **Cloruro de Sodio:** Disminuye los polvos hacia los limos y su vez los impermeabiliza.
- **Productos Asfálticos:** Rellena los espacios vacíos y se desarrolla un aumento de resistencia respecto a la adhesión entre el asfalto y el material.

#### **d) Estabilización volumétrica**

Esta clase de estabilización incorpora la expansión y contracción de muchos suelos causada por la variación en la humedad, que logran ocurrir rápidamente o actividades estacionales. Por lo tanto, si las expansiones que se llevan al cabo a causa del aumento de la humedad no se puede controlar por cierta razón, estas presiones generalmente causaran una deformación severa y roturas en el pavimento, en general, en cualquier obra.

### **2.2.6. CAMINOS Y CARRETERAS**

El término carretera y caminos se precisa como proyectos de infraestructura utilizados para el acceso y el tránsito de vehículos, como medio de comunicación entre ciudades y pueblos. Con el fin de garantizar su durabilidad a largo plazo, de estándares, como ser capaz de soportar la carga de tráfico que soportará, y, Por ejemplo, mediante trabajo adicional para mitigar el impacto del clima, por medio de drenajes, reductores de velocidad, bombeo de pendientes, etc.

Se puede clasificar los caminos en:

- **Caminos Vecinales:** Son caminos de propiedad del mismo municipio distrital en cada zona que conecta la población con el municipio entre sí con una carretera.
- **Caminos Forestales:** Construidas principalmente como entrada hacia los bosques a fin de la explotación de tala y pasto,
- **Caminos Rurales:** Construidas especialmente para comunicar las viviendas y exportaciones entre sí, conectando las vecindades con los conjuntos de carreteras.
- **Caminos Ganaderos:** rutas por el cual se ha venido circulando el transito ganadero según ley 3/1993, 23 de marzo.

#### **2.2.6.1 Clasificación**

En cuanto a la clasificación le Perú tiene carreteras que se detallan y se clasifican en relación a su demanda y su orografía.

Es muy importante tener muy claros los conceptos de clasificación de carreteras así poder desarrollar proyectos venideros en cuanto a la infraestructura vial.

### 2.2.6.1. Clasificación por su demanda

En relación a su demanda en:

- **Autopistas de Primera Clase**

Son aquellas carreteras que presentan un Índice medio Diario Anual (IMDA) superior a 6000 veh/día con características mínimas tales como: calzadas divididas mediante un separador central (6.00m); cada calzada tiene que tener de 2 a más carriles con una medida mínima de 3.60 m de ancho.

- **Autopistas de Segunda Clase**

Son aquellas carreteras que presentan un Índice medio Diario Anual (IMDA) superior a 6000 y 4001 veh/día con características mínimas tales como: calzadas divididas mediante un separador central en el que puede cambiar de 6.00 m a 1.00 m; cada calzada tiene que tener de 2 a más carriles con una medida mínima de 3.60 m de ancho.

- **Carreteras de Primera Clase**

Nos dice que son aquellas que debe tener un IMDA entre 400-2001 veh/día con características mínimas tales como: calzada de 2 carriles de medidas mínimas de 3.60 m de ancho, fundamentalmente deberá estar pavimentada la superficie de rodadura.

- **Carreteras de Segunda Clase**

Nos dice que son aquellas que debe tener un IMDA entre 2000-400 veh/día con características mínimas tales como: calzada de 2 carriles de medidas mínimas de 3.30 m de ancho, fundamentalmente deberá estar pavimentada la superficie de rodadura.

- **Carreteras de Segunda Clase**

Son aquellas que presentan una calzada y deben tener un IMDA < a 400 veh/día. De una forma excepcional podrán tener las siguientes características tales como: carriles máximos de 2.50. En el caso de que se pavimentase se deberán cumplir condiciones geométricas brindadas.

### **2.2.6.2. Clasificación por su orografía**

En relación a su orografía preeminente:

- **Terreno plano (Tipo 1)**

Presenta Pendiente Transversal <10%

Presenta Pendiente longitudinal < 3 %

- **Terreno ondulado (Tipo 2)**

Presenta Pendiente Transversal: 11% - 50%

Presenta Pendiente Longitudinal 3% - 6%

- **Terreno accidentado (Tipo 3)**

Presenta Pendiente transversal 51% - 100%

Presenta Pendiente longitudinal 6% - 8%

- **Terreno escarpado (Tipo 4)**

Presenta pendiente Transversal > 100%

Presenta Pendiente longitudinal > 8%

### **2.2.7. Carreteras no Pavimentadas**

En términos generales es una carretera donde la superficie de rodadura está compuesta de gravas o afirmado Así mismo la red vial del Perú consta de 95.863 kilómetros y es preocupante que solo este pavimentado el 16 % (una extensión de 15.496 kilómetros). El restante ese en un 84% por lo que se encuentra en estado de afirmado o de troca (ampliado en 80.367 kilómetros).

Debido a la naturaleza, principalmente en áreas con acceso limitado a conocimientos técnicos, se han adicionado normas de diseño de la superficie de rodadura con guías en el diseño de componentes que brinden estabilidad a la plataforma de la carretera y estructura operativa. El fin de dichas normas son de proporcionar a la comunidad técnica de un alcance amplio para el diseño de carreteras eficientes y optimizadas en costo.

### **2.2.7.1 Estabilización en carreteras sin Pavimentar.**

Actualmente hay diversos métodos para poder realizar una estabilización de un determinado suelo, cada método o proceso que se emplea se realiza con diversos tipos de estabilizadores. Con respecto al manual nos da un CBR que se emplea con los agregados determinados de una subrasante y esta debe ser similar a valores determinados en el manual de carreteras, en el caso que estos valores no lleguen a los requerimientos dados, se procederá a realizar una estabilización.

El proceso de estabilización hacia un suelo se puede emplear distintos estabilizadores como:

#### **a.) Suelos Estabilizados con Cal**

Muestra que presenta un color blanco el cual, al contacto con agua, se inicia el proceso de hidratación, desprendiendo calor.

El resultado de la cal, se logra incinerando piedra caliza con una menor temperatura de alteración de óxido de calcio. En este estado se denomina cal viva.

Se presentan tipos:

- **Cal viva:** para lograr esto se realizará una alteración en la estructura del carbonato de calcio conformada en óxido de calcio.
- **Cal hidratada:** además denominada como hidróxido de calcio. Se logra al evolucionar la cal viva más el agua.
- **Cal hidráulica:** posee como característica endurecer sumergido en agua.

#### **Características de suelos estabilizados mediante cal**

Se dispone de las siguientes características

##### **✓ Con respecto a su Granulometría**

Se podrá lograr una reducción de finos en cuanto al porcentaje de alteración granulométrica de cantidades de arcilla.

✓ **Con respecto a su Plasticidad**

Se producirá un aumento en los límites de consistencia con suelos que tengan una baja plasticidad así mismo se producirá una reducción del índice plástico con suelos que tengan una plasticidad alta y moderada.

✓ **Con respecto a su Capacidad de Soporte**

Normalmente la capacidad de soporte en suelos de tipo arcilloso es sumamente baja. En el momento que este suelo sea estabilizado con cal el resultado sería de mayor periodicidad a comparación de diversos suelos naturales escogidos.

✓ **Con respecto a su Estabilidad Volumétrica**

Los suelos logran mostrar hinchamientos peligrosos como valores, habiendo un probable peligro en desplazamientos en la capa en el momento que la infraestructura este construida. Al adicionar el componente estabilizador (cal) reducirá o eliminará los hinchamientos a causa de la minoración de flexibilidad.

✓ **Con respecto a su Resistencia a compresión**

Esta característica se encuentra sujeto al tipo de suelo en el que se esté. En algunos casos obtiene los 6 meses de tiempo que espera tener valores que necesita a la semana de redundar la consolidación con el componente estabilizador.

✓ **Con respecto a la Resistencia frente la acción del agua**

Reducen la sensibilidad ya que son suelos que se combinaron con cal y agua en donde Aquello es de suma relevancia.

✓ **Con respecto a su Permeabilidad**

La permeabilidad en los suelos tratados con cal se manifiesta en diversas etapas de una manera rápida dado a la combinación, en el proceso de transformación su composición en los suelos cambias pasan de ser un suelo arcilloso a un suelo arenoso dado a un aumento de absorción

## **b.) Suelos estabilizados con cemento**

Es una solución más industrial donde el cemento va a funcionar como punto de soldadura entre las partículas de suelo y las va unir una con otra manteniéndolas unidas durante mucho tiempo y al haber compactado previamente la base o subrasante a niveles de Próctor modificado donde se esperaría tener granulometría cerrada o granulometría continua entonces el resultado es un resultado impermeable y un resultado bastante duradero debido a que las transferencias de los esfuerzos a través del esqueleto mineral del suelo queda garantizada.

La ventaja del cemento es la durabilidad, no se modifica con la temperatura y no es susceptible al ataque del agua, como tal es el principal enemigo de la viabilidad. Es muy importante considerar el diseño en este tipo de soluciones, tenemos dos tipos básicos de diseño lo cual son: (el diseño estructural y el diseño de laboratorio de suelos) donde vamos a perseguir con el diseño de laboratorio es que el resultado del diseño de laboratorio es alcanzar un porcentaje de cemento adecuado para que en esa combinación de partículas que tiene el suelo en ese sitio en particular nos resulte adecuado para diseño estructural que requerimos. Cualquier suelo puede ser estabilizado cuando hablamos con cemento excepto los organizados.

En cuanto al diseño de mezcla Tenemos es bueno aclarar que tenemos 3 tipos de estabilización:

- **Estabilización en el mejoramiento de suelos**

Significa que vamos a tomar un sector del suelo el cual no tiene las características exactas, por ejemplo:

Estamos haciendo la caracterización del suelo y el valor del CBR de la subrasante lo conseguimos muy bajo ya que la norma nos permite que entre 3% – 6 % uno podrá mejorar el suelo y una de las técnicas es dosificar el cemento. Otra alternativa podría ser conseguir suelos expansivos donde se necesitará reducir el potencial expansivo del suelo, también que con pequeñas adiciones de cemento se pondrá controla como aumentar la

capacidad de soporte o reducir el potencial expansivo. En estos casos estamos hablando de mejoramiento de suelos y los porcentajes de cemento son relativamente bajos, no hay mucho diseño que hacer solamente hay que considerar a través del laboratorio que se pueden conseguir el mejoramiento que realmente requerimos.

- **Estabilización de bases estabilizadas con cemento**

En este caso estamos hablando de base estructural, estamos hablando de una ubicación dentro de la estructura del pavimento y no de un material. Se tiende a confundir mucho cuando se dice el termino base estabilizada con cemento a que se está estabilizando un material de base, el material de base que se utiliza como base es un geo material igual que cualquiera y debe ser caracterizado igualito que como cualquier material en el laboratorio para poder conseguirle el porcentaje de cemento adecuado a ese material en particular. Cualquier cosa que nosotros trabajemos termina siendo una base estructural entonces la base estructural tiene que ser diseñada estructuralmente y luego corroborada con el diseño estructural en el laboratorio para poder alcanzar la resistencia que se asumió en la etapa de diseño los porcentajes en estos casos varían del 2% - 12% y depende de las tensiones que nosotros necesitemos porque debemos reducir los esfuerzos que van a aplicar el trafico sobre este pavimento, lo vamos a reducir a los valores admisibles de la subrasante.

- **Estabilización de reciclado de pavimentos**

Lo que significa en este caso es que vamos a tomar el material que está en el sitio y lo vamos a mezclar produciendo un nuevo material, si nosotros tenemos un material natural pues el material es único, realmente no estamos cambiando el material si no que lo estamos homogenizando. Si nosotros tenemos una base granular contaminada entonces estamos mezclando y lo estamos sustituyendo en una nueva base esto es lo que se llama reciclado de pavimento entonces en estos casos el diseño es muy similar. Entonces tenemos que identificar cada uno de los materiales, hacer los ensayos correspondientes (laboratorio) y poder terminar que el material que requerimos según el diseño estructural era el que estamos alcanzando.

Con respecto a la Norma Técnica Peruana NYP 334.009, nos habla del cemento portland, se considera como cualquiera tipo de cemento el cual al mezclarse con agua sufre un proceso de endurecimiento, donde se elabora mediante la trituración y calcinación de piedra caliza – arcilla, se compone principalmente de Porcentaje de silicato de calcio hidráulico Suma de sulfato de calcio durante el proceso de molienda. El cemento Portland es una partícula muy fina, Es de color verde. Esto se forma cuando se combina con agua. Pasta elástica, después de la coagulación y fortalecimiento, tiene un buen Tiempo determinado de vida

### **Características De Suelos Que Se Estabilizan Con Cemento:**

Los suelos estabilizados con cemento consiguen poseer la siguiente clasificación:

#### **1. Con respecto a su característica en estado Fresco:**

- Plazo de trabajabilidad
- Estabilidad inmediata

#### **2. Con respecto a su característica Física – Mecánica:**

- Densidad
- Permeabilidad

#### **3. Con respecto a su Resistencia Mecánica:**

Esencialmente para que exista necesita del:

- Densidad obtenida en la compactación
- Humedad del compuesto
- Contenido de humedad
- Tiempo de vida del material
- Temperaturas por el que se tuvo que pasar

#### 4. Durabilidad

El comportamiento frente a los ciclos de heladas y humedad. Secado: el comienzo del endurecimiento del material. El tratamiento y fraguado con cemento puede retrasarse o Cuando están parados cuando se manifieste heladas, debido al trabajo. La hinchazón del agua intersticial restringe el desarrollo. Estos procesos son normales. Bajo ciertas circunstancias, La conversión de hielo producirá des compactación de materiales. Sin embargo, en algunos casos, Establecer la transformación para continuar la transformación con regularidad cuando la temperatura alcanza el valor normal.

Comportamiento de densidad en ambientes agresivos: La situación ocurre en lugares que contienen sulfatos y aguas subterráneas. Existen, como magnesio, sodio o potasio). Ocasionando un conflicto entre ellos mismos con el cemento. Esta lucha alcanzaría originar al responder al sulfato con las siguientes sustancias, esto puede causar conflictos con el Aluminato tricálcico elaborado durante el proceso de hidratación cemento.

Por tanto, acelera la respuesta e Implica la separación de la cubierta de cemento. Esto El ataque sigue Concentración de sulfato en aguas subterráneas.

Hay diversos tipos de suelos para el cual se emplea diferentes volúmenes de cemento detallados en la presenta tabla n°5:

Tabla n° 5

*Cemento requerido por volumen para la estabilización de varios suelos*

Tipo de suelo		
Clasificación AASHTO	Clasificación Unificada	% de cemento por volumen
A-2 y A-3	GP, SP y SW	6-10
A-4 y A-5	CL, ML y MH	8-12
A-6 y A-7	CL, CH	10-14

*Fuente:* (Principios de Ingeniería de Cimentaciones, pág. 814)

### **c.) Suelos estabilizados con Emulsiones Asfálticas**

Cuando hablamos de estabilizaciones de suelos con emulsión asfáltica obviamente estamos hablando de estabilizar materiales ya sea granulares, grueso o finos. Es importante que, cuando hablamos de suelos por ejemplo cuando presentan algún nivel de plasticidad al estabilizarlos con emulsiones el IP (índice de plasticidad) siempre tenga ser menor a 8.

Sucede que cuando los valores de IP son muy elevados la estabilización de suelos acaba siendo muy compleja con la emulsión principalmente cuando se pretende hacer la estabilización INSITU porque empiezan a generarse unas bolas justamente directo en las fracciones arcillosas. Si bien es cierto que la estabilización de suelos, se puede hacer con cualquier tipo de suelo ya sean granulares, suelos gruesos o suelos finos el tema del IP si es importante, de preferencia es tener un IP bastante bajo y en lo posible si el suelo es un no plástico tipo un suelo arenoso es excelente para estabilizar porque lo que va a pasar es que vamos a consumir menos tasas de emulsión y obviamente eso va ser que la solución sea técnico o económicamente mucho más viable, entonces a mayor porcentaje de IP el tema de contenido de emulsión también tiende a incrementarse por eso es que cuando el IP es más bajo es mucho más eficiente estos procesos de estabilización con emulsiones asfálticas.

Unos de los conceptos en estabilización con emulsión asfáltica es que al estabilizar estos suelos o materiales de base lo que vamos a lograr pues con este suelo es lograr una adecuada estabilidad ante las solicitaciones de carga y obviamente también vamos a generar una impermeabilización en esa capa y vamos hacerlo mucho más durable frente a las solicitaciones de tránsito. La característica principal que se podría hablar de este proceso de estabilización es que vamos a lograr una capa flexible, una capa totalmente flexible no va ser una capa rígida entonces va a poder trabajar muy bien en soluciones de pavimentos que tienen grandes deformaciones y todo ello porque va a tener la flexibilidad y a su vez va tener la resistencia para poder soportar.

#### **d.) Suelos estabilizados con Cloruro de Sodio**

El uso de cloruro de sodio como estabilizador químico ya sea de suelos arcillosos es sumamente importante. Estos suelos tienen problemas debido a su alta plasticidad, lo que reduce la capacidad de carga y la inestabilidad de volumen como en relación de la humedad, por lo tanto, nuestro principal objetivo es establecer la concentración óptima de cloruro de sodio para generar mejoras en las propiedades físicas y mecánicas a través de procedimientos de laboratorio.

La sal se utiliza como agente de control del polvo porque puede capturar la humedad del aire, por lo que es un excelente agente de control del polvo. Porque mantiene suficiente contenido de humedad de la capa. Es aplicable como sal más agua. La proporción a usar es de 150grs / m<sup>2</sup> por cm de espesor de capa estabilizada y el límite es de 8 cm. Cuando se considera que tuvo una pérdida de sal es debido al tráfico y las condiciones climáticas a razón de lluvias que se puedan presentar, se debe rociarse con una determinada proporción de 450grs por el metro cuadrado.

Tabla n° 6

*Características típicas de la sal (cloruro de sodio)*

<b>Características</b>	<b>Límites</b>
Cloruro de sodio, %	98.00 – 99.70
Humedad	2.00 – 3.60
Materia insoluble	0.007– 0.175
Ion calcio, %	0.035 0–910
Ion magnesio, %	0.002 – 0.074
Ion sulfato, %	0.125 –0.355
Tamiz 4.75 mm (N°4)	20 – 55%
Tamiz 1.18 mm (N°16)	50 – 70%
% Pasa Tamiz 1.118 mm (N°16)	13% máx.

*Fuente:* (Manual de Especificaciones Técnicas Generales para construcción de Carreteras no Pavimentadas de bajo Volumen de Tránsito)

### **e.) Suelos estabilizados con Cloruro de Calcio**

La mezcla de piedra caliza más ácido clorhídrico dan como resultado al cloruro de calcio. Al llevar a cabo esta combinación se produce una mezcla que es primordial hacia la estabilización en obras viales.

El cloruro de sodio se saca en forma de sal más agua así mismo se alcanza conseguir de ciertos arroyos, no obstante, la fuente más usual es el conseguido en la elaboración de carbonato de sodio.

El uso de cloruro de calcio como estabilizador químico es de suma importancia debido que mejora la estabilidad de los pavimentos así mismo a su compactación que atribuye con la resistencia del suelo existente.

Se logran emplear en 2 tipos:

- ✓ Referente a pelotillas / Tipo II donde su dosificación de tipo II es 7-10 lbs de Tipo I o también puede ser de 5.6 – 8 lbs de tipo II por tonelada del suelo.
- ✓ Con relación en granos regulares o también de tipo I

### **f.) Suelos estabilizados con Polímeros**

Los agentes estabilizadores de polímeros sintéticos están hechos para mejorar Estructura del suelo. Cuando los polímeros se unen al suelo los resultados son muy beneficiosos, pero la dosis requerida es muy costosa. La dosis poliácridamida aniónica de ciba specialty (PAM) Utilizado en productos químicos estables. Estos productos se pueden aplicar Menos que otros polímeros sintéticos Existe y es muy eficaz.

Los polímeros son necesarios para la erosión del suelo. La forma del estabilizador es extraordinaria; estos materiales son así Comprenderlos mejor como "potenciadores de la compactación" en lugar de Como estabilizador. Llegó una gran cantidad de productos comerciales En esta categoría, su efectividad varía mucho, Depende del tipo y composición del suelo. aditivo.

El uso de cloruro de polímeros como estabilizador químico es de suma importancia debido que mejora la estabilidad de los pavimentos así mismo a su compactación que atribuye con la resistencia del suelo existente.

### 2.3. Marco conceptual

- **Aditivos Químicos:** Sustancias que agrega a un Material específico para mejorar sus características y calidad así mismo aumentar la vida útil del Material.
- **Agregados:** Es un grupo de partículas inorgánicas de origen natural o artificial. Su tamaño está incluido en la NTP 400.011.
- **Base Granular:** Es un material granular grueso, que se encuentra entre el asfalto o concreto en la estructura del pavimento.
- **Camino Vecinal:** Gramaticalmente, son destinados al servicio de los vecinos como accesos para sus casas.
- **Capacidad Portante:** La capacidad del suelo para soportar la carga que se le aplica.
- **Cemento:** Es un material de construcción compuesto de sustancias en polvo, cuando se mezcla con agua u otras sustancias, formará una pasta blanda y se endurecerá cuando entre contacto con el agua o el aire.
- **Compacidad del suelo:** Grado de compactación del suelo. Generalmente la compacidad del suelo es un atributo importante de carreteras, terraplenes y todo tipo de rellenos.
- **Contenido de humedad en los agregados:** Porción de agua contenida en la determinación del contenido total de la muestra (masa).
- **Compresión:** Es el resultado de las tensiones presentes en un medio sólido o continuo deformable, y se caracteriza porque tiende a reducir su volumen.
- **Durabilidad:** Capacidad de Resistencia a la intemperie, corrosión química, o cualesquiera otras condiciones de servicio de la estructura.
- **Estabilización de suelos:** Técnica que implica mejorar el suelo existente mediante la adición de aditivos químicos.
- **Ensayo:** Pruebas que se contemplan para determinar si las cosas funcionan como se espera.

