



FACULTAD DE INGENIERÍA

Carrera de **INGENIERÍA CIVIL**

“MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LOS SUELOS PARA CARRETERAS DE BAJO FLUJO VEHICULAR CON EL USO DE ESTABILIZADOR Z CON POLÍMEROS, CAJAMARCA 2022”

Tesis para optar al título profesional de:

**INGENIERO CIVIL**

**Autor:**

Wilmer Abanto Cieza

**Asesor:**

Mg. Anita Elizabet Alva Sarmiento

<https://orcid.org/0000-0003-3970-3793>

Cajamarca - Perú

2023

**JURADO EVALUADOR**

Jurado Presidente(a)	HUGO EMMANUEL RODRIGUEZ CHICO	45955444
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 2	KELY ELIZABETH NUÑEZ VASQUEZ	42679441
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

Jurado 3	KATIA CARRION RABANAL	46269439
	Nombre y Apellidos	Nº DNI

## INFORME DE SIMILITUD

### Informe antiplagio

#### INFORME DE ORIGINALIDAD



#### FUENTES PRIMARIAS

<b>1</b>	<b>Submitted to Universidad Tecnologica de los Andes</b> <small>Trabajo del estudiante</small>	<b>2%</b>
<b>2</b>	<b>Submitted to Universidad Andina Nestor Caceres Velasquez</b> <small>Trabajo del estudiante</small>	<b>1%</b>
<b>3</b>	<b>Submitted to Universidad Continental</b> <small>Trabajo del estudiante</small>	<b>1%</b>
<b>4</b>	<b>vdocuments.net</b> <small>Fuente de Internet</small>	<b>1%</b>
<b>5</b>	<b>Submitted to Universidad Nacional Autonoma de Chota</b> <small>Trabajo del estudiante</small>	<b>1%</b>
<b>6</b>	<b>CLARA TALENS VILA. "DESARROLLO DE TÉCNICAS COMBINADAS DE SECADO CON AIRE CALIENTE Y MICROONDAS EN LA PRODUCCIÓN DE FIBRA ALIMENTARIA A PARTIR DE SUBPRODUCTOS CÍTRICOS", Universitat Politecnica de Valencia, 2015</b> <small>Publicación</small>	<b>&lt;1%</b>

## DEDICATORIA

Doy gracias a Dios por ser la luz que guía mi vida, por  
hacerme una mejor persona y por darme la fuerza para  
salir adelante en los momentos más difíciles de la vida.

A mi querida madre Elvia quien siempre me  
apoyó, me guió con sus oraciones y me dio la  
fuerza que he necesitado a lo largo de mi  
carrera.

A mi padre, por su apoyo incondicional  
de una manera permanente durante toda mi  
vida de formación profesional, como también  
a cada uno de mis hermanos.

## **AGRADECIMIENTO**

Agradecida con Dios por darme vida e iluminar mi camino  
y preparar grandes cosas para mí.

A los docentes de la Escuela Profesional de  
Ingeniería Civil de universidad privada

Norte por la educación brindada durante estos 5 años.

A mi asesor de tesis Ing. Anita Alva,

Eso será al principio de mi experiencia profesional.

como buen líder y amigo

A mis compañeros con los cuales pasamos grandes  
experiencias como estudiantes, ellos

hicieron que la vida universitaria sea una buena etapa  
profesional y agradecer a mis docentes por compartir sus

conocimientos y forjarme como un buen profesional

## TABLA DE CONTENIDO

<b>JURADO EVALUADOR .....</b>	<b>2</b>
<b>INFORME DE SIMILITUD .....</b>	<b>3</b>
DEDICATORIA .....	4
<b>AGRADECIMIENTO .....</b>	<b>5</b>
<b>TABLA DE CONTENIDO.....</b>	<b>6</b>
ÍNDICE DE TABLAS .....	7
ÍNDICE DE FIGURAS .....	11
RESUMEN .....	13
CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN .....	14
CAPÍTULO II: METODOLOGÍA .....	26
CAPÍTULO III: RESULTADOS .....	40
CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES .....	97
REFERENCIAS.....	104
ANEXOS .....	106

**ÍNDICE DE TABLAS**

<b>Tabla 1</b> Descripción de calicatas .....	26
<b>Tabla 2</b> Descripción de normas de acuerdo a los ensayos realizados .....	28
<b>Tabla 3</b> Resultados de los análisis granulométricos de la calicata C-01 .....	38
<b>Tabla 4</b> Resultados de los análisis granulométricos de la calicata C-02 .....	40
<b>Tabla 5</b> Resultados de los análisis granulométricos de la calicata C-03 .....	42
<b>Tabla 6</b> Resultados de contenido de humedad de la calicata C-01 .....	44
<b>Tabla 7</b> Resultados de contenido de humedad de la calicata C-02 .....	45
<b>Tabla 8</b> Resultados de contenido de humedad de la calicata C-03 .....	46
<b>Tabla 9</b> Resultados de compactación Proctor modificado de calicata C-01 .....	48
<b>Tabla 10</b> Resultados de compactación Proctor modificado de calicata C-02 .....	50
<b>Tabla 11</b> Resultados de compactación Proctor modificado de calicata C-03 .....	52
<b>Tabla 12</b> Resultados de limite liquido calicata C-01 .....	55
<b>Tabla 13</b> Resultados de limite liquido calicata C-01 .....	55
<b>Tabla 14</b> Resultados de limite liquido calicata C-02 .....	57
<b>Tabla 15</b> Resultados de limite liquido calicata C-02 .....	57
<b>Tabla 16</b> Resultados de limite liquido calicata C-03 .....	59
<b>Tabla 17</b> Resultados de limite liquido calicata C-03 .....	59
<b>Tabla 18</b> Peso específico relativo de solidos calicata C-01 .....	62
<b>Tabla 19</b> Peso específico relativo de solidos calicata C-02 .....	63
<b>Tabla 20</b> Peso específico relativo de solidos calicata C-03 .....	63
<b>Tabla 21</b> Clasificación por el método SUCS de las muestras de estudio .....	65
<b>Tabla 22</b> Resultados del ensayo de CBR (California Bearing Ratio) con suelo natural de la calicata C-01 .....	66

<b>Tabla 23</b> Resultados del ensayo de CBR (California Bearing Ratio)- contenido de humedad con suelo natural de la calicata C-01 .....	67
<b>Tabla 24</b> Resultados de ensayo de hinchamiento con suelo natural de la calicata C-01 .....	68
<b>Tabla 25</b> Resultados del ensayo de carga- penetración de la muestra de suelo natural de la calicata C-01 .....	69
<b>Tabla 26</b> Resultados del índice de CBR – Calicata C-01 .....	71
<b>Tabla 27</b> Resultados del ensayo de CBR (California Bearing Ratio) con suelo natural de la calicata C-02 .....	73
<b>Tabla 28</b> Resultados del ensayo de CBR (California Bearing Ratio)- contenido de humedad con suelo natural de la calicata C-02.....	74
<b>Tabla 29</b> Resultados de ensayo de hinchamiento con suelo natural de la calicata C-02 .....	75
<b>Tabla 30</b> Resultados del ensayo de carga- penetración de la muestra de suelo natural de la calicata C-02 .....	76
<b>Tabla 31</b> Resultados del índice de CBR de la calicata C-02 .....	77
<b>Tabla 32</b> Resultados del ensayo de CBR (California Bearing Ratio) con suelo natural de la calicata C-03 .....	78
<b>Tabla 33</b> Resultados del ensayo de CBR (California Bearing Ratio)- contenido de humedad con suelo natural de la calicata C-03.....	78
<b>Tabla 34</b> Resultados de ensayo de hinchamiento con suelo natural de la calicata C-03 .....	79
<b>Tabla 35</b> Resultados del ensayo de carga- penetración de la muestra de suelo natural de la calicata C-03 .....	80
<b>Tabla 36</b> Resultados del índice de CBR de la calicata C-02 .....	81

<b>Tabla 37</b> Resultados del ensayo de CBR (California Bearing Ratio) más aditivo de la calicata C-01 .....	83
<b>Tabla 38</b> Resultados del ensayo de CBR (California Bearing Ratio)- contenido de humedad más aditivo de la calicata C-01 .....	84
<b>Tabla 39</b> Resultados del ensayo de carga- penetración de la muestra más aditivo de la calicataC-01 .....	85
<b>Tabla 40</b> Resultados del índice de CBR de suelo natural más estabilizador Z con polímeros de la calicata C-01 .....	86
<b>Tabla 41</b> Resultados del ensayo de CBR (California Bearing Ratio) más aditivo de la calicata C-02 .....	87
<b>Tabla 42</b> Resultados del ensayo de CBR (California Bearing Ratio)- contenido de humedad más aditivo de la calicata C-02 .....	88
<b>Tabla 43</b> Resultados del ensayo de carga- penetración de la muestra más aditivo de la calicataC-02 .....	89
<b>Tabla 44</b> Resultados del índice de CBR de suelo natural más estabilizador Z con polímeros de la calicata C-02 .....	89
<b>Tabla 45</b> Resultados del ensayo de CBR (California Bearing Ratio) más aditivo de la calicata C-03 .....	91
<b>Tabla 46</b> Resultados del ensayo de CBR (California Bearing Ratio)- contenido de humedad más aditivo de la calicata C-03 .....	92
<b>Tabla 47</b> Resultados del ensayo de carga- penetración de la muestra más aditivo de la calicataC-03 .....	93

**Tabla 48** Resultados del índice de CBR de suelo natural más estabilizador Z con polímeros de  
la calicata C-03 .....95

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Procedimiento de recolección y análisis de datos .....	36
<b>Figura 2</b> Curva granulométrica de la calicata -01 .....	39
<b>Figura 3</b> Curva granulométrica de la calicata -02 .....	41
<b>Figura 4</b> Curva granulométrica de la calicata -03 .....	43
<b>Figura 5</b> Curva granulométrica de la calicata C-01, C-02, C-03.....	43
<b>Figura 6</b> Porcentaje de contenido de humedad de la calicata C-01, C-02, C-03 .....	47
<b>Figura 7</b> Curva de compactación calicata C-01 .....	49
<b>Figura 8</b> Curva de compactación calicata C-02.....	51
<b>Figura 9</b> Curva de compactación calicata C-03.....	51
<b>Figura 10</b> Representación gráfica de la curva de compactación de la calicata C-01, C-02, C-03. ....	53
<b>Figura 11</b> Representación gráfica de límite de plasticidad calicata C-01.....	56
<b>Figura 12</b> Representación gráfica de límite de plasticidad calicata C-02.....	58
<b>Figura 13</b> Representación gráfica de límite de plasticidad calicata C-03.....	60
<b>Figura 14</b> Representación gráfica de límite de plasticidad calicata C-01, C-02, C-03.....	61
<b>Figura 15</b> Resumen de peso específico de la calicata C-01, C-02, C-03.....	64
<b>Figura 16</b> Representación gráfica de la curva esfuerzo-penetración con suelo natural de la calicata C-01 .....	70
<b>Figura 17</b> Representación gráfica de la curva S CBR (%) densidad seca con suelo natural de la calicata C-01 .....	72
<b>Figura 18</b> Representación gráfica de la curva esfuerzo-penetración con suelo natural de la calicata C-02.....	75

<b>Figura 19</b> Representación gráfica de la curva S CBR (%) densidad seca con suelo natural de la calicata C-02 .....	77
<b>Figura 20</b> Representación gráfica de la curva esfuerzo-penetración con suelo natural de la calicata C-03.....	80
<b>Figura 21</b> Representación gráfica de la curva S CBR (%) densidad seca con suelo natural de la calicata C-03 .....	82
<b>Figura 22</b> Representación gráfica de la curva esfuerzo-penetración más aditivo de la calicata C-01.....	84
<b>Figura 23</b> Representación gráfica de la curva S CBR (%) densidad seca con suelo natural más aditivo de la calicata C-01 .....	86
<b>Figura 24</b> Representación gráfica de la curva esfuerzo-penetración más aditivo de la calicata C-02.....	88
<b>Figura 25</b> Representación gráfica de la curva S CBR (%) densidad seca con suelo natural más aditivo de la calicata C-02.....	90
<b>Figura 26</b> Representación gráfica de la curva esfuerzo-penetración más aditivo de la calicata C-03.....	94
<b>Figura 27</b> Representación gráfica de la curva S CBR (%) densidad seca con suelo natural más aditivo de la calicata C-03.....	96

## RESUMEN

La presente investigación tiene como objetivo realizar el estudio del mejoramiento de las propiedades físicas y mecánicas de los suelos para carreteras de bajo flujo vehicular con el uso de estabilizador Z con polímeros, lo cual mejora la transitabilidad de las carreteras mejorando las oportunidades de la comunidad. La muestra fue extraída mediante de excavación de calicatas ( 0.50 m) de profundidad ubicadas en el tramo de Huambocancha – Porconcillo, del mismo modo el estabilizador Z con polímeros se obtuvo de la fábrica “Z ADITIVOS” para el tipo de suelo obtenido mediante los ensayos realizados se tuvo una dosificación 1:3 según ficha técnica, mezclando de manera uniforme el estabilizador Z con polímeros con el suelo y un contenido de humedad óptimo, para el tipo de suelo elegido; mejorando así dichas propiedades al aumentar la resistencia a las cargas. Luego de concluir la recolección de datos en campo se procesó los datos en gabinete, se obtuvo como resultados un tipo de suelo ML (Limo inorgánico y arenas muy finas), mezclando el suelo natural con aditivo 1:3 de estabilizador Z con polímeros aumenta el soporte CBR en un 25% de la capacidad portante, en comparación con suelos sin adición. Concluyendo que al añadir el estabilizador Z con polímeros logra mejorar su capacidad portante, uniendo entre si las partículas de suelo y eliminando los vacíos, de tal modo que se demostró la hipótesis que el estabilizador Z con polímeros mejora la composición de la capa de rodadura ya que impermeabiliza y evita la infiltración de agua.

**PALABRAS CLAVES:** Estabilización, Polímeros, suelos, propiedades físicas y mecánicas

## CAPÍTULO I: INTRODUCCIÓN

### 1.1. Realidad Problemática

En la actualidad las vías de comunicación a nivel nacional han sido olvidadas tanto por los gobiernos locales, regionales y nacionales, actualmente el estado de conservación es inadecuado, la presencia del mal uso y mal diseño que estas presentan, desgastes prematuros del material afirmado dificultando la comunicación entre las ciudades, esto nos conlleva a realizar mayor cantidad de mantenimientos rutinarios y periódicos con la reposición del espesor del material afirmado de la capa de rodadura ya que es la más afectada, generando polvareda en verano y se erosionan durante la época de lluvias. Condori (2018)

Del mismo modo en la trocha carrozable Cajamarca – Porconillo, la capa de afirmado existente se encuentra desgastado a causa del aumento de la transitabilidad vehicular. Además, se visualiza que en la capa de rodadura se encuentra con varios tipos de daños como baches a consecuencia de la saturación del suelo, encalaminados a causa del flujo constante de agua que discurre por medio de la carretera y el aumento del flujo vehicular, de esta manera erosionando el suelo y lavando los suelos finos, producto de las aguas pluviales. Por lo que nuestros pueblos alejados están abandonados, producto de los fenómenos naturales. El uso del estabilizador Z con polímeros reduce esta pérdida drásticamente y al mismo tiempo, elimina los demás problemas causados por la polvareda y a un costo relativamente bajo, y no está por demás decir, que las carreteras de bajo flujo vehicular también contribuye de modo eficiente en la transitabilidad vehicular y calidad de vida para los habitantes de los pueblos beneficiarios, ya que las redes viales son fundamentales, por componer una infraestructura de transporte.

Condori y Huamaní (2018) mencionan que las vías de acceso, principalmente las trochas carrozables, se encuentran en mal estado, debido a la falta de presupuesto que existe en los gobiernos locales, para hacer los mantenimientos periódicos que estas necesitan, producto de los cambios drásticos de clima y de los tipos de suelos arcillosos que son expansivos con la presencia del agua, en la que terminan agrietándose o en época de verano con erosión de polvo que presentan. En la construcción de obras viales es primordial minimizar y compensar al máximo posible el movimiento de tierras para consideraciones económicas, ambientales y técnicas, por ello se debe realizar estudios de suelos y optar por el mejor estabilizador, la ventaja de utilizar el polímero, ya que son tecnologías que nos ayudarán a dar una solución inmediata a los problemas de tránsito.

Según Coritomay (2018) el mal estado de las trochas se le suma que en épocas de lluvia se generan charcos, se produzcan desprendimientos de tierra y piedras y esto acrecienta el peligro para los transeúntes, producto de los tipos de suelos que estas presentan, Sin embargo, hay metodologías como el mejoramiento de los suelos a base de polímeros para poder garantizar una mejor calidad de vida para las personas de los pueblos más alejados y de esa manera aportar con el desarrollo de estos.

Damiano y Pérez (2022) indican que el interés por mejorar las vías de comunicación en el ámbito rural se encuentra latente en nuestro país, la mayor parte de los caminos rurales y/o vecinales se encuentran en estado de abandono por la falta de mantenimiento y mejoramiento por las autoridades; las ventajas de tener un camino transitable permiten a la población el desarrollo y un medio para aminorar los costos de producción y/ en el comercio. En el país los caminos vecinales o rurales carecen de tratamientos y aplicación de la ciencia y tecnología, empleándose la forma tradicional de mejoramiento de carreteras y caminos que no solucionan de manera efectiva los problemas viales o demandan mayor inversión en su construcción.

Marchan y Yrrazabal (2022) mencionan que el problema enlazado al tema de los suelos referente al ámbito de la construcción tiende a contar con un componente inestable (bajas resistencias mecánicas y así mismo una capacidad portante baja) las cuales las obras civiles se ven afectadas al momento de la construcción, que se da en las distintas especialidades como: edificios, puentes, carreteras, etc., los cuales tienen como resultado fallas, fisuras y posibles colapsos. Es por ello por lo que este proyecto se elaboró con el propósito de que las condiciones físicas-mecánicas del suelo utilizando polímeros sean mejoradas, ya que este permitirá estabilizar y mejorar al suelo.

Poma (2021) afirma que en el Perú las carreteras de bajo volumen de tránsito no pavimentadas tienen gran consideración en el desarrollo local, regional y nacional, ya que estas tienen 90232 km de superficie de rodadura a nivel nacional. Uno de los problemas más importantes que se presentan a nivel nacional es el alto costo de inversión para el mantenimiento de estas vías vecinales. La evaluación para un afirmado de una superficie de rodadura de bajo volumen de tránsito es de acuerdo con el costo-beneficio que realiza el estado y determina la viabilidad del proyecto, las cuales en su mayoría no son sostenibles, algunas de estas cuentan con operación y mantenimiento, estos costos de operación son muy altos.

Los estudios antes mencionados, indican que la gran problemática que se viene viviendo en nuestro país en las vías de comunicación por la falta de presupuesto y el desinterés de nuestras autoridades, Por lo tanto, existe la necesidad de investigar nuevos métodos, tecnologías, materiales, aditivos y entre otras cosas, para mejorar las carreteras locales y es una alternativa que cumple con las condiciones de calidad en el transporte, proceso constructivo menos complicado, menores costos de construcción y mantenimiento y sobre todo, amigable con el medio ambiente y los ecosistemas. Partiendo de estas premisas, se propone estudiar los polímeros como estabilizador químico alternativo de suelos.

Durante el estudio realizado, para mejorar este estudio, exploramos varias fuentes y depósitos de investigación sobre el tema de la estabilización del suelo en caminos con bajo flujo de vehículos utilizando estabilizadores Z que con polímeros. Los siguientes antecedentes se presentan para apoyar el tema de investigación

Aguilar y Borda (2015) en su tesis titulada “Revisión del estado del arte del uso de polímeros en la estabilización de suelos” tuvieron como objetivo general realizar una búsqueda sobre el estado del arte de la técnica de utilización de polímeros en el mejoramiento de suelos, a nivel nacional e internacional. Las arcillas expansivas al tener un efecto de expansión al contacto con el agua o una fuerte contracción al secarse, las convierte en un suelo inestable para la construcción, ya que este tipo de asentamientos que el suelo experimenta es el causante de agrietamientos y fisuras a las estructuras que se construyen sobre él, esta investigación se centró en el estudio del comportamiento del suelo expansivo frente a la adición de un polímero y así determinar su efectividad en la disminución del cambio volumétrico. El polímero utilizado es un poliuretano que se usa comúnmente en la industria de la construcción para el sellado de grietas y en el refuerzo de suelos granulares. Teniendo como resultado que la humedad y viscosidad son bajas, la mezcla de suelo-polímero es del 5%. El suelo natural presenta un límite líquido promedio de 89,7%. El suelo natural con polímero presenta, reducción del límite líquido en casi 50%.

El mejoramiento de suelos mediante estabilización es el proceso de tratamiento de suelos naturales que tienen baja capacidad portante o son susceptibles a cambios volumétricos para mejorar sus propiedades físicas y mecánicas. Gracias a estos, tenemos materiales con capacidad para soportar la intemperie, resistir los efectos del tráfico, controlar la expansión del polvo, reducir la plasticidad del suelo, aumentar la resistencia, reducir la compresibilidad, la permeabilidad y la erosión.

Blas y Paredes (2021) en su tesis titulada “Estabilización de Suelo de la Carretera Vecinal Tramo Yaután-Calpoc, con Material Convencional y Aditivo con Polímeros, Yaután, Ancash - 2021”, tuvieron como objetivo general determinar el porcentaje óptimo de estabilización de la carretera vecinal, AN-1068 Tramo Yaután – Calpoc, con material convencional y aditivo con polímeros, señalan que aplicando un aditivo con polímeros en vías con graba arcillosa, con simbología de clasificación SUCS (GC), con una dosificación de 1:3 se observa un incremento de 88.5% a 100% de valor CBR al 100% y con una dosificación de 1:5 existe un incremento de 88.5% a 125% de valor de CBR al 100% con respecto a la muestra patrón. Es por ello por lo que en este proyecto de investigación se optó por dar uso al Polímero con el fin de mejorar las propiedades físico-mecánicas del suelo, impermeabilizar y evitar la elevación de material particulado (polvo) generado por los vehículos en movimiento. Teniendo como resultado en el estudio anterior que, mediante la aplicación del aditivo con polímeros, incrementó el esfuerzo de penetración a 0.1 pulgadas del material convencional en el ensayo de CBR. al adicionar aditivo con polímeros con dosificación 1:3, se observa un incremento de 88.5% a 100% de valor CBR al 100% y con una dosificación de 1:5 existe un incremento de 88.5% a 125% de valor de CBR al 100% con respecto a la muestra patrón. Esto está directamente relacionado con el grado de protección en carreteras sin pavimentar, ya que la durabilidad y la cohesión aumentan con el incremento de la resiliencia y la máxima densidad seca. También reduce los problemas que trae este tipo de caminos, el desgaste por erosión debido a la lluvia.