- **Estructura:** Construcción diseñada para soportar su propio peso y presencia de efectos externos sin perder sus condiciones funcionales.
- **Laboratorio:** El organismo auxiliar competente empleado por la unidad es responsable de la verificación, análisis y valoración de todo el proceso de la obra.
- **Plasticidad:** Propiedad que posee un material que le permite ser modelado o trabajado para cambiar de forma.
- **Resistencia:** Comportamiento mecánico de un material. Se entiende como la resistencia al corte.
- **Suelo:** Es el sustrato físico sobre el que se ejecutan obras, comprende con propiedades físicas - mecánicas, especialmente las mecánicas son muy importantes.
- **Vida de servicio:** Dentro de un periodo de tiempo la estructura podrá realizar su función para las cuales fue proyectada.

## 2.4 Variables e Indicadores:

### 2.4.1 Variable 1:

- Estabilización de suelos

### 2.4.2 Variable 2:

- Uso de aditivos químicos

## 2.4.3 Operacionalización de variables

Tabla n° 7

Operacionalización de variables

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Dimensiones	Indicadores
ESTABILIZACIÓN DE SUELOS	la estabilización de suelos es unir las partículas y fijarlas garantizando que mantenga la condiciones o las mejores condiciones en que nosotros hayamos podido llevar ese suelo.	Es una técnica que tiene como objetivo mejorar las características de un suelo existente agregando un aditivo químico para permitir su aprovechamiento.	Reducción de plasticidad	$P_m = \frac{Mt - Mmd}{V} \frac{g}{cm^3}$
			Aumento de la capacidad de soporte	$q_{adm} = \frac{q_{última}}{FS} \frac{kg}{cm^2}$
			Optimización en Elaboración del Presupuesto	Metrados y Análisis de costos unitarios S/. (Soles)
USO DE ADITIVOS QUÍMICOS	Productos que se añaden en determinadas proporciones a ciertos materiales para mejorar sus cualidades. Con el propósito de producir una modificación y mejora en sus propiedades originales	Sustancias que se agrega a un material específico para lograr mejorar significativa en sus propiedades y calidad así mismo prolongar una mayor vida útil del material.	Adición de aditivos y reducción de humedad del material	Ensayos de Laboratorio
			Mitigación de Figuras	Calor de Hidratación
			Impacto Ambientales	Meno usos de recursos y baja demanda de equipos y transporte.

Fuente: Elaboración Propia

### 3. METODOLOGIA EMPLEADA

#### 3.1. Tipo y nivel de investigación

- Por el propósito: Aplicada
- Por el nivel de conocimientos que se adquiere: Descriptiva
- Por la clase de medios utilizados los datos: De campo

#### 3.2. Población y Muestra de Estudio

##### 3.1.1. Población

- Se consideró el Camino Vecinal Pampas de Cochaya – Olaya, Mache – Otuzco - La Libertad.

##### 3.1.2. Muestra

- 3.00 km del camino vecinal Pampas de Cochaya – Olaya, Mache – Otuzco - La Libertad.

En el manual precisa que, para los casos de carreteras con bajo volumen de tránsito, se efectuará un punto de exploración (calicata) por cada km de tramo, como detalla la tabla n°9, con el fin de establecer las propiedades físico – mecánicas de materiales de la subrasante.

Tabla n° 8

*Numero de calicatas para exploración de suelos*

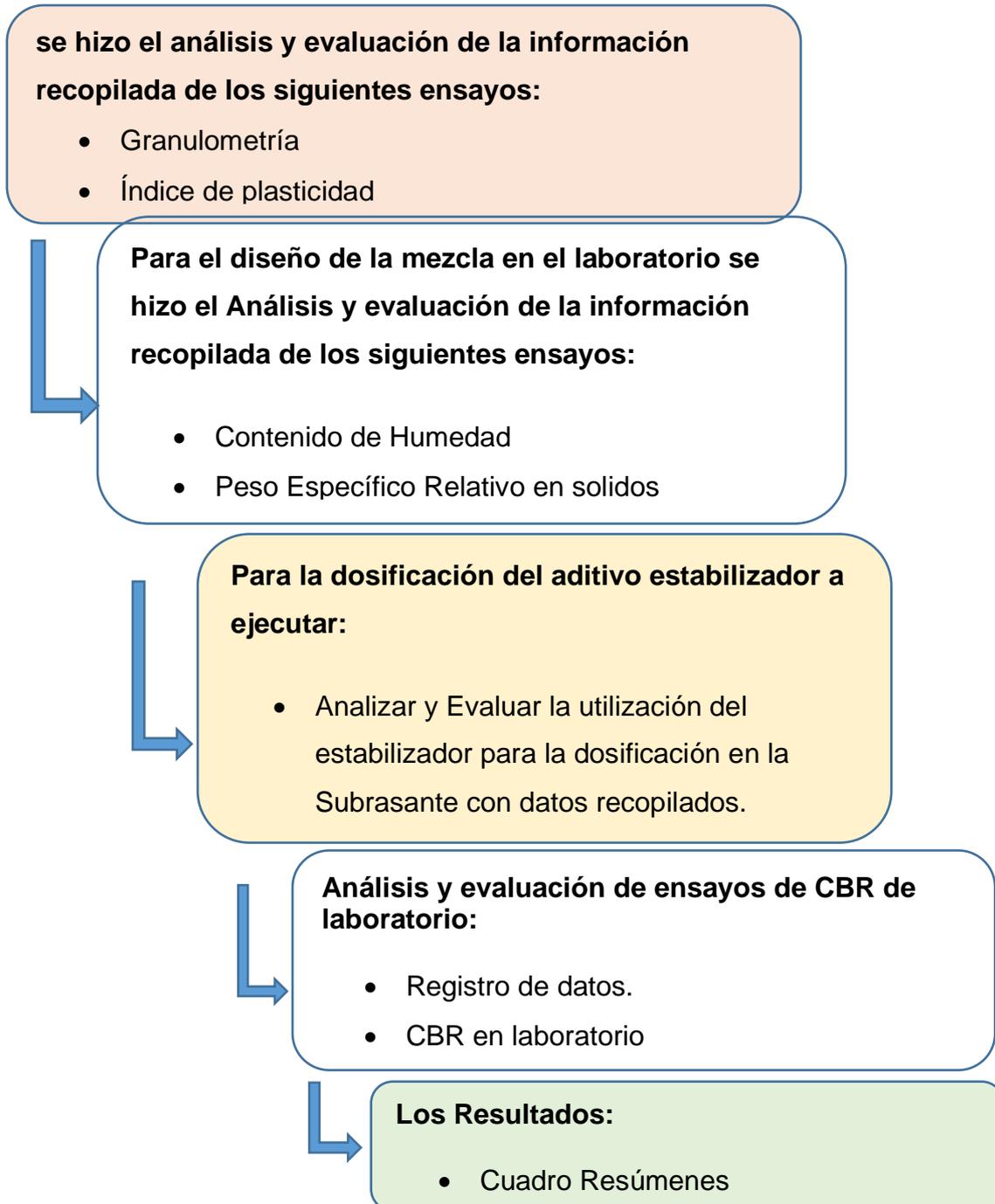
Tipo de carretera	Profundidad (m)	Nuero min. De calicatas	Observación
Carreteras de bajo volumen de transito: IMDA < 200 veh/día 1 calzada	1.50 m con respecto al nivel de subrasante	1 calicata cada 1 km	Las calicatas tendrán una ubicación longitudinal en forma alternada

Fuente: (MTC, 2013)

### 3.1.3. Unidad de Análisis

- 3.00 km del camino vecinal Pampas de Cochaya – Olaya, Mache – Otuzco - La Libertad

### 3.3. Diseño de Investigación



**Figura 7:** Diseño de la Investigación

**Fuente:** Elaboración Propia

### 3.4. Técnicas e Instrumentos de Investigación

Tabla 9

*Técnicas e instrumentos de investigación*

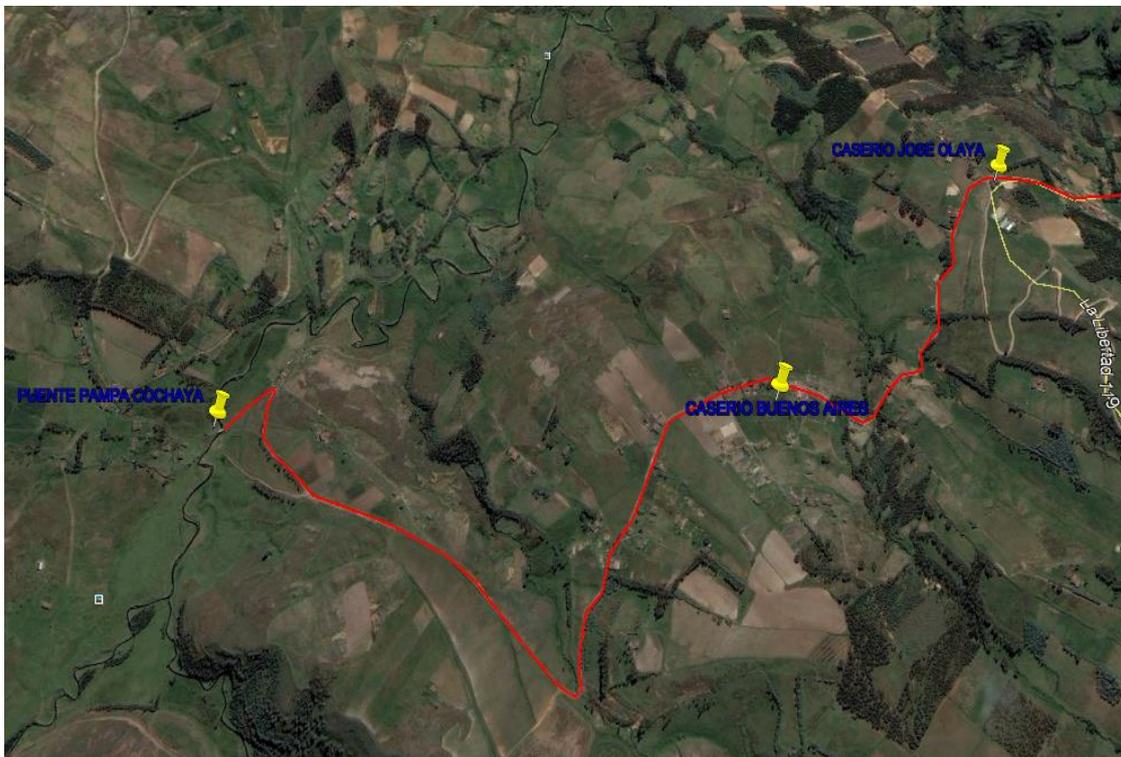
Objetivo Específicos	Población	Muestra	Técnica	Instrumentos
Realizar el levantamiento topográfico Pampas de Cochaya - Olaya, Mache - Otuzco - La Libertad.	Se consideró el camino vecinal Pampas de Cochaya - Olaya, Mache - Otuzco - La Libertad	3 .00 km del camino vecinal de Pampas de Cochaya - Olaya, Mache - Otuzco - La Libertad	Observación	Fichas
Evaluar las propiedades físicas y mecánicas del suelo a través de la realización del estudio de mecánica de suelos.			Procesamiento de información	Cuadros Tablas
Determinar el porcentaje de la reducción de plasticidad en suelos estabilizados con el uso de aditivos químicos.			Procesamiento de información	Cuadros Tablas
Determinar la influencia de uso de aditivos químicos en la capacidad de soporte en los suelos estabilizados.			Procesamiento de información	Cuadros Tablas
Determinar la influencia del uso de aditivos químicos en la elaboración del presupuesto de mejoramiento del camino vecinal			Procesamiento de información	Cuadros Tablas

### 3.5. Procesamiento y Análisis de Datos

La tesis desarrolló el análisis y la evaluación de los datos recopilados, de los Ensayos de Mecánica de Suelos procesándolos a través de hojas de cálculo Excel de la subrasante. Los datos de la subrasante se obtuvo las características físicas-mecánicas las cuales se analizó para la propuesta de estabilización de suelos. Por otro lado, se realizó el Levantamiento topográfico del camino vecinal para que así nos permita determinar con exactitud las características del terreno en planimetría, altimetría y consideraciones de estructuras existentes así mismo determinar longitudes, volúmenes en el desarrollo de estabilización en la trocha a mejorar.

#### 3.5.1. Replanteo topográfico

Ubicación del tramo para el levantamiento:



*Figura 8: imagen del tramo extraído del google earth.*

Para la ejecución del levantamiento topográfico se efectuó lo siguiente:

1. Primeramente, se georreferenció con 2 puntos de control, a manera de estación base de partida para poder hacer la toma de puntos.
2. Se levantó en campo cada detalle planimétrico como: puentes existentes ríos, casas, terreno natural, etc.
3. Se almaceno toda la información en el equipo topográfico (en la memoria interna).
4. Se efectuó los siguientes límites de precisión para el levantamiento:

Tabla n° 10

*Cuadro de tolerancia de Poligonales Topográficas abiertas*

Descripción	Control con Estación Total	
	Cuarto orden	Poligonal Secundarias
Límite de error Acimutal	$10''(N)^{\frac{1}{2}}$	$20''(N)^{\frac{1}{2}}$
Máx. error en la medición de la distancia	1: 10,000	1: 5,000
Cierre después del ajuste Acimutal	1: 5,000	1: 3,000
Criterio de cálculo Y compensación.	Mc o Crandall	Mc o Crandall

Fuente: Base de datos

Elaboración propia

5. Posteriormente se efectuó el reconocimiento del terreno para ver las características más predominantes por consiguiente la ubicación de puntos de control inicial.

6. Se llevó a cabo la marcación de los puntos de la poligonal de cuarto orden. Con respecto a las mediciones de ángulos horizontales, y verticales, así como también la distancias siendo las referencias de ptos. de partida (E1; E2).
7. Se logró obtener los ángulos internos, así como también los ángulos directos, apoyados en el equipo topográfico (estación total).
8. Se realizó la medición de los lados de la poligonal a través del distanciámetro del equipo topográfico donde la precisión es de 0.001m.
9. Se efectuó el levantamiento taquimétrico para tener los detalles del terreno.
10. Se levantaron los puntos topográficos como nudos orientados a generar curvas de niveles.
11. Los puntos estuvieron apoyados en coordenadas y cotas a partir de las estaciones de control.
12. Finalmente se pasó a procesar las informaciones recopiladas en el gabinete tal como:
  - Ordenamiento de datos.
  - importación de puntos
  - cálculo de las coordenadas
  - Cálculo de las coordenadas Topográficas.
  - Calculo de las cotas de puntos de la poligonal.
  - Dibujo de planos.
13. Se generó los trazos de los planos, que fueron procesados en dibujos sectorizados en programas tales como:
  - AutoCAD
  - Civil 3d

### **3.5.2. Metodología de Estabilización**

#### **1. Planificación de la prueba en tramo elegido.**

##### **1.1. Escarificado de la subrasante**

Para la propuesta de estabilización se coordinó un tramo de prueba de estabilización química en la cual se comenzará con el escafricado de la subrrasante.

##### **1.2. Nivelación del material:**

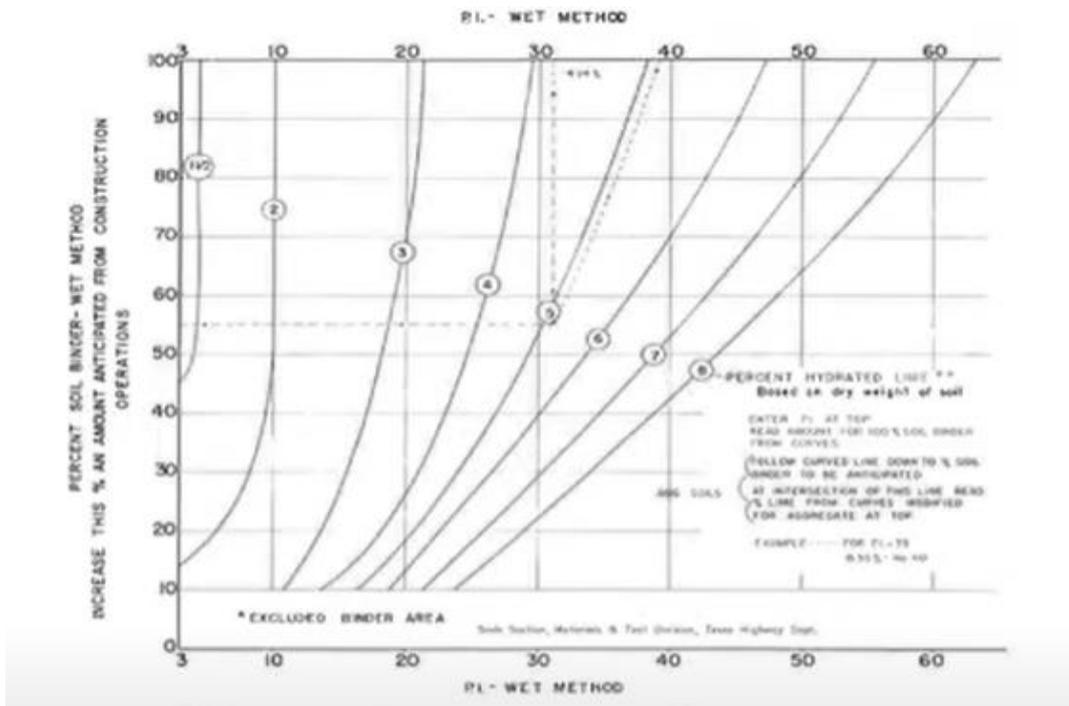
Cuando se haya completado el proceso de escafricación y previamente se acontezca el humedecido del tramo de prueba se procede a un emparejamiento del tramo para que así esté listo para recibir la aplicación de los aditivos químicos pare que así se continúe con el proceso de compactación.

##### **1.3. Aplicación del aditivo:**

(López & Ortiz, 2018) Nos menciona que para la utilización de aditivos químicos se toma en consideración la proporción de la mezcla después de haberse encontrando una correcta dosificación, para la dosificación se puede utilizar 2 métodos (método ASTM D6276-19 y el método grafico AASTHO T 220-66 (2013), en la presente investigación se empleó el segundo método detallándose en la siguiente manera:

##### **Método Grafico AASTHO T 220-66 (Demanda minina de cal):**

En la figura n° encontramos la gráfica en lo cual se nos basa nuestro método, por una parte, tenemos en el lado izquierdo lo que es el % de material que pasa por el tamiz N° 40 y en el lado horizontal encontramos en Índice Plástico del material. Como podemos observar son datos básicos en una calidad de suelo, son datos que indiscutiblemente debemos conocer en el suelo al cual se dará un tratamiento.



**Figura 9:** Demanda mínima de % de cal (Método Gráfico AASTHO T 220-66)

Desarrollo del Método:

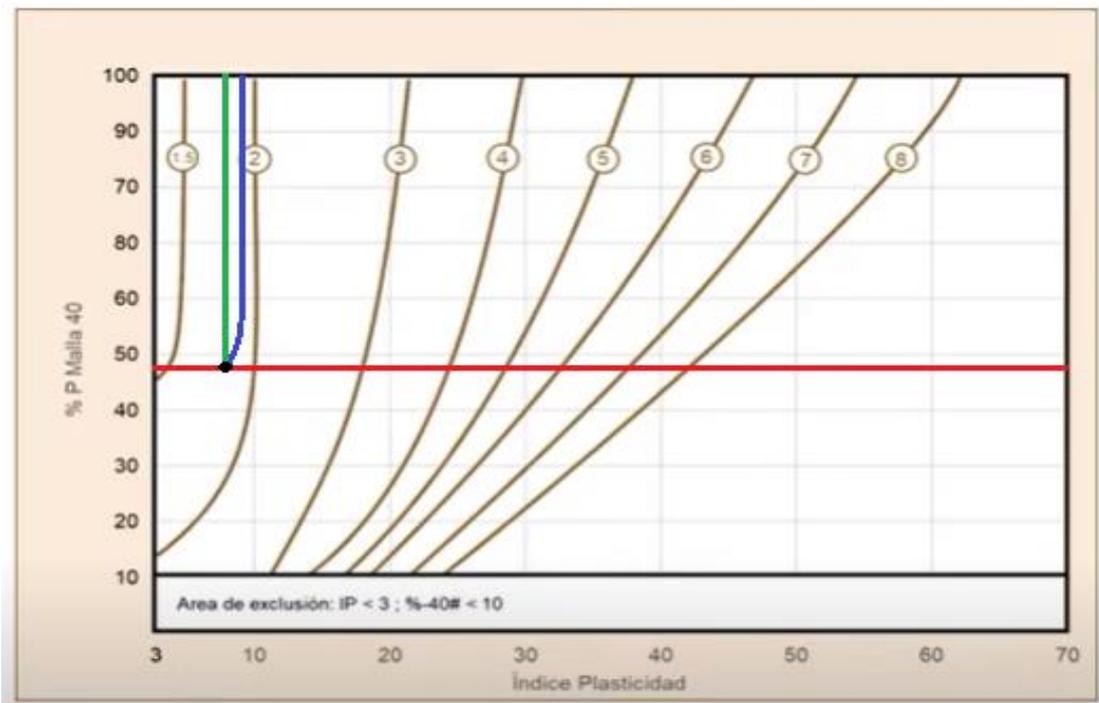
Los procedimientos que se detallaran a continuación se realizara para todas las muertas (M1, M2, M3)

1. En la gráfica ubicaremos en el lado izquierdo en punto en el que pasa el % del material por el tamiz N° 40.
2. En la parte superior de la gráfica ubicaremos el valor del Índice de Plasticidad del material.
3. Una vez ubicado el punto del valor de Índice de Plasticidad se empezará a graficar una curva que se adapte a la curva más cercana del % de adición de cal que viene marcado en la gráfica.
4. Una vez haciendo el paso 2 y 3, se generará una intersección entre la curva y la recta, es allí donde se trazará una línea vertical en plena intersección hacia la parte superior de la gráfica.
5. Como parte final Analizaremos la línea recta trazada ya que ese será el punto que nos marcará el % de cal que tenemos que adicionar al suelo.

Después del método descrito líneas arriba, se empezará con el desarrollo:

**A. Para la muestra M-1:**

- % que pasa por el tamiz N° 40: 47.92
- Valor del Índice de plasticidad: 7.61
- Grafica para la muestra M-1

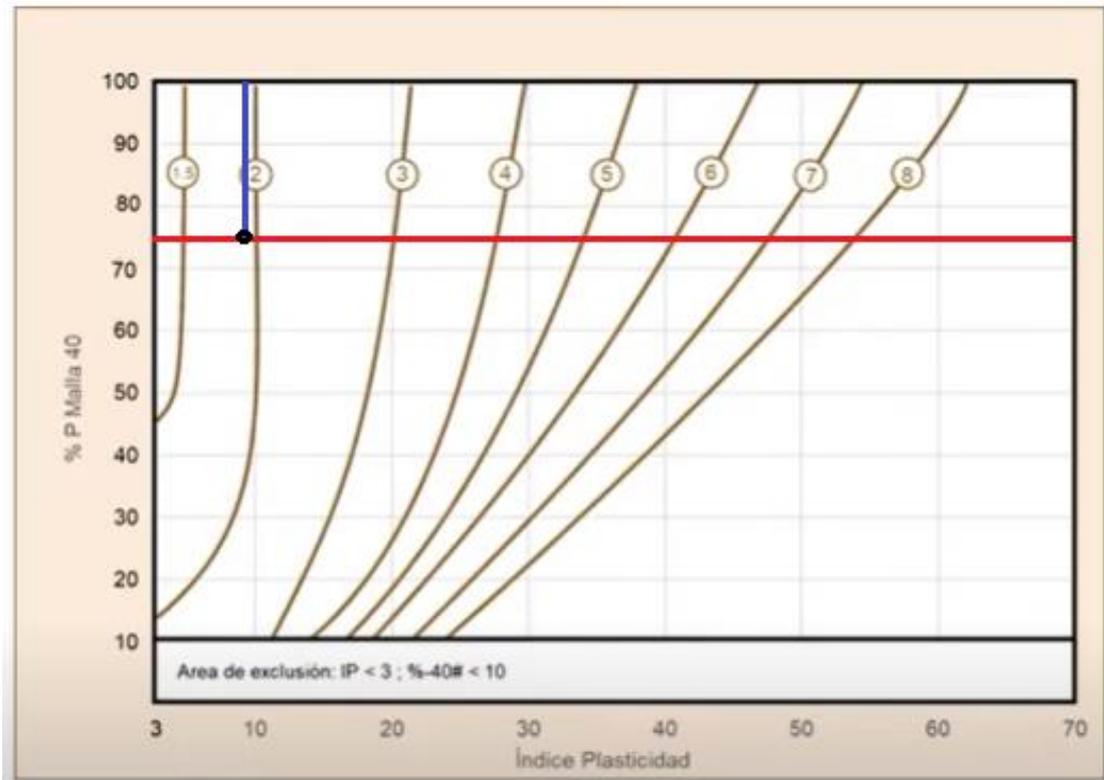


**Figura 10:** Demanda mínima de cal para la M-01

Por las deficiencias operativas en campo siempre es bueno optar por el valor más superior, nuestra recomendación es que la demanda mínima que requiere de cal este suelo es del 2 %

**B. Para la muestra M-2:**

- % que pasa por el tamiz N° 40: 75.18
- Valor del Índice de plasticidad: 9.25
- Grafica para la muestra M-2

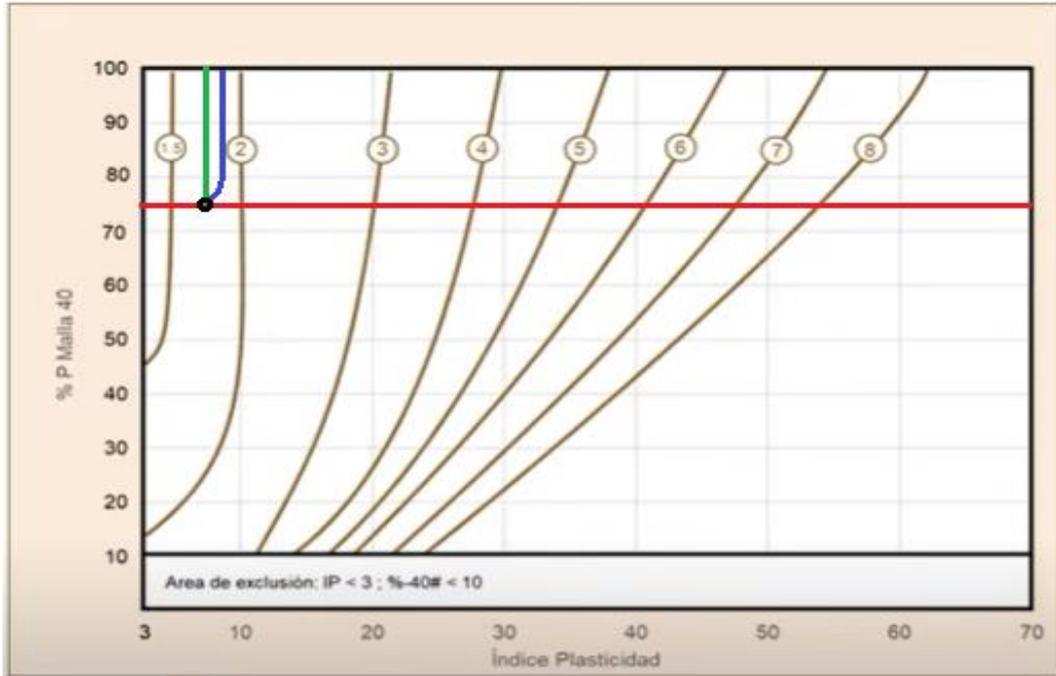


**Figura 11:** Demanda mínima de cal para la M-02

Por las deficiencias operativas en campo siempre es bueno optar por el valor más superior, nuestra recomendación es que la demanda mínima que requiere de cal este suelo es del 2 %.

**C. Para la muestra M-3:**

- % que pasa por el tamiz N° 40: 74.73
- Valor del Índice de plasticidad: 7.89
- Grafica para la muestra M-3



**Figura 12:** Demanda mínima de cal para la M-03

Por las deficiencias operativas en campo siempre es bueno optar por el valor más superior, nuestra recomendación es que la demanda mínima que requiere de cal este suelo es del 2 %.

Se obtuvieron las siguientes dosificaciones:

Tabla n° 11

Método Gráfico ASSTHO T 220-66 (Demanda mínima de cal)

% de cal	Muestra M-1	Muestra M-2	Muestra M-3
2%	X	X	X
4%	-	-	-
6%	-	-	-
8%	-	-	-

Fuente: Resultados del Análisis

Elaboración Propia

## 4. PRESENTACION DE RESULTADOS

### 4.1. Análisis e interpretación de resultados

#### 4.1.1. Levantamiento topográfico de lo existente en el tramo

##### 4.1.1.1 Georreferencia de puntos de control UTM

Tabla n° 12

Cuadro resumen de los puntos de control, zona 17

COORDENADAS UTM				
Ptos.	Nombre	Norte	Este	Cota
1	BM1	9112406.448	769287.326	2556.596
2	BM2	9112027.174	769614.341	3056.552

Fuente: Base de datos

Elaboración propia

##### 4.1.1.2 Elementos de curva

Tabla n° 13

Cuadro de los elementos de curvas

TABLA DE ELEMENTOS DE CURVA							
N°	Ang.Dleflex	Sentido	Radio	Long	PC	PT	PC
C1	44°17'49"	I	25	19.33	0+005.41	0+024.74	0+015.59
C2	36°36'28"	D	30	19.17	0+027.91	0+047.08	0+037.83
C3	24°07'46"	I	30	12.63	0+078.87	0+091.50	0+085.28
C4	170°23'06"	D	12.59	37.45	0+108.64	0+146.09	0+258.36
C5	26°45'33"	I	30	14.01	0+165.75	0+179.76	0+172.88
C6	39°24'26"	I	50	34.39	0+215.17	0+249.56	0+233.07
C7	11°46'57"	I	50	10.28	0+272.95	0+283.23	0+278.10
C8	11°00'54"	D	50	9.612	0+323.72	0+333.34	0+328.55
C9	73°29'58"	D	25	32.07	0+451.35	0+483.42	0+470.02
C10	143°52'10"	I	15	37.67	0+557.07	0+594.74	0+603.06
C11	10°40'20"	D	60	11.18	0+667.04	0+678.22	0+672.65
C12	70°15'42"	I	15	18.39	0+738.00	0+756.39	0+748.55
C13	80°57'17"	D	15	21.19	0+770.61	0+791.81	0+783.41
C14	23°01'51"	D	50	20.1	0+804.24	0+824.34	0+814.42
C15	16°37'21"	D	50	14.51	0+858.52	0+873.02	0+865.82

C16	8°16'34"	D	50	7.222	0+974.76	0+981.98	0+978.38
C17	2°28'59"	I	50	2.167	1+073.32	1+075.49	1+074.40
C18	10°40'12"	I	50	9.311	1+202.77	1+212.08	1+207.43
C19	134°06'55"	D	15	35.11	1+231.22	1+266.33	1+266.66
C20	17°02'48"	I	50	14.88	1+300.94	1+315.82	1+308.43
C21	30°03'42"	D	50	26.23	1+362.00	1+388.24	1+375.43
C22	18°28'17"	I	50	16.12	1+419.98	1+436.09	1+428.11
C23	9°10'12"	I	50	8.002	1+448.25	1+456.25	1+452.26
C24	28°26'46"	D	50	24.82	1+485.06	1+509.88	1+497.73
C25	13°35'14"	I	50	11.86	1+547.07	1+558.93	1+553.03
C26	0°00'16"	D	50	0.004	1+661.67	1+661.68	1+661.68
C27	42°09'34"	D	50	36.79	1+739.67	1+776.46	1+758.94
C28	27°59'09"	D	50	24.42	1+915.54	1+939.96	1+928.00
C29	5°05'07"	I	50	4.438	1+989.92	1+994.36	1+992.14
C30	21°53'23"	D	50	19.1	2+027.45	2+046.55	2+037.12
C31	37°30'13"	D	50	32.73	2+064.63	2+097.36	2+081.60
C32	35°00'40"	I	50	30.55	2+100.76	2+131.31	2+116.53
C33	86°15'48"	I	20	30.11	2+171.25	2+201.36	2+189.98
C34	12°54'23"	D	50	11.26	2+217.33	2+228.59	2+222.98
C35	53°00'01"	D	25	23.13	2+290.51	2+313.64	2+302.98
C36	97°21'19"	D	15	25.49	2+327.80	2+353.29	2+344.86
C37	50°48'13"	I	30	26.6	2+365.25	2+391.85	2+379.50
C38	15°43'53"	I	50	13.73	2+418.36	2+432.09	2+425.27
C39	34°05'44"	D	25	14.88	2+449.07	2+463.95	2+456.73
C40	18°27'47"	I	50	16.11	2+485.16	2+501.28	2+493.29
C41	28°06'26"	D	50	24.53	2+531.91	2+556.44	2+544.43
C42	39°46'53"	I	25	17.36	2+575.58	2+592.93	2+584.62
C43	23°35'47"	D	50	20.59	2+621.96	2+642.55	2+632.40
C44	10°31'44"	I	50	9.188	2+693.12	2+702.31	2+697.73
C45	37°42'04"	D	50	32.9	2+723.06	2+755.96	2+740.13
C46	38°23'38"	D	50	33.51	2+779.68	2+813.19	2+797.09
C47	7°41'00"	D	50	6.705	2+868.49	2+875.19	2+871.85
C48	24°02'09"	D	50	20.98	2+912.09	2+933.07	2+922.74
C49	17°23'33"	I	50	15.18	2+939.85	2+955.03	2+947.50
C50	28°25'32"	I	25.49	12.65	2+980.73	2+993.37	2+987.18
C51	20°49'17"	D	50	18.17	3+022.34	3+040.51	3+031.53

Fuente: Base de datos

Elaboración Propia

#### 4.1.1.2 Coordenadas de Elementos

Tabla n° 14

*Cuadro de coordenadas de elementos de curva*

<b>TABLA DE ELEMENTOS DE CURVA</b>					
<b>N°</b>	<b>PC</b>	<b>PT</b>	<b>PC</b>	<b>NORTE</b>	<b>ESTE</b>
C1	0+005.41	0+024.74	0+015.59	9112413.4	769330.17
C2	0+027.91	0+047.08	0+037.83	9112434.8	769339.36
C3	0+078.87	0+091.50	0+085.28	9112459	769380.98
C4	0+108.64	0+146.09	0+258.36	9112599.6	769482.17
C5	0+165.75	0+179.76	0+172.88	9112441.1	769404.46
C6	0+215.17	0+249.56	0+233.07	9112380.7	769405.14
C7	0+272.95	0+283.23	0+278.10	9112345.1	769435.03
C8	0+323.72	0+333.34	0+328.55	9112313.9	769474.72
C9	0+451.35	0+483.42	0+470.02	9112206.8	769567.21
C10	0+557.07	0+594.74	0+603.06	9112090.4	769492.53
C11	0+667.04	0+678.22	0+672.65	9112135.2	769608.05
C12	0+738.00	0+756.39	0+748.55	9112149	769682.71
C13	0+770.61	0+791.81	0+783.41	9112186.1	769688.73
C14	0+804.24	0+824.34	0+814.42	9112186	769724.15
C15	0+858.52	0+873.02	0+865.82	9112165.7	769771.64
C16	0+974.76	0+981.98	0+978.38	9112093.5	769858.16
C17	1+073.32	1+075.49	1+074.40	9112022	769922.29
C18	1+202.77	1+212.08	1+207.43	9111926.9	770015.32
C19	1+231.22	1+266.33	1+266.66	9111893	770063.88
C20	1+300.94	1+315.82	1+308.43	9111969.5	770051.54
C21	1+362.00	1+388.24	1+375.43	9112036	770060.74
C22	1+419.98	1+436.09	1+428.11	9112078	770093.52
C23	1+448.25	1+456.25	1+452.26	9112100.9	770101.62
C24	1+485.06	1+509.88	1+497.73	9112145.7	770109.76
C25	1+547.07	1+558.93	1+553.03	9112189.2	770144.7
C26	1+661.67	1+661.68	1+661.68	9112287.6	770190.92
C27	1+739.67	1+776.46	1+758.94	9112375.6	770232.29
C28	1+915.54	1+939.96	1+928.00	9112441.5	770389.9
C29	1+989.92	1+994.36	1+992.14	9112435.5	770454.26
C30	2+027.45	2+046.55	2+037.12	9112435.3	770499.24
C31	2+064.63	2+097.36	2+081.60	9112418.5	770540.68

C32	2+100.76	2+131.31	2+116.53	9112387.3	770558.96
C33	2+171.25	2+201.36	2+189.98	9112356.3	770626.63
C34	2+217.33	2+228.59	2+222.98	9112391.8	770645.8
C35	2+290.51	2+313.64	2+302.98	9112452	770698.58
C36	2+327.80	2+353.29	2+344.86	9112448.7	770742.14
C37	2+365.25	2+391.85	2+379.50	9112491.9	770739.8
C38	2+418.36	2+432.09	2+425.27	9112524	770775.06
C39	2+449.07	2+463.95	2+456.73	9112550.8	770791.77
C40	2+485.16	2+501.28	2+493.29	9112587.8	770790.4
C41	2+531.91	2+556.44	2+544.43	9112637	770804.82
C42	2+575.58	2+592.93	2+584.62	9112666	770833.32
C43	2+621.96	2+642.55	2+632.40	9112714.4	770837.27
C44	2+693.12	2+702.31	2+697.73	9112772.2	770868.34
C45	2+723.06	2+755.96	2+740.13	9112812.6	770881.26
C46	2+779.68	2+813.19	2+797.09	9112845.6	770929.19
C47	2+868.49	2+875.19	2+871.85	9112840.5	771005.09
C48	2+912.09	2+933.07	2+922.74	9112830.4	771054.96
C49	2+939.85	2+955.03	2+947.50	9112815.8	771075.37
C50	2+980.73	2+993.37	2+987.18	9112803.4	771113.19
C51	3+022.34	3+040.51	3+031.53	9112811.3	771157.09

Fuente: Base de datos

Elaboración propia

#### 4.1.2. Ensayos de laboratorio

##### 4.1.2.1 Análisis Granulométrico por tamizado, Clasificación AASHTO y SUCS

Tabla n° 15

*Cuadro de resumen de ensayo de análisis granulométrico por tamizado, ASSTHO Y SUCS*

N°	Calicata	PROF (M)	Progresiva (km)	Granulometría			Clasificación	
				% G	%A	%F	SUCS	AASHTO
1	C-1	1.50	1 + 000	1.19	47.21	51.60	CL	A4 (3)
2	C-2	1.50	2 + 000	1.05	47.73	51.23	CL	A4 (3)
3	C-3	1.50	3+ 000	0.95	45.95	53.10	CL	A4 (3)

Fuente: Base de datos del expediente Técnico

Elaboración Propia

#### 4.1.2.2 Limite liquido (LL), Limite plástico (LP) e índice de plasticidad

Tabla n° 16

*Cuadro resumen, ensayo límite líquido, límite plástico, Índice de plasticidad*

N°	CALICATA	PROF (m)	Progresiva	LL	LP	IP
			(km)	%	%	%
1	C-1	1.50	1+000	23.20	15.04	8.16
2	C-2	1.50	2+000	23.31	14.06	9.25
3	C-3	1.50	3+000	24.27	15.37	8.89

*Fuente:* Base de datos del expediente

Elaboración propia

#### 4.1.2.3 Contenido de humedad

Tabla n° 17

*Cuadro resumen de contenido de humedad*

N°	CALITCATA	PROF(m)	PROGRESIVA	W
			(Km)	%
1	C-1	1.50	1+000	4.32
2	C-2	1.50	2+000	6.66
3	C-3	1.50	3+000	7.06

*Fuente:* Base de datos del expediente

Elaboración propia

#### 4.1.2.4 Proctor Modificado

Tabla n° 18

*Cuadro resumen de ensayo Proctor modificado*

N°	CALITCATA	PROF(m)	PROGRESIVA (Km)	Max Densidad Seca (gr/cm <sup>3</sup> )	Contenido de Humedad Optimo %
1	C-1	1.50	1+000	1.86	8.37
2	C-2	1.50	2+000	1.97	10.82
3	C-3	1.50	3+000	1.81	14.47

*Fuente:* Base de datos del expediente

Elaboración propia

#### 4.1.2.5 CBR

Tabla n° 19

*Cuadro resumen de ensayo CBR*

N°	CALITCATA	PROF(m)	PROGRESIVA (Km)	CBR al 95% M.D.S (0.2")	CBR al 100% M.D.S (0.1")
1	C-1	1.50	1+000	3.00	4.04

*Fuente:* Base de datos del expediente

Elaboración propia

#### 4.1.3. Adición de estabilizador químico (Cal): Resultados por dosificación.

(Moale & Rivera, 2019) No menciona que los porcentajes de mejora de las propiedades físicas – mecánicas del suelo varían de acuerdo a la cantidad de % de adicción de cal en el suelo, para la presente investigación recurre al antecedentes e investigaciones previas donde se presenta características similares a nuestro suelo para hacer el análisis de valores de acuerdo a la dosificación según las propiedades de nuestro suelo (M-01, M-02, M-03).