Capia (2020) en su tesis “Estabilización de suelos arcillosos mediante el uso de polímeros reciclados PET a nivel de la subrasante de la carretera Juliaca – Caminaca, 2019”, que tiene como objetivo general, estabilizar los suelos arcillosos mediante el uso de polímeros reciclados PET a

nivel de la subrasante de la carretera Juliaca – Caminaca. El proyecto de investigación es de método científico, ya que existe un problema de estabilidad de suelos arcillosos y se procederá a la búsqueda de respuestas. Se tomará muestras del tramo más crítico para ser analizado en laboratorio y tener resultados del ensayo de suelo natural más adición de 1%, 3% y 5% de polímeros reciclados PET existe una dosificación adecuada de los polímeros reciclados PET como adición para la estabilización de la subrasante. Según los resultados se observa que para un suelo natural más adición del 3% de polímero reciclado PET aumenta su capacidad de soporte CBR en un 0.58% hasta 0.87% de la capacidad de soporte CBR de suelo sin adición, con el polímero reciclado PET logra mejorar su resistencia a la deformación de cargas vehiculares si logramos agregar una dosificación de 3% de polímeros reciclados PET, ya que el polímero es un material resistente de baja densidad que ayuda a tener mayor fricción y resistencia al corte. Según resultados, con la adición de 5% polímero reciclado PET tiene un efecto favorable para la subrasante de suelo arcilloso, ya que se observa que su variación de volumen es mayor en comparación con el suelo natural. Con respecto a la resistencia de suelo, al agregar porcentaje de aditivo de 3% si aumenta su resistencia de CBR al 95% y logra pasar el 6%, la cual se encuentra en la categoría subrasante regular según el cuadro de clasificación de subrasante vs. Índice CBR del MTC.

Según Coritomay (2018) en su tesis titulada “Estabilización de suelos arcillosos con poliimeros de tipo Copolimero, aplicado a obras viales de mediano tránsito en la carretera Pucaloma - Yanayacu, distrito de Socos” Esta investigación analiza el comportamiento del suelo arcilloso, potencialmente expansivo, mezclados con polímeros sintéticos de características copolímeros, donde no existe algún estudio sobre los aditivos de naturaleza polimérica para estabilizar subrasante de carreteras en nuestra región se encuentra como superior de rodadura en un camino rural. Teniendo como resultado, que en la compactación realizada en esta muestra se observa que el incremento de un 6% de porcentaje de polímero al suelo, el valor de la máxima

densidad seca (MDS) tiende a superar al valor del suelo natural de 1.733 a 1.767 gr/cm<sup>3</sup>, pero el porcentaje óptimo de humedad (OCH) se mantiene en 17.80%, igual al espécimen de la muestra de suelo natural (0% polímero), como se puede apreciar en la investigación, asimismo observa una ligera mejora en el valor del CBR con respecto al suelo natural, donde el CBR al 95% en estado natural del suelo es de 4.17% y al incrementar en un 10% de material estabilizador, el valor de CBR al 95% es de 5.20%, esto es debido a la adherencia entre partículas, causada por el polímero, muestra de ello se reflejó en el ensayo de penetración donde también tuvo una ligera resistencia con respecto al ensayo en estado natural.

**El suelo.** “El suelo es el resultado de la meteorización física de las rocas. Este proceso, conocido como meteorización, promueve el transporte de material meteorizado que luego se depositan para formar alterita, a partir de la cual el suelo se fortalece mediante varios procesos” Briones y Irigoín (2015)

**Granulometría de los suelos.** “Se denomina distribución granulométrica de un suelo a la división del mismo en diferentes fracciones, seleccionadas por el tamaño de sus partículas componentes; las partículas de cada fracción se caracterizan porque su tamaño se encuentra comprendido entre un valor máximo y un valor mínimo, en forma correlativa para las distintas fracciones, de tal modo que el máximo de una fracción es el mínimo de la que sigue correlativamente” Rico (2020)

El análisis granulométrico del suelo tiene como objetivo determinar las proporciones de los diferentes elementos constituyentes, que se clasifican según su tamaño.

**Plasticidad:** Es la propiedad que tiene los suelos hasta cierto límite de humedad sin disgregarse, esta propiedad depende de excepcionalmente de los materiales finos que lo componen Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2014). La plasticidad se obtiene de la diferencia entre

el límite líquido (LL) y límite plástico (LP), llamados también límites de atterberg las cuales nos permite clasificar el tipo de suelo. Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2014)

**Contenido de Humedad (MTC E 108 – ASTM D 2216).** Según el “Manual de ensayo de materiales del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2016”. La humedad o contenido de humedad de un suelo es la relación, expresada como porcentaje, del peso de agua en una masa dada de suelo, al peso de las partículas sólidas. Este Modo Operativo determina el peso de agua eliminada, secando el suelo húmedo hasta un peso constante en un horno controlado a  $110 \pm 5$  °C. El peso del suelo que permanece del secado en horno es usado como el peso de las partículas sólidas. La pérdida de peso debido al secado es considerada como el peso del agua. También, “se conoce como contenido de agua o humedad de un suelo, la relación entre el peso de agua contenida en el mismo y el peso de su fase sólida. Suele expresarse como un porcentaje” Juárez (2005)

**Clasificación del Suelo.** Una adecuada clasificación permitirá tener idea, acerca del comportamiento del suelo de la carretera a utilizar, a partir de sus propiedades de fácil determinación. A través de conocer su granulometría y límites de atterberg de un suelo se podrá predecir el comportamiento mecánica del suelo. A continuación, se presentará una correlación de los dos sistemas de clasificación más difundidos, AASHTO y ASTM (SUCS) Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2014)

**Clasificación SUCS ASTM D-2487.** Según Juárez (2005) dijo que este sistema está basado en los aeropuertos, hasta el grado que puede decirse que es el mismo con ligeras modificaciones.

El sistema cubre los suelos gruesos y los finos, distinguiendo ambos por el cribado a través de la malla 200; las partículas gruesas son mayores que dicha malla y las finas, menores. Un suelo se considera grueso si más del 50% de sus partículas son gruesas, y fino, si más de la mitad de sus partículas, en peso, son finas.

**Mejoramiento:** Son actividades en las cuales su ejecución eleva el estándar de la vía, las cuales implican la modificación sustancial de la geometría y la transformación de una carretera de tierra a una carretera afirmada Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2016)

**Estabilización del suelo.** Se basa en la incorporación de un producto químico, la cual se mezcla íntima y homogéneamente con el suelo a intervenir. La estabilización de suelos se define como el mejoramiento de las propiedades físicas y mecánicas de un suelo mediante procesos mecánicos e incorporación de productos químicos, naturales y sintéticos. Tales estabilizaciones, generalmente, se realizan en los suelos de subrasante inapropiado o pobre, en este caso son denominados estabilización suelo estabilizador z, suelo polímero y otros productos Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2008)

**La Estabilización Mecánica.** Consiste en compactar el suelo de forma estática o dinámica mediante la aplicación de aditivos que actúan física o químicamente sobre las propiedades del suelo. Entre los más utilizados están la cal y el cemento, pero también se emplean cloruro de sodio (Sal), cloruro de magnesio, asfaltos líquidos, escorias y productos químicos. La aplicación de estos últimos estuvo de acuerdo a la norma MTC 1109-2004 Norma Técnica de Estabilizadores Químicos Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2008)

**Estabilización del suelo de carreteras no Pavimentadas.** El objetivo de la estabilización de un suelo es mejorar sus propiedades físicas y mecánicas; de esta manera se podrá utilizar

materiales de estabilidad insuficiente como subrasante y capa granular Ministerio de Transportes y Comunicaciones (2008)

**Estabilizador z con Polímeros.** La Poliacrilamida (PAM) es un polímero orgánico sintético constituido a partir de monómeros de acrilamida. En función de los polímeros son macromoléculas formadas por la unión repetida de una o varias moléculas unidas por enlaces covalentes que tienen la propiedad de unir entre sí, a las partículas de suelo, volviendo impermeable y compacta a la vez. El termino macromolécula significa molécula muy grande. “Polímero” y macromolécula son términos que suelen usarse indistintamente, aunque estrictamente hablando no son equivalentes ya que las moléculas en principio no requieren estar formados por unidades de repetición Rico y Gomis (2012)

**Polímero:** Un polímero es una sustancia que consiste en grandes moléculas formadas por muchas unidades pequeñas que se repiten, llamados monómeros. El número de unidades que se repiten en una molécula grande se llama grado de polimerización. Los materiales con un grado elevado de polimerización se denominan altos polímeros. Los homopolímeros son polímeros con un solo tipo de unidad que se repite. En los copolímeros se repiten varias unidades distintas. La mayoría de las sustancias orgánicas presentes en la materia viva, como las proteínas, la madera, la quitina, el caucho y las resinas son polímeros; también lo son muchos materiales sintéticos como los plásticos, las fibras (nailon, rayón), los adhesivos, el vidrio y la porcelana Rico y Gomis (2012)

El uso de estabilizador Z con polímero mejorará las propiedades físicas y mecánicas del suelo en vías con bajo flujo vehicular para mejorar la calidad de vida de las personas que se benefician del uso de estas vías, reduciendo así el tiempo de viaje periódico, costos de mantenimiento, por arrastre del material bajo la influencia de la lluvia, de acuerdo con la MTC

1109 – 2004 NORMAS TÉCNICAS ESTABILIZADORES QUÍMICOS, FÍSICOS Y MECÁNICOS el efecto benéfico del Estabilizador Z, en cambios se debe a sus polímeros, que se incorpora al suelo, al ser firmado o regado en su superficie nos permite obtener una superficie más densa, impermeable y no tóxica. Adicionalmente, el espesor del material estabilizado permite su relativamente alta resistencia al tránsito, cuando la aplicación se realiza en suelos naturales, esto permite que Z con polímero penetre varios centímetros a través de la aplicación, resultando en una costra cohesiva por humedad, similar a la obtenida por agua de riego constante. Hay investigaciones que muestran que la pérdida anual de materias primas puede alcanzar un poco más de 20 m<sup>3</sup> por kilómetro de vía 6 más ancha y con un tránsito de 100 vehículos por día Rico y Gomis (2012). El uso del estabilizador Z con el polímero reduce drásticamente esta desventaja y al mismo tiempo elimina otros problemas causados por el polvo ya un costo relativamente bajo.

Es por ello que esta investigación estudia las propiedades físicas y mecánicas de los suelos de tal lugar, con el fin de incorporarle el estabilizador Z, de tales propiedades.

## 1.2. Formulación del problema

¿Cuánto mejoran las propiedades físicas y mecánicas de los suelos para carreteras de bajo flujo vehicular con el uso del estabilizador Z con polímeros y cuál es su efecto en la capa de rodadura?

## 1.3. Objetivos

### Objetivo general

- Realizar el estudio del mejoramiento de las propiedades físicas y mecánicas de los suelos para carreteras de bajo flujo vehicular con el uso de estabilizador Z con polímeros.

### **Objetivos específicos**

- Determinar las propiedades físicas y mecánicas de los suelos de la carretera Cajamarca – Porconcillo.
- Analizar las propiedades físicas y mecánicas de los suelos de la carretera Cajamarca – Porconcillo, incorporando el estabilizador Z con polímeros.
- Comparar las propiedades físicas y mecánicas del suelo natural y agregando el estabilizador Z con polímeros.

### **1.4. Hipótesis**

#### **Hipótesis general**

El estabilizador Z con polímeros mejora las propiedades físicas y mecánicas de los suelos en un 80% para carreteras de bajo flujo vehicular, teniendo como efecto que la capa de rodadura se vuelve impermeable al agua.

## CAPÍTULO II: METODOLOGÍA

### 2.1. Tipo de investigación

#### 2.1.1. Enfoque

El tipo de investigación es **Aplicativa** con **enfoque cuantitativo**, porque los fenómenos que se estudian y se observan y/o miden son secuenciales y probatorios, según el investigador Astete y Muñoz (2016), teniendo en cuenta los conocimientos adquiridos en estudios de tesis, artículos, libros, entre otros, y teorías existentes para el crecimiento de los conocimientos científicos; ya que busca mejorar las propiedades físicas y mecánicas de los suelos a través del estabilizador z con polímeros en carreteras de bajo tránsito vehicular con el fin de mejorar la calidad de vida de la población. Además, Hernández y Baptista (2010) mencionan que, “En el enfoque **cuantitativo** se empieza por plantear un problema, por construir un marco teórico, generar una hipótesis y analizar los datos mediante una medición numérica y métodos estadísticos, con el fin de establecer pautas de comportamiento y probar teorías”, interpretando los fenómenos de acuerdo a los hechos, porque varían las propiedades del suelo al incorporar el estabilizador z con polímeros, respectivamente, la investigación fue transversal realizada en los meses de agosto a abril.

La presente investigación es de diseño **“experimental”**; ya que el objetivo es de agregar una cierta cantidad de estabilizador Z con polímeros al suelo que se quiere mejorar, luego de este proceso se analizará el incremento que este produce en el suelo al someterlo al ensayo de penetración, según Peñaranda y Vizhco (2016) una investigación experimental permite analizar datos mediante modelos estadísticos para observar la interacción entre las variables independientes y como afectan a la variable dependiente. Para obtener una realización experimental con un elevado índice de exactitud, primordial hacer la selección del método estadístico.

## 2.2. Variables de estudio

**Independiente:** Estabilizador Z con polímeros.

**Dependiente:** Propiedades físicas y mecánicas del suelo.

## 2.3. Población y muestra

Para la presente investigación, la población ha sido igual que la muestra por conveniencia del investigador según Monterola (2017) el muestreo no probabilístico (conveniencia) permite seleccionar los casos disponibles que concuerden para su inclusión en base a la conveniente accesibilidad y proximidad a los investigadores. Planificación y caracterización de la selección del sitio. Las muestras se toman de un caserío en Huambocancha, la carretera tiene una longitud de 14 km, en este tramo de la carretera Huambocancha - Porconcillo se realizó dichas calicatas, de esta manera se hacen una cierta cantidad de estas utilizando el suelo, del cual este sector no está pavimentado, y de esta manera se pueden mejorar las propiedades físicas y mecánicas del suelo, brinda información útil para la determinación y clasificación de suelos. Debido a la continua desventaja en el tránsito de vehículos para los habitantes de la zona, se buscan soluciones alternativas y favorables, así como innovaciones de nuevos productos que sean favorables a la población. Plano de ubicación. (Anexo1)

### Descripción del lugar de estudio

La zona en estudio se ubica en la carretera Huambocancha - Porconcillo; Provincia Cajamarca; Distrito de Cajamarca; Departamento Cajamarca el acceso carretera Cajamarca – Bambamarca.

Se hizo el reconocimiento de la zona a investigar, para determinar las características y condiciones actuales en las que se encuentra el suelo, luego se programó realizar 3 calicatas

distribuidas de manera estratégica en todo el tramo de la zona, esto teniendo en cuenta el capítulo 4 del manual de carreteras del MTC.

### **Calicatas.**

De acuerdo a las instrucciones del Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTS), en el numeral ítem 4.1 de la exploración de suelos y rocas, se indica que la distancia entre las calicatas debe ser de 250 a 2000 m, pero pueden estar más cerca dependiendo de las características de la topografía, la cantidad de suelo excavado dependerá de los tipos de los ensayos estudiados, además, la profundidad mínima para la ejecución del perfil estratégico es de 1,50 m desde el nivel de la subrasante (según Norma MTC E 101).

Con el objetivo de obtener la información necesaria del suelo se realizaron 3 calicatas ubicadas de manera uniforme en todo el largo de la vía en las progresivas correspondientes a 0+100, 0+200, 0+300, el siguiente cuadro muestra un resumen de las calicatas.

**Tabla 1**

*Descripción de calicatas*

<b>N° Calicata</b>	<b>Profundidad (m)</b>	<b>Cantidad de Muestra</b>	<b>Progresiva (m)</b>
Calicata 01	0.50	4	0+100
Calicata 02	0.50	4	0+200
Calicata 03	0.50	4	0+300

*Nota.*

## **2.4. Técnicas e instrumentos de recolección**

### **2.4.1. Técnicas**

#### **Investigaciones de laboratorio.**

La presente investigación tiene como técnica la observación directa y de recolección de datos la aplicación de ensayos realizados en laboratorio, esto para identificar las características físicas y mecánicas de los suelos en la zona en estudio de este modo poder determinar la resistencia y durabilidad necesaria, de acuerdo con ese, se procederá a realizar los posteriores ensayos para determinar las características mecánicas del suelo natural y el suelo mezclado con estabilizador Z con polímeros.

Los ensayos se realizaron en el laboratorio de mecánica de suelos de la Universidad Privada del Norte sede Cajamarca, tomando en consideración la norma técnica de suelos SUCS y AASHTO.

**Tabla 2**
*Descripción de normas de acuerdo con los ensayos realizados*

N°	Ensayo	Norma
1	Análisis granulométrico mediante tamizado por lavado	NTP 339.128 (ASTM D-422) MTC E107
2	Contenido de humedad	NTP 339.127 (ASTM D-2216) MTC E108
3	Clasificación de suelos SUCS	NTP 339.134(ASTM D-2487)
4	Peso específico relativo de solidos	MTC E 113/ ASTM D854 / NTP 339.131
5	Límite de plasticidad	ASTM D4318 / NTP E339.130 - NTPE111
6	Proctor modificado	NTP 339.141 (ASTM D1557) MTC E115
7	Relación de soporte CBR con suelo natural	NTP 339.143 (ASTM D1883) MTC E132
8	Relación de soporte CBR más estabilizador Z con polímeros	NTP 339.143 (ASTM D1883) MTC E132

#### 2.4.2. Instrumentos

Los instrumentos de recolección de datos que se utilizó son los protocolos de Análisis granulométrico mediante tamizado por lavado, Contenido de humedad, Clasificación de suelos AASHTO, Proctor modificado, Relación de soporte CBR y Relación de soporte CBR modificado, para poder registrar datos obtenidos en el desarrollo de dichos ensayos. (Anexo 02).

### 2.4.3. Procedimiento

#### **Tomas de muestra y registro de excavación.**

Se obtuvieron muestras de cada una de las calicatas exploradas, tomándose cantidades suficientes con el objetivo de ensayar los para poder clasificarlas e identificar el tipo de suelo.

Paralelamente al muestreo se realizó el registro de cada una de las calicatas, anotándose las principales características de los tipos de suelos encontrados como tales: espesor, color, humedad, plasticidad, cuales se observa en los ensayos de investigación de suelos.

#### – **Análisis granulométrico por tamizado lavado- MTC E107**

##### **Según norma técnica de suelos ASTM D421**

- Secar la muestra
- Pesarla muestra seca ( $W_s$ )
- Colocar la muestra en un recipiente, cubrir con agua y dejar durante algunas horas dependiendo del tipo de material.
- Tamizar la muestra por la malla N°200 mediante chorro de agua.
- La muestra retenida en la malla N°200 se retira en un recipiente y se deja secar.
- Pasar la muestra seca por el juego de tamices, agitando en forma manual o mediante tamizador.
- Determinar los porcentajes de los pesos retenidos en cada tamiz (%RP)

$$\%RP = PRP * 100 Wt De$$

- Determinar los porcentajes retenidos acumulados en cada tamiz %RA, para lo cual se sumarán en forma progresiva los %RP, es decir

$$\%RA1 = \%RP1$$

$$\%RA2 = \%RP1 + \%RP2$$

$$\%RA3 = \%RP1 + \%RP2 + \%RP3, \text{ euc.}$$

- Determinar los porcentajes acumulados que pasan en cada tamiz % que pasa  $qata = 100\% - \%R. A.$
- Dibujar la curva granulométrica en escala semilogarítmica, en el eje de las abscisas se registrará la abertura de las mallas en milímetros, y en el eje de las ordenadas se registrará los porcentajes acumulados que pasan en las mallas que se utilizan.

#### – Contenido de humedad

Según la norma técnica **MTC E108/ASTM D2216/NTP339.127**

- Identificación del recipiente(A)
- Pesar el recipiente o tara (B).
- Pesar la muestra húmeda en el recipiente o tara (C).
- Secar la muestra en la estufa durante 24 horas a 105°C.
- Pesar la muestra seca en el recipiente o tara (D).
- Determinar el peso del agua  $W_w(E) = C - B.$
- Determinar el peso del suelo seco  $W_s(F) = D - B$
- Determinar el contenido de humedad  $(G) = (E / F) * 100$ 
  - $(W\%) = (W_{mh} - W_s / W_s) * 100$
- Determinar el promedio del contenido de humedad (H).

#### – Clasificación de suelos SUCS

Según la norma NTP 339.134(ASTM D-2487)

Para la clasificación de suelos por el método de SUCS se consideró la granulometría de muestra de suelo para los porcentajes pasantes las mallas N°4, N°200 y sus características plásticas.

– **Proctor modificado**

La prueba de Proctor se determina en función de la relación entre el contenido de humedad y el peso específico seco mediante una curva de compactación, en donde se determina el contenido óptimo de humedad, Densidad máxima seca y gravedad específica, según el método Proctor modificado Capia (2019)

– **Relación de soporte CBR con suelo natural**

Según la norma MTC E132/ASTM D1883/ASTMD4429

Para determinar la capacidad portante de cada muestra de las calicatas 1, 2 y 3,

- Se prepara la muestra con el contenido óptimo de humedad obtenido en el ensayo de compactación Proctor Modificado.
- Compactar la muestra con 5 capas en cada uno de los 3 moldes CBR, el primero con 13 golpes, el segundo con 27 golpes y el tercero con 55 golpes por capa.
- Luego se determina la densidad húmeda, el contenido de humedad y la densidad seca de las muestras en cada molde.
- Luego invertir los moldes con las muestras de tal manera que la superficie libre quede en la parte superior cuando se ensambla nuevamente los moldes en sus placas de base, colocar sobre cada muestra el papel filtro, la placa de hinchamiento, la sobrecarga, el trípode y el dial de hinchamiento.

- Colocar los tres moldes debidamente equipados en un tanque de agua durante 4 días (96 horas), registrar las lecturas de expansión cada 24 horas.
- Luego realizamos el ensayo carga - penetración (determinación de la resistencia a la penetración), después de los 4 días sacar los moldes del tanque de agua y de cada uno de ellos retirar el dial, el trípode, la sobrecarga y la placa de expansión, dejarlos drenar durante 15 minutos.
- Colocar la sobrecarga en cada molde, llevar a la prensa hidráulica, proceder al ensayo de penetración aplicando un pisón a una velocidad de 0.05 pulga/min, registrar las lecturas de carga de cada muestra en las siguientes lecturas de penetración.
- **Ensayo de penetración (lb/in)**

Según la norma Según la norma MTC E132/ASTM D1883/ASTMD4429

Las muestras se saturan antes de determinar la resistencia a la penetración.

La Norma MTC E132/ASTM D1883/ASTMD4429 contiene las prescripciones básicas para ejecutar el Ensayo Normal de Penetración. Si se toma nota de las distintas cuestiones que se han desarrollado en la presente investigación con las 3 muestras realizadas de 13, 27 y 55 golpes y poder determinar la resistencia del suelo cuando es sometido a las cargas.

#### – **Relación de soporte CBR más estabilizador Z con polímeros**

Para los ensayos de CBR de suelo natural **más estabilizador Z con polímeros** con adición de aproximadamente (5%), de aditivo.

## **2.5. Técnicas e instrumentos de análisis de datos**

### **2.5.1. Técnicas**

La técnica de análisis de datos es la estadística descriptiva, recolectando datos reales obtenidos en laboratorio con el objetivo de procesarlos mediante valores característicos y presentarlos en tablas o gráficos y figuras.

### **2.5.2. Instrumentos**

Como herramienta de análisis de datos, se utiliza el software Excel para organizar y detallar estadísticas, procesos y gráficos de los datos obtenidos en laboratorio de dichos ensayos. basándose en los parámetros principales de las diferentes normas utilizadas (la norma del American society for Testing and Materials (ASTM))

### **2.5.3. Procedimientos**

#### **Procedimiento de recolección de datos**

Para la presente investigación se realizó los siguientes procedimientos para el mejoramiento de las propiedades físicas y mecánicas de los suelos para carreteras de bajo flujo vehicular con el uso de estabilizador z con polímeros. Se ubico la carretera Huambocancha – Porconcillo, en base a ello se procedió a realizar las calicatas en la capa de rodadura de 0.50 m de profundidad, se inició a extraer las muestras de suelo de cada calicata realizada (C-01, C-02, C-03) para ser transportado al laboratorio desuelos de la Universidad Privada del Norte.

Para realizar el ensayo de análisis granulométrico mediante tamizado por lavado, se procedió a seleccionar 3 kg de muestra en una bandeja, se cuartea el suelo y se pesa 500 gramos, se lava en el tamiz N° 200, se pone en el horno  $110 \pm 5^\circ$  por 24 horas luego para ser tamizado y pesado el retenido en cada tamiz. Seguidamente se realiza el ensayo de contenido de humedad para ello se pesa cuatro

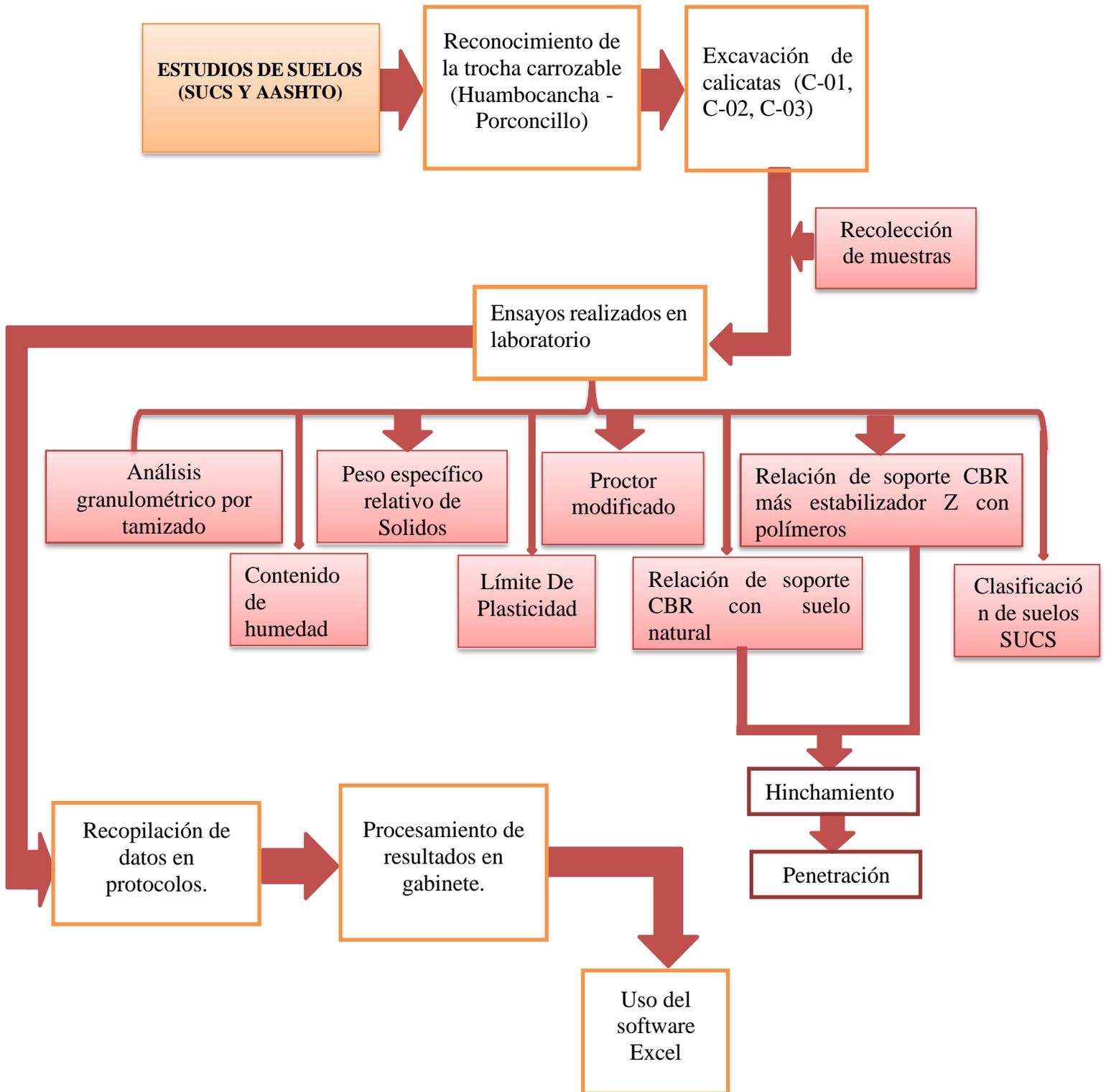
taras con muestra considerable por cada calicata, se coloca en el horno con una temperatura  $110 \pm 5^\circ$  por 24 horas. Para el estudio se consideró realizar el ensayo de proctor modificado ya que se trata del mejoramiento de la capa de rodadura, para ello conociendo el tipo de suelo en el ensayo granulométrico que quedo menos del 25% en el tamiz N°4, se pesó 3 kg de muestra para realizar dicho ensayo, con porcentajes de 11%, 13%, 15% y 17 %, 5 capas de suelo y 25 golpes, encontrar la humedad óptima para realizar el ensayo de CBR. También se realizó el ensayo de Limite de plasticidad, para el que se pesó una cantidad de muestra considerable pasante en el tamiz N° 200, y así con ello poder obtener el índice de plasticidad. Así mismo se procedió a realizar el ensayo de peso específico relativo de solidos con muestra de las 3 calicatas para poder determinar el peso específico del suelo en estudio. Una vez que se han realizado los ensayos previos, se procedió a realizar el ensayo california bearing ratio - CBR con suelo natural y agregando el aditivo “estabilizador Z con polímeros, para ello se tuvo en consideración la normativa MTC E132 / ASTM D1883 / ASTM D4429 con 13, 27 y 55 golpes por cada capa de suelo y con la humedad optima que se encontró mediante el ensayo de Proctor modificado, con 5 capas cada ensayo, una vez terminado el proceso se enraza la muestra en el molde y se pesa la muestra más el molde, luego se deja curar en agua por 96 horas en las cuales se toma lectura cada 24 horas para determinar el hinchamiento del suelo, se saca los moldes del agua y se deja escurrir el agua por 15 minutos. Finalmente se realiza el ensayo de penetración en la que se determina la resistencia a las cargas del suelo natural y con polímeros, y saber cuánto a mejorado al ser incrementado el estabilizador Z con polímeros. Para el uso de aditivo se tuvo en consideración la norma técnica de estabilizadores químicos MTC 1109 – 2004 que determina que el aditivo usado es amigable al medio ambiente.

## **Procedimiento de análisis de datos**

Para la investigación se pasó la información de los protocolos de recolección de datos a Microsoft Excel, Word para la interpretación de resultados mediante tablas y gráficos de los ensayos: Análisis granulométrico mediante tamizado por lavado, Contenido de humedad, límite de plasticidad, peso específico, Clasificación de suelos SUCS, Proctor modificado, Relación de soporte CBR con suelo natural, Relación de soporte CBR más estabilizador Z con polímeros. Finalmente, revisada la información y obtenido los resultados se realiza el análisis del mejoramiento de las propiedades físicas y mecánicas de los suelos con el uso del estabilizador Z con polímeros.

**Figura 1**

*Procedimiento de recolección y análisis de datos*



**Nota.** Flujograma de procedimientos

## Aspectos Éticos

Esta información fue recolectada de manera confiable sin alteración alguna y responsable, ya que cualquier cambio en los datos puede afectar los resultados, respetar los derechos de autor, respetar la propiedad intelectual de los autores, citar su teoría y conocimientos, de acuerdo con las normas APA, además de aplicar la responsabilidad, la transparencia y sin dañar o perjudicar el medio ambiente en términos de muestreo (calicatas), donde los investigadores que colaboren en la investigación tienen la capacidad y el derecho de elegir su participación o su retiro de las investigaciones en el momento que lo consideren prudente.

Finalmente se indican y respetan todas las normas, instrumentos, protocolos y manuales que son utilizados para el presente proyecto de investigación en respeto estricto por los derechos de autor, así también será contrastados por la herramienta web.

## CAPÍTULO III: RESULTADOS

### 3.1. Análisis granulométrico por tamizado

#### 3.1.1. Calicata 1 (C-01)

Peso de la muestra seca (Ws) 500 gr

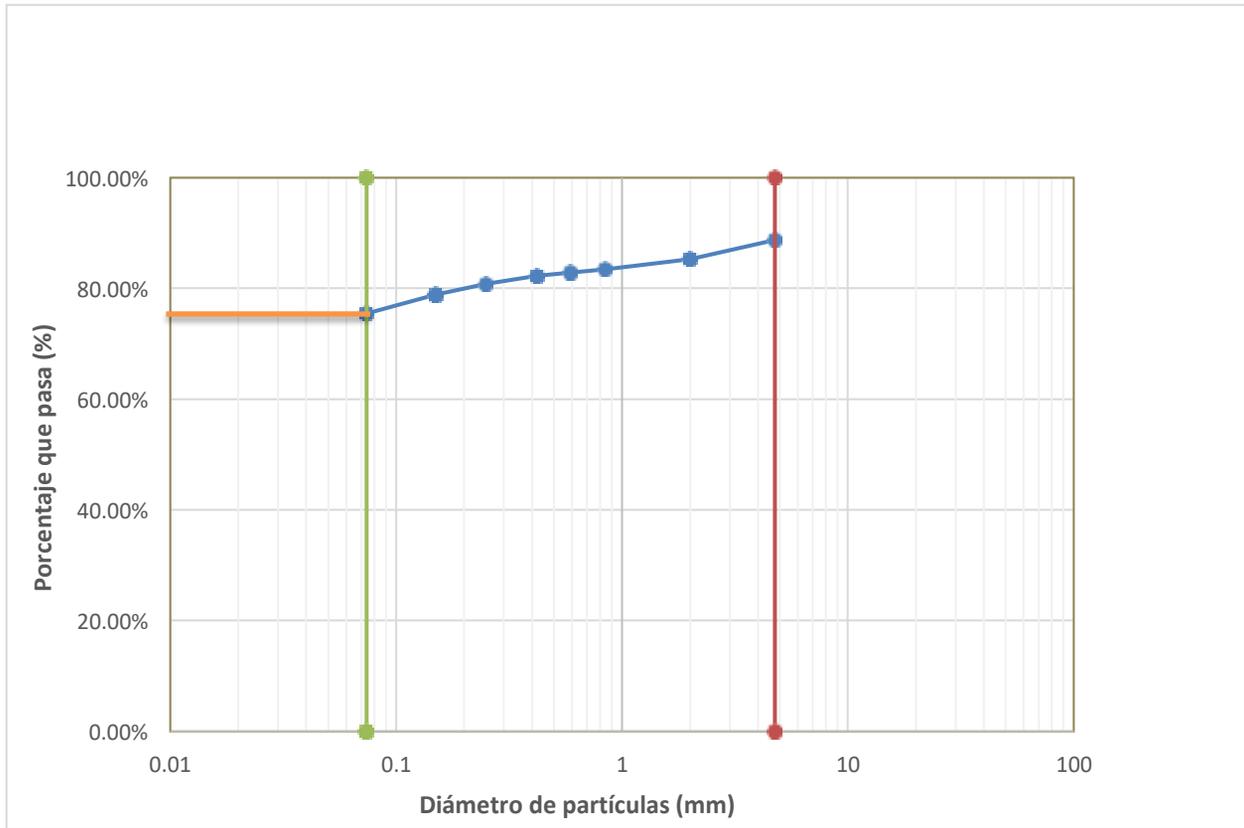
**Tabla 3**

*Resultados de los análisis granulométricos de la calicata C-01*

<b>GRANULOMETRÍA MEDIANTE TAMIZADO POR LAVADO</b>					
<b>Tamiz</b>	<b>Abertura</b>	<b>Peso Retenido (gr)</b>	<b>% RP</b>	<b>%RA</b>	<b>% que pasa</b>
N°4	4.76	56.21	11.24%	11.24%	88.76%
N°10	2	17.30	3.46%	14.70%	85.30%
N°20	0.84	9.20	1.84%	16.54%	83.46%
N°30	0.59	2.80	0.56%	17.10%	82.90%
N°40	0.42	3.20	0.64%	17.74%	82.26%
N°60	0.25	7.20	1.44%	19.18%	80.82%
N°100	0.15	9.80	1.96%	21.14%	78.86%
N°200	0.074	16.90	3.38%	24.52%	75.48%
Perdida	0	377.39	75.48%	100.00%	0.00%
Total		500.00	100.00%		

**Figura 2**

*Curva granulométrica de la calicata -01*



### 3.1.2. Calicata 2 (C-02)

Peso de la muestra seca;  $W_s$  500 gr

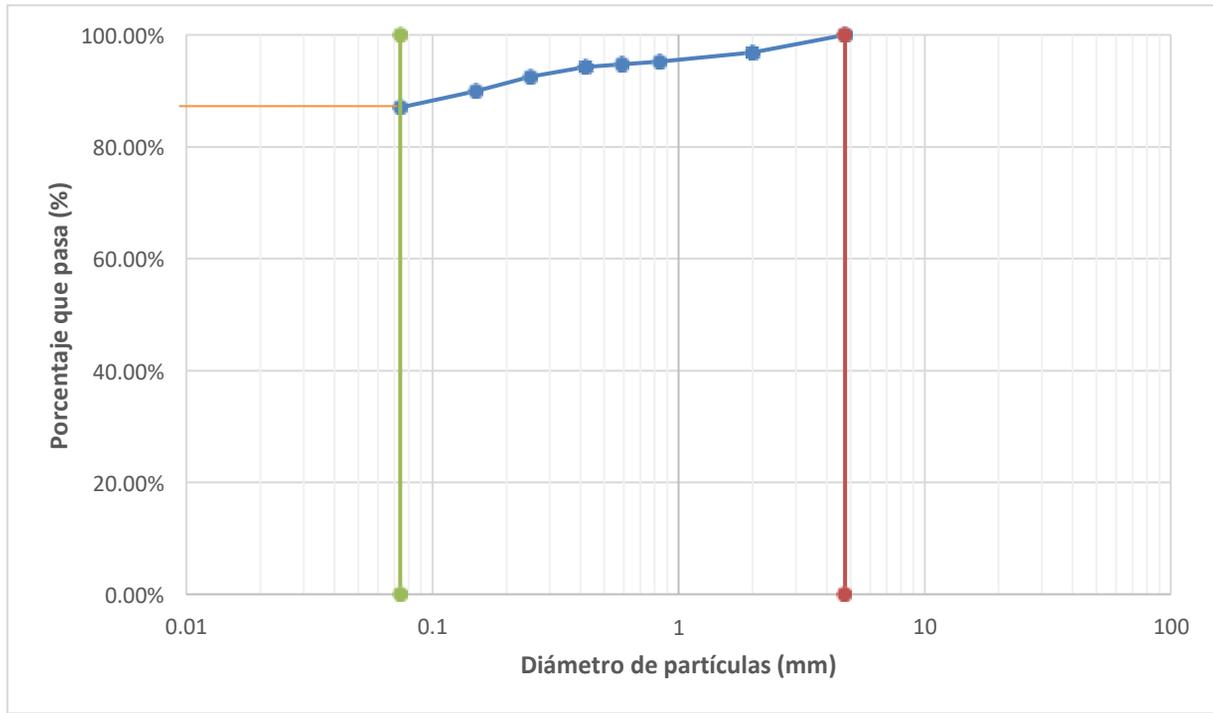
**Tabla 4**

Resultados de los análisis granulométricos de la calicata C-02

GRANULOMETRÍA MEDIANTE TAMIZADO POR LAVADO					
Tamiz	Abertura	Peso Retenido (gr)	% RP	%RA	% que pasa
N°4	4.76	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
N°10	2	15.60	3.12%	3.12%	96.88%
N°20	0.84	8.30	1.66%	4.78%	95.22%
N°30	0.59	2.20	0.44%	5.22%	94.78%
N°40	0.42	2.70	0.54%	5.76%	94.24%
N°60	0.25	8.30	1.66%	7.42%	92.58%
N°100	0.15	13.00	2.60%	10.02%	89.98%
N°200	0.074	14.70	2.94%	12.96%	87.04%
Perdida	Lavado	435.20	87.04%	100.00%	0.00%
Total		500.00	100.00%		

**Figura 3**

*Curva granulométrica de la calicata -02*



### 3.1.3. Calicata 3 (C-03)

Peso de la muestra seca; Ws 500 gr

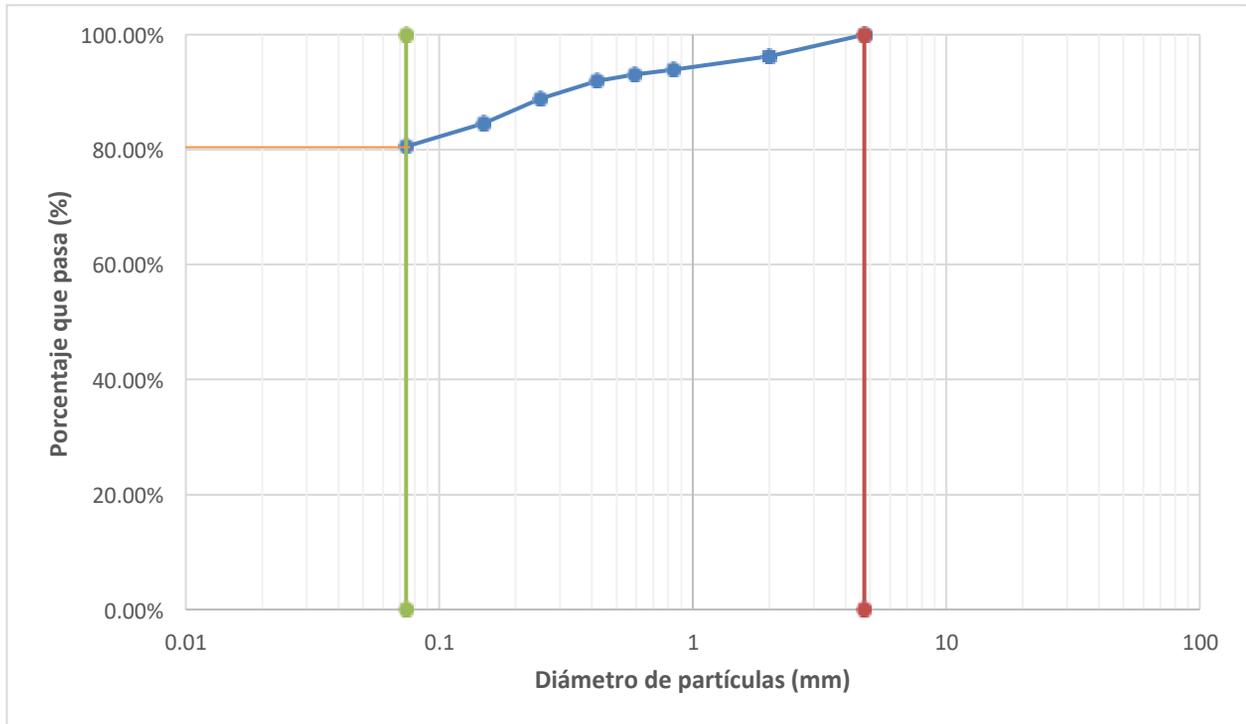
**Tabla 5**

*Resultados de los análisis granulométricos de la calicata C-03*

<b>GRANULOMETRÍA MEDIANTE TAMIZADO POR LAVADO</b>					
Tamiz	Abertura	Peso Retenido			
		(gr)	% RP	%RA	% que pasa
N°4	4.76	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
N°10	2	18.60	3.72%	3.72%	96.28%
N°20	0.84	11.70	2.34%	6.06%	93.94%
N°30	0.59	4.30	0.86%	6.92%	93.08%
N°40	0.42	5.50	1.10%	8.02%	91.98%
N°60	0.25	15.60	3.12%	11.14%	88.86%
N°100	0.15	21.30	4.26%	15.40%	84.60%
N°200	0.074	20.30	4.06%	19.46%	80.54%
Perdida	Lavado	402.70	80.54%	100.00%	0.00%
Total		500.00	100.00%		

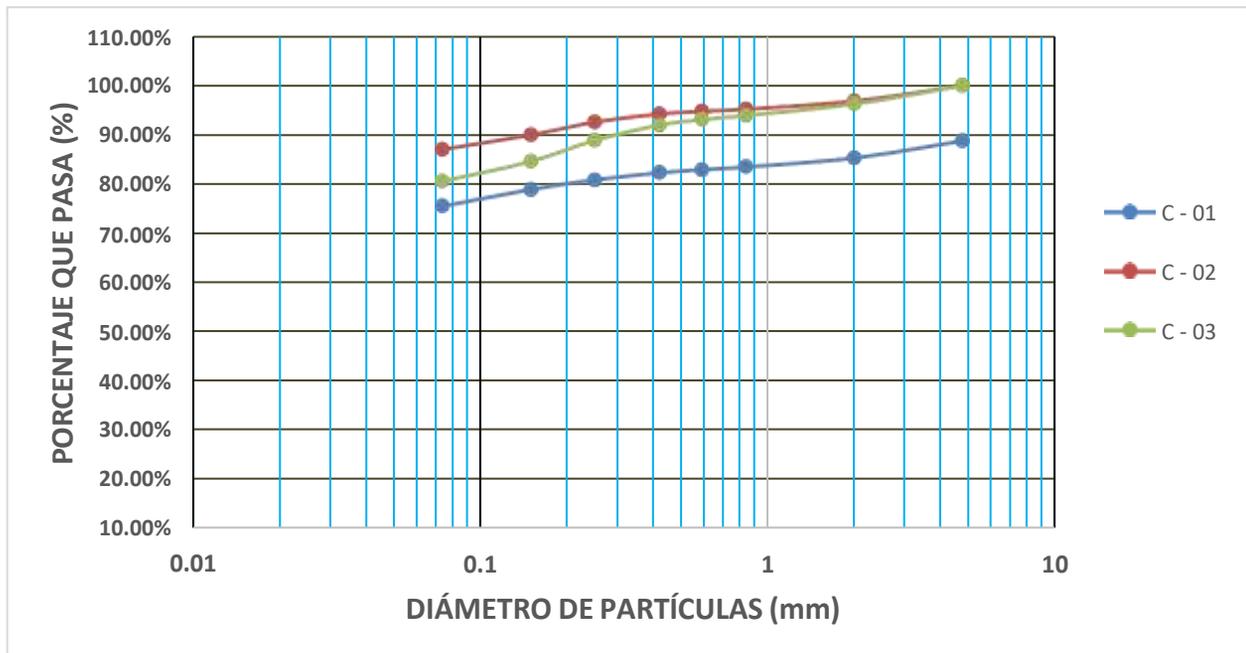
**Figura 1**

*Curva granulométrica de la calicata -03*



**Figura 2**

*Curva granulométrica de la calicata C-01, C-02, C-03*





### 3.2.47. Calicata 2 (C-02)

Temperatura de secado 110°C

Método

Horno 110 ±5°5

**Tabla 1**

*Resultados de contenido de humedad de la calicata C-02*

<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>						
<b>ID</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>UND</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
<b>A</b>	Identificación del Recipiente o Tara	–	<b>T1-C2</b>	<b>T2-C2</b>	<b>T3-C2</b>	<b>T4-C2</b>
<b>B</b>	Peso del Recipiente	<b>gr</b>	<b>35.84</b>	<b>36.58</b>	<b>32.04</b>	<b>33.17</b>
<b>C</b>	Recipiente + Material Natural	<b>gr</b>	<b>377.27</b>	<b>375.82</b>	<b>351.78</b>	<b>360.85</b>
<b>D</b>	Recipiente + Material Seco	<b>gr</b>	<b>335.67</b>	<b>335.43</b>	<b>314.64</b>	<b>322.36</b>
<b>E</b>	Peso del Material húmedo ( $W_{mh}=C-B$ )	<b>gr</b>	<b>341.43</b>	<b>339.24</b>	<b>319.74</b>	<b>327.68</b>
<b>F</b>	Peso del Material Seco ( $W_s=D-B$ )	<b>gr</b>	<b>299.83</b>	<b>298.85</b>	<b>282.6</b>	<b>289.19</b>
<b>W%</b>	Porcentaje de Humedad ( $(E-F/F)*100$ )	<b>%</b>	<b>13.87%</b>	<b>13.52%</b>	<b>13.14%</b>	<b>13.31%</b>
<b>G</b>	Promedio Porcentaje Humedad	<b>%</b>		<b>13.46%</b>		