#### A. Contenido de humedad

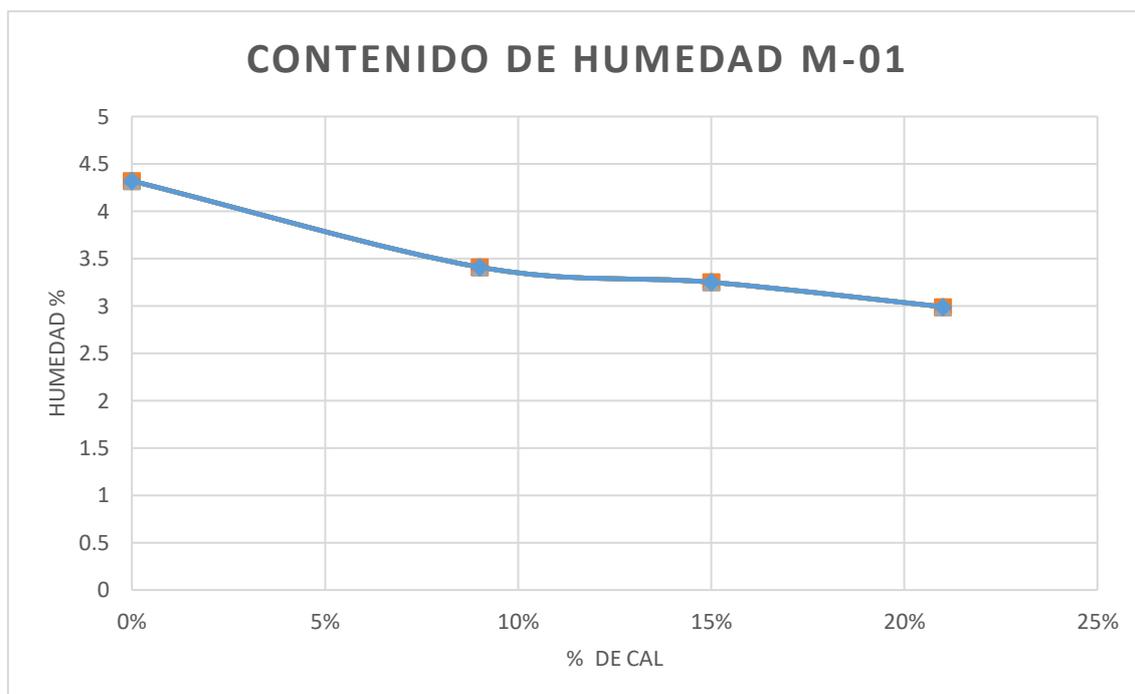
Tabla n° 20

*Cuadro resumen de % de humedad de acorde cada dosificación*

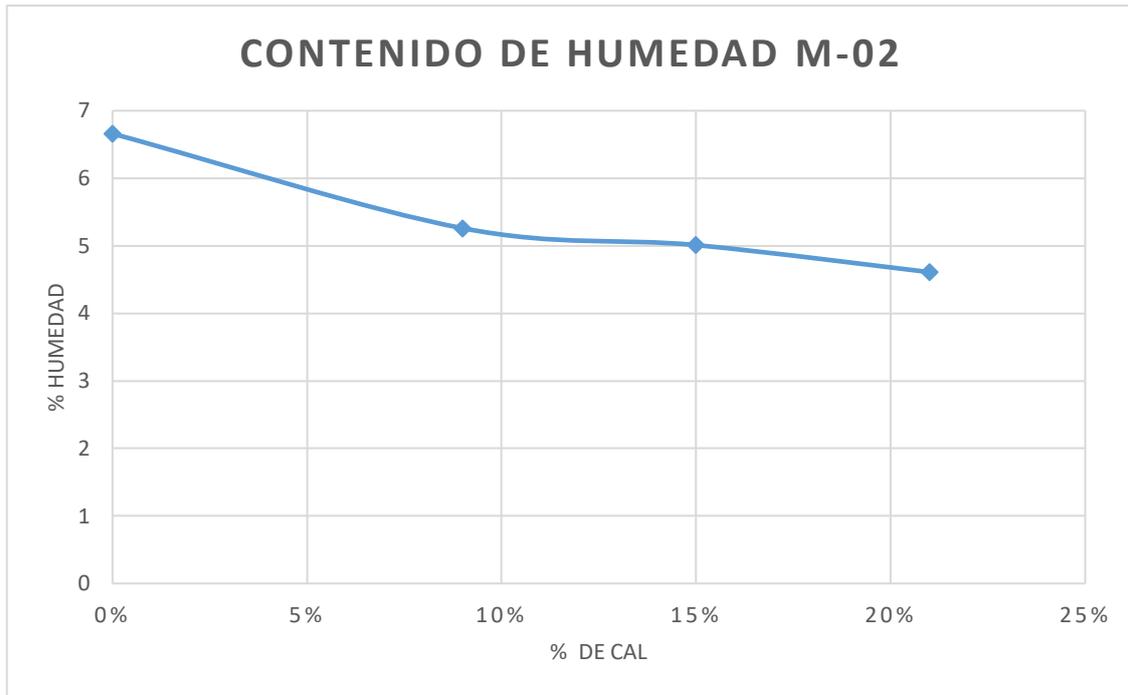
Muestra	N°	PROF (m)	Dosificación de aditivo químico (cal)			
			0%	9%	15%	21%
1	C-1	1.50	4.32	3.41	3.25	2..99
2	C-2	1.50	6.66	5.26	5.01	4.61
3	C-3	1.50	7.06	5.57	5.31	4..89

*Fuente:* Base de datos

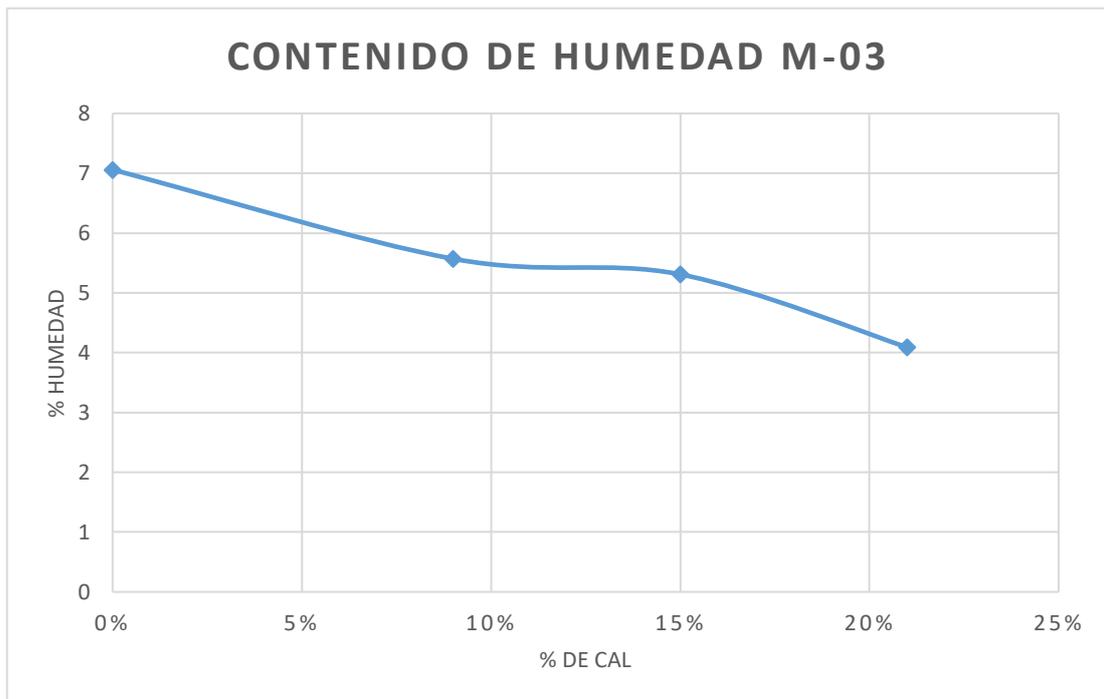
Elaboración propia



**Figura 13:** Grafico de comportamiento contenido de humedad de la M-01 frente el % de cal



**Figura 14:** Grafico de comportamiento contenido de humedad de la M-02 frente el % de cal.



**Figura 15:** Grafico de comportamiento contenido de humedad de la M-03 frente el % de cal.

## B. Límites de consistencia

### a.) Limite Líquido

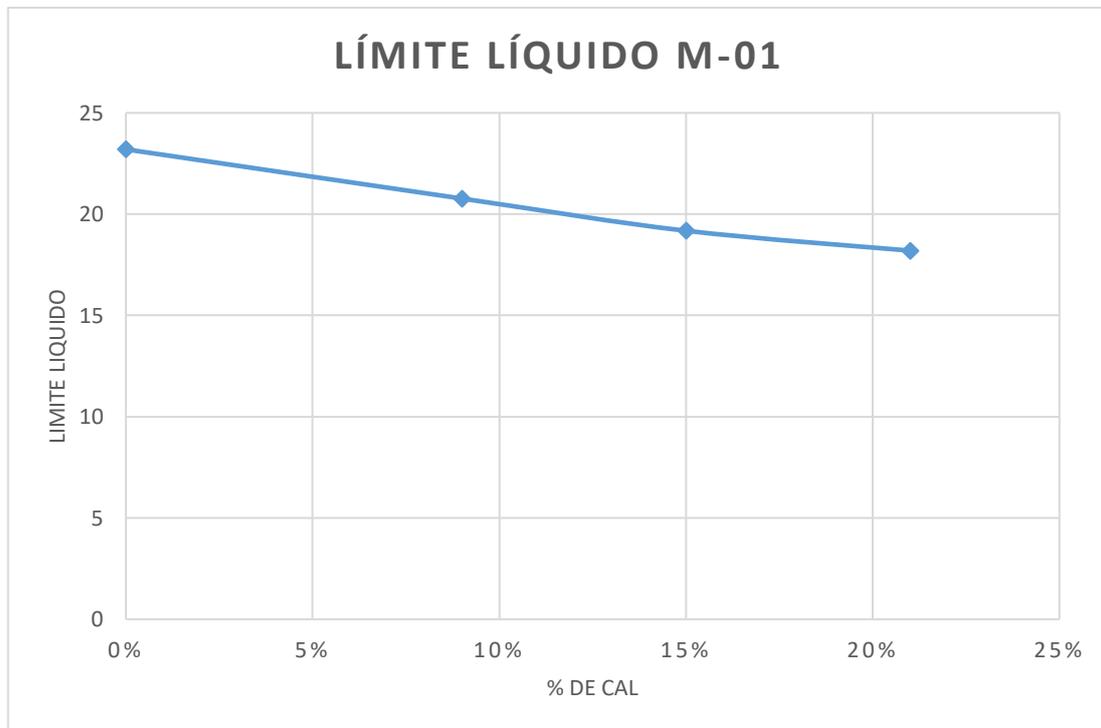
Tabla n° 21

*Cuadro resumen de LL de acorde cada dosificación*

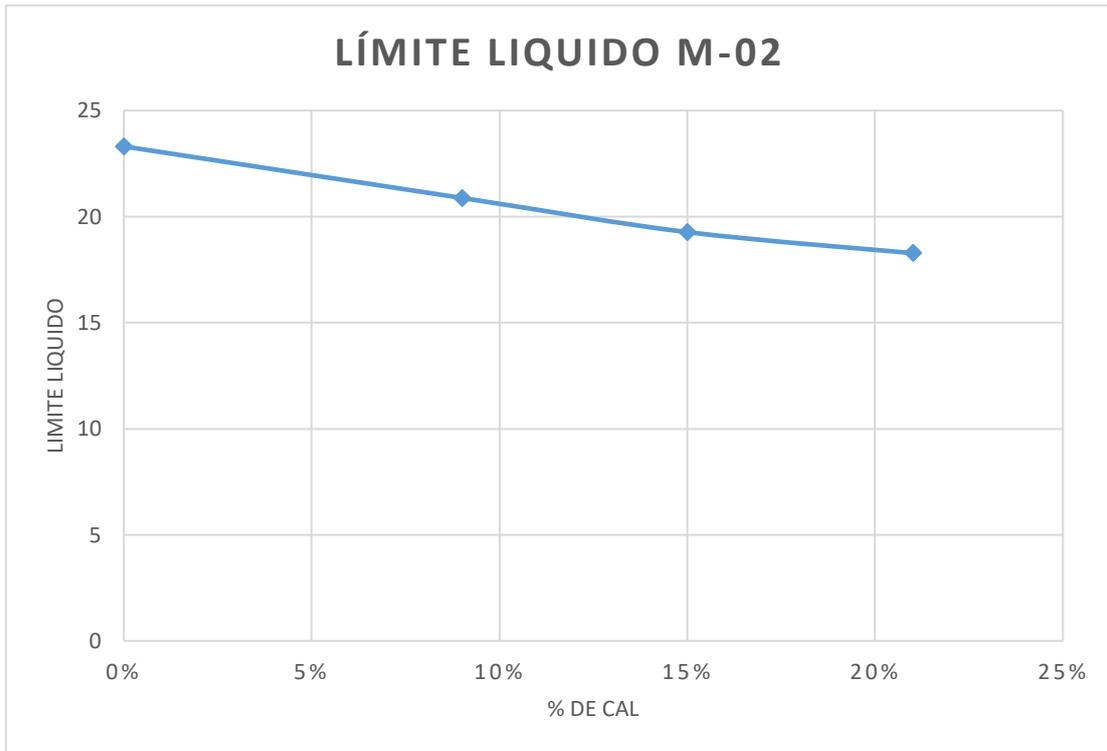
Muestra	N°	PROF (m)	Dosificación de aditivo químico (cal)			
			0%	9%	15%	21%
1	C-1	1.50	23.20	20.77	19.18	18.20
2	C-2	1.50	23.31	20.88	19.27	18.28
3	C-3	1.50	24.27	21.74	20.06	19.04

*Fuente:* Base de datos

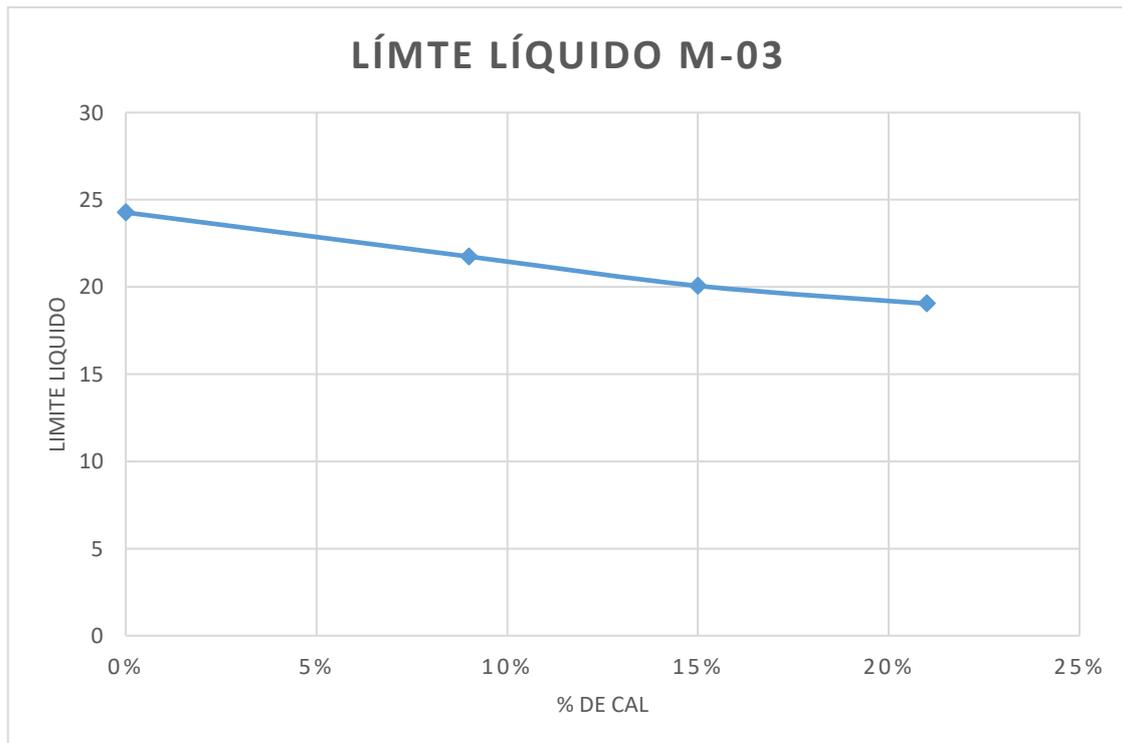
Elaboración propia



**Figura 16:** Gráfico de comportamiento del LL de la M-01 frente el % de cal.



**Figura 17:** Grafico de comportamiento del LL de la M-02 frente el % de cal.



**Figura 18:** Grafico de comportamiento del LL de la M-03 frente el % de cal.

### C. Limite Plástico

Tabla n° 22

Cuadro resumen de LP de acorde cada dosificación

Muestra	N°	PROF (m)	Dosificación de aditivo químico (cal)			
			0%	9%	15%	21%
1	C-1	1.50	15.04	17.98	18.47	18.53
2	C-2	1.50	14.06	16.80	17.27	17.32
3	C-3	1.50	15.37	18.37	18.88	18.93

Fuente: Base de datos

Elaboración propia

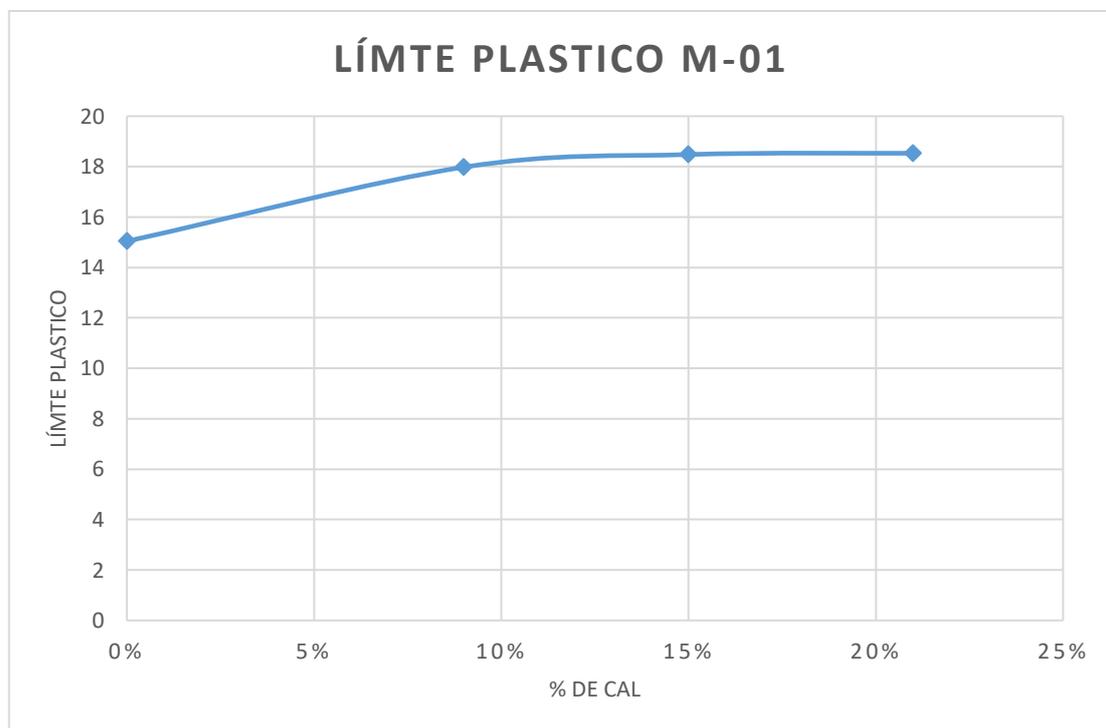
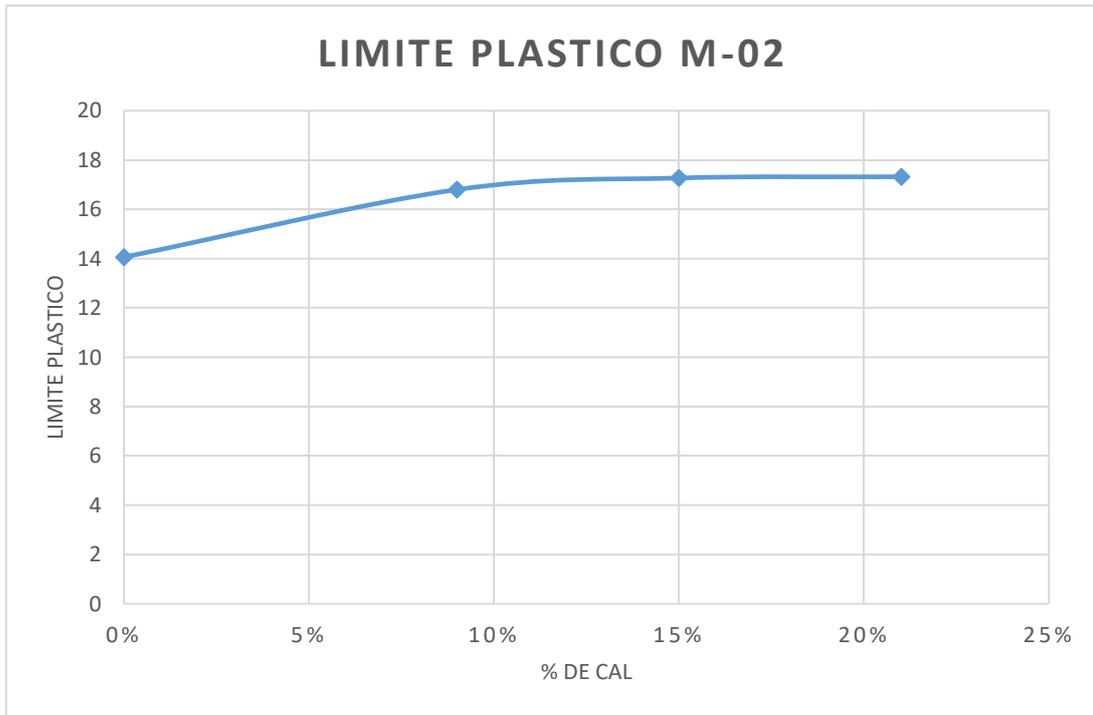
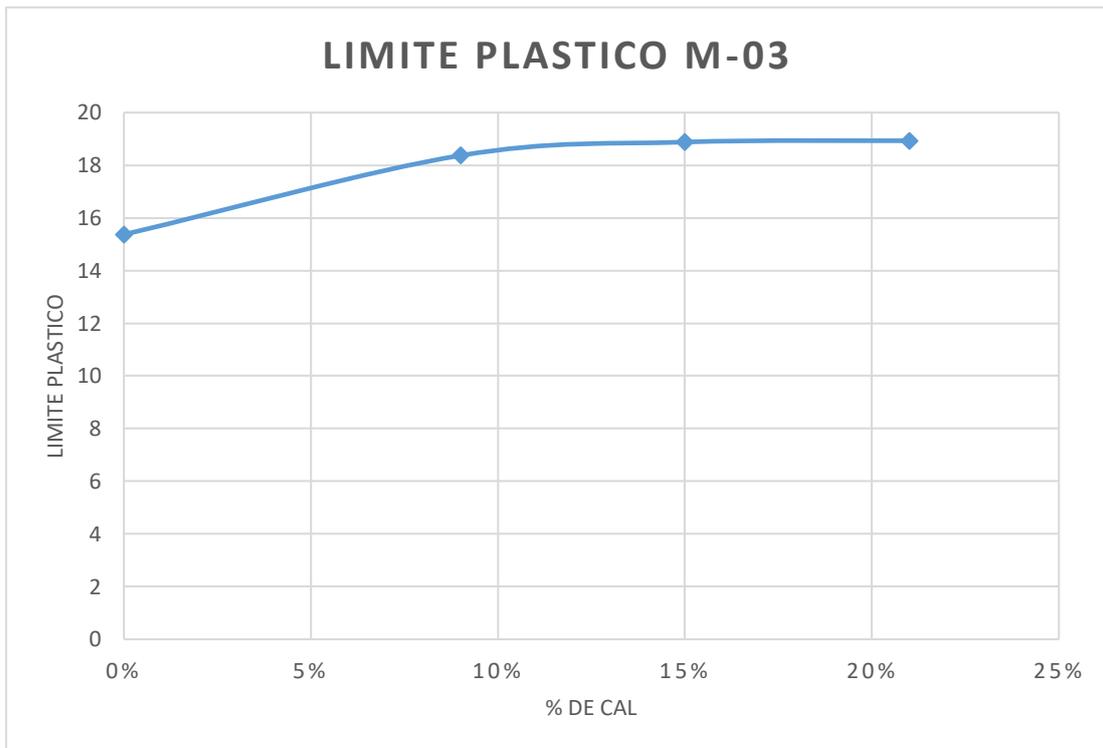


Figura 19: Gráfico de comportamiento del LP de la M-01 frente al % de cal.