### 3.2.3. Calicata 3 (C-03)

Temperatura de secado 110°C

Método

Horno 110 ±5°5

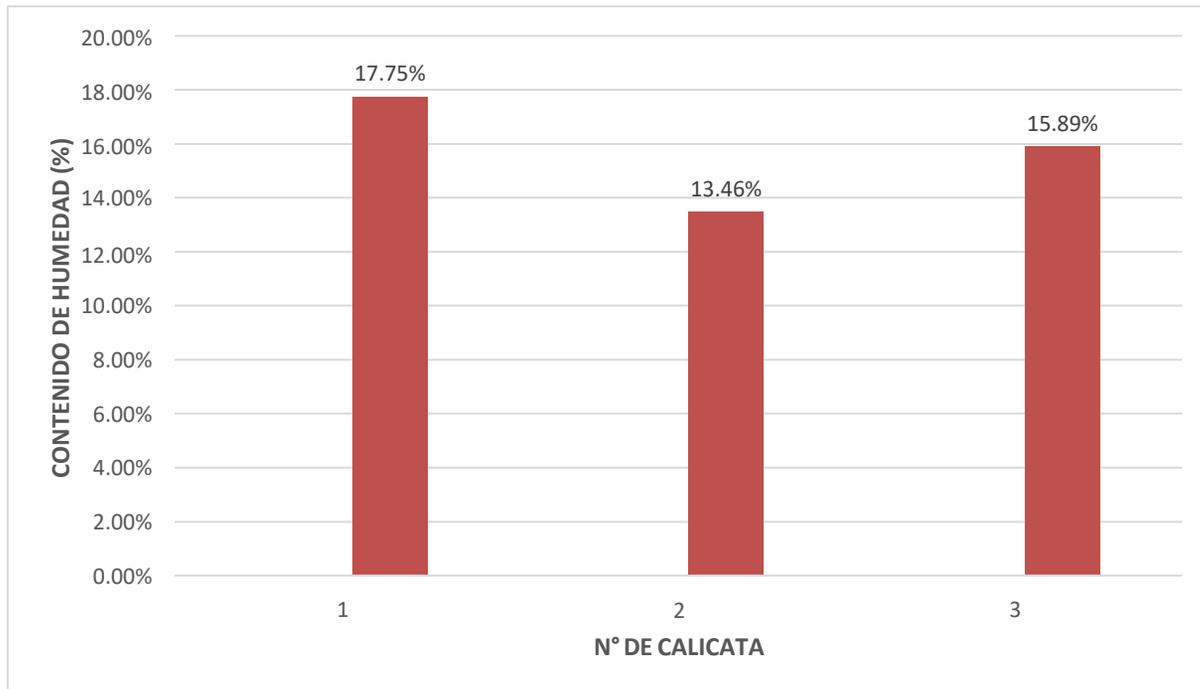
**Tabla 8**

*Resultados de contenido de humedad de la calicata C-03*

<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>						
<b>ID</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>UND</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
<b>A</b>	Identificación del Recipiente o Tara	–	<b>T1-C3</b>	<b>T2-C3</b>	<b>T3-C3</b>	<b>T4-C3</b>
<b>B</b>	Peso del Recipiente	<b>gr</b>	<b>35.39</b>	<b>36.74</b>	<b>32.46</b>	<b>34.52</b>
<b>C</b>	Recipiente + Material Natural	<b>gr</b>	<b>364.14</b>	<b>344.17</b>	<b>374.98</b>	<b>349.69</b>
<b>D</b>	Recipiente + Material Seco	<b>gr</b>	<b>318.07</b>	<b>304.02</b>	<b>326.98</b>	<b>306.39</b>
<b>E</b>	Peso del Material húmedo <b>(Wmh)=C-B</b>	<b>gr</b>	<b>328.75</b>	<b>307.43</b>	<b>342.52</b>	<b>315.17</b>
<b>F</b>	Peso del Material Seco <b>(Ws)=D-B</b>	<b>gr</b>	<b>282.68</b>	<b>267.28</b>	<b>294.52</b>	<b>271.87</b>
<b>W%</b>	Porcentaje de Humedad <b>(E-F/F)*100</b>	<b>%</b>	<b>16.30%</b>	<b>15.02%</b>	<b>16.30%</b>	<b>15.93%</b>
<b>G</b>	Promedio Porcentaje Humedad	<b>%</b>	<b>15.89%</b>			

**Figura 6**

*Porcentaje de contenido de humedad de la calicata C-01, C-02, C-03*



Según los resultados de contenido de humedad de suelos en estudio como se muestra en la figura 5 de la calicata C - 01, C – 02 y C – 03, se puede observar que los porcentajes de humedad es 17.75%, 13.46% y 15.89%, respectivamente.

### 3.3.Proctor modificado

#### 3.3.1. Calicata (C-01)

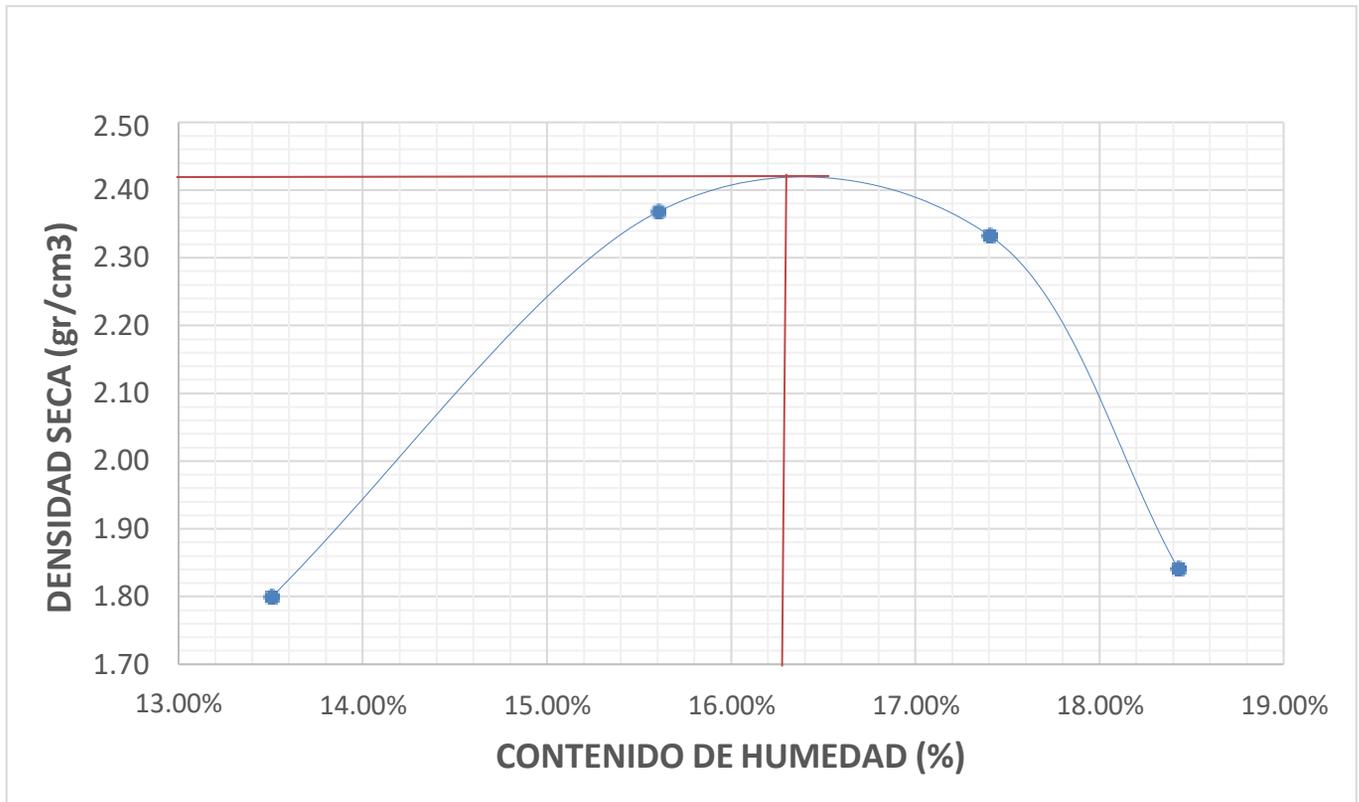
**Tabla 9**

*Resultados de compactación Proctor modificado de calicata C-01*

COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO										
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1 (11%)		2 (13%)		3 (15%)		4 (17%)	
A	Peso Molde	gr	4022		4022		4022		4022	
B	Peso Muestra Húmeda + Molde	gr	5763		5833		6027		5740	
C	Peso Muestra Húmeda (A-B)	gr	1741		1811		2005		1718	
D	Volumen Muestra Húmeda	cm <sup>3</sup>	943.664		943.664		943.664		943.664	
F	Densidad Húmeda (Dh=C-D)	gr/cm <sup>3</sup>	1.845		1.919		2.125		1.821	
G	Recipiente	Nº	a	b	a	b	a	b	a	b
H	Peso Recipiente	gr	27.57	27.56	37.76	38.03	38.49	39.18	39.81	39.64
I	Peso Muestra Húmeda + Recipiente	gr	226.14	216.49	247.11	266.44	353.78	340.69	357.47	343.35
J	Peso Muestra seca + Recipiente	gr	197.89	198.654	222.69	231.58	305.75	297.23	308.68	295.48
K	Peso del Agua (I-H-L)	gr	28.25	17.836	24.42	34.86	48.03	43.46	48.79	47.87
L	Peso Muestra Seca (J-H)	gr	170.32	171.094	184.93	193.55	267.26	258.05	268.87	255.84
M	Contenido de Humedad (W%=(K/L)*100)	%	16.59%	10.42%	13.20%	18.01%	17.97%	16.84%	18.15%	18.71%
N	Promedio Contenido de Humedad Optimo	%	13.51%		15.61%		17.41%		18.43%	
O	Densidad seca Máxima; Ds	gr/cm <sup>3</sup>	1.799		2.369		2.333		1.841	

**Figura 7**

*Curva de compactación calicata C-01*



### 3.3.2. Calicata (C-02)

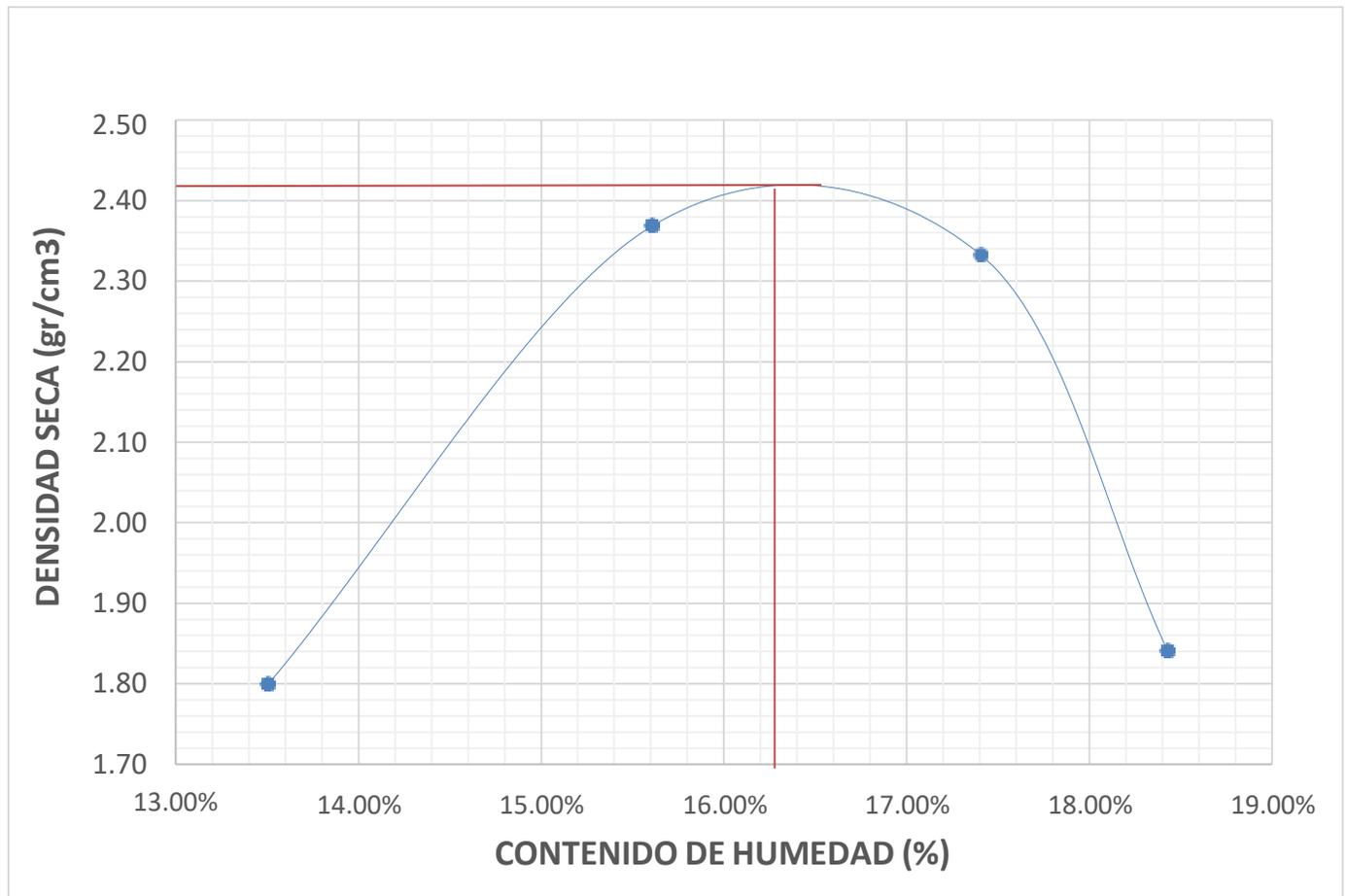
**Tabla 10**

*Resultados de compactación Proctor modificado de calicata C-02*

COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO										
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1 (11%)		2 (13%)		3 (15%)		4 (17%)	
A	Peso Molde	gr	4022		4022		4022		4022	
B	Peso Muestra Húmeda + Molde	gr	5763		5833		6027		5740	
C	Peso Muestra Húmeda (A-B)	gr	1741		1811		2005		1718	
D	Volumen Muestra Húmeda	cm <sup>3</sup>	943.664		943.664		943.664		943.664	
F	Densidad Húmeda (Dh=C-D)	gr/cm <sup>3</sup>	1.845		1.919		2.125		1.821	
G	Recipiente	N°	a	b	a	b	a	b	a	b
H	Peso Recipiente	gr	27.57	27.56	37.76	38.03	38.49	39.18	39.81	39.64
I	Peso Muestra Húmeda + Recipiente	gr	226.14	216.49	247.11	266.44	353.78	340.69	357.47	343.35
J	Peso Muestra seca + Recipiente	gr	197.89	198.654	222.69	231.58	305.75	297.23	308.68	295.48
K	Peso del Agua (I-H-L)	gr	28.25	17.836	24.42	34.86	48.03	43.46	48.79	47.87
L	Peso Muestra Seca (J-H)	gr	170.32	171.094	184.93	193.55	267.26	258.05	268.87	255.84
M	Contenido de Humedad (W%=(K/L)*100)	%	16.59%	10.42%	13.20%	18.01%	17.97%	16.84%	18.15%	18.71%
N	Promedio Contenido de Humedad Óptimo	%	13.51%		15.61%		17.41%		18.43%	
O	Densidad seca Máxima; Ds	gr/cm <sup>3</sup>	1.799		2.369		2.333		1.841	

**Figura 8**

*Curva de compactación calicata C-02*



### 3.3.3. Calicata (C-03)

**Tabla 11**

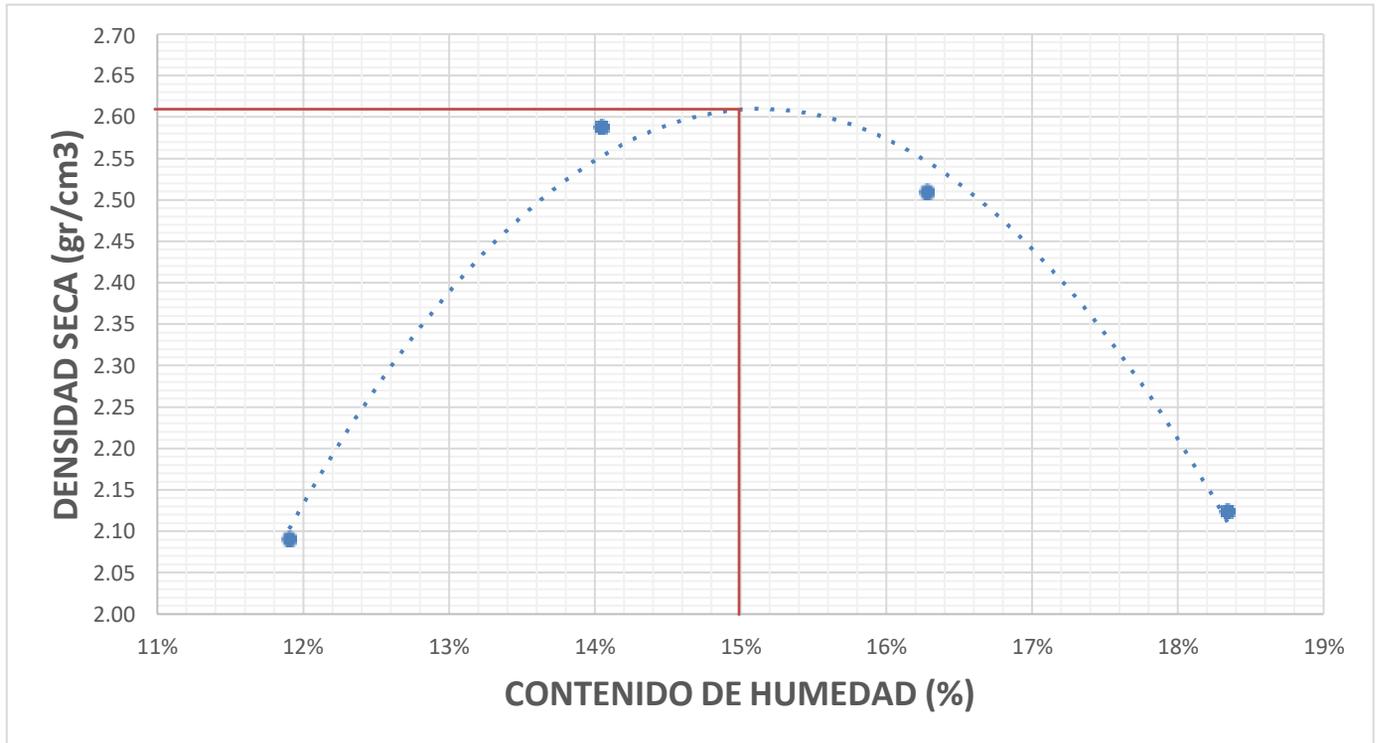
*Resultados de compactación Proctor modificado de calicata C-03*

COMPACTACIÓN PROCTOR M										
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1 (11%)		2 (13% de humedad)		3 (15% de humedad)		4 (17% de humedad)	
A	Peso Molde	gr	4022		4022		4022		4022	
B	Peso Muestra Húmeda + Molde	gr	5930		5859		5807		5704	
C	Peso Muestra Húmeda (A-B)	gr	1908		1837		1785		1682	
D	Volumen Muestra Húmeda	cm <sup>3</sup>	943.664		943.664		943.664		943.664	
F	Densidad Húmeda (D <sub>h</sub> =C-D)	gr/cm <sup>3</sup>	2.022		1.947		1.892		1.782	
G	Recipiente	N°	a	b	a	b	a	b	a	b
H	Peso Recipiente	gr	38.43	22.15	34.32	38.03	38.45	39.08	39.91	39.51
I	Peso Muestra Húmeda + Recipiente	gr	304.78	193.46	265.18	259.78	225.41	276.32	281.67	262.15
J	Peso Muestra seca + Recipiente	gr	276.28	175.35	237.26	231.97	198.78	243.68	245.14	226.79
K	Peso del Agua (I-H-L)	gr	28.5	18.11	27.92	27.81	26.63	32.64	36.53	35.36
L	Peso Muestra Seca (J-H)	gr	237.85	153.2	202.94	193.94	160.33	204.6	205.23	187.28
M	Contenido de Humedad (W%=(K/L)*100)	%	11.98%	11.82%	13.76%	14.34%	16.61%	15.95%	17.80%	18.88%
N	Promedio Contenido de Humedad Óptimo	%	11.90%		14.05%		16.28%		18.34%	
O	Densidad seca Máxima; D <sub>s</sub>	gr/cm <sup>3</sup>	<b>2.091</b>		<b>2.588</b>		<b>2.510</b>		<b>2.124</b>	

Nota: La cantidad entre paréntesis se refiere al contenido de humedad

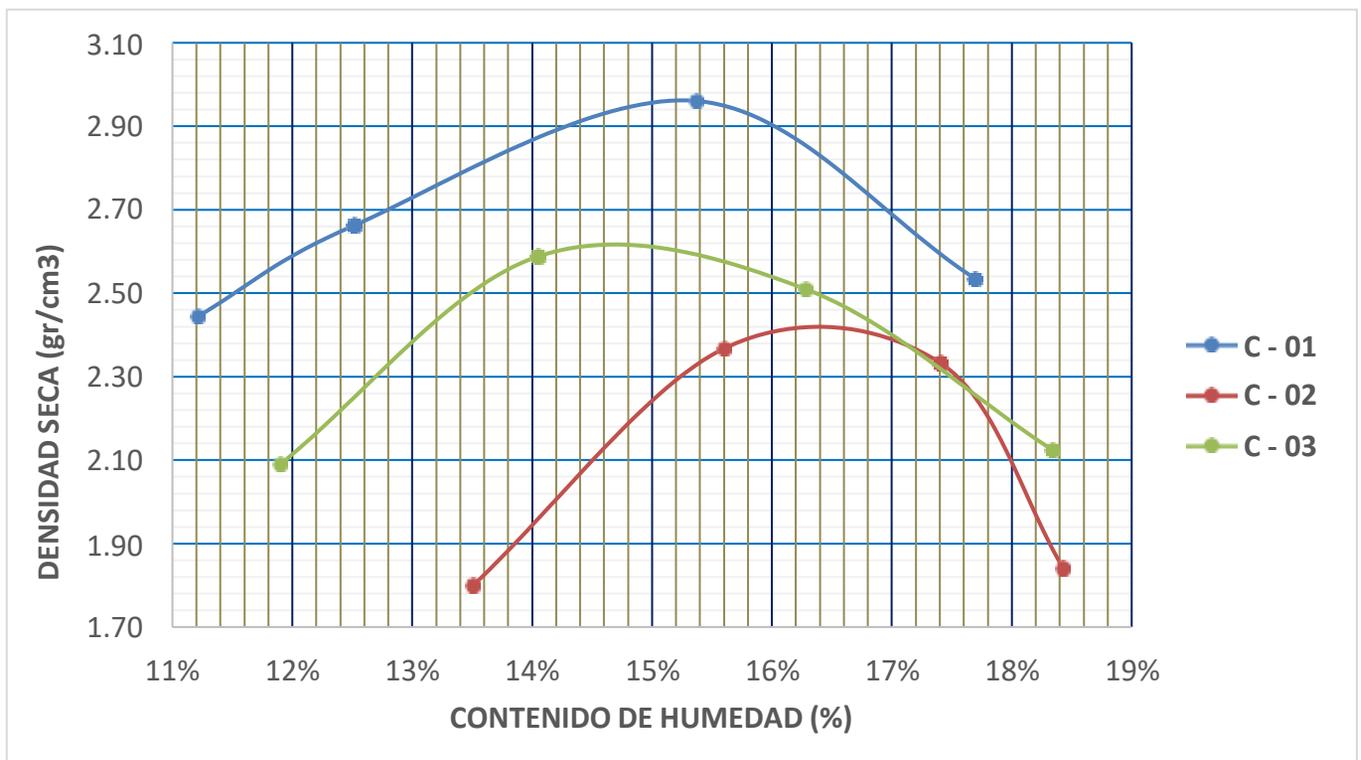
**Figura 9**

*Curva de compactación calicata C-03*



**Figura 10**

*Representación gráfica de la curva de compactación de la calicata C-01, C-02, C-03.*



En la figura 11 se observa que el porcentaje de humedad óptima para los suelos de las calicatas C-01, C-02, C-03 es de 15.20%, 16.30% y 14.6% respectivamente teniendo una densidad máxima seca 2.96 gr/cm<sup>3</sup>.

### 3.4. Límite De Plasticidad

#### 3.4.1. Calicata 1 (C-01)

**Tabla 12**

Resultados de limite liquido calicata C-01

DETERMINACIÓN LÍMITE LÍQUIDO (LL)						
ID	DESCRIPCION	UND	1	2	3	4
A	Identificación de recipiente	N°	L1/C-01	L2/C-01	L3/C-01	L4/C-01
B	Suelo Húmedo + Recipiente	gr	38.05	35.98	37.46	36.9
C	Suelo Seco + Recipiente	gr	34.63	33.03	34.06	34.07
D	Peso de Recipiente	gr	28.32	27.02	26.50	27.11
E	Peso del agua	gr	3.42	2.95	3.4	2.83
F	Peso Suelo Seco	gr	6.31	6.01	7.56	6.96
G	Numero de Golpes	N°	14	20	25	33
H	Contenido de Humedad	%	54%	49%	45%	41%

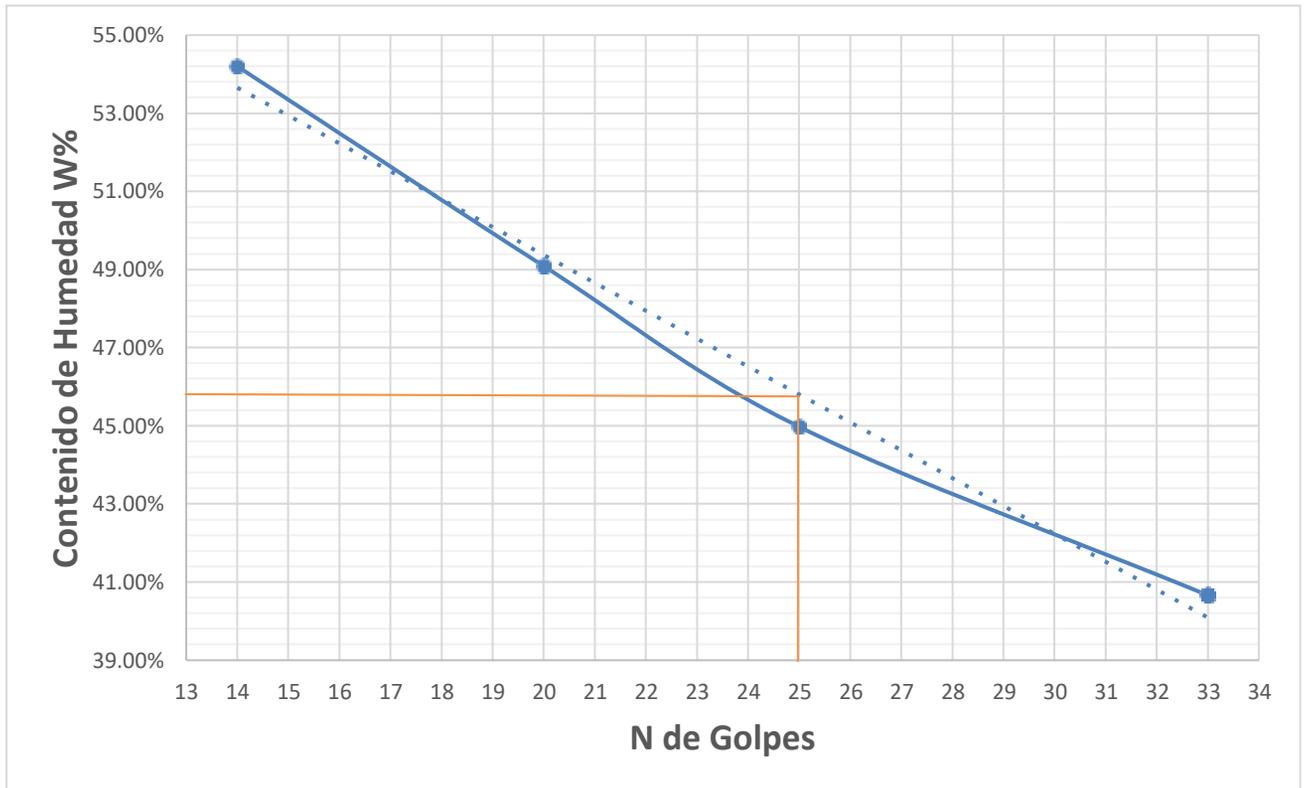
**Tabla 13**

Resultados de limite liquido calicata C-01

DETERMINACIÓN LÍMITE PLÁSTICO (LP)						
ID	DESCRIPCION	UND	1	2	3	4
A	Identificación de Recipiente	N°	LP1/C-01	LP2/C-01	LP3/C-01	LP4/C-01
B	Suelo Húmedo + Tara	gr	24.67	28.24	38.81	42.70
C	Suelo Seco + Tara	gr	23.75	26.69	37.84	41.55
D	Peso de Tara	gr	20.74	21.56	34.73	37.89
E	Peso de Agua (B-C)	gr	0.92	1.55	0.97	1.15
F	Peso Suelo Seco (C-D)	gr	3.01	5.13	3.11	3.66
G	Contenido de Humedad (E/F)*100	%	31%	30%	31%	31%
H	Promedio Limite Plástico	%		31%		

**Figura 11**

*Determinación de limite plástico.*



<b>L. liquido</b>	<b>45.3 %</b>
<b>L. Plástico</b>	<b>30.8 %</b>
<b>Índice de plasticidad</b>	<b>14.4. %</b>

### 3.4.2. Calicata 2 (C-02)

**Tabla 14**

*Resultados de limite liquido calicata C-02*

DETERMINACIÓN LÍMITE LÍQUIDO (LL)						
ID	DESCRIPCION	UND	1	2	3	4
A	Identificación de recipiente	N°	L1/C-02	L2/C-02	L3/C-02	L4/C-02
B	Suelo Húmedo + Recipiente	gr	48.77	48.2	48.33	46.95
C	Suelo Seco + Recipiente	gr	46.15	45.21	44.09	44.17
D	Peso de Recipiente	gr	38.99	36.58	31.08	35.16
E	Peso del agua	gr	2.62	2.99	4.24	2.78
F	Peso Suelo Seco	gr	7.16	8.63	13.01	9.01
G	Numero de Golpes	N°	14	21	27	33
H	Contenido de Humedad	%	37%	35%	33%	31%

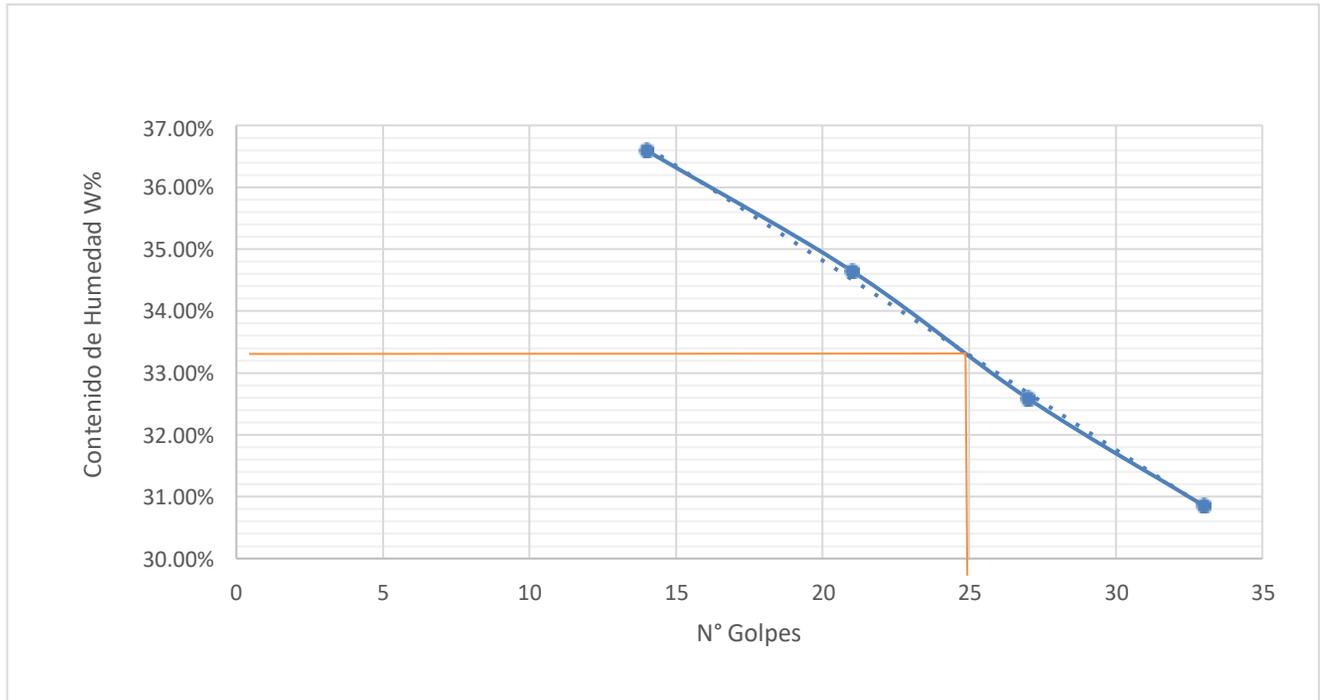
**Tabla 15**

*Resultados de limite liquido calicata C-02*

DETERMINACIÓN LÍMITE PLÁSTICO (LP)						
ID	DESCRIPCION	UND	1	2	3	4
A	Identificación de Recipiente	N°	LP1/C-01	LP2/C-01	LP3/C-01	LP4/C-01
B	Suelo Húmedo + Tara	gr	39.16	44.15	41.32	79.01
C	Suelo Seco + Tara	gr	38.32	43.07	40.68	71.41
D	Peso de Tara	gr	34.13	37.94	37.5	37.45
E	Peso de Agua (B-C)	gr	0.84	1.08	0.64	7.6
F	Peso Suelo Seco (C-D)	gr	4.19	5.13	3.18	33.96
G	Contenido de Humedad (E/F)*100	%	20%	21%	20%	22%
H	Promedio Limite Plástico	%			21%	

**Figura 12**

*Representación gráfica de límite de plasticidad calicata C-02*



<b>L. liquido</b>	<b>35.5 %</b>
<b>L. Plástico</b>	<b>20.9 %</b>
<b>Índice de plasticidad</b>	<b>13.6 %</b>

### 3.4.3. Calicata 3 (C-03)

**Tabla 16**

*Resultados de limite liquido calicata C-03*

<b>DETERMINACIÓN LÍMITE LÍQUIDO (LL)</b>						
<b>ID</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>UND</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
<b>A</b>	Identificación de recipiente	N°	L1/C-03	L2/C-03	L3/C-03	L4/C-03
<b>B</b>	Suelo Húmedo + Recipiente	gr	42.60	40.80	37.41	50.55
<b>C</b>	Suelo Seco + Recipiente	gr	38.38	36.07	34.58	47.1
<b>D</b>	Peso de Recipiente	gr	29.67	25.77	28.08	38.79
<b>E</b>	Peso del agua	gr	4.22	4.73	2.83	3.45
<b>F</b>	Peso Suelo Seco	gr	8.71	10.3	6.5	8.31
<b>G</b>	Numero de Golpes	N°	16	21	26	32
<b>H</b>	Contenido de Humedad	%	48%	46%	44%	42%

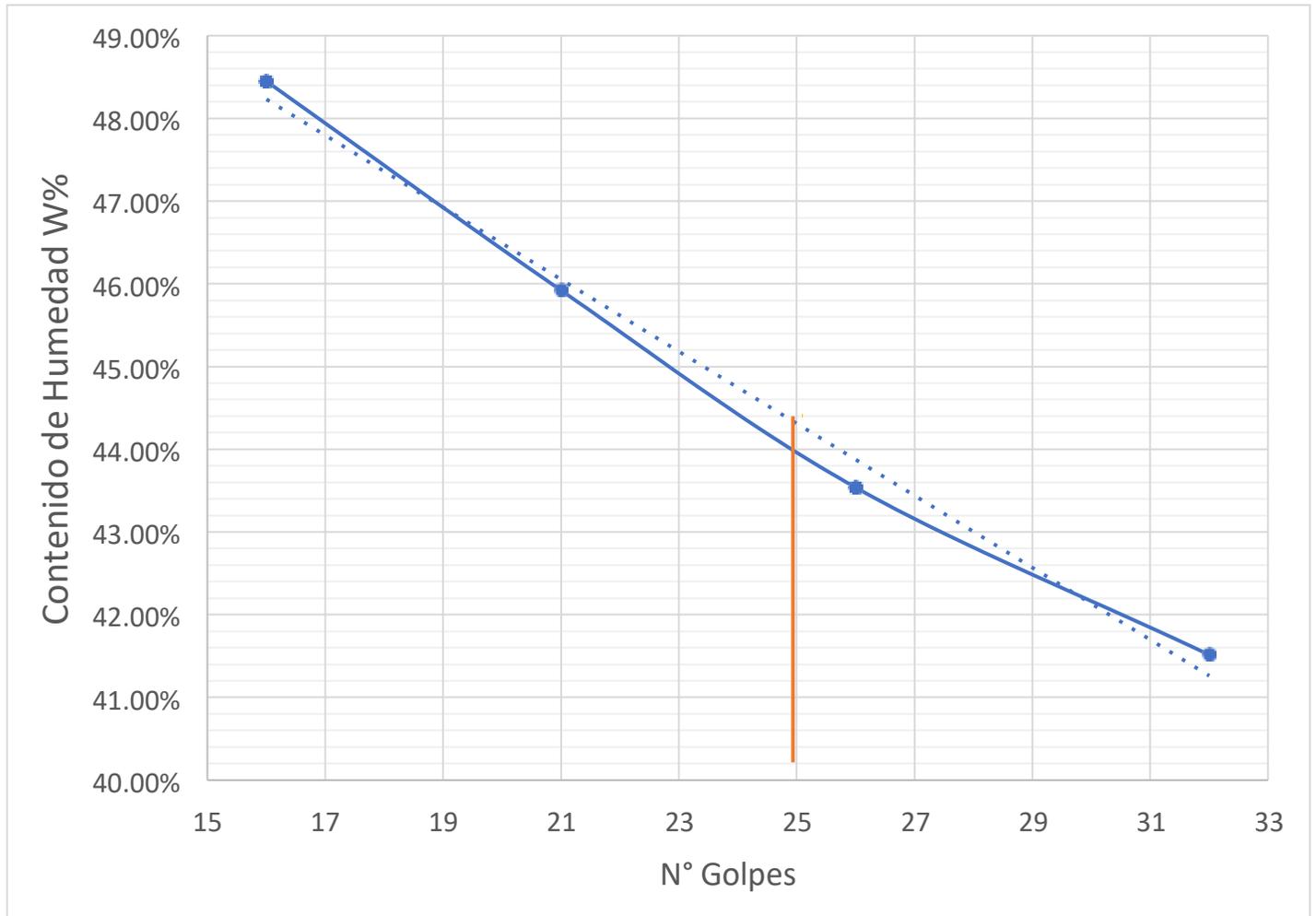
**Tabla 17**

*Resultados de limite plástico calicata C-03*

<b>DETERMINACIÓN LÍMITE PLÁSTICO (LP)</b>						
<b>ID</b>	<b>DESCRIPCION</b>	<b>UND</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
<b>A</b>	Identificación de Recipiente	N°	LP1/C-03	LP2/C-03	LP3/C-03	LP4/C-03
<b>B</b>	Suelo Húmedo + Tara	gr	40.87	29.30	44.06	45.06
<b>C</b>	Suelo Seco + Tara	gr	39.57	27.43	42.91	43.70
<b>D</b>	Peso de Tara	gr	34.87	21.27	38.75	38.75
<b>E</b>	Peso de Agua ( <b>B-C</b> )	gr	1.30	1.87	1.15	1.36
<b>F</b>	Peso Suelo Seco ( <b>C-D</b> )	gr	4.70	6.16	4.16	4.95
<b>G</b>	Contenido de Humedad ( <b>E/F</b> )*100	%	28%	30%	28%	27%
<b>H</b>	Promedio Limite Plástico	%		28%		

**Figura 13**

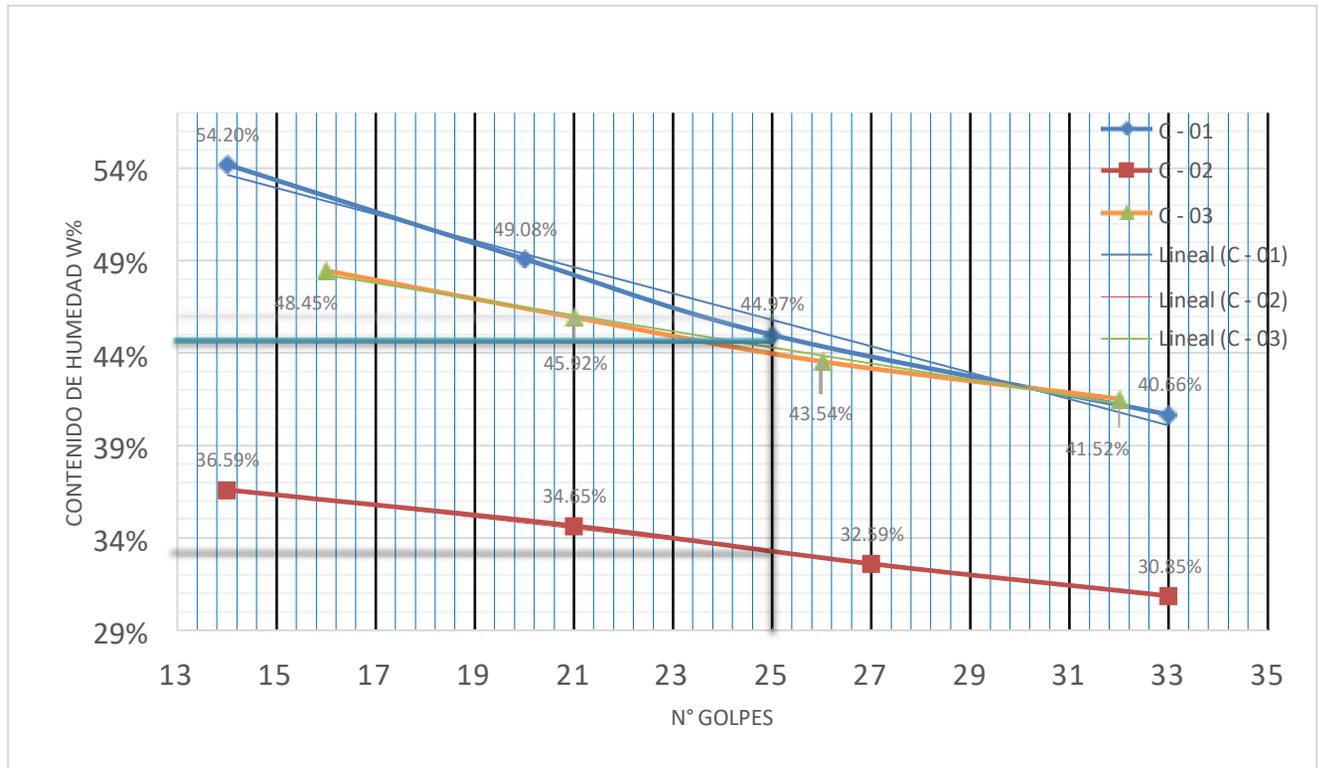
*Representación gráfica de límite de plasticidad calicata C-03*



<b>L. liquido</b>	<b>44.4 %</b>
<b>L. Plástico</b>	<b>28.3 %</b>
<b>Índice de plasticidad</b>	<b>16.1 %</b>

**Figura 14**

*Representación gráfica de límite de plasticidad calicata C-01, C-02, C-03*



En la figura 14 se muestra el diagrama de fluides de las calicatas C-01, C-02, C-03, la cual se determinó que a 25 golpes tiene un límite líquido de 45.3%, 34.5% y 44.4%.