**Figura 20:** Grafico de comportamiento del LP de la M-02 frente el % de cal.



**Figura 21:** Grafico de comportamiento del LP de la M-03 frente el % de cal.

## D. Índice de Plasticidad

Tabla n° 23

Cuadro resumen de IP de acorde cada dosificación

Muestra	N°	PROF (m)	Dosificación de aditivo químico (cal)			
			0%	9%	15%	21%
1	C-1	1.50	8.16	2.79	0.70	0.33
2	C-2	1.50	9.25	2.47	2.00	0.96
3	C-3	1.50	8.89	3.95	1.39	0.13

Fuente: Base de datos

Elaboración propia

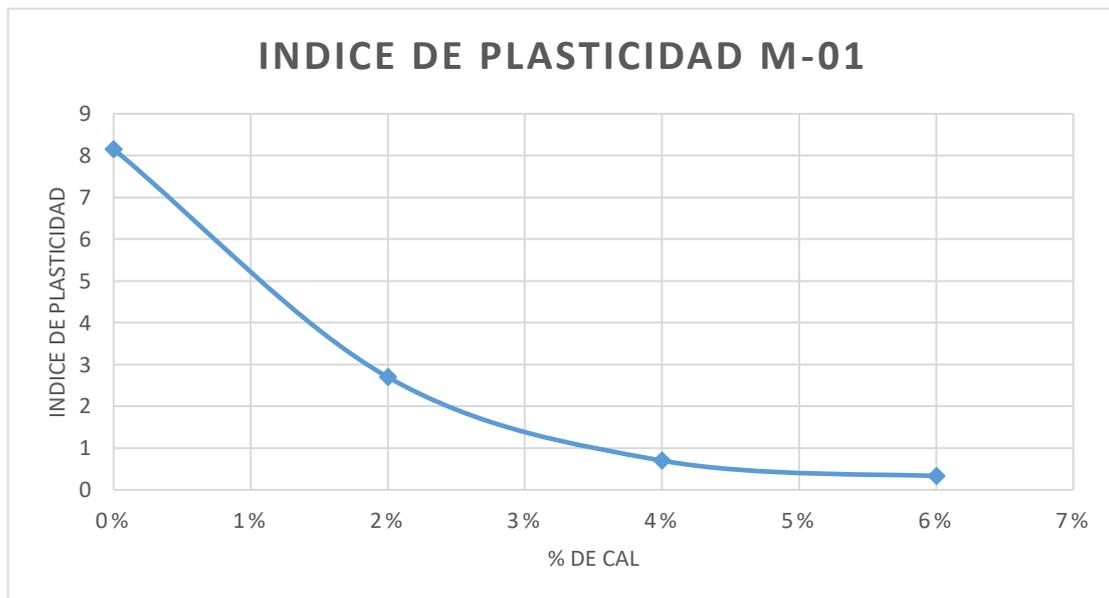
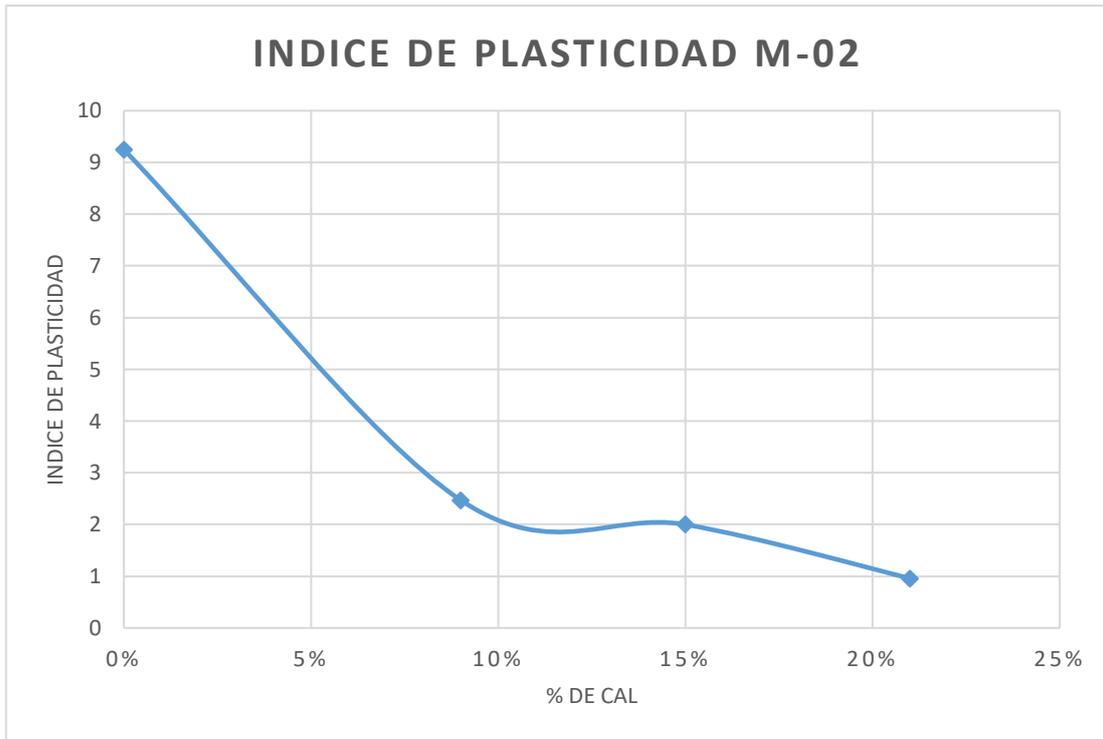
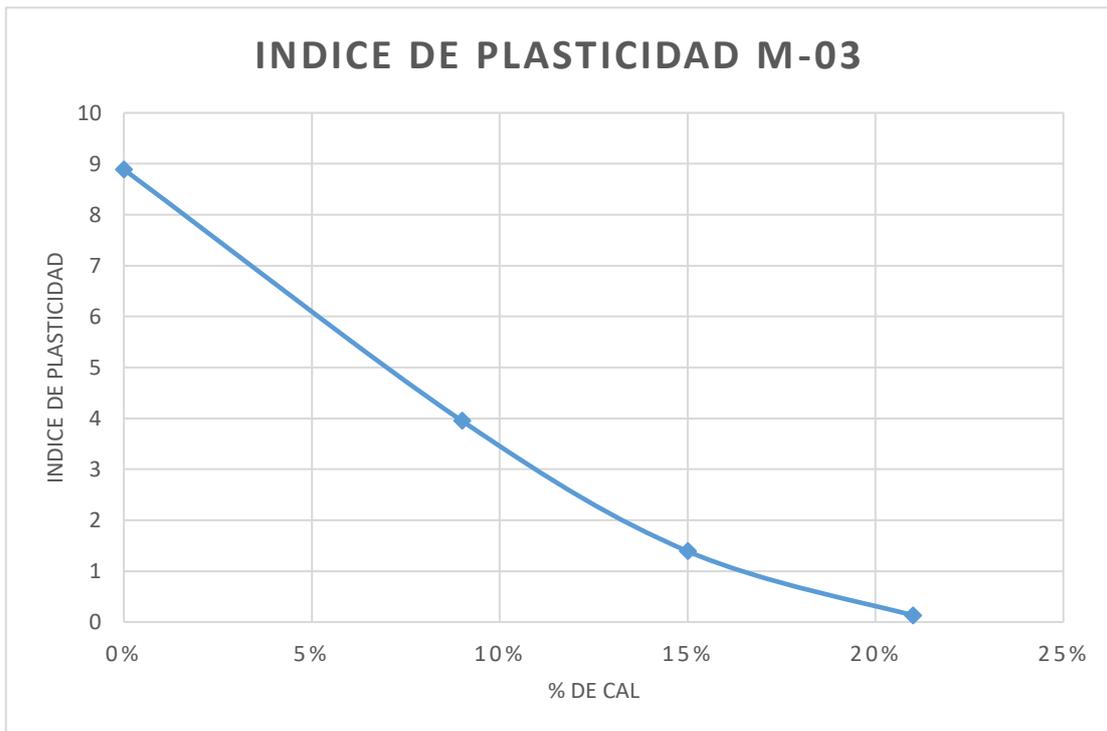


Figura 22: Grafico de comportamiento del IP de la M-01 frente el % de cal.



**Figura 23:** Grafico de comportamiento del IP de la M-02 frente el % de cal.



**Figura 24:** Grafico de comportamiento del IP de la M-03 frente el % de cal.

## E. Compactación Proctor modificado

### a. Densidad máxima

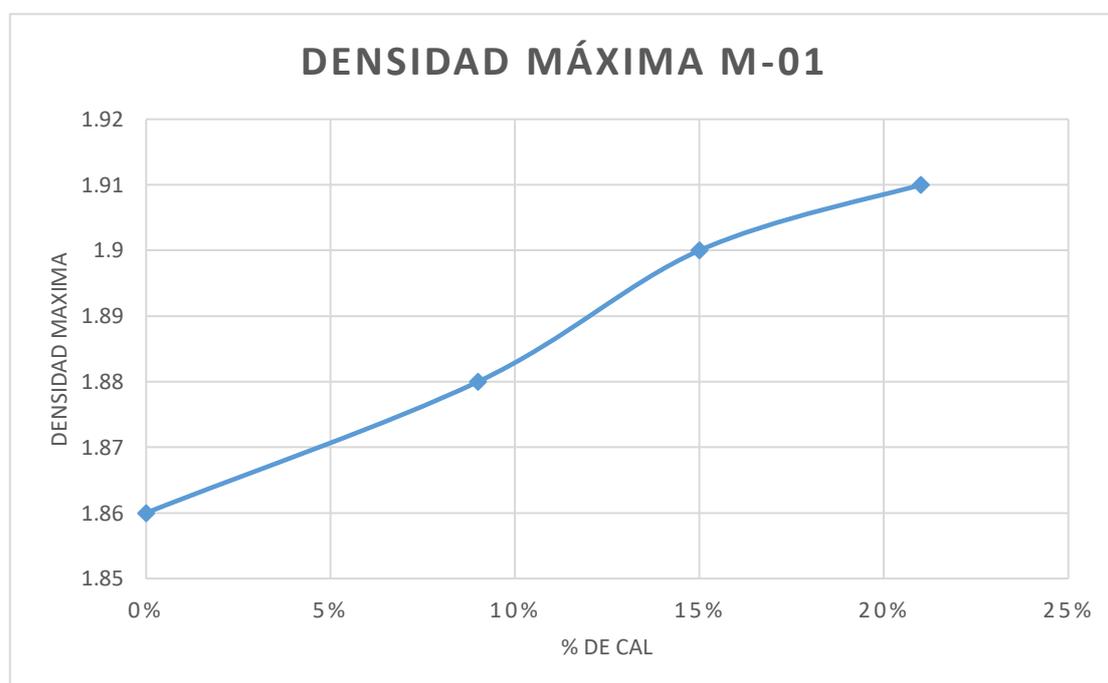
Tabla n° 24

*Cuadro resumen de la Densidad máx. de acorde cada dosificación*

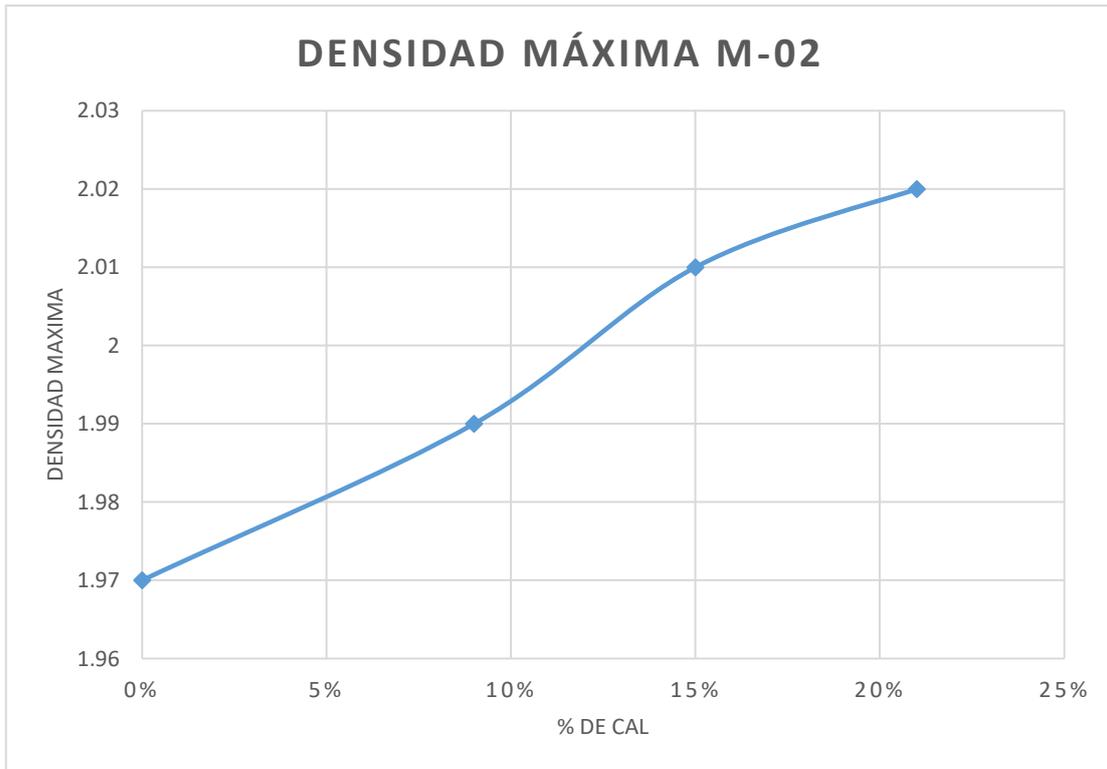
Muestra	N°	PROF (m)	Dosificación de aditivo químico (cal)			
			0%	9%	15%	21%
1	C-1	1.50	1.86	1.88	1.90	1.91
2	C-2	1.50	1.97	1.99	2.01	2.02
3	C-3	1.50	1.81	1.83	1.84	1.85

*Fuente:* Base de datos

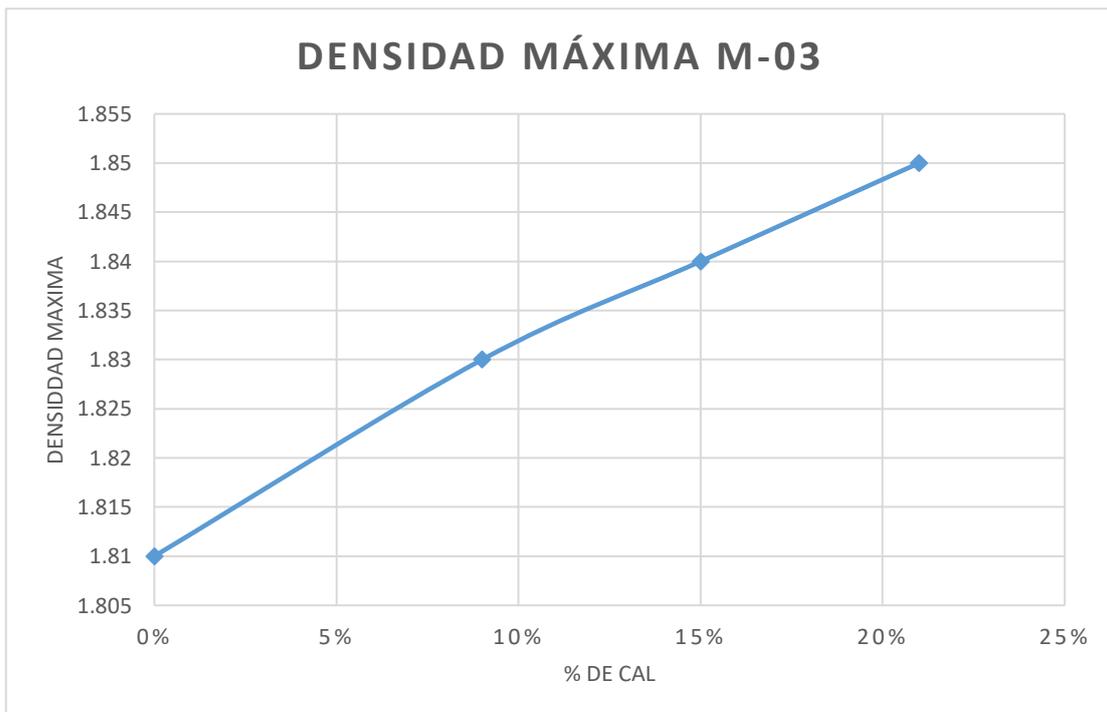
Elaboración propia



**Figura 25:** Gráfico de comportamiento de la Dmáx. de la M-01 frente el % de cal.



**Figura 26:** Grafico de comportamiento de la  $D_{m\acute{a}x}$ . de la M-02 frente el % de cal.



**Figura 27:** Grafico de comportamiento de la  $D_{m\acute{a}x}$ . de la M-03 frente el % de cal.

## F. Humedad óptima

Tabla n° 25

Cuadro resumen de la % H óptima. de acorde cada dosificación

Muestra	N°	PROF (m)	Dosificación de aditivo químico (cal)			
			0%	9%	15%	21%
1	C-1	1.50	8.37	9.12	8.74	10.37
2	C-2	1.50	10.82	11.79	11.30	13.40
3	C-3	1.50	14.47	15.76	15.12	17.93

Fuente: Base de datos

Elaboración propia

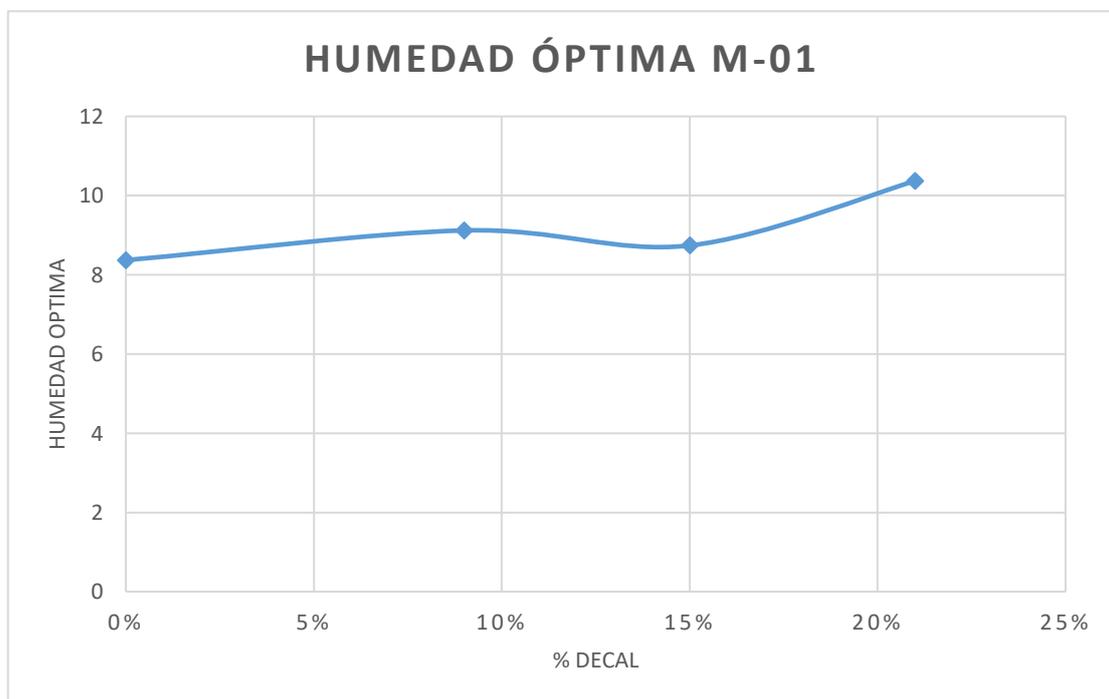
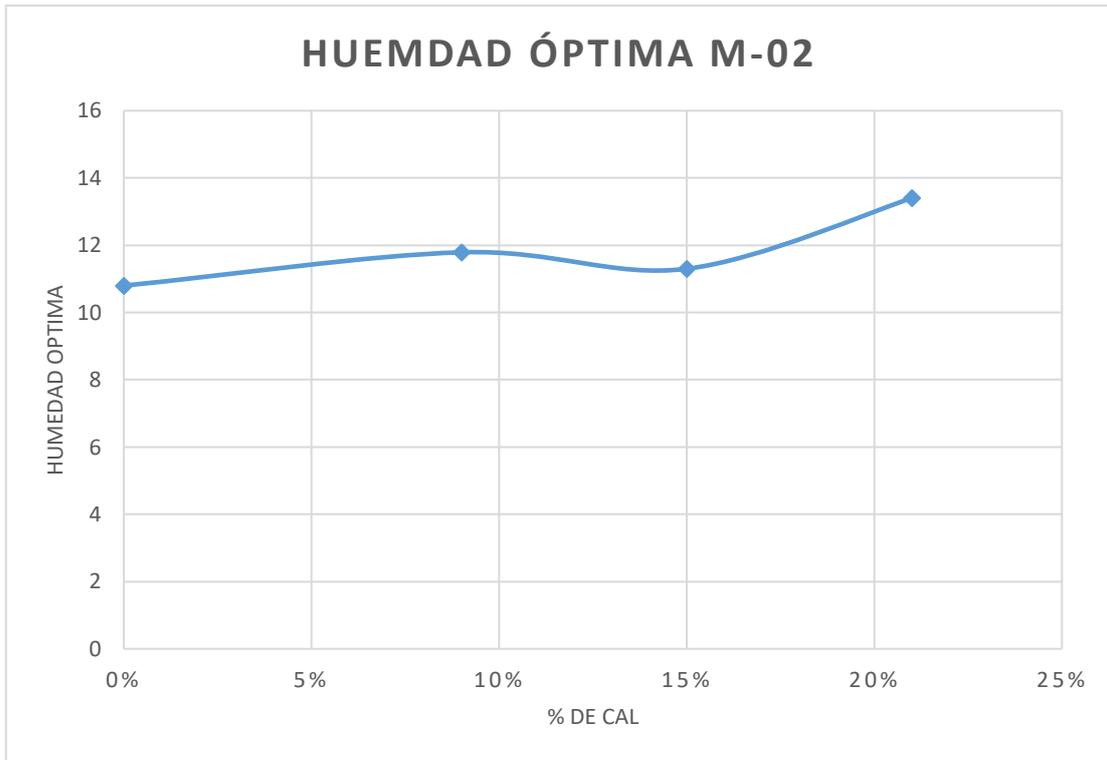
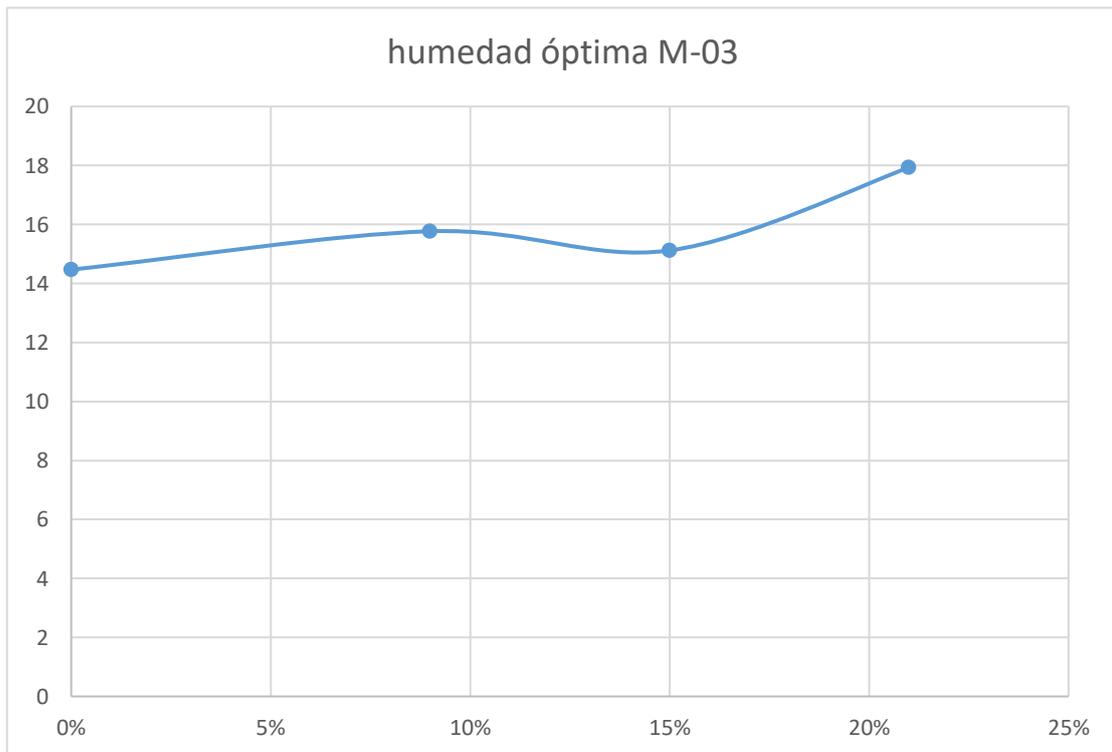


Figura 28: Grafico de comportamiento de la H optima de la M-01 frente el % de cal.



**Figura 29:** Grafico de comportamiento de la H optima de la M-02 frente el % de cal.



**Figura 30:** Grafico de comportamiento de la H optima de la M-03 frente el % de cal.

## G. CBR

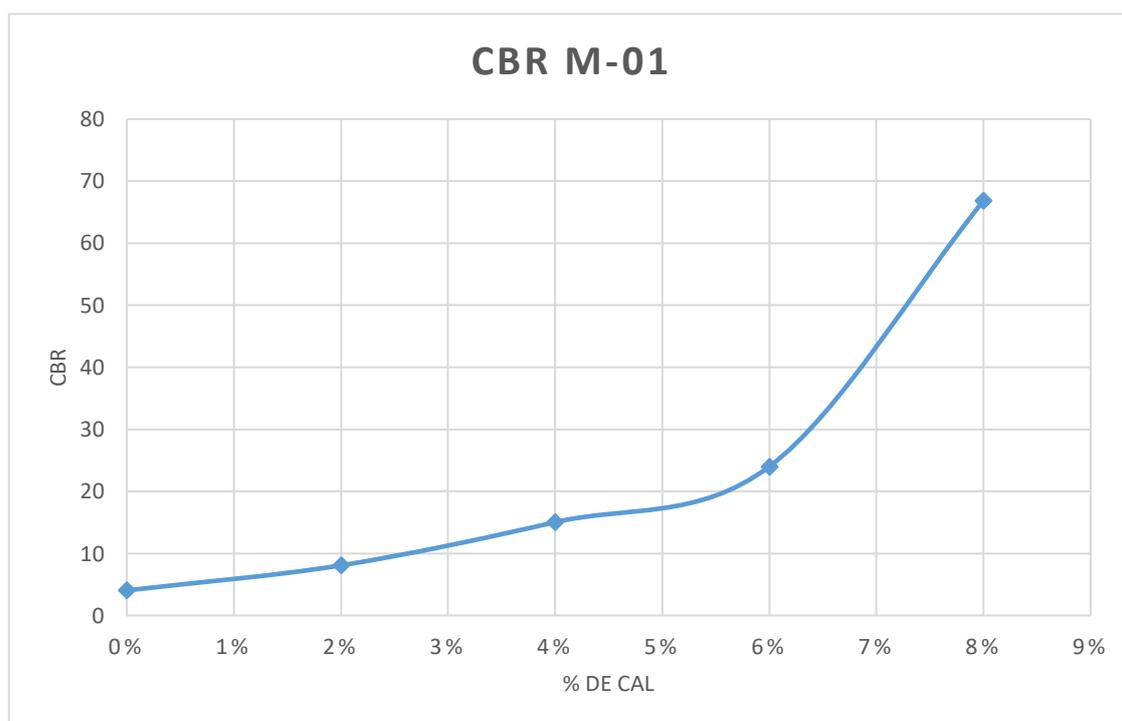
Tabla n° 26

Cuadro resumen de CBR. de acorde cada dosificación

Muestra	N°	PROF (m)	Dosificación de aditivo químico (cal)			
			0%	9%	15%	21%
1	C-1	1.50	4.04	5.60	6.70	5.60

Fuente: Base de datos

Elaboración propia



**Figura 31:** Grafico de comportamiento de CBR de la M-01 frente el % de cal.

El objetivo es precisar el porcentaje adecuado para poder estabilizar las propiedades físicas y mecánicas del suelo a partir de investigaciones y antecedentes previos que se han realizado obteniéndose resultados significativos al adicionarle cal al suelo ya que modifica de una forma apreciable la plasticidad, capacidad de soporte.

#### 4.1.4. Evaluación y análisis comparativo de costos

Ante todo, se efectuará 2 diseños de la estructura del pavimento, con los diferentes valores de subrasante (subrasante natural y subrasante mejorada con el aditivo químico estabilizador).

Seguidamente se efectuará un análisis que permita comparar y analizar la influencia del uso de aditivos químicos en la elaboración del presupuesto para así construir 1 k de la estructura del pavimento diseñadas efectivamente con 2 valores diferentes de CBR.

Dicho análisis se efectuará a razón de cuantificar la variabilidad del costo de construcción del pavimento sobre diferentes subrasantes.

##### 4.1.4.1 Diseño de la estructura del pavimento

Se efectuó el dimensionamiento de los espesores de la capa de la estructura del pavimento mediante la ecuación del método NAASRA que en relación con CBR (valor de soporte del suelo) y los Ejes Equivalentes nos dará el espesor. Se efectuó el diseño para los dos tipos de valores de CBR (4.04 % en suelo natural y 6.70 % en suelo mejorando). EL método fue obtenido por las sugerencias del MTC.

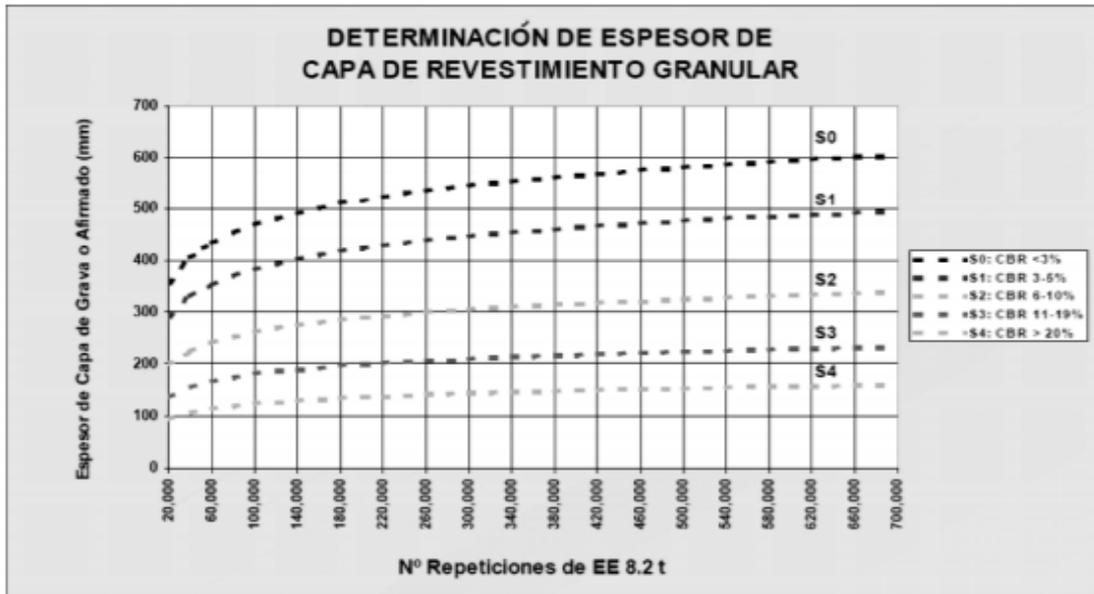
$$e = [ 219 - 211 * (\log_{10} CBR) + 58 * (\log_{10} CBR)^2 * \log_{10} \left( \frac{Nrep}{120} \right)$$

Donde:

E = espesor de capa (mm)

CBR = valor de soporte de la subrasante

Nrep = Ejes equivalentes



**Figura 32:** Grafico de determinación de e de capa de revestimiento granular.

#### 4.1.4.1.1 Calculo de espesor sobre la subrasante natural con CBR 4.04%

$$e = [ 219 - 211 * (\log_{10} CBR) + 58 * (\log_{10} CBR)^2 * \log_{10} \left( \frac{Nrep}{120} \right) ]$$

CBR = 4.04%

Nrep = 396000

$$e = [ 219 - 211 * (\log_{10} 7) + 58 * (\log_{10} 7)^2 * \log_{10} \left( \frac{396000}{120} \right) ]$$

$$e = 391.96 \text{ mm}$$

$$e = 40 \text{ cm}$$

Grafica:



**Figura 33:** Dimensionamiento del espesor de la capa con CBR natural.

#### 4.1.4.1.2 Calculo de espesor sobre la subrasante natural con CBR 6.70%

$$e = [ 219 - 211 * (\log_{10} CBR) + 58 * (\log_{10} CBR)^2 * \log_{10} \left( \frac{Nrep}{120} \right) ]$$

CBR = 6.70%

Nrep = 396000

$$e = [ 219 - 211 * (\log_{10} 6.70) + 58 * (\log_{10} 6.70)^2 * \log_{10} \left( \frac{369000}{120} \right) ]$$

$e = 293.94 \text{ mm}$

$e = 30 \text{ cm}$



**Figura 34:** Dimensionamiento del espesor de la capa con CBR mejorado.

#### 4.1.4.2 Análisis de precios unitarios

##### Cantidad de bolsas requeridas

Para el adicionamiento del aditivo químico en la subrasante natural se tomaron las siguientes referencias:

(Rodriguez & Silva, 2019) nos menciona Sobre el uso del aditivo químico por el método experimental se tiene que:

- 20 m<sup>2</sup> = 1 bolsa de cal

Según las especificaciones técnicas nos menciona que:

- 30 m<sup>2</sup> = 1 bolsa de cal

##### Calculo de bls de adivito quimico:

Cálculo por Km

5000m<sup>2</sup> = Total de área

$$\# \text{ de bolsas} = \frac{5000 \text{ m}^2}{30 \text{ m}^2}$$

$$\# \text{ de bolsas} = 166.66$$

$$\# \text{ de bolsas} = 167$$

- Para la cal se emplearía en el porcentaje requerido 177 bolsas.

Partida	305ª					
Rendimiento	M3/Día	MO	357	EQ	357	60.306
Código	Descripción de Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
<b>Mano de Obra</b>						
0147010001	Capataz	HH	1	0.0224	18.44	0.413
0147010004	Peón	HH	4	0.0896	11.58	1.038
						<b>1.451</b>
<b>Equipos</b>						
0337010001	Herramientas manuales	%MO	1	5	1.45	7.250
0349030046	Rodillo liso vibratorio autop 101-135 HP 10-12 T	HM	1	0.0224	135.08	3.026
0349090001	Motoniveladora 145-150 HP	HM		0.0224	187.97	4.211
						<b>14.486</b>
<b>Subpartidas</b>						
930101130101	Agua para la obra	M3		0.12	17.94	2.153
930101930301	Material granular	M3		1.2	35.18	42.216
						<b>44.369</b>

**Figura 35:** Análisis de precios unitarios para construcción de base extraído del expediente.

Rendimiento	M3/Día	MO	357	EQ	357	Costo unitario directo por m3	40.2
Código	Descripción de Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
<b>Mano de Obra</b>							
0147010001	Capataz	HH	1	0.0189	18.44	0.349	
0147010004	Peón	HH	4	0.0755	11.58	0.874	
						<b>1.223</b>	
<b>Equipos</b>							
0337010001	Herramientas manuales	%MO	1	5	1.22	6.100	
0349030046	Rodillo liso vibratorio autop 101-135 HP 10-12 T	HM	1	0.0189	135.08	2.553	
0349090001	Motoniveladora 145-150 HP	HM		0.0189	187.97	3.553	
						<b>12.206</b>	
<b>Subpartidas</b>							
93010113010 1	Agua para la obra	M3		0.12	17.94	2.153	
93010193030 1	Material granular	M3		1.2	20.54	24.648	
						<b>26.801</b>	

**Figura 36:** Análisis de precios unitarios para construcción de Sub-base extraído del expediente.

#### 4.1.4.3 Presupuesto

Tabla n° 27

*PPTO para la ejecución del pavimento con un valor de subrasante de 4.04% CBR*

Ítem	CBR	Espesor	Ancho	Longitud	Metrado (m3)	P.U. (S/. m3)	Costo x km
<b>Base</b>	4.04	0.20	5.00	1000	1000	60.31	60,310.00
<b>Subbase</b>	4.04	0.20	5.00	1000	1000	40.20	40,200.00
<b>TOTAL</b>							<b>100,510.00</b>

*Nota:* El presupuesto se efectuó por cada kilómetro de carretera

Elaboración propia

Tabla n° 28

*PPTO para la ejecución del pavimento con un valor de subrasante de 6.70% CBR*

Ítem	CBR	Espesor	Ancho	Longitud	Metrado (m3)	P.U. (S/. m3)	Costo x km
<b>Base</b>	6.70	0.15	5.00	1000	750	60.31	45,232.50
<b>Subbase</b>	6.70	0.15	5.00	1000	750	40.20	30,150.00
<b>TOTAL</b>							<b>75382.50</b>

*Nota:* El presupuesto se efectuó por cada kilómetro de carretera

Elaboración propia

Tabla n° 29

*PPTO para la ejecución del pavimento con aditivo químico*

Ítem	CBR	Ancho	Longitud	Metrado (m2)	Cantidad (bls)	P.U. (S/. m2)	Costo x km
<b>Base</b>	6.70	5.00	1000	5000	167	14.20	2,371.40
<b>TOTAL</b>							<b>2,371.40</b>

*Nota:* El presupuesto se efectuó por cada kilómetro de carretera

Elaboración propia

A partir del análisis del presupuesto para la estructura del pavimento de la subrasante mejorada (estabilizada) con la adición de un 15% de aditivo estabilizador (Cal) el ahorro de mano de obra, equipos y materiales es de 25,127.50 por cada kilómetro. En consecuencia, bajan los costos de construcción a razón que el corte de terreno es menor por ende menos material para la estructura del pavimento.

## 5. DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

1. Se valida que las tecnologías más empleadas en el Perú para levantamientos topográficos son las estaciones totales, conceptuó que la estación total continuará siendo el equipo topográfico más empleado de manera tradicional que por su versatilidad en el campo nos ofrece varias bondades en las obras viales del Perú.
2. Habiéndose Efectuado la revisión y evaluación del ensayo de Análisis granulométrico por tamizado de la subrasante con la referencia del ASTM – D421 en lo cual nos permite determinar la distribución del tamaño de las partículas del suelo a partir de los datos analizados y evaluados nos hace mención que estamos presente ante un suelo ligeramente arcilloso.
3. A partir de los resultados obtenidos el presente estudio está en concordancia con lo que sostiene (Gavilanes, 2015) quien indica que el uso de cal presenta muchas bondades hacia los suelos arcillosos, en la reducción del índice plástico de manera considerable a su vez que la cal reduce la humedad del suelo en un 2% a 5 % además sosteniendo que es una buena técnica aplicada, de tal manera que las vías no pavimentadas puedan tener mayor durabilidad.
4. Estos resultados guardan relación con los que sostiene (Moale & Rivera, 2019) en el aumento del valor de % CBR de la subrasante, quienes indican que con adicionarle un 15 % de cal se presenta un incremento en la capacidad de soporte del suelo, lo que es acorde con lo que en este estudio se presenta.
5. El presente estudio acepta que existe relación e influencia del uso de aditivos químicos en la elaboración del presupuesto con los que sostiene nuestros antecedentes ya que la ventaja de esta estabilización es la reducción de costos vs el pavimento de bajo volumen de transito tradicional lo que se concuerda con el estudio.

## CONCLUSIONES

- Se efectuó el levantamiento de lo existente en el camino vecinal Pampas de Cochaya - Olaya, Mache - Otuzco - La Libertad, y llegamos a la conclusión definitiva realizar dicho trabajo, considerando todas las condiciones favorables para su realización tanto en campo como en gabinete lo cual nos permitió determinar con exactitud las características del terreno.
- Se efectuó la evaluación y el estudio de las características físicas – mecánicas del suelo lo cual se contempla que las propiedades físicas - mecánicas en el estudio en las diferentes muestras son: M-01 (% de grava: 1.19, % de arena: 47.21, % de finos: 51.60, Indice de plasticidad: 8.16); M-02 (% de grava: 1.05, % de arena: 47.73, % de finos: 51.23, Indice de plasticidad: 9.25); M-03 (% de grava: 0.95, % de arena: 45.95, % de finos: 53.10, Indice de plasticidad: 8.89). Así mismo se concluye que la clasificación de suelos por el método AASHTO y SUCS fue una arcilla ligeramente plástica.
- Se concluye que al emplear la adicción de cal en un 15 % para poder estabilizar el suelo con las características proporcionadas el valor del Limite liquido decrece y el limite plástico aumenta ligeramente por consiguiente el Indice de plasticidad sufre un decrecimiento considerable.
- De los estudios Analizados y evaluados se concluye que con la adición del 15% de cal el valor del CBR del suelo natural sufre un incremento en un 78.78 %, esto quiere decir que ahora presenta un nuevo valor de CBR el suelo estabilizado 6.70%
- Se precisó el dimensionamiento del espesor de la capa de la estructura del pavimento sobre el suelo estabilizado con la adición de un 15% de cal y con valor de cbr de 6.70% por consiguiente los costos reduce en un 25% en relación a la estructura del suelo natural sin adición de cal.

## RECOMENDACIONES

- Se recomienda hacer el reconocimiento de la vía para saber y elegir el método más adecuado y poder así precisar los puntos de control así mismo también es importante analizar la función de deflexión para así mejorar la lectura de ángulos en el proceso de medición.
- Se recomienda el uso de cal en suelo con características arcillosas para que así se genere mejoras optimas en las propiedades del suelo debido a que el sílice y alúmina, minerales que se encuentran prácticamente en todas las arcillas se vuelven solubles con un  $\text{pH} = 11$ , entonces cuando juntamos la cal y las arcillas generamos un ambiente alcalino propicio para satisfacer las reacciones de los minerales de las arcillas.
- Se recomienda determinar una demanda mínima de cal debido a que el aditivo químico estabilizador (cal) utilizada en la estabilización de suelo mejora en un 78.37 % ya que con eso logramos reducir el índice plástico de mejor manera del suelo
- Se recomienda utilizar un 15% de cal debido a dosis superiores al 15% el valor del CBR sufre un decrecimiento, debido a que la subrasante mejorada se comporta como un material nuevo y con propiedades distintas.
- Se recomienda tener la dosificación de % cal necesaria para que así obtengamos resultados óptimos en el diseño de espesores de pavimento ya que esto generara una influencia considerable en la elaboración del presupuesto de mejoramiento.

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Alvarado, J. (8 de Abril de 2017). *expreso.ec*. Obtenido de *expreso.ec*:  
<http://www.expreso.ec/vivir/el-suelocemento-una-solucion-eficiente-para-el-mantenimiento-vial-EC1224006>{
- Braja M, D. (2001). *Principios de Ingeniería de Cimentaciones*. México: S.A. Ediciones Paraninfo.
- Braja M, D. (2013). *FUNDAMENTOS DE INGENIERÍA GEOTECNIA*. Mexico: Cengage Learning.
- Castillo, P. (2018). *Influencia de la aplicación de aditivos químicos en la estabilización de suelos cohesivos para uso como subrasante mejorada de pavimentos entre los sectores Calamarca - Huaso, La Libertad, 2018*. Trujillo: Universidad Privada del Norte
- Cuadros, C. (2016). *Mejoramiento de las Propiedades Físico-Mecánicas de la subrasante en una Vía Departamental de la Región Junín mediante la estabilización química con óxido de calcio-2016*. Huancayo: Universidad Peruana Los Andes.
- García, J. (2019). *Estudio de la técnica de suelo-cemento para la estabilización de vías terciarias en Colombia que posean un alto contenido de caolín*. Bogotá: Universidad Católica de Colombia.
- Gavilanes, E. (2015). *Estabilización y mejoramiento de sub-rasante mediante cal y cemento para una obra vial en el sector de Santos Pamba Barrio Colinas del Sur*. Quito: Universidad Internacional del Ecuador.
- loaiza, F. (1992). *"Mejoramiento y estabilizaciones de Suelos"*. México: limusa.
- López, J., & Ortiz, G. (2018). *Estabilización de suelos Arcillosos con cal para el tratamiento de la Subrasante en las calles de la Urbanización San Luis de la ciudad de Abancay*. Abancay: Universidad Tecnológica de los Andes.
- Ministerio de vivienda, c. y. (2012). *Reglamento Nacional de Edificaciones (2012) Norma CE 020 - Estabilización de suelos y taludes*. Lima: MACRO.