### 3.5. Peso específico

#### 3.5.1. Calicata 1 (C-01)

**Tabla 18**

*Peso específico relativo de sólidos calicata C-01*

<b>PESO ESPECÍFICO DE ARENA Y GRAVA (PASANTE TAMIZ 75MM)</b>				
<b>ID</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>UND</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
<b>A</b>	Identificación de la Muestra		Ys1/C-01	Ys2/C-01
<b>B</b>	Peso de la Muestra Seca	gr	100	100
<b>C</b>	Peso de la Fiola + Agua (500mm)	cm <sup>3</sup>	664.2	670.1
<b>D</b>	Peso de Fiola + Agua + Muestra Seca	cm <sup>3</sup>	764.2	770.1
<b>E</b>	Peso de fiola + Agua - Aire	cm <sup>3</sup>	704.99	729.72
<b>F</b>	Peso Específico ( $\gamma_s = ((B)/(D+C-E))$ )	gr/cm <sup>3</sup>	1.689	2.476
<b>G</b>	Promedio de Peso Específico "Ys"	gr/cm <sup>3</sup>		2.083

### 3.5.2. Calicata 2 (C-02)

**Tabla 19**
*Peso específico relativo de sólidos calicata C-02*

<b>PESO ESPECIFICO DE ARENA Y GRAVA (PASANTE TAMIZ 75mm)</b>				
<b>ID</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>UND</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
<b>A</b>	Identificación de la Muestra		Ys1/C-02	Ys2/C-02
<b>B</b>	Peso de la Muestra Seca	gr	100	100
<b>C</b>	Peso de la Fiola + Agua (500mm)	cm <sup>3</sup>	644.85	669.65
<b>D</b>	Peso de Fiola + Agua + Muestra Seca	cm <sup>3</sup>	744.85	769.65
<b>E</b>	Peso de fiola + Agua - Aire	cm <sup>3</sup>	701.28	713.78
<b>F</b>	Peso Específico ( $Y_s = ((B)/(D+C-E))$ )	gr/cm <sup>3</sup>	2.295	1.790
<b>G</b>	Promedio de Peso Específico "Ys"	gr/cm <sup>3</sup>		2.043

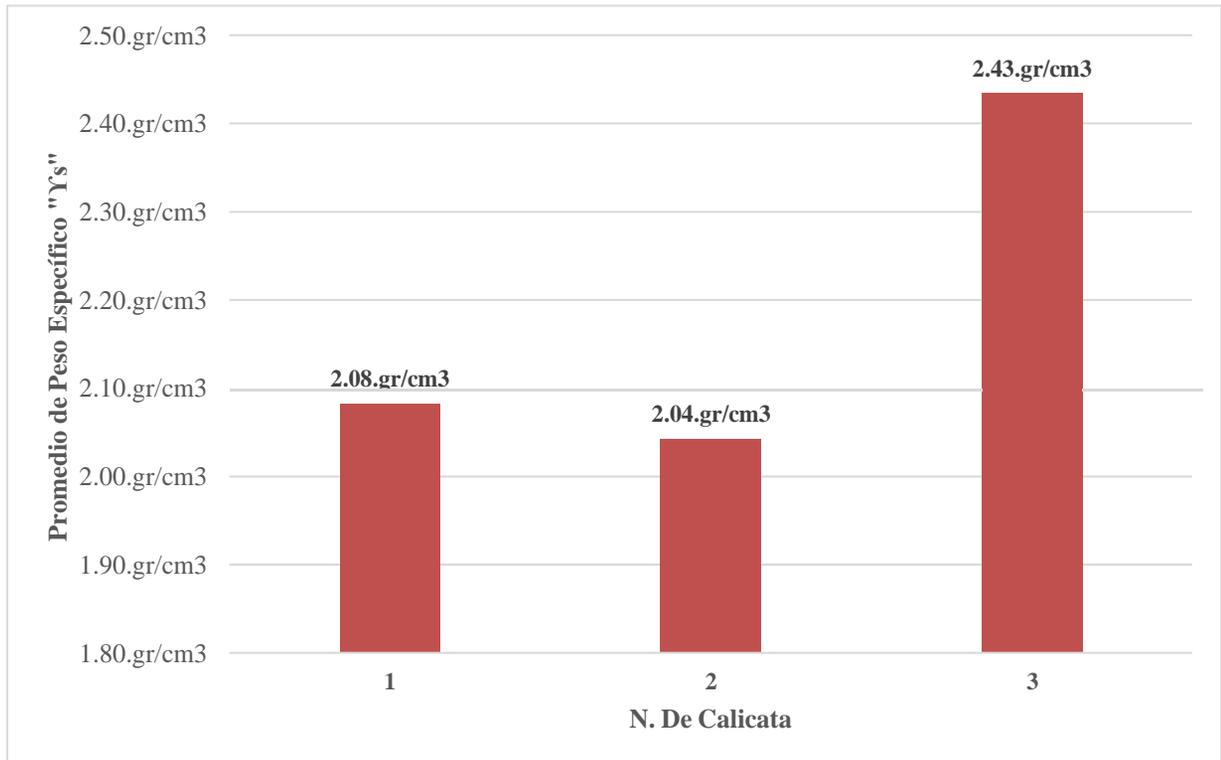
### 3.5.3. Calicata 3 (C-03)

**Tabla 20**
*Peso específico relativo de sólidos calicata C-03*

<b>PESO ESPECIFICO DE ARENA Y GRAVA (PASANTE TAMIZ 75mm)</b>				
<b>ID</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>UND</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
<b>A</b>	Identificación de la Muestra		Ys1/C-01	Ys2/C-01
<b>B</b>	Peso de la Muestra Seca	gr	100	100
<b>C</b>	Peso de la Fiola + Agua (500mm)	cm <sup>3</sup>	669.15	670.1
<b>D</b>	Peso de Fiola + Agua + Muestra Seca	cm <sup>3</sup>	769.15	770.1
<b>E</b>	Peso de fiola + Agua - Aire	cm <sup>3</sup>	727.34	729.72
<b>F</b>	Peso Específico ( $Y_s = ((B)/(D+C-E))$ )	gr/cm <sup>3</sup>	2.392	2.476
<b>G</b>	Promedio de Peso Específico "Ys"	gr/cm <sup>3</sup>		2.434

**Figura 15**

*Resumen de peso específico de la calicata C-01, C-02, C-03*



En la figura 15 muestra el resumen de los ensayos realizados de las calicatas C-01, C-02 y C-03 en la cual se determinó el peso específico promedio de 2.083 gr/cm<sup>3</sup>, 2.043 gr/cm<sup>3</sup> y 2.43 gr/cm<sup>3</sup>

**Tabla 21**

*Clasificación por el método SUCS de las muestras de estudio*

<b>Calicata</b>	<b>C-01</b>	<b>C-02</b>	<b>C-03</b>
Progresiva (Km)	0+100	0+200	0+300
Muestra	C-01	C-02	C-03
Estrato	E-01	E-01	E-01
Profundidad (m)	0.50	0.50	0.50
Grava (2" - N°4	0	0	0
Arena (N°4 - N°200)	24.52	12.96	19.46
Finos (< N°200)	75.48	87.04	80.54
Límite líquido	45.3	34.5	44.4
Índice de plasticidad	14.4	13.6	16.1
Clasificación SUCS	ML	ML	ML
Denominación	Limos inorgánicos y arenas muy finas		

De los resultados que se muestra en la tabla 21 acerca de la clasificación de suelos por el método SUCS, se concluye que las calicatas C – 01, C -02 y C – 03 más de la mitad de la muestra de suelo pasa la malla N°4 y N°200 esto se denomina en limos inorgánicos y arenas muy fina

### 3.6. Relación de soporte CBR con suelo natural

#### 3.6.1. Calicata 1 (C-01)

**Tabla 22**

*Resultados del ensayo de CBR (California Bearing Ratio) con suelo natural de la calicata C-01*

<b>CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR</b>							
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>UND</b>	<b>1</b>		<b>2</b>		<b>3</b>	
<b>N° Golpes</b>		<b>5</b>		<b>5</b>		<b>5</b>	
<b>N° Golpes por Capa</b>		<b>13</b>		<b>27</b>		<b>55</b>	
<b>Condición de Muestra</b>		<b>ANTES</b>	<b>DESPUES</b>	<b>ANTES</b>	<b>DESPUES</b>	<b>ANTES</b>	<b>DESPUES</b>
Peso Molde	<b>gr</b>	8539	8539	8517	8517	8795	8795
Peso Muestra húmeda + Molde	<b>gr</b>	12635	12833	12822	12952	13207	13290
Peso Muestra húmeda	<b>gr</b>	4096	4294	4305	4435	4412	4495
Volumen Muestra húmeda	<b>cm3</b>	2165.107	2165.107	2148.65	2148.65	2157.496	2157.496
Densidad húmeda; Dh	<b>gr/cm3</b>	1.892	1.983	2.0036	2.064	2.045	2.083

*Nota.* Ensayo de CBR de suelo natural

**Tabla 23**

*Resultados del ensayo de CBR (California Bearing Ratio)- contenido de humedad con suelonatural de la calicata C-01*

<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>										
<b>Ensayo</b>	<b>N°</b>	<b>1-A</b>	<b>1-B</b>	<b>1-C</b>	<b>2-A</b>	<b>2-B</b>	<b>2-C</b>	<b>3A</b>	<b>3-B</b>	<b>3-C</b>
Peso Recipiente	<b>gr</b>	28.00	26.00	27.41	27.30	27.03	27.72	28.00	21.30	27.90
Peso Muestra húmeda + Recipiente	<b>gr</b>	117.3	104.5	169.73	84.08	105.0	168.97	164.00	130.00	151.26
Peso Muestra Seca + Recipiente	<b>gr</b>	102.8	92.28	137.09	74.94	91.88	138.60	145.24	111.55	125.09
Peso del Agua	<b>gr</b>	14.50	12.22	32.64	9.14	13.11	30.37	18.76	18.45	26.17
Peso Muestra Seca	<b>gr</b>	74.75	66.28	109.68	47.64	64.85	110.88	117.24	90.25	97.19
<b>Contenido de Humedad; W%</b>	<b>%</b>	18.92%		29.76%	19.70%		27.39%	18.22%		26.93%
Promedio Contenido de Humedad	<b>%</b>	24.34%		23.55%		22.57%				
Densidad Máxima Seca; <b>Ds</b>	<b>gr/cm<sup>3</sup></b>	1.5215		1.6217		1.6683				
Porcentaje de Compactación %	<b>%</b>	<b>62.36%</b>		<b>66.46%</b>		<b>68.37%</b>				

*Nota.* Ensayo de CBR- contenido de humedad

**Tabla 24**

Resultados de ensayo de hinchamiento con suelo natural de la calicata C-01

<b>ENSAYO DE HINCHAMIENTO</b>										
<b>TIEMPO ACUMULADO</b>		<b>MOLDE N° 01</b>			<b>MOLDE N° 02</b>			<b>MOLDE N° 03</b>		
		<b>LECTURA</b>	<b>HINCHAMIENTO</b>		<b>LECTURA</b>	<b>HINCHAMIENTO</b>		<b>LECTURA</b>	<b>HINCHAMIENTO</b>	
<b>HORAS</b>	<b>DIAS</b>	<b>Deforma</b>	<b>mm</b>	<b>%</b>	<b>Deforma</b>	<b>%</b>	<b>Deforma</b>	<b>mm</b>	<b>%</b>	
<b>0</b>	<b>0</b>		0	0.00	0	0.00	0		0.00	
<b>24</b>	<b>1</b>	0.39	9.906	0.34	0.32	8.128	0.27	0.28	7.112	6.11
<b>48</b>	<b>2</b>	0.58	14.732	0.50	0.48	12.192	0.41	0.41	10.414	8.95
<b>72</b>	<b>3</b>	0.69	17.526	0.59	0.52	13.208	0.45	0.45	11.43	9.82
<b>96</b>	<b>4</b>	0.86	21.844	0.74	0.78	19.812	0.67	0.71	18.034	15.49

**Tabla 25**

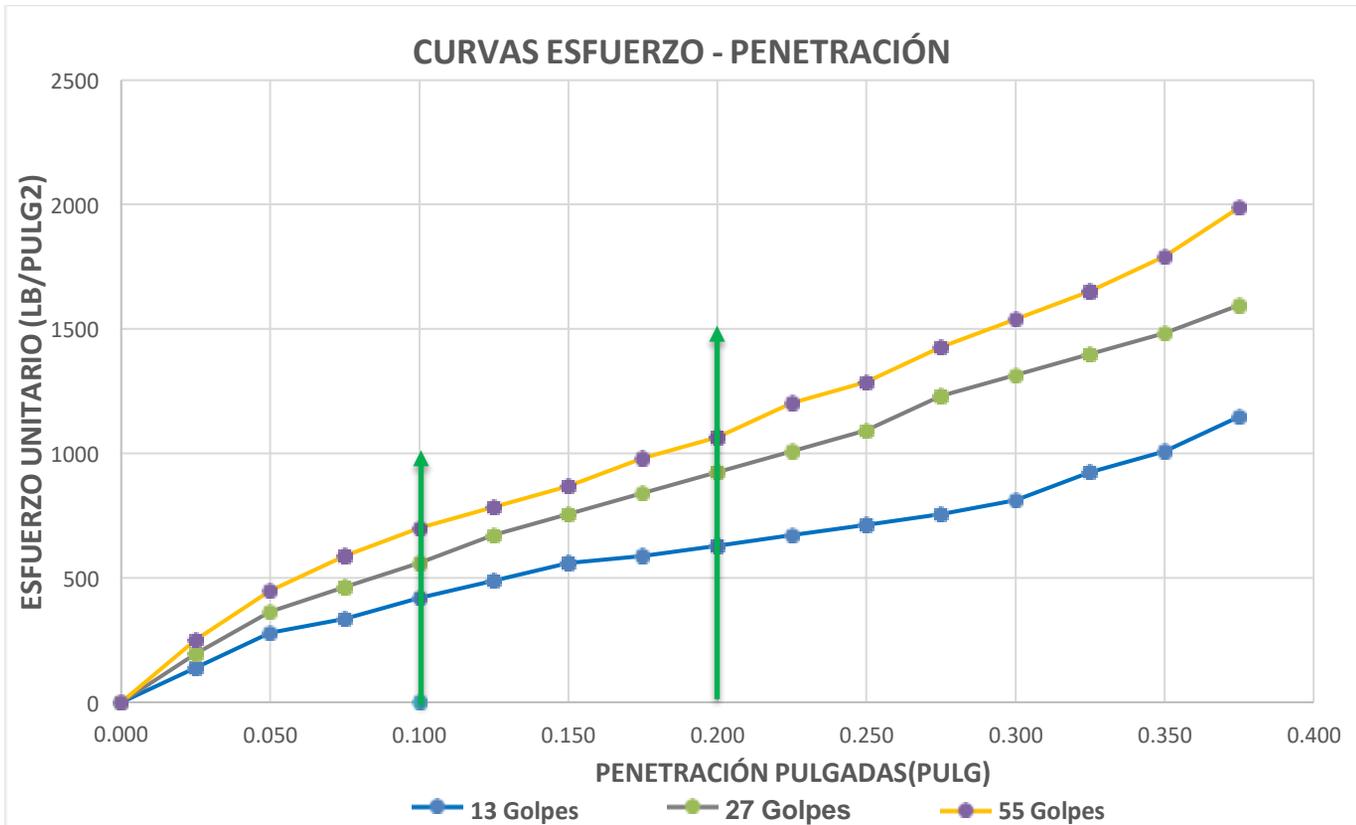
*Resultados del ensayo de carga- penetración de la muestra de suelo natural de la calicata C-01*

<b>CARGA - PENETRACIÓN</b>										
<b>PENETRACIÓN</b>		<b>MOLDE N° 01</b>			<b>MOLDE N° 02</b>			<b>MOLDE N° 03</b>		
<b>mm</b>	<b>Pulg</b>	<b>CARGA kg</b>	<b>ESFUERZO kg/cm2</b>	<b>Lb/pl2</b>	<b>CARGA kg</b>	<b>ESFUERZO kg/cm2</b>	<b>Lb/pl2</b>	<b>CARGA kg</b>	<b>ESFUERZO kg/cm2</b>	<b>Lb/pl2</b>
0.000	0.000			0			0	0.000	0	0.000
0.635	0.025	50.000	9.843	139.990	70.000	13.780	195.986	90.000	17.717	251.982
1.270	0.050	100.000	19.685	279.980	130.000	25.591	363.974	160.000	31.496	447.969
1.905	0.075	120.000	23.622	335.976	165.000	32.480	461.968	210.000	41.339	587.959
2.540	0.100	150.000	29.528	419.970	200.000	39.370	559.961	250.000	49.213	699.951
3.175	0.125	175.000	34.449	489.966	240.000	47.244	671.953	280.000	55.118	783.945
3.810	0.150	200.000	39.370	559.961	270.000	53.150	755.947	310.000	61.024	867.939
4.445	0.175	210.000	41.339	587.959	300.000	59.055	839.941	350.000	68.898	979.931
5.080	0.200	225.000	44.291	629.956	330.000	64.961	923.935	380.000	74.803	1063.925
5.715	0.225	240.000	47.244	671.953	360.000	70.866	1007.929	430.000	84.646	1203.915
6.350	0.250	255.000	50.197	713.950	390.000	76.772	1091.923	460.000	90.551	1287.909
6.985	0.275	270.000	53.150	755.947	440.000	86.614	1231.913	510.000	100.394	1427.900
7.620	0.300	290.000	57.087	811.943	470.000	92.520	1315.907	550.000	108.268	1539.892
8.255	0.325	330.000	64.961	923.935	500.000	98.425	1399.902	590.000	116.142	1651.884
8.890	0.350	360.000	70.866	1007.929	530.000	104.331	1483.896	640.000	125.984	1791.874
9.525	0.375	410.000	80.709	1147.919	570.000	112.205	1595.888	710.000	139.764	1987.860

Nota. Ensayo de penetración con un área de pistón: 2.0. pulg<sup>2</sup> y/o 5.08.cm<sup>2</sup>

**Figura 16**

*Representación gráfica de la curva esfuerzo-penetración con suelo natural de la calicata C-01*



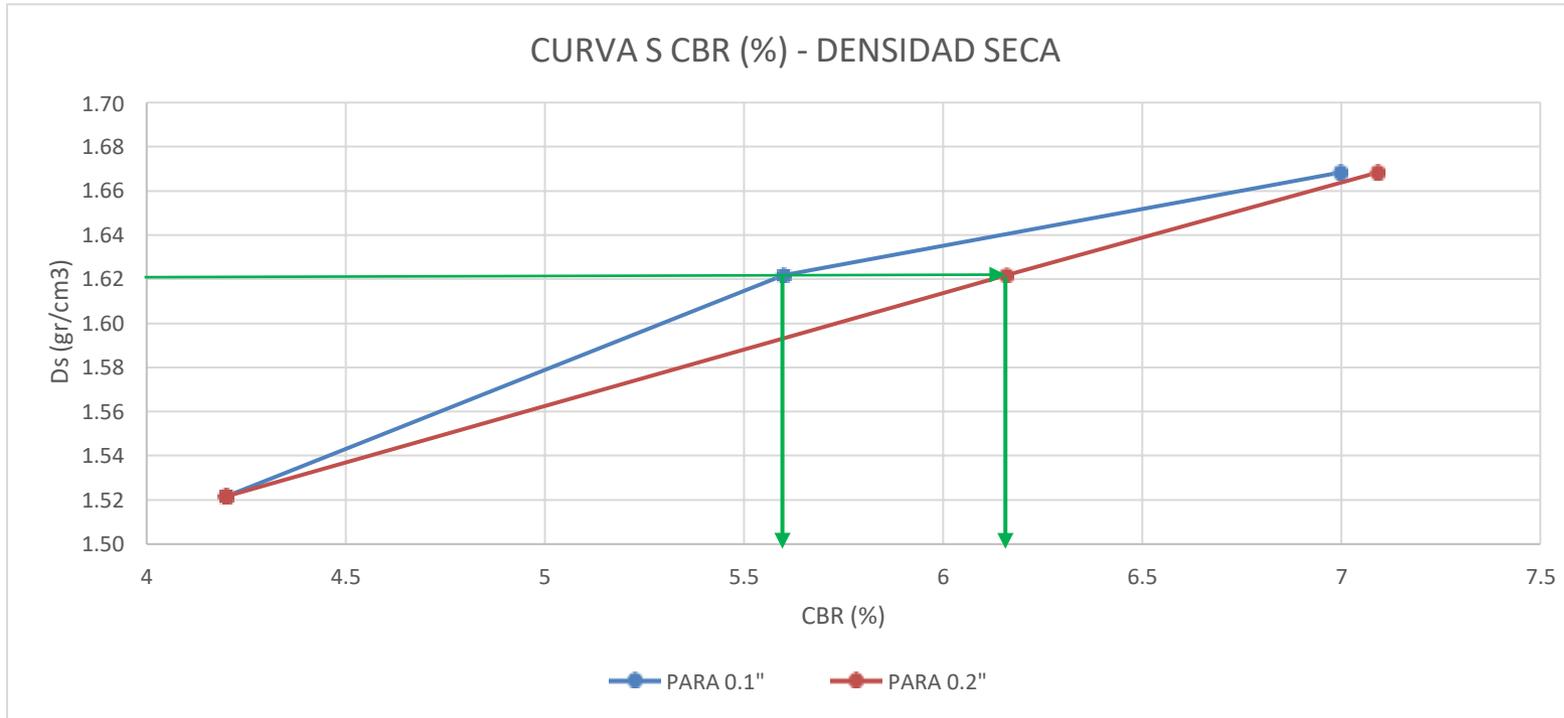
En la figura 16 se muestra el resumen de los ensayos realizados de la calicata C-01 a 13,27 y 55 golpes el esfuerzo unitario máximo es de 1147.92, 1595.89 y 1987.86 lb/pulg<sup>2</sup>

**Tabla 26**

*Resultados del índice de CBR- calicata 01*

<b>ESFUERZOS PARA 0.1" Y 0.2" DE PENETRACIÓN</b>						
<b>MOLDE N°</b>	<b>MOLDE N° 1</b>		<b>MOLDE N° 2</b>		<b>MOLDE N° 3</b>	
	<b>01"</b>	<b>02"</b>	<b>01"</b>	<b>02"</b>	<b>01"</b>	<b>02"</b>
<b>PENETRACIÓN (")</b>						
<b>ESFUERZO TERRENO (lb/pg2)</b>	<b>419.97</b>	<b>629.95</b>	<b>559.96</b>	<b>923.93</b>	<b>699.95</b>	<b>1063.92</b>
<b>ESFUERZO PATRÓN (lb/pg2)</b>	<b>1000</b>	<b>1500</b>	<b>1000</b>	<b>1500</b>	<b>1000</b>	<b>1500</b>
<b>CBR (%)</b>	<b>42%</b>	<b>42%</b>	<b>56%</b>	<b>62%</b>	<b>70%</b>	<b>71%</b>
<b>C.B.R. Y DENSIDAD SECA</b>						
<b>MOLDE N°</b>	<b>MOLDE N° 1</b>		<b>MOLDE N° 2</b>		<b>MOLDE N° 3</b>	
	<b>01"</b>	<b>02"</b>	<b>01"</b>	<b>02"</b>	<b>01"</b>	<b>02"</b>
<b>PENETRACIÓN (")</b>						
<b>CBR (%)</b>	<b>42%</b>	<b>42%</b>	<b>56%</b>	<b>62%</b>	<b>70%</b>	<b>71%</b>
<b>Ds (gr/cm3)</b>	<b>1.52</b>	<b>1.52</b>	<b>1.62</b>	<b>1.62</b>	<b>1.67</b>	<b>1.67</b>
<hr/>						
<b>Ds (max)=</b>	<b>68%</b>	<b>CBR=</b>	<b>58%</b>			
<b>CBR (0.1") =</b>	<b>55%</b>					
<b>CBR (0.2") =</b>	<b>61%</b>					

Representación gráfica de la curva s CBR (%) – densidad seca con suelo natural de la calicata C-01



En la figura 17 se muestra el resumen de los ensayos realizados de los esfuerzos de penetración para 0.1'' y 0.2'' de penetración de la curva s CBR (%) – densidad seca, obteniendo un índice de CBR de 58% para la calicata C-01, resultados que se muestran en la tabla 26.