- Moale, A., & Rivera, E. (2019). *Estabilización química de suelos arcillosos con cal para su uso como subrasante en vías terrestres de la localidad de Villa Rica*. Lima: Universidad Peruana de Ciencias Aplicadas.
- MTC. (2005). *"Manual para el diseño de caminos no Pavimentados de bajo volumen de tránsito"*. Lima: Macro.
- MTC. (2008). *Manual de Especificaciones Técnicas Generales para construcción de Carreteras no Pavimentadas de bajo Volumen de Tránsito*. Lima: Macro.
- MTC. (2013). Manual de carreteras. En MTC, *Manual de carreteras* (págs. 138,139,140). Lima: macro.
- MTC. (2013). *Manual de Carreteras (Especificaciones Técnicas Generales para la Construcción EG-2013)*. Lima: Macro.
- RNE. (2012). *Reglamento Nacional de Edificaciones (2012). Norma E.050 – Suelos y cimentaciones*. lima: macro.
- Rodriguez, V., & Silva, J. (2019). *Estabilización de suelos adicionando CEMENTO PORTLAND TIPO 1 MAS CAL hidratada en vías afirmadas, para el centro poblado alto trujillo, el porvenir - la libertad*. Trujillo: Universidad Privada Antenor Orrego.
- Vilalaz, C. c. (2004). *"Mecánica de suelos y Cimentaciones"*. Mexico: Limusa.

# ANEXOS

## Anexo 1: Recopilación de los Resultados del estudio de mecánica de suelos (M-01)



# GECONSAC

Geotecnia & Construcción - Servicios Generales S.A.C.

Estudios Geotécnicos, Laboratorio de Mecánica de Suelos, Asfalto, Concreto, Materiales de Construcción  
Análisis Químico de Agua e Hidráulica y Construcciones en General  
Resolución N° 028319-2017/DSD-INDECOPI

OBRA: MEJORAMIENTO DEL CAMINO VECINAL PAMPA DE COCHAYA, BUENOS AIRES, OLAYA, LLUIN, SAN BENITO Y HUAMANMARCA DISTRITO DE MACHE - PROVINCIA DE OTUZCO - DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD UBICACIÓN: MACHE - OTUZCO - LA LIBERTAD SOLICITA: ING. ELMER VICENTE VILLACORTA VASQUEZ FECHA: ABRIL DEL 2018	SONDEO:  <b>PC-01</b>
---	-----------------------------

## PERFIL ESTRATIGRAFICO

EXPLORACIÓN: A cielo abierto (calicata)		Kilometro: 1+000		REGISTRADO POR: JLQU	
		N.F. (m) : No se encontró		REVISADO POR: JLQU	
Prof. (m)	Espesor (cm)	Muestra	Simbolo	Descripción del Estrato	Clasificación SUCS/AASHTO
-0.10				Cobertura Vegetal con suelo orgánico	CL
	1.40	MAB		Arcilla ligeramente plástica color marrón, de consistencia semi compacta, de humedad baja, de partículas sub angulosas a sub redondeadas, presenta: grava: 1.19%, Arena: 47.21%, Finos: 51.60%, LL= 23.20% y LP= 8.16%	CL A-4 (3)
-1.50				NAF: A PROFUNDIDADES EXCAVADAS NO SE ENCONTRO EL NIVEL FREATICO	
3.00					
5.00					
OBSERVACIONES MAB: muestra alterada en bolsa MB: muestra inalterada en bloque MIT: muestra inalterada en tubo					



  
**GECONSAC**  
 GEOTECNIA & CONSTRUCCION S.A.C.  
 Ing. Jorge L. Quirozco Urdanivia  
 C.I.P. 91018

Urb. Villa de Contadores Mza. R - Lote 06  
 RPC: 993756435 RPC: 993766247  
 Movistar: 948180393 RPM: 948180393  
 E-mail: geconsac\_laboratorio@hotmail.com



# GECONSAC

Geotecnia & Construcción - Servicios Generales S.A.C.

Estudios Geotécnicos, Laboratorio de Mecánica de Suelos, Asfalto, Concreto, Materiales de Construcción  
Análisis Químico de Agua e Hidráulica y Construcciones en General

Resolución N° 028319-2017/DSD-INDECOPI

## LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

### ANÁLISIS MECÁNICO POR TAMIZADO ASTM D-422

**PROYECTO :** MEJORAMIENTO DEL CAMINO VECINAL PAMPA DE COCHAYA, BUENOS AIRES, CLAYA, LLUIN, SAN BENITO Y HUANANMARCA DISTRITO DE MACHE - PROVINCIA DE OTUZCO - DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD

**SOLICITANTE :** ING. ELMER VICENTE VILLACORTA VASQUEZ

**UBICACIÓN :** MACHE - OTUZCO - LA LIBERTAD

**FECHA :** ABRIL DEL 2018

**DATOS DEL ENSAYO**

Mostrador  
Peso de muestra seca  
Peso perdido por lavado

RPC (g)	DESCRIPCIÓN CALICATA
1000.00	PROF. (m.) ESTRATO.
516.00	0.10 A-1.50 M1

HUMEDAD NATURAL	
Sh + Tara	49.40
Ss + Tara	47.60
Tara	10.75
Peso Agua	1.60
Peso Suelo Seco	37.05
Humedad (%)	4.32

PROGRESIVA (Km): 1+000

Tamizos ASTM	Abertura en mm	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% que Pasa	LIMITES E INDICES DE CONSISTENCIA
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00	L. Líquido : 23.20 L. Plástico : 15.04 Ind. Plástico : 8.16 Clas. SUCS : CL Clas. AASHTO : A-4 (3)
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00	
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00	
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00	
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00	
3/4"	19.050	0.00	0.00	0.00	100.00	
1/2"	12.700	0.000	0.00	0.00	100.00	
3/8"	9.525	0.000	0.00	0.00	100.00	
1/4"	6.350	0.000	0.00	0.00	100.00	
Nº4	4.75	11.900	1.19	1.19	98.81	
10	2.000	7.400	0.74	4.23	95.77	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA Arcilla ligeramente plástica Grava % = 1.19 Arena % = 47.21 Finos % = 51.60
16	1.180	50.500	5.05	4.23	95.03	
30	0.600	100.200	10.02	20.04	79.96	
40	0.420	50.400	5.04	25.08	74.92	
50	0.300	70.500	7.05	32.13	67.87	
100	0.150	100.400	10.04	42.17	57.83	
200	0.074	62.300	6.23	48.40	51.60	
< 200		516.00	51.60	100.00	0.00	
Total		1000.00				

### CURVA GRANULOMÉTRICA



Ing. Jorge L. Quirozco Urdanivia  
C.P. 91018

Urb. Villa de Contadores Mza. N - Lote 06  
RPC: 993756435 RPC: 993756247  
Movistar: 948180383 RPN: 9948180393  
E-mail: geconsac\_laboratorio@comnet.com



# GECONSAC

## Geotecnia & Construcción - Servicios Generales S.A.C.

Estudios Geotécnicos, Laboratorio de Mecánica de Suelos, Asfalto, Concreto, Materiales de Construcción  
Análisis Químico de Agua e Hidráulica y Construcciones en General  
Resolución N° 028319-2017/DSD-INDECOPI

### LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

### LÍMITES DE CONSISTENCIA

PROYECTO : MEJORAMIENTO DEL CAMINO VECINAL PAMPA DE COCHAYA, BUENOS AIRES, OLAYA, LLUIN, SAN BENITO Y HUANANMARCA DISTRITO DE MACHE - PROVINCIA DE OTUZCO - DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD

SOLICITANTE : ING. ELMER VICENTE VILLACORTA VASQUEZ

UBICACIÓN : MACHE - OTUZCO - LA LIBERTAD

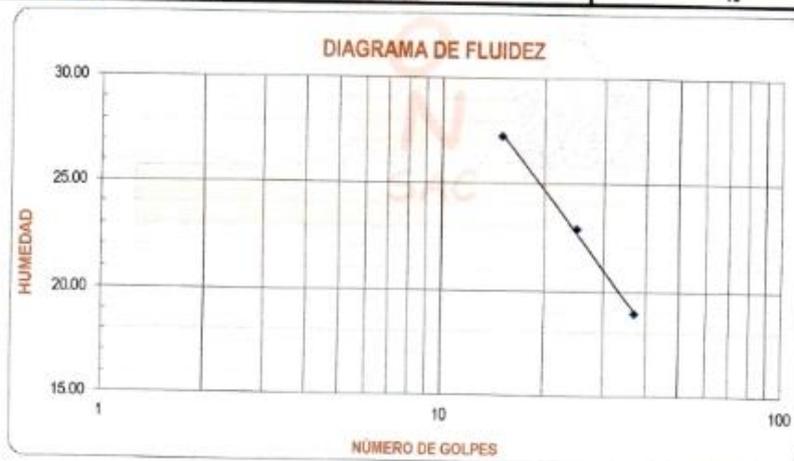
FECHA : ABRIL DEL 2018

DESCRIPCIÓN CALICATA : PC.01

PROF. (m.) : 0.10 A - 1.50

ESTRATO : M1

LÍMITES DE CONSISTENCIA	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO		
	Nº de golpes	15	25	37	-	-
Peso tara (g)	28.20	28.00	28.20	27.00	21.20	
Peso tara + suelo húmedo (g)	32.40	32.30	32.60	31.00	25.60	
Peso tara + suelo seco (g)	31.50	31.50	31.90	30.50	25.00	
Humedad %	27.27	22.86	18.92	14.29	15.79	
Límites		22.65			15	



**GECONSAC**  
GEOTECNIA & CONSTRUCCION S.A.C.  
Ing. Jorge L. Oropuzco Urdanivia  
C.I.P. 91018

Urb. Villa de Contadora Mza. N - Lote 06  
RPC: 993756435 RPC: 993756247  
Movistar: 948180393 RPN: 9948180393  
E-mail: geconsac\_laboratorio@hotmail.com



# GECONSAC

Geotecnia & Construcción - Servicios Generales S.A.C.

Estudios Geotécnicos, Laboratorio de Mecánica de Suelos, Asfalto, Concreto, Materiales de Construcción  
Análisis Químico de Agua e Hidráulica y Construcciones en General

Resolución N° 028319-2017/DSD-INDECOPI

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

ENSAYO DE COMPACTACIÓN - PROCTOR MODIFICADO  
MÉTODO A  
ASTM D-1557

PROYECTO : MEJORAMIENTO DEL CAMINO VECINAL PAMPA DE COCHAYA, BUENOS AIRES, CLAYA LLUN, SAN BENITO Y HUAMAMARCA DISTRITO DE MACHE - PROVINCIA DE OTUZCO - DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD  
SOLIDIFICANTE : ING. ELMER VICENTE VILACORTA VAGQUEZ  
UBICACIÓN : MACHE - OTUZCO - LA LIBERTAD  
FECHA : ABRIL DEL 2018

DESCRIPCIÓN CALICATA : F.C. #1 PROGRESIVA: 1+000  
PROF. (m.) : 0.10 A -1.50  
ESTRATO : M1

Molde N°	S - 123
Peso del Molde (gr.)	1873
Volumen del Molde (cm <sup>3</sup> )	929.38
N° de Capas	5
N° de Golpes por capa	50

MUESTRA N°	1.00	2.00	3.00	4.00	5.00	6.00
Peso de Suelo húmedo + Molde (gr.)	3750.00	3903.00	3660.00	3900.00		
Peso de Molde (gr.)	1873.00	1873.00	1873.00	1873.00		
Peso de suelo húmedo (gr.)	1877.00	2030.00	2007.00	1527.00		
Densidad Húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	2.02	2.18	2.16	2.07		
CAPSULA N°	1-01	1-02	1-03	1-04	1-05	1-06
Peso de suelo seco + Capsula (gr.)	98.47	93.50	98.55	100.30		
Peso de suelo seco + Capsula (gr.)	92.50	86.60	89.95	90.00		
Peso de Agua (gr.)	6.97	6.90	8.61	10.30		
Peso de Capsula (gr.)	21.18	22.80	21.20	19.52		
Peso de Suelo Seco (gr.)	71.32	63.80	68.75	70.48		
% de Humedad	8.37	10.82	12.52	14.47		
Densidad de Suelo Seco (g/cm <sup>3</sup> )	1.96	1.97	1.92	1.91		



Máxima densidad Seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.975
Óptimo Contenido de Humedad (%)	10.60



GECONSAC  
GEOTECNIA & CONSTRUCCION S.A.C.

Ing. Jorge L. Quespuzcoa Urdanarain  
C.I.P. 91018

Urb. Villa de Contadores Mza. N - Lote 06  
R.P.C. 993756435 R.P.C. 993756247  
Movistar: 948180393 R.P.M. 993756247  
E-mail: geconsac\_laboratorio@geconsac.com



# GECONSAC

Geotecnia & Construcción - Servicios Generales S.A.C.

Estudios Geotécnicos, Laboratorio de Mecánica de Suelos, Asfalto, Concreto, Materiales de Construcción  
Análisis Químico de Agua e Hidráulica y Construcciones en General

Resolución N° 028319-2017/DSD-INDECOPI

## LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

### ENSAYO DE CBR Y EXPANSION

Proyecto : MEJORAMIENTO DEL CAMINO VECINAL PAMPA DE COCHAYA, BUENOS AIRES, CLAYA, LLUN, SAN BENTO Y HUAMARCA DISTRITO DE MACHE - PROVINCIA DE OTUZZO - DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD

Ubicación : MACHE - OTUZZO - LA LIBERTAD

Selección : ING. ELMER VICENTE VILLACORTA VASQUEZ

Fecha : ABRIL DEL 2016

DESCRIPCION CALICATA : PC-01 PROGRESIVA (Km.)

PROF. (m.) : 0.10 A - 1.30

ESTRATO : MI 1+000

### ENSAYO DE COMPACTACION CBR

ESTADO	SIN SATURAR		SATURADO		SIN SATURAR		SATURADO	
	MOLDE 1		MOLDE 2		MOLDE 3			
N° DE GOLPES POR CAPA	56		25		10			
SOBRECARGA (gr.)	4530		4530		4530			
Peso de Suelo Húmedo + Molde (gr.)	11390		11096		10895			
Peso de Molde (gr.)	6715		6716		6720			
Peso de Suelo Húmedo (gr.)	4636		4377		4180			
Volumen de Molde (cm <sup>3</sup> )	2119		2119		2116			
Volumen del Disco Espaciador (cm <sup>3</sup> )	1086		1086		1085			
Densidad Húmeda (gr/cm <sup>3</sup> )	2.187		2.066		1.986			
CÁPSULA N°	J-8		J-3		J-8			
Peso de Suelo Húmedo + Cápsula (gr.)	107.54		100.36		106.55			
Peso de Suelo Seco + Cápsula (gr.)	66.00		63.40		67.20			
Peso de Agua (gr.)	9.34		8.36		9.35			
Peso de Suelo Seco (gr.)	16.30		16.34		16.34			
% de Humedad	10.86		10.75		10.70			
Densidad de Suelo Seco (gr/cm <sup>3</sup> )	1.673		1.666		1.776			

### ENSAYO DE EXPANSION

TIEMPO	LECT. DIAL	EXPANSION		LECT. DIAL	EXPANSION		LECT. DIAL	EXPANSION	
		mm	%		mm	%		mm	%
0 hrs	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
24 hrs	0.560	0.560	0.441	0.440	0.440	0.346	0.560	0.560	0.441
48 hrs	0.620	0.620	0.488	0.480	0.480	0.362	0.680	0.680	0.536
72 hrs	0.630	0.630	0.496	0.480	0.480	0.378	0.700	0.700	0.551
96 hrs	0.630	0.630	0.496	0.480	0.480	0.378	0.740	0.740	0.583

### ENSAYO DE CARGA PENETRACION

ENSAYO DE CARGA PENETRACION	LECTURA DIAL (kg)	MOLDE 1	56 GOLPES		LECTURA DIAL	MOLDE 2	25 GOLPES		LECTURA DIAL	MOLDE 3	10 GOLPES	
			lbs	lb/inch <sup>2</sup>			lbs	lb/inch <sup>2</sup>			lbs	lb/inch <sup>2</sup>
0.025	17	26.5	8.8	8	17.6	2.9	4	8.8	8.8	2.9	2.9	
0.050	30	44.1	14.7	13	28.7	5.6	8	17.6	17.6	5.6	5.6	
0.075	38	61.7	20.6	18	38.7	13.2	13	28.7	28.7	9.6	9.6	
0.125	55	121.3	46.4	38	61.8	27.9	25	55.1	55.1	18.4	18.4	
0.150	66	158.2	55.3	50	101.1	43.4	38	61.8	61.8	27.9	27.9	
0.200	96	257.9	86.3	83	181.0	81.0	50	101.1	101.1	36.7	36.7	
0.300	148	396.8	132.3	126	279.6	139.8	75	158.7	158.7	52.9	52.9	
0.400	208	597.0	219.0	205	431.9	216.0	105	231.8	231.8	77.2	77.2	
0.450	267	839.4	305.1	295	582.7	291.4	130	286.9	286.9	95.3	95.3	
0.500	405	1260.0	379.7	385	828.3	414.2	185	404.7	404.7	131.4	131.4	



GECONSAC  
GEOTECNIA & CONSTRUCCION S.A.C.  
Ing. Jorge L. Quirozco Urdanivia  
C.I.B. 91018

Urb. Villa de Contadores Mza. N - Lote 06  
RPC: 993756435 RPC: 993756247  
Movistar: 948180383 RPN: 864860393  
E-mail: geconsac\_laboratorio@hotmail.com

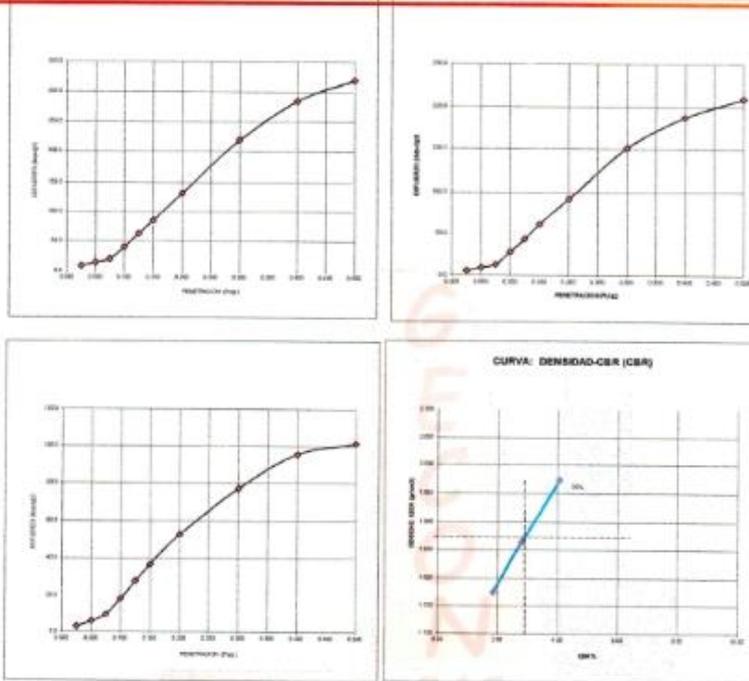


# GECONSAC

Geotecnia & Construcción - Servicios Generales S.A.C.

Estudios Geotécnicos, Laboratorio de Mecánica de Suelos, Asfalto, Concreto, Materiales de Construcción  
Análisis Químico de Agua e Hidráulica y Construcciones en General

Resolución N° 028319-2017/DSD-INDECOPI



Valores Corregidos

MOLDE Nº	PENETRACION (pulg)	PRESION APLICADA (lbf/pulg2)	PRESION PATRÓN (Lb/pulg2)	C.B.R %	DENSIDAD SECA (gr/cm3)
1	0.1	40.4	1000	4.04	1.973
2	0.1	27.9	1000	2.79	1.865
3	0.1	18.4	1000	1.84	1.778

MOLDE Nº	PENETRACION (pulg)	PRESION APLICADA (lbf/pulg2)	PRESION PATRÓN (Lb/pulg2)	C.B.R %	DENSIDAD SECA (gr/cm3)
1	0.2	132.3	1500	8.82	1.973
2	0.2	91.9	1500	6.12	1.865
3	0.2	52.9	1500	3.53	1.778

METODO DE COMPACTACION : ASTM D1557

Máxima Densidad Seca (gr./cm3) al 100 %	1.973
Máxima Densidad Seca (gr./cm3) al 95 %	1.878
ÓPTIMO Contenido de Humedad	10.00%
C.B.R Al 100 % de la Máxima Densidad Seca	4.04%
C.B.R Al 95% de la Máxima Densidad Seca	3.00%



GECONSAC  
GEOTECNIA & CONSTRUCCIONES S.A.C.

Ing. Jorge E. Quijascoa Urdanivia  
C.I.P. 91018

Urb. Villa de Contadores Mza. R - Lote 06  
RPC: 993756435 RPC: 993756247  
Movistar: 948180383 RPN: 9948180383  
E-mail: geconsac\_laboratorio@hotmail.com

**Anexo 2:** Recopilación de los Resultados del estudio de mecánica de suelos (M-02)



# GECONSAC

**Geotecnia & Construcción - Servicios Generales S.A.C.**

Estudios Geotécnicos, Laboratorio de Mecánica de Suelos, Asfalto, Concreto, Materiales de Construcción  
Análisis Químico de Agua e Hidráulica y Construcciones en General  
Resolución N° 028319-2017/DSD-INDECOPI

OBRA: MEJORAMIENTO DEL CAMINO VECINAL PAMPA DE COCHAYA, BUENOS AIRES, OLAYA, LLUIN, SAN BENITO Y HUANANMARCA DISTRITO DE MACHE - PROVINCIA DE OTUZCO - DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD UBICACIÓN MACHE - OTUZCO - LA LIBERTAD SOLICITA: ING. ELMER VICENTE VILLACORTA VASQUEZ FECHA: ABRIL DEL 2018	SONDEO:  <b>PC-02</b>
--	-----------------------------

## PERFIL ESTRATIGRAFICO

EXPLORACION. A cielo abierto (calcata)	Kilometro: 2+000	REGISTRADO POR JLQU
	N.F. (m) : No se encontró	REVISADO POR JLQU

Prof. (m)	Espesor (cm)	Muestra	Símbolo	Descripción del Estrato	Clasificación SUCS/AASHTO
-0.10				Cobertura Vegetal con suelo orgánico	OL
-1.40	1.40	MAB		Arcilla ligeramente plástica color marón, de consistencia semi compacta, de humedad baja, de partículas sub angulosas a sub redondeadas, presenta : grava : 1.05%, Arena: 47.73 %, Fines: 51.25 %, L.L= 23.31% y I.P = 9.25%	CL A-4 (3)
-1.50					
-3.00					
-5.00				NAF: A PROFUNDIDADES EXCAVADAS NO SE ENCONTRO EL NIVEL FREATICO	

**OBSERVACIONES**  
 MAB: muestra alterada en bolsa  
 MB: muestra inalterada en bloque  
 MIT: muestra inalterada en tubo



**GECONSAC**  
 GEOTECNIA & CONSTRUCCION S.A.C.

Ing. Jorge L. Quesada Urdanivia  
 C.V.P. 91018

Urb. Villa de Contadores Mza. N° - Lote 06  
 RPC: 993756435 RPC: 993756247  
 Movistar: 948150383 RPN: 993810393  
 E-mail: geconsac\_laboratorio@hotmail.com



# GECONSAC

Geotecnia & Construcción - Servicios Generales S.A.C.

Estudios Geotécnicos, Laboratorio de Mecánica de Suelos, Asfalto, Concreto, Materiales de Construcción  
Análisis Químico de Agua e Hidráulica y Construcciones en General

Resolución N° 028319-2017/DSD-INDECOPI

## LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

### ANÁLISIS MECÁNICO POR TAMIZADO

ASTM D-422

**PROYECTO** : MEJORAMIENTO DEL CAMINO VECINAL PAMPA DE COCHAYA, BUENOS AIRES, OLAYA, LLUIN, SAN BENITO Y HUANAMARCA DISTRITO DE MACHE - PROVINCIA DE OTUZCO - DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD

**SOLICITANTE** : ING. ELMER VICENTE VILLACORTA VASQUEZ

**UBICACIÓN** : MACHE - OTUZCO - LA LIBERTAD

**FECHA** : ABRIL DEL 2018

**DATOS DEL ENSAYO**

Estado de muestra seca  
Peso perdido por lavado

PC (%)	DESCRIPCIÓN CALICATA	ESTRATO
1000.00	PROF. (m.)	M1
512.29	0.10 A - 1.50	

HUMEDAD NATURAL	
Sh + Tara	49.88
Ss + Tara	47.26
Tara	10.75
Peso Agua	2.43
Peso Suelo Seco	36.50
Humedad (%)	6.66

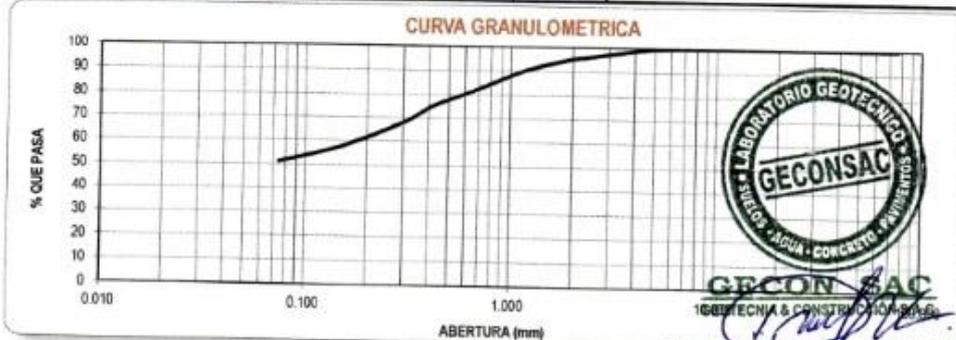
PROGRESIVA (Km): 2+000

Tamices ASTM	Abertura en mm	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% que Pasa	LÍMITES E ÍNDICES DE CONSISTENCIA
3"	76.200	0.00	0.00	0.00	100.00	
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00	
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00	
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00	
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00	
3/4"	19.050	0.00	0.00	0.00	100.00	
1/2"	12.700	0.000	0.00	0.00	100.00	
3/8"	9.525	0.000	0.00	0.00	100.00	
1/4"	6.350	0.000	0.00	0.00	100.00	
No.4	4.75	10.450	1.05	1.05	98.95	
5	2.360	29.540	2.95	4.00	95.00	
10	2.000	7.250	0.73	4.72	95.28	
15	1.180	48.500	4.85	9.57	90.43	
30	0.600	99.870	9.99	19.56	80.44	
40	0.420	52.600	5.26	24.82	75.18	
50	0.300	72.450	7.25	32.07	67.93	
100	0.150	101.600	10.16	42.23	57.77	
200	0.074	65.450	6.55	48.77	51.23	
< 200		512.29	51.23	100.00	0.00	
Total		1000.00				Grava % = 1.05 Arena % = 47.73 Fines % = 51.23

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA

Análisis orgánico de baja plasticidad

DESCRIPCIÓN DE LA CALICATA



Ing. Jorge L. Quirozco Urdanivia  
C.I.B. 91018

Lab. Villa de Contadores Mza. N° - Lote 06  
RPN: 953756435 RPN: 953756247  
Movistar: 948150393 RPN: 9548140393  
E-mail: geconsac\_laboratorio@hotmail.com



# GECONSAC

Geotecnia & Construcción - Servicios Generales S.A.C.

Estudios Geotécnicos, Laboratorio de Mecánica de Suelos, Asfalto, Concreto, Materiales de Construcción  
Análisis Químico de Agua e Hidráulica y Construcciones en General

Resolución N° 028319-2017/DSD-INDECOPI

## LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

### LÍMITES DE CONSISTENCIA

PROYECTO : MEJORAMIENTO DEL CAMINO VECINAL PAMPA DE COCHAYA, BUENOS AIRES, OLAYA, LLUIN, SAN BENITO Y HUAMANMARCA DISTRITO DE MACHE - PROVINCIA DE OTUZCO - DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD

SOLICITANTE : ING. ELMER VICENTE VILLACORTA VASQUEZ

UBICACIÓN : MACHE - OTUZCO - LA LIBERTAD

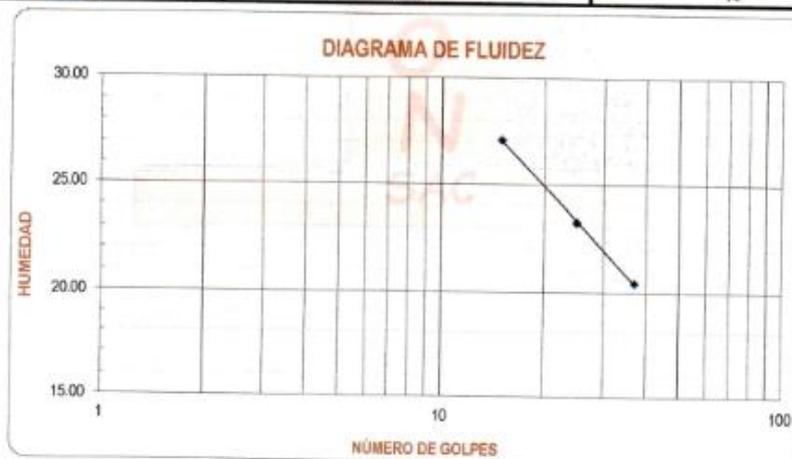
FECHA : ABRIL DEL 2018

DESCRIPCIÓN CALIGATA : PC 02

PROF. (m.) : 0.10 A - 1.50

ESTRATO : M1

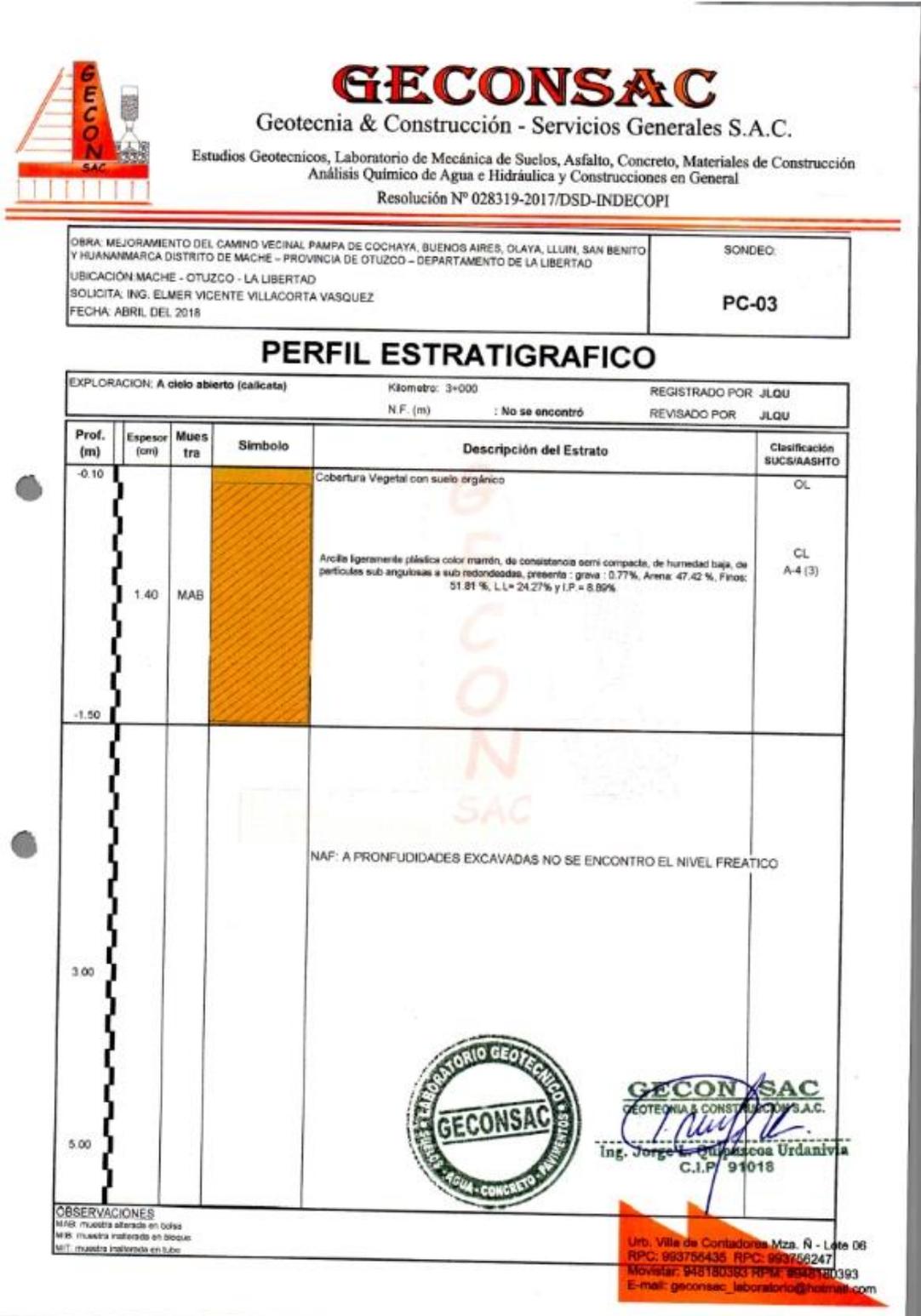
LÍMITES DE CONSISTENCIA	LÍMITE LÍQUIDO			LÍMITE PLÁSTICO	
N° de golpes	15	25	37	-	-
Peso tara (g)	28.20	28.00	28.20	27.00	21.20
Peso tara + suelo húmedo (g)	33.45	32.35	33.50	31.02	25.64
Peso tara + suelo seco (g)	32.33	31.53	32.60	30.50	25.12
Humedad %	27.12	23.23	20.45	14.86	13.27
Limites	23.31			14	



**GECONSAC**  
GEOTECNIA & CONSTRUCCION S.A.C.  
Ing. Jorge L. Quirozco Urdanivia  
C.I.F. 91018

Urb. Villa de Contadores Mza. N - Lote 06  
RPC: 993755435 RPC: 993755247  
Movistar: 948180393 RPN: 8948140393  
E-mail: geconsac\_laboratorio@hotmail.com

**Anexo 3:** Recopilación de los Resultados del estudio de mecánica de suelos (M-01)





# GECONSAC

Geotecnia & Construcción - Servicios Generales S.A.C.

Estudios Geotécnicos, Laboratorio de Mecánica de Suelos, Asfalto, Concreto, Materiales de Construcción  
Análisis Químico de Agua e Hidráulica y Construcciones en General

Resolución N° 028319-2017/DSD-INDECOPI

## LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

### ANÁLISIS MECÁNICO POR TAMIZADO ASTM D-422

**PROYECTO** : MEJORAMIENTO DEL CAMINO VECINAL PAMPA DE COCHAYA, BUENOS AIRES, OLAYA, LLUIN, SAN BENTO Y HUAMANMARCA DISTRITO DE MACHE - PROVINCIA DE OTUZCO - DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD

**SOLICITANTE** : ING. ELMER VICENTE VILLACORTA VASQUEZ

**UBICACIÓN** : MACHE - OTUZCO - LA LIBERTAD

**FECHA** : ABRIL DEL 2018

#### DATOS DEL ENSAYO

Muestra  
Peso de muestra seca  
Peso perdido por lavado

IC 01	DESCRIPCIÓN CALICATA	ESTRATO
1000.00	PROF. (m.)	
518.10	0.10 A -1.50	M1

HUMEDAD NATURAL	
Sh + Tara	44.85
Sa + Tara	42.60
Tara	10.75
Peso Agua	2.25
Peso Suelto Seco	31.65
Humedad (%)	7.06

PROGRESIVA (Km): 3+000

Tamices	Abertura en mm.	Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% que Pasa	LÍMITES E INDICES DE CONSISTENCIA
ASTM						
3"	75.200	0.00	0.00	0.00	100.00	
2 1/2"	63.500	0.00	0.00	0.00	100.00	
2"	50.800	0.00	0.00	0.00	100.00	
1 1/2"	38.100	0.00	0.00	0.00	100.00	
1"	25.400	0.00	0.00	0.00	100.00	
3/4"	19.050	0.00	0.00	0.00	100.00	
1/2"	12.700	0.000	0.00	0.00	100.00	
3/8"	9.525	0.000	0.00	0.00	100.00	
1/4"	6.350	0.000	0.00	0.00	100.00	
Nº4	4.75	7.690	0.77	0.77	99.23	
8	2.36	28.450	2.65	3.62	96.39	
10	2.000	7.460	0.75	4.36	95.64	
15	1.180	50.120	5.01	9.37	90.63	
30	0.600	106.500	10.65	20.02	79.98	
40	0.420	52.460	5.25	25.27	74.73	
50	0.300	72.300	7.23	32.50	67.50	
100	0.150	95.450	9.55	42.04	57.96	
200	0.074	61.460	6.15	48.19	51.81	
< 200		518.10	51.81	100.00	0.00	
Total		1000.00				

LÍMITES E INDICES DE CONSISTENCIA	
L. Líquido	24.27
L. Plástico	15.37
Ind. Plástico	8.89
Clas. SUCS	CL
Clas. AASHTO	A-4 (3)

DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA	
Arcilla orgánica de baja plasticidad	

DESCRIPCIÓN DE LA CALICATA	
Grava % =	0.77
Arena % =	47.42
Finos % =	51.81

### CURVA GRANULOMÉTRICA



**GECONSAC**  
GEOTECNIA & CONSTRUCCIÓN S.A.C.  
Ing. Jorge L. Quirozca Urquiza  
C.I.P. 91018

Urb. Villa de Contadores Mza. N - Lote 06  
RPC: 893756435 RPC: 893756247  
Movistar: 948180393 RPN: 8948180393  
E-mail: geconsac\_laboratorio@huanan.com



# GECONSAC

Geotecnia & Construcción - Servicios Generales S.A.C.

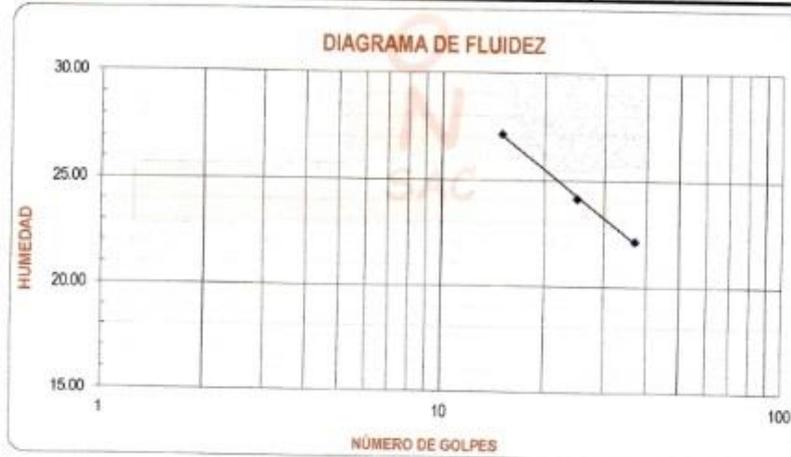
Estudios Geotécnicos, Laboratorio de Mecánica de Suelos, Asfalto, Concreto, Materiales de Construcción  
Análisis Químico de Agua e Hidráulica y Construcciones en General  
Resolución N° 028319-2017/DSD-INDECOPI

## LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

### LIMITES DE CONSISTENCIA

PROYECTO : MEJORAMIENTO DEL CAMINO VECINAL PAMPA DE COCHAYA, BUENOS AIRES, OLAYA, LLUIN, SAN BENITO Y HUANANMARCA DISTRITO DE MACHE - PROVINCIA DE OTUZCO - DEPARTAMENTO DE LA LIBERTAD  
SOLICITANTE : ING. ELMER VICENTE VILLACORTA VASQUEZ  
UBICACION : MACHE - OTUZCO - LA LIBERTAD  
FECHA : ABRIL DEL 2018  
DESCRIPCION CALICATA : PG.03  
PROF. (m.) : 0.10 A -1.50  
ESTRATO : MT

LIMITES DE CONSISTENCIA	LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO	
	N° de golpes	25	37		
Peso tara (g)	28.20	28.00	28.20	27.00	21.20
Peso tara + suelo húmedo (g)	36.26	34.12	36.26	31.12	26.00
Peso tara + suelo seco (g)	33.75	32.93	34.80	30.58	25.35
Humedad %	27.21	24.14	22.12	15.08	15.66
Límites	24.27			15.37	



**GECONSAC**  
GEOTECNIA & CONSTRUCCION S.A.C.  
Ing. Jorge L. Quirozcano Urdanivia  
C.I.P. 91018

Urb. Villa de Contadores Mza. N - Lote 06  
RPC: 983756435 RPC: 983756247  
Movistar: 948180380 RPM: 9948180383  
E-mail: geconsac\_laboratorio@hotmail.com

## Anexo 4: Ficha Técnica de la cal



### CAL DE OBRA



#### DESCRIPCION DEL PRODUCTO

Compuesto formado de trazas de carbonato de calcio, hidróxido de calcio o bien una mezcla de carbonato de calcio y partículas de rocas disgregadas.

#### ALMACENAMIENTO Y ESTABILIDAD DEL ENVASADO

12 meses en envase cerrado si se mantiene almacenado en ambiente protegido, fresco y seco

#### CARACTERISTICAS

Aspecto: Polvo granulado

Color: Variable de un blanco humo a grisáceo

Ca(OH)<sub>2</sub> (%): 3 - 15

% Retenido (M-40): 8 - 15

TIPO DE ENVASE	PRESENTACION
Saco de polietileno	Saco * 20 kg
Bolsa Laminada	Bolsa * 1kg



LAS INSTRUCCIONES DE FORMA DE USO ESTAN BASADOS EN NUESTROS CONOCIMIENTOS, EXPERIENCIA TECNICA Y NO SUPONEN COMPROMISO. ESTA INFORMACION NO LIBERA A NUESTROS CLIENTES A REALIZAR SUS PROPIOS ENSAYOS Y/O VERIFICACION DE LOS PRODUCTOS PARA SU CORRECTA UTILIZACION EN CASOS PARTICULARES. EL USO APLICACION Y MANEJO DE LOS PRODUCTOS, QUEDA FUERA DE NUESTRO CONTROL Y ES DE EXCLUSIVA RESPONSABILIDAD DEL USUARIO.



## CAL DE OBRA LINEA CONSTRUCCION

### CAL DE OBRA

#### PREPARACION

---

Para mejorar suelos ácidos y suelos sódicos. En construcción y marcado de campos.

#### USOS RECOMENDADOS

---

En suelos sódicos que tienen en promedio 1.56 kg de Na<sup>+</sup>/50m<sup>2</sup>, esparcir 20 Kg de cal de obra por cada 50 m<sup>2</sup> previamente el suelo esté rastrillado. Espolvorear de manera uniforme en zanjas y suelos salitrosos.

#### Condiciones de aplicación

En caso de contacto con los ojos enjuagar con abundante agua limpia.

#### Dilución

1.5 kg/ m<sup>2</sup>

#### PRECAUCIONES DE SEGURIDAD

---

Se debe aplicar en ambientes frescos y evitar el contacto con los ojos. Para mayor información favor consultar hoja de seguridad.



LAS INSTRUCCIONES DE FORMA DE USO ESTAN BASADOS EN NUESTROS CONOCIMIENTOS, EXPERIENCIA TECNICA Y NO SUPONEN COMPROMISO. ESTA INFORMACION NO LIBERA A NUESTROS CLIENTES A REALIZAR SUS PROPIOS ENSAYOS Y/O VERIFICACION DE LOS PRODUCTOS PARA SU CORRECTA UTILIZACION EN CASOS PARTICULARES. EL USO APLICACION Y MANEJO DE LOS PRODUCTOS, QUEDA FUERA DE NUESTRO CONTROL Y ES DE EXCLUSIVA RESPONSABILIDAD DEL USUARIO.



Planos topográfico Progresiva 1+000