### 3.6.2. Calicata 2 (C-02)

**Tabla 27**

*Resultados del ensayo de CBR (California Bearing Ratio) con suelo natural de la calicata C-02*

<b>CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR</b>							
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>UND</b>	<b>1</b>		<b>2</b>		<b>3</b>	
<b>N° Golpes</b>		<b>5</b>		<b>5</b>		<b>5</b>	
<b>N° Golpes por Capa</b>		<b>13</b>		<b>27</b>		<b>55</b>	
<b>Condición de Muestra</b>		<b>ANTES</b>	<b>DESPUES</b>	<b>ANTES</b>	<b>DESPUES</b>	<b>ANTES</b>	<b>DESPUES</b>
Peso Molde	<b>gr</b>	8640	8640	8602	8602	8290	8290
Peso Muestra húmeda + Molde	<b>gr</b>	13023	13060	13050	13080	12875	12901
Peso Muestra húmeda	<b>gr</b>	4383	4420	4448	4478	4585	4611
Volumen Muestra húmeda	<b>cm3</b>	2165.136	2165.136	2148.092	2148.092	2157.630	2157.630
Densidad húmeda; Dh	<b>gr/cm3</b>	2.024	2.041	2.0707	2.085	2.125	2.137

**Tabla 28**

*Resultados del ensayo de CBR (California Bearing Ratio)- contenido de humedad con suelo natural de la calicata C-02*

<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>										
<b>Ensayo</b>	<b>N°</b>	<b>1-A</b>	<b>1-B</b>	<b>1-C</b>	<b>2-A</b>	<b>2-B</b>	<b>2-C</b>	<b>3A</b>	<b>3-B</b>	<b>3-C</b>
Peso Recipiente	<b>gr</b>	35.40	36.00	28.51	35.10	38.90	28.49	39.50	38.70	26.16
Peso Muestra húmeda + Recipiente	<b>gr</b>	174.40	129.50	157.50	218.70	232.70	153.78	212.30	223.20	127.72
Peso Muestra Seca + Recipiente	<b>gr</b>	155.53	118.31	135.62	192.75	210.47	132.48	189.56	201.23	110.67
Peso del Agua	<b>gr</b>	18.87	11.19	21.88	25.95	22.23	21.30	22.74	21.97	17.05
Peso Muestra Seca	<b>gr</b>	120.13	82.31	107.11	157.65	171.57	103.99	150.06	162.53	84.51
<b>Contenido de Humedad; W%</b>	<b>%</b>	14.65%	20.43%	14.71%	20.48%	14.34%	20.18%			
Promedio Contenido de Humedad	<b>%</b>		17.54%		17.60%		17.26%			
Densidad Máxima Seca; <b>Ds</b>	<b>gr/cm3</b>		1.7223		1.7608		1.8123			
Porcentaje de Compactación %	<b>%</b>		<b>68.89%</b>		<b>70.43%</b>		<b>74.27%</b>			

**Tabla 29**

*Resultados de ensayo de hinchamiento con suelo natural de la calicata C-02*

ENSAYO DE HINCHAMIENTO										
TIEMPO ACUMULADO		MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
		LECTURA	HINCHAMIENTO		LECTURA	HINCHAMIENTO		LECTURA	HINCHAMIENTO	
HORAS	DIAS	Deforma	mm	%	Deforma	%	Deforma	mm	%	
0	0		0	0.00	0	0.00	0		0.00	
24	1	0.08	2.032	0.07	0.06	1.524	0.05	0.05	1.27	1.09
48	2	0.18	4.572	0.15	0.11	2.794	0.09	0.09	2.286	1.96
72	3	0.27	6.858	0.23	0.17	4.318	0.15	0.13	3.302	2.84
96	4	0.34	8.636	0.29	0.23	5.842	0.20	0.16	4.064	3.49

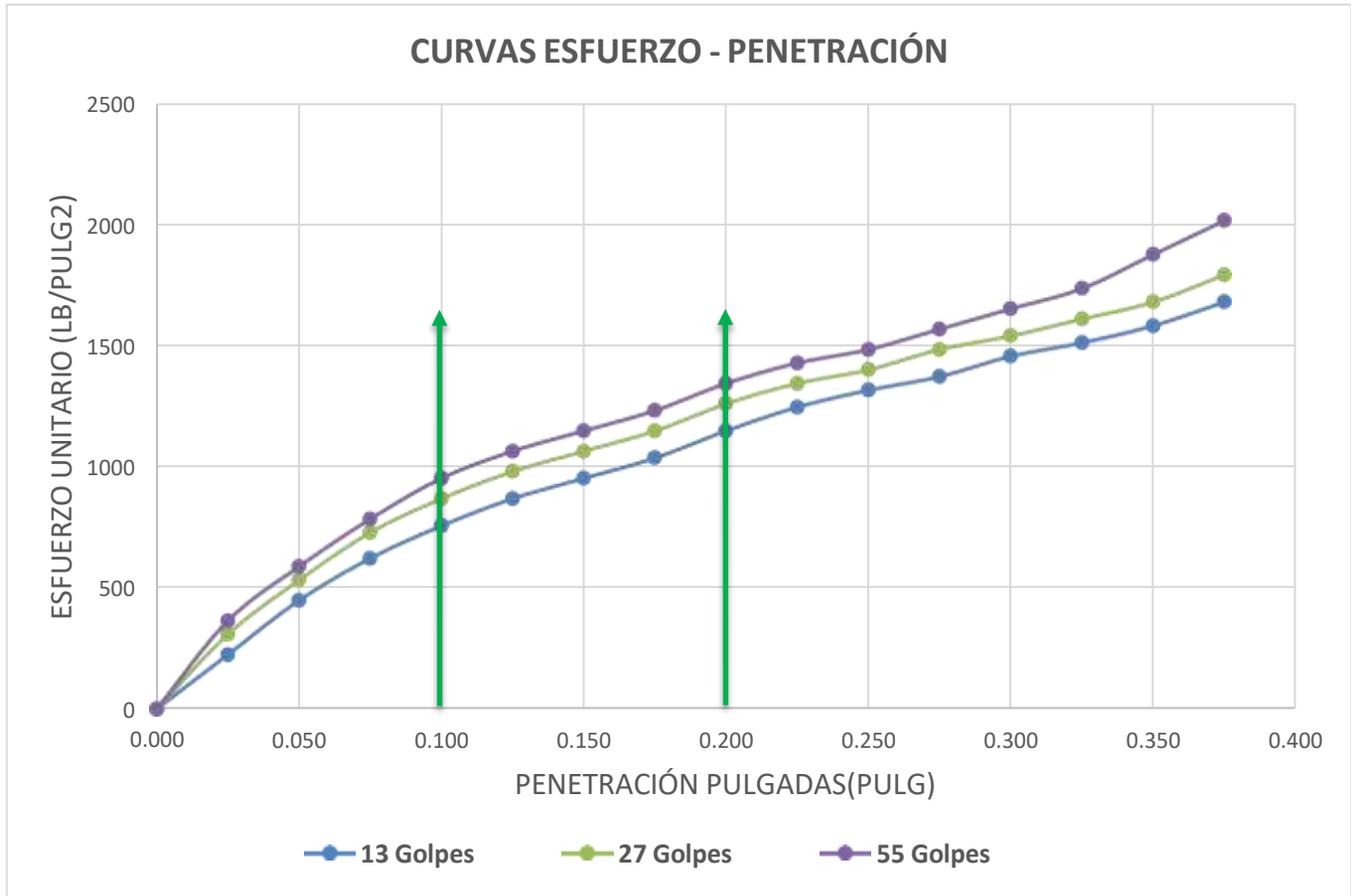
**Tabla 30**

*Resultados del ensayo de carga- penetración de la muestra de suelo natural de la calicata C-02*

<b>CARGA - PENETRACIÓN</b>										
<b>PENETRACIÓN</b>		<b>MOLDE N° 01</b>			<b>MOLDE N° 02</b>			<b>MOLDE N° 03</b>		
		<b>CARGA</b>	<b>ESFUERZO</b>		<b>CARGA</b>	<b>ESFUERZO</b>		<b>CARGA</b>	<b>ESFUERZO</b>	
<b>mm</b>	<b>Pulg</b>	<b>kg</b>	<b>kg/cm2</b>	<b>Lb/pl2</b>	<b>kg</b>	<b>kg/cm2</b>	<b>Lb/pl2</b>	<b>kg</b>	<b>kg/cm2</b>	<b>Lb/pl2</b>
0.000	0.000			0			0	0.000	0	0
0.635	0.025	80.000	15.748	223.984	110.000	21.654	307.978	130.000	25.591	363.974
1.270	0.050	160.000	31.496	447.969	190.000	37.402	531.963	210.000	41.339	587.959
1.905	0.075	222.000	43.701	621.556	260.000	51.181	727.949	280.000	55.118	783.945
2.540	0.100	270.000	53.150	755.947	310.000	61.024	867.939	340.000	66.929	951.933
3.175	0.125	310.000	61.024	867.939	350.000	68.898	979.931	380.000	74.803	1063.925
3.810	0.150	340.000	66.929	951.933	380.000	74.803	1063.925	410.000	80.709	1147.919
4.445	0.175	370.000	72.835	1035.927	410.000	80.709	1147.919	440.000	86.614	1231.913
5.080	0.200	410.000	80.709	1147.919	450.000	88.583	1259.911	480.000	94.488	1343.906
5.715	0.225	445.000	87.598	1245.912	480.000	94.488	1343.906	510.000	100.394	1427.900
6.350	0.250	470.000	92.520	1315.907	500.000	98.425	1399.902	530.000	104.331	1483.896
6.985	0.275	490.000	96.457	1371.904	530.000	104.331	1483.896	560.000	110.236	1567.890
7.620	0.300	520.000	102.362	1455.898	550.000	108.268	1539.892	590.000	116.142	1651.884
8.255	0.325	540.000	106.299	1511.894	575.000	113.189	1609.887	620.000	122.047	1735.878
8.890	0.350	565.000	111.220	1581.889	600.000	118.110	1679.882	670.000	131.890	1875.868
9.525	0.375	600.000	118.110	1679.882	640.000	125.984	1791.874	720.000	141.732	2015.858

**Figura 18**

*Representación gráfica de la curva esfuerzo-penetración con suelo natural de la calicata C-02*

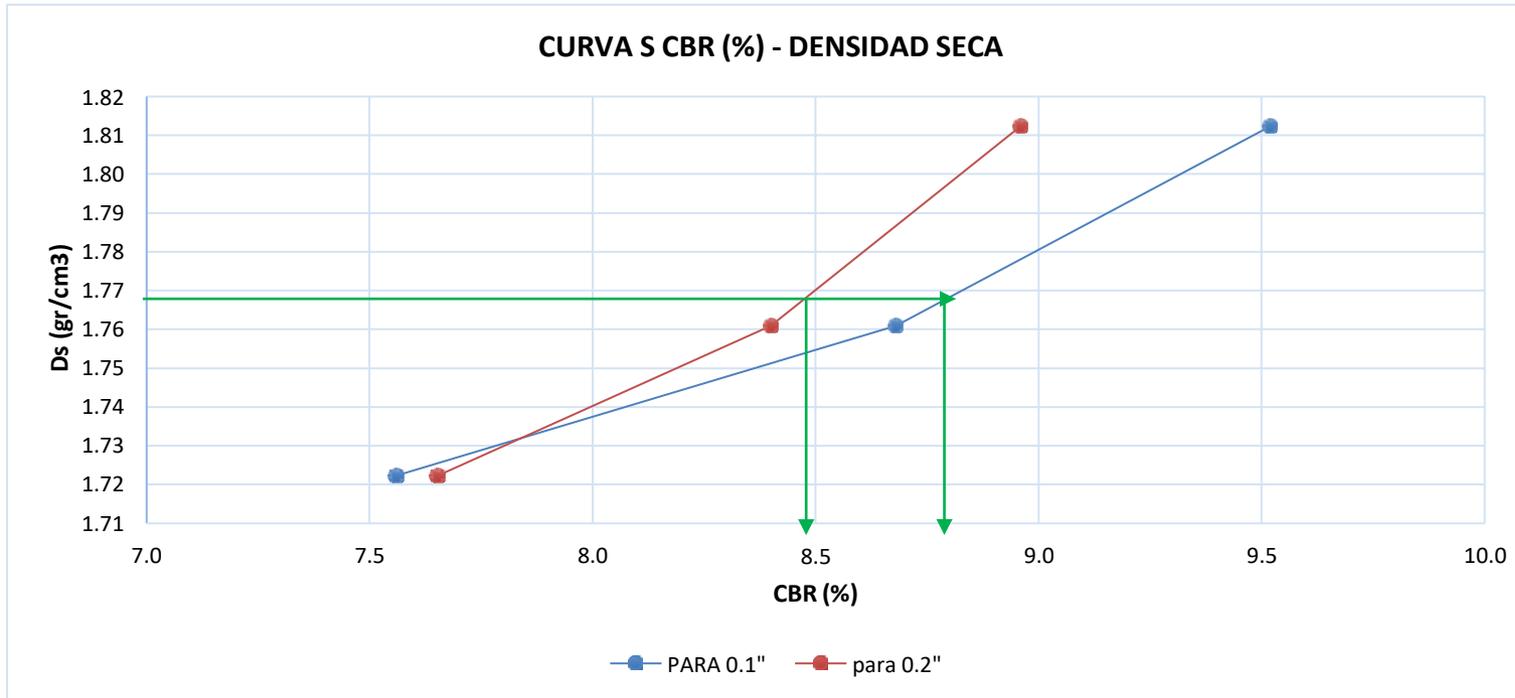


En la figura 18 se muestra el resumen de los ensayos realizados de la calicata C-01 a 13, 27 y 55 golpes el esfuerzo unitario máximo es de 1679.88, 1971.87 y 2015.86 lb/pulg<sup>2</sup>



**Figura 19**

*Representación gráfica de la curva s CBR (%) – densidad seca con suelo natural de la calicata C-02*



En la figura 19 se muestra el resumen de los ensayos realizados de los esfuerzos de penetración para 0.1” y 0.2” de penetración de la curva s CBR (%) – densidad seca, obteniendo un índice de CBR de 87% para la calicata C-02, resultados que se muestran en la tabla 31.

### 3.6.3. Calicata 3 (C-03)

**Tabla 32**

*Resultados del ensayo de CBR (California Bearing Ratio) con suelo natural de la calicata C-03*

DESCRIPCIÓN	CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR							
	UND	1		2		3		
N° Golpes		5		5		5		
N° Golpes por Capa		13		27		55		
Condición de Muestra		ANTES	DESPUES	ANTES	DESPUES	ANTES	DESPUES	
Peso Molde	gr	8025	8025	7981	7981	7220	7220	
Peso Muestra húmeda + Molde	gr	12572	12736	12648	12794	12875	12901	
Peso Muestra húmeda	gr	4547	4711	4667	4813	5655	5681	
Volumen Muestra húmeda	cm <sup>3</sup>	2165.107	2165.107	2148.65	2148.65	2157.496	2157.496	
Densidad húmeda; Dh	gr/cm <sup>3</sup>	2.100	2.176	2.1721	2.240	2.621	2.633	

**Tabla 33**

*Resultados del ensayo de CBR (California Bearing Ratio)- contenido de humedad con suelo natural de la calicata C-03*

<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>											
<b>Ensayo</b>	<b>N°</b>	<b>1-A</b>	<b>1-B</b>	<b>1-C</b>	<b>2-A</b>	<b>2-B</b>	<b>2-C</b>	<b>3A</b>	<b>3-B</b>	<b>3-C</b>	
Peso Recipiente	<b>gr</b>	38.40	39.90	39.48	35.30	38.60	41.30	34.80	35.90	35.89	
Peso Muestra húmeda + Recipiente	<b>gr</b>	122.10	117.20	250.90	247.80	273.80	221.31	154.32	170.09	210.08	
Peso Muestra Seca + Recipiente	<b>gr</b>	109.73	105.49	204.27	220.86	243.73	182.94	137.34	156.74	175.16	
Peso del Agua	<b>gr</b>	12.37	11.71	46.63	26.94	30.07	38.37	16.98	13.35	34.92	
Peso Muestra Seca	<b>gr</b>	71.33	65.59	164.79	185.56	205.13	141.64	102.54	120.84	139.27	
<b>Contenido de Humedad; W%</b>	<b>%</b>		17.60%	28.30%		14.59%	27.09%		13.80%	25.07%	
Promedio Contenido de Humedad	<b>%</b>		22.95%			20.84%			19.44%		
Densidad Máxima Seca; <b>Ds</b>	<b>gr/cm<sup>3</sup></b>		1.7082			1.7975			2.1945		
Porcentaje de Compactación %	<b>%</b>		<b>65.70%</b>			<b>69.13%</b>			<b>84.40%</b>		

**Tabla 34**

*Resultados de ensayo de hinchamiento con suelo natural de la calicata C-03*

<b>ENSAYO DE HINCHAMIENTO</b>										
<b>TIEMPO ACUMULADO</b>		<b>MOLDE N° 01</b>			<b>MOLDE N° 02</b>			<b>MOLDE N° 03</b>		
<b>O</b>		<b>LECTURA</b>	<b>HINCHAMIENTO</b>		<b>LECTURA</b>	<b>HINCHAMIENTO</b>		<b>LECTURA</b>	<b>HINCHAMIENTO</b>	
<b>HORAS</b>	<b>DÍAS</b>	<b>Deforma</b>	<b>mm</b>	<b>%</b>	<b>Deforma</b>	<b>%</b>	<b>Deforma</b>	<b>mm</b>	<b>%</b>	
<b>0</b>	<b>0</b>		0	0.00	0	0.00	0		0.00	
<b>24</b>	<b>1</b>	0.73	18.542	0.63	0.57	14.478	0.49	0.34	8.636	7.42
<b>48</b>	<b>2</b>	0.77	19.558	0.66	0.59	14.986	0.51	0.43	10.922	9.38
<b>72</b>	<b>3</b>	0.81	20.574	0.70	0.61	15.494	0.52	0.49	12.446	10.69
<b>96</b>	<b>4</b>	0.84	21.336	0.72	0.64	16.256	0.55	0.56	14.224	12.22

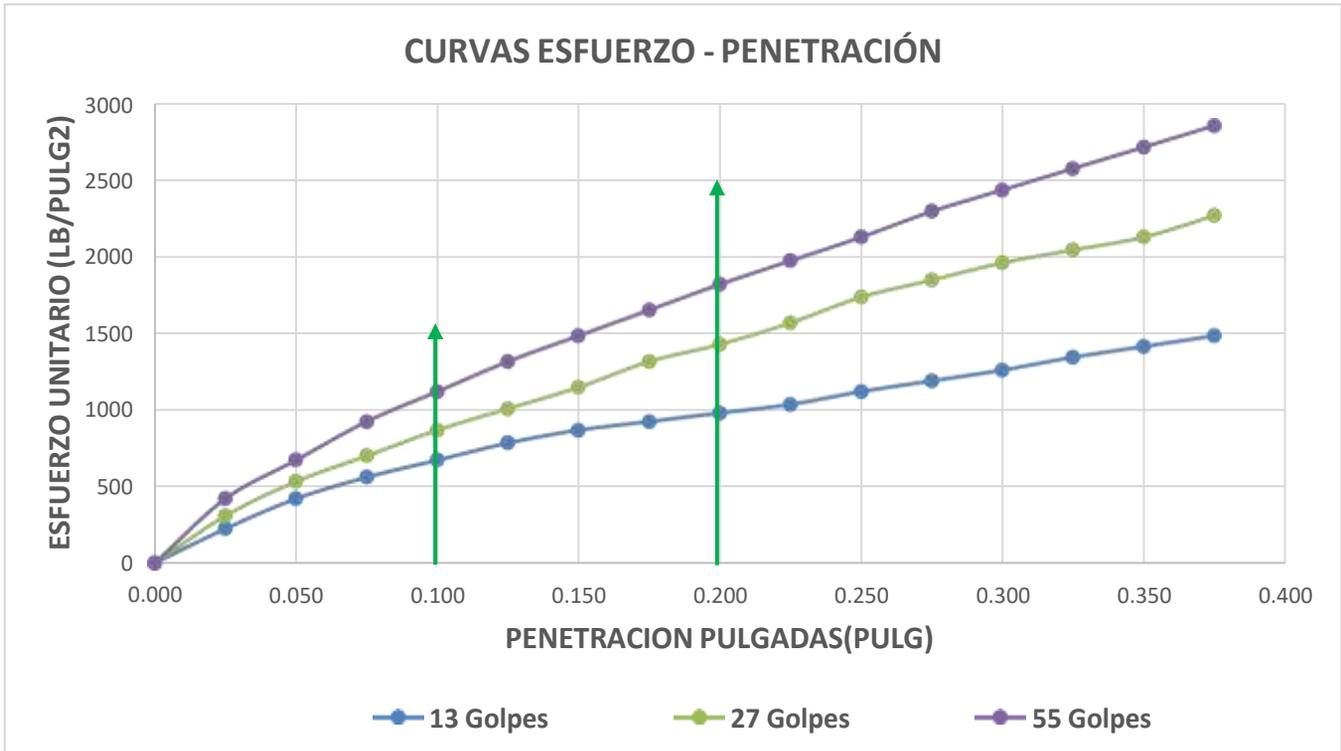
*Resultados del ensayo de carga- penetración de la muestra de suelo natural de la calicata C-03*

**CARGA - PENETRACIÓN**

PENETRACIÓN N		MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
		CARGA	ESFUERZO		CARGA	ESFUERZO		CARGA	ESFUERZO	
mm	Pulg	kg	kg/cm2	Lb/pl2	kg	kg/cm2	Lb/pl2	kg	kg/cm2	Lb/pl2
0.000	0.000			0			0	0.000	0	0.000
0.635	0.025	80.000	15.748	223.984	110.000	21.654	307.978	150.000	29.528	419.970
1.270	0.050	150.000	29.528	419.970	190.000	37.402	531.963	240.000	47.244	671.953
1.905	0.075	200.000	39.370	559.961	250.000	49.213	699.951	330.000	64.961	923.935
2.540	0.100	240.000	47.244	671.953	310.000	61.024	867.939	400.000	78.740	1119.921
3.175	0.125	280.000	55.118	783.945	360.000	70.866	1007.929	470.000	92.520	1315.907
3.810	0.150	310.000	61.024	867.939	410.000	80.709	1147.919	530.000	104.331	1483.896
4.445	0.175	330.000	64.961	923.935	470.000	92.520	1315.907	590.000	116.142	1651.884
5.080	0.200	350.000	68.898	979.931	510.000	100.394	1427.900	650.000	127.953	1819.872
5.715	0.225	370.000	72.835	1035.927	560.000	110.236	1567.890	705.000	138.780	1973.861
6.350	0.250	400.000	78.740	1119.921	620.000	122.047	1735.878	760.000	149.606	2127.850
6.985	0.275	425.000	83.661	1189.916	660.000	129.921	1847.870	820.000	161.417	2295.839
7.620	0.300	450.000	88.583	1259.911	700.000	137.795	1959.862	870.000	171.260	2435.829
8.255	0.325	480.000	94.488	1343.906	730.000	143.701	2043.86	920.000	181.102	2575.819
8.890	0.350	505.000	99.409	1413.901	760.000	149.606	2127.850	970.000	190.945	2715.809
9.525	0.375	530.000	104.331	1483.896	810.000	159.449	2267.841	1020.00	200.787	2855.799

**Figura 20**

*Representación gráfica de la curva esfuerzo-penetración con suelo natural de la calicata C-03*



En la figura 20 se muestra el resumen de los ensayos realizados de la calicata C-03 a 13, 27 y 55 golpes el esfuerzo unitario máximo es de 1483.90, 2267.84, 2855.80 lb/pulg<sup>2</sup>

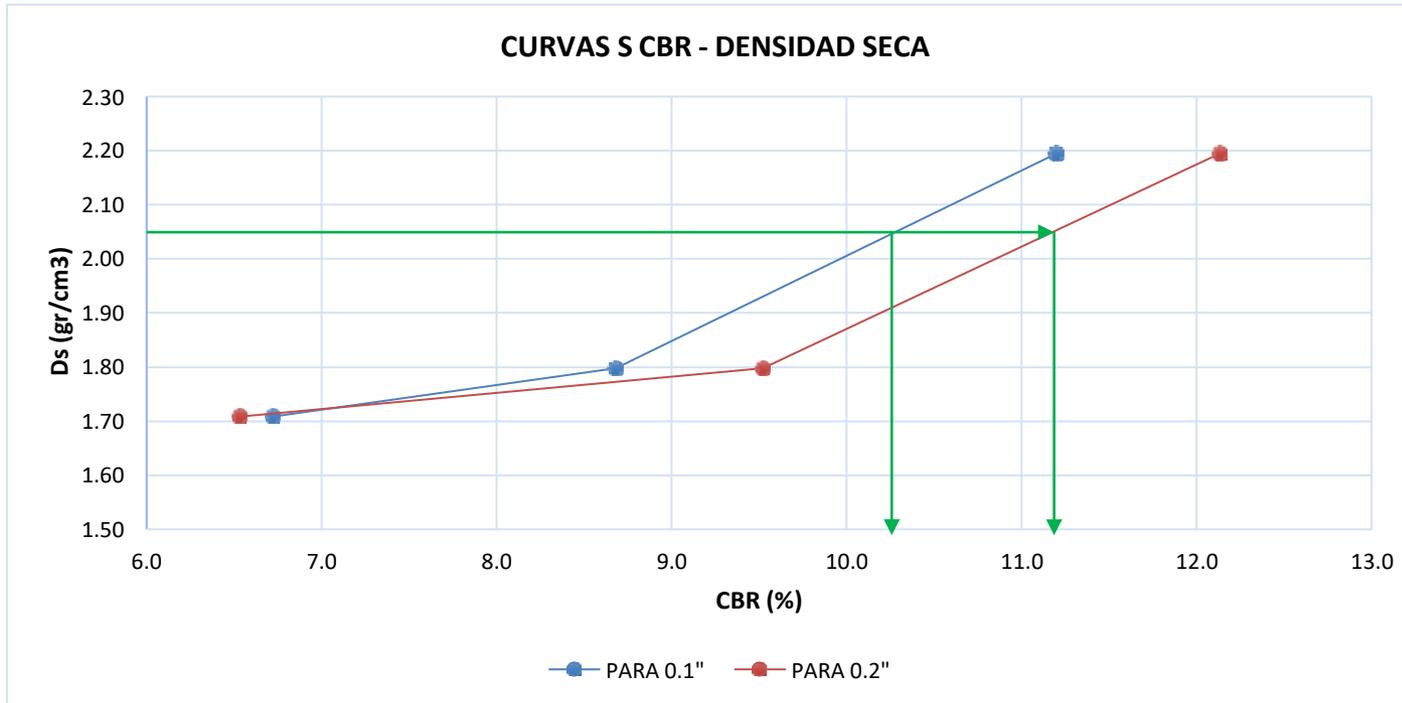
**Tabla 36**

*Resultados del índice de CBR- calicata 03*

<b>ESFUERZOS PARA 0.1" Y 0.2" DE PENETRACIÓN</b>						
<b>MOLDE N°</b>	<b>MOLDE N° 1</b>		<b>MOLDE N° 2</b>		<b>MOLDE N° 3</b>	
<b>PENETRACIÓN (")</b>	<b>01"</b>	<b>02"</b>	<b>01"</b>	<b>02"</b>	<b>01"</b>	<b>02"</b>
<b>ESFUERZO TERRENO (lb/pg2)</b>	<b>671.95</b>	<b>979.93</b>	<b>867.94</b>	<b>1427.90</b>	<b>1119.92</b>	<b>1819.87</b>
<b>ESFUERZO PATRÓN (lb/pg2)</b>	<b>1000</b>	<b>1500</b>	<b>1000</b>	<b>1500</b>	<b>1000</b>	<b>1500</b>
<b>CBR (%)</b>	<b>67%</b>	<b>65%</b>	<b>87%</b>	<b>95%</b>	<b>112%</b>	<b>121%</b>
<b>C.B.R. Y DENSIDAD SECA</b>						
<b>MOLDE N°</b>	<b>MOLDE N° 1</b>		<b>MOLDE N° 2</b>		<b>MOLDE N° 3</b>	
<b>PENETRACIÓN (")</b>	<b>01"</b>	<b>02"</b>	<b>01"</b>	<b>02"</b>	<b>01"</b>	<b>02"</b>
<b>CBR (%)</b>	<b>67%</b>	<b>65%</b>	<b>87%</b>	<b>95%</b>	<b>112%</b>	<b>121%</b>
<b>Ds (gr/cm3)</b>	<b>1.71</b>	<b>1.71</b>	<b>1.80</b>	<b>1.80</b>	<b>2.19</b>	<b>2.19</b>
<hr/>						
<b>Ds (max)=</b>	<b>88%</b>	<b>CBR=</b>	<b>107%</b>			
<b>CBR (0.1") =</b>	<b>102%</b>					
<b>CBR (0.2") =</b>	<b>112%</b>					

**Figura 21**

*Representación gráfica de la curva s CBR (%) – densidad seca con suelo natural de la calicata C-03*



En la figura 21 se muestra el resumen de los ensayos realizados de los esfuerzos de penetración para 0.1” y 0.2” de penetración de la curva s CBR (%) – densidad seca, obteniendo un índice de CBR de 107% para la calicata C-03, resultados que se muestran en la tabla 36.

### 3.7. Relación de soporte CBR más estabilizador Z con polímeros

#### 3.7.1. Calicata 1 (C-01)

**Tabla 37**

*Resultados del ensayo de CBR (California Bearing Ratio) más aditivo de la calicata C-01*

<b>CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR</b>							
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>UND</b>	<b>1</b>		<b>2</b>		<b>3</b>	
<b>N° Golpes</b>		<b>5</b>		<b>5</b>		<b>5</b>	
<b>N° Golpes por Capa</b>		<b>13</b>		<b>27</b>		<b>55</b>	
<b>Condición de Muestra</b>		<b>ANTES</b>	<b>DESPUES</b>	<b>ANTES</b>	<b>DESPUES</b>	<b>ANTES</b>	<b>DESPUES</b>
Peso Molde	<b>gr</b>	8539	8539	8922	8922	8376	8376
Peso Muestra húmeda + Molde	<b>gr</b>	12621	12641	13037	13043	12653	12665
Peso Muestra húmeda	<b>gr</b>	4082	4102	4115	4121	4277	4289
Volumen Muestra húmeda	<b>cm3</b>	2165.107	2165.107	2148.65	2148.65	2157.496	2157.496
Densidad húmeda; Dh	<b>gr/cm3</b>	1.885	1.895	1.9152	1.918	1.982	1.988

**Tabla 84**

*Resultados del ensayo de CBR (California Bearing Ratio)- contenido de humedad más aditivo de la calicata C-01*

<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>										
<b>Ensayo</b>	<b>N°</b>	<b>1-A</b>	<b>1-B</b>	<b>1-C</b>	<b>2-A</b>	<b>2-B</b>	<b>2-C</b>	<b>3A</b>	<b>3-B</b>	<b>3-C</b>
Peso Recipiente	<b>gr</b>	28.60	21.45	28.61	27.70	27.40	29.06	36.80	27.90	26.75
Peso Muestra húmeda + Recipiente	<b>gr</b>	164.60	141.60	159.86	126.00	130.70	145.29	193.00	150.60	131.60
Peso Muestra Seca + Recipiente	<b>gr</b>	139.59	120.00	136.83	110.17	113.88	127.08	169.70	128.22	114.22
Peso del Agua	<b>gr</b>	25.01	21.60	23.03	15.83	16.82	18.21	23.30	22.38	17.38
Peso Muestra Seca	<b>gr</b>	110.99	98.55	108.22	82.47	86.48	98.02	132.90	100.32	87.47
<b>Contenido de Humedad;</b>	<b>%</b>	22.23%	21.28%	19.32%	18.58%	19.92%	19.87%			
Promedio Contenido de	<b>%</b>	21.75%	18.95%	19.89%						
Densidad Máxima Seca; <b>Ds</b>	<b>gr/cm<sup>3</sup></b>	1.5485	1.6101	1.6534						
Porcentaje de Compactación	<b>%</b>	<b>64.52%</b>	<b>67.09%</b>	<b>68.89%</b>						

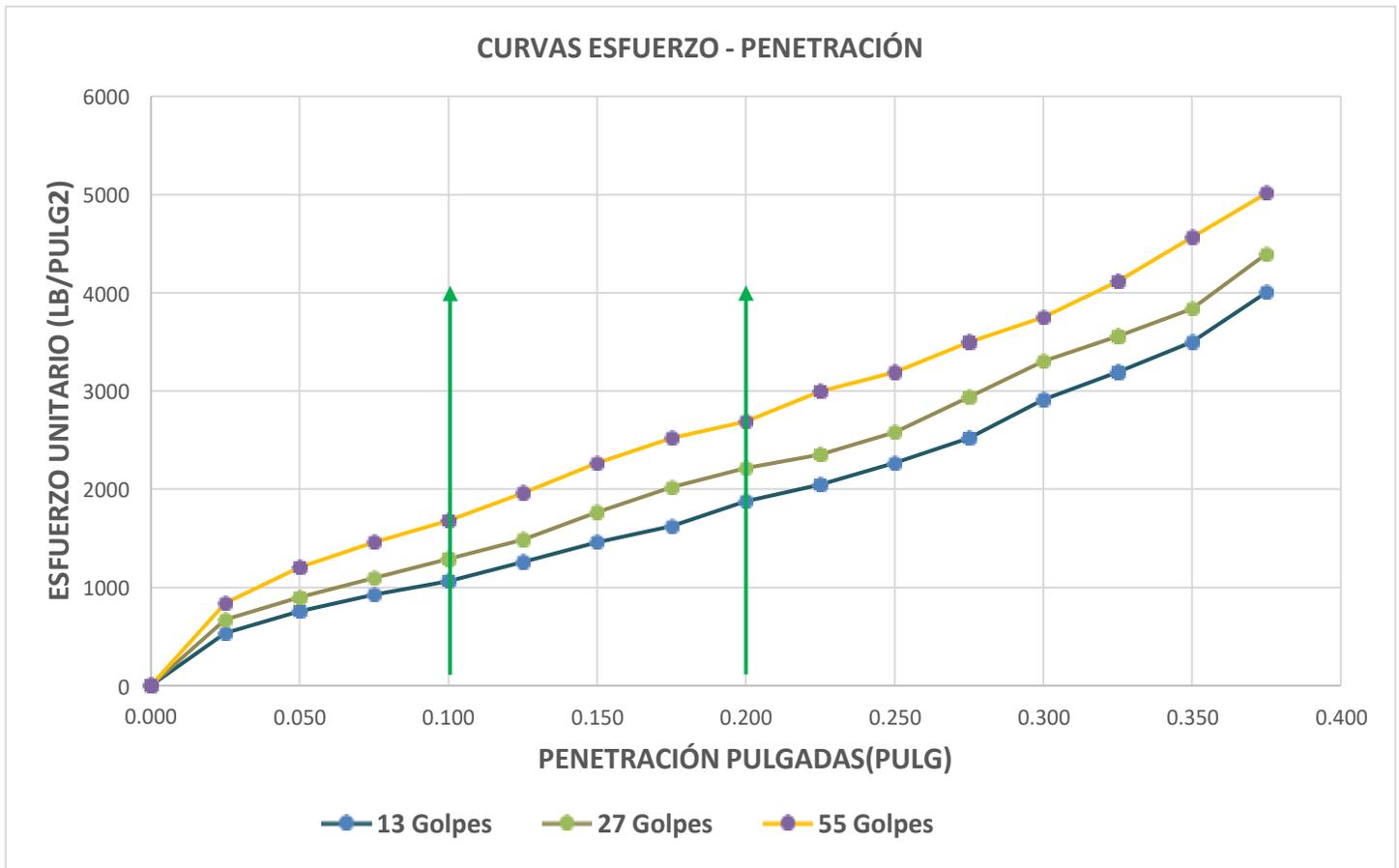
**Tabla 85**

*Resultados del ensayo de carga- penetración de la muestra más aditivo de la calicata C-01*

<b>CARGA - PENETRACIÓN</b>											
<b>PENETRACIÓ N</b>	<b>MOLDE N° 01</b>					<b>MOLDE N° 02</b>			<b>MOLDE N° 03</b>		
	<b>CARGA</b>		<b>ESFUERZO</b>			<b>CARGA</b>		<b>ESFUERZO</b>	<b>CARGA</b>		<b>ESFUERZO</b>
	<b>mm</b>	<b>Pulg</b>	<b>kg</b>	<b>kg/cm2</b>	<b>Lb/pl2</b>	<b>kg</b>	<b>kg/cm2</b>	<b>Lb/pl2</b>	<b>kg</b>	<b>kg/cm2</b>	<b>Lb/pl2</b>
0.000	0.000			0			0	0.000	0.000	0.000	
0.635	0.025	190.000	37.402	531.963	240.000	47.244	671.95	300.000	59.055	839.941	
1.270	0.050	270.000	53.150	755.947	320.000	62.992	895.94	430.000	84.646	1203.915	
1.905	0.075	330.000	64.961	923.935	390.000	76.772	1091.92	520.000	102.362	1455.898	
2.540	0.100	380.000	74.803	1063.925	460.000	90.551	1287.91	600.000	118.110	1679.882	
3.175	0.125	450.000	88.583	1259.911	530.000	104.331	1483.90	700.000	137.795	1959.862	
3.810	0.150	520.000	102.362	1455.898	630.000	124.016	1763.88	810.000	159.449	2267.841	
4.445	0.175	580.000	114.173	1623.886	720.000	141.732	2015.86	900.000	177.165	2519.823	
5.080	0.200	670.000	131.890	1875.868	790.000	155.512	2211.84	960.000	188.976	2687.811	
5.715	0.225	730.000	143.701	2043.856	840.000	165.354	2351.83	1070.000	210.630	2995.789	
6.350	0.250	810.000	159.449	2267.841	920.000	181.102	2575.82	1140.000	224.409	3191.776	
6.985	0.275	900.000	177.165	2519.823	1050.000	206.693	2939.79	1250.000	246.063	3499.754	
7.620	0.300	1040.000	204.724	2911.795	1180.000	232.283	3303.77	1340.000	263.780	3751.736	
8.255	0.325	1140.000	224.409	3191.776	1270.000	250.000	3555.75	1470.000	289.370	4115.711	
8.890	0.350	1250.000	246.063	3499.754	1370.000	269.685	3835.73	1630.000	320.866	4563.679	
9.525	0.375	1430.000	281.496	4003.719	1570.000	309.055	4395.69	1790.000	352.362	5011.648	

**Figura 22**

*Representación gráfica de la curva esfuerzo-penetración más aditivo de la calicata C-01*



Nota. esfuerzo unitario vs penetración

En la figura 22 se muestra el resumen de los ensayos realizados de la calicata C-01 a 13, 27 y 55 golpes el esfuerzo unitario máximo es de 4003.72, 4395.69 y 5011.65 lb/pulg<sup>2</sup>

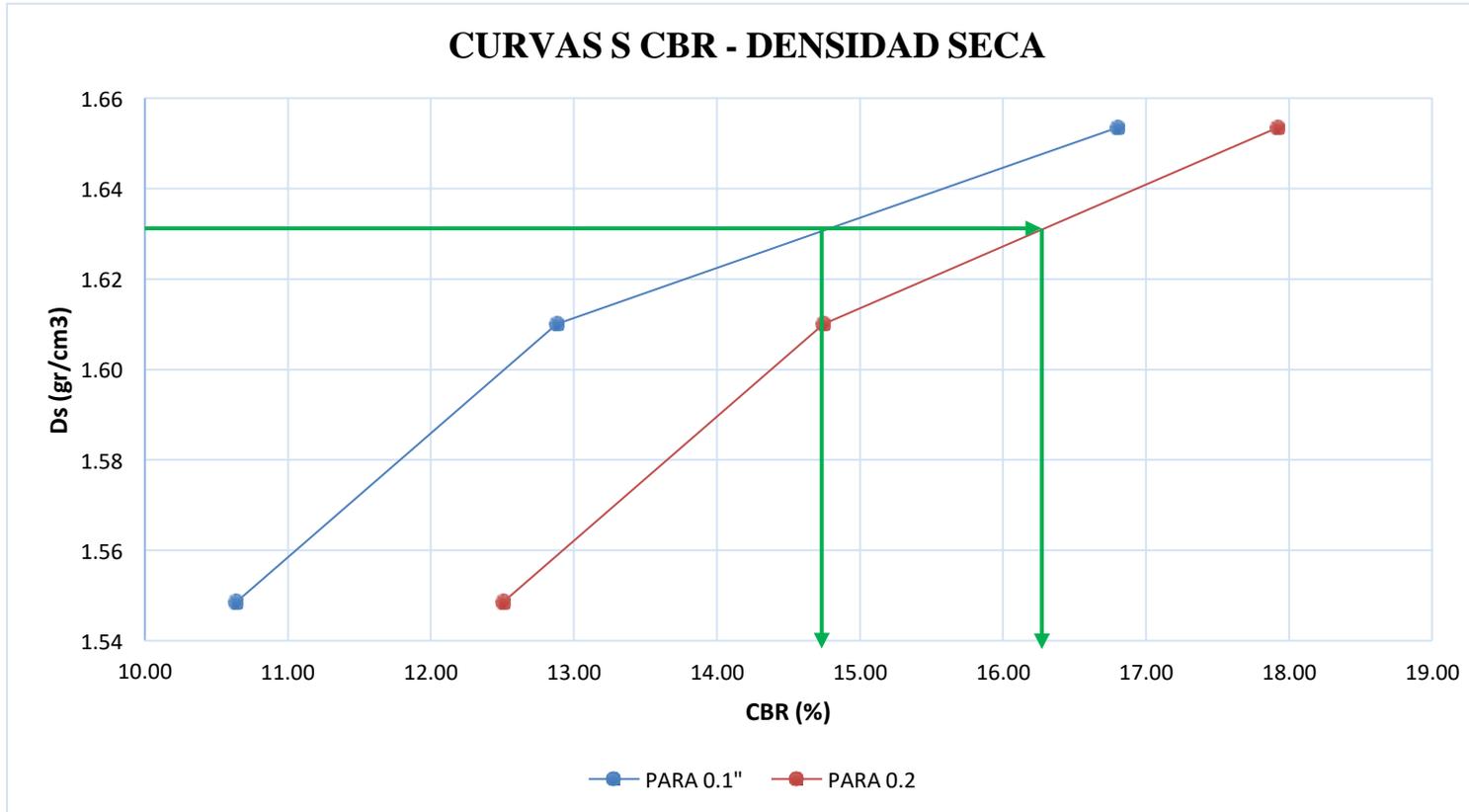
**Tabla 40**

*Resultados del índice de CBR de suelo natural más estabilizador Z con polímeros- calicata 01*

<b>ESFUERZOS PARA 0.1" Y 0.2" DE PENETRACIÓN</b>						
<b>MOLDE N°</b>	<b>MOLDE N° 1</b>		<b>MOLDE N° 2</b>		<b>MOLDE N° 3</b>	
<b>PENETRACIÓN (")</b>	<b>01"</b>	<b>02"</b>	<b>01"</b>	<b>02"</b>	<b>01"</b>	<b>02"</b>
<b>ESFUERZO TERRENO (lb/pg2)</b>	<b>1063.925</b>	<b>1875.868</b>	<b>1287.909</b>	<b>2211.844</b>	<b>1679.882</b>	<b>2687.811</b>
<b>ESFUERZO PATRÓN (lb/pg2)</b>	<b>1000</b>	<b>1500</b>	<b>1000</b>	<b>1500</b>	<b>1000</b>	<b>1500</b>
<b>CBR (%)</b>	<b>106%</b>	<b>125%</b>	<b>129%</b>	<b>147%</b>	<b>168%</b>	<b>179%</b>
<b>C.B.R. Y DENSIDAD SECA</b>						
<b>MOLDE N°</b>	<b>MOLDE N° 1</b>		<b>MOLDE N° 2</b>		<b>MOLDE N° 3</b>	
<b>PENETRACIÓN (")</b>	<b>01"</b>	<b>02"</b>	<b>01"</b>	<b>02"</b>	<b>01"</b>	<b>02"</b>
<b>CBR (%)</b>	<b>106%</b>	<b>125%</b>	<b>129%</b>	<b>147%</b>	<b>168%</b>	<b>179%</b>
<b>Ds (gr/cm3)</b>	<b>1.55</b>	<b>1.55</b>	<b>1.61</b>	<b>1.61</b>	<b>1.65</b>	<b>1.65</b>
<b>Ds (max)=</b>	<b>95%</b>		<b>CBR=</b>	<b>147%</b>		
<b>CBR (0.1") =</b>	<b>138%</b>					
<b>CBR (0.2") =</b>	<b>156%</b>					

**Figura 23**

*Representación gráfica de la curva s CBR (%) – densidad seca con suelo natural más aditivo de la calicata C-01*



En la figura 23 se muestra el resumen de los ensayos realizados de los esfuerzos de penetración para 0.1” y 0.2” de penetración de la curva s CBR (%) – densidad seca, obteniendo un índice de CBR de 147% para la calicata C-01, resultados que se muestran en la tabla 40.

### 3.7.2. Calicata 2 (C-02)

**Tabla 41**

*Resultados del ensayo de CBR (California Bearing Ratio) más aditivo de la calicata C-02*

<b>CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR</b>							
<b>DESCRIPCIÓN</b>	<b>UND</b>	<b>1</b>		<b>2</b>		<b>3</b>	
<b>N° Golpes</b>		<b>5</b>		<b>5</b>		<b>5</b>	
<b>N° Golpes por Capa</b>		<b>13</b>		<b>27</b>		<b>55</b>	
<b>Condición de Muestra</b>		<b>ANTES</b>	<b>DESPUES</b>	<b>ANTES</b>	<b>DESPUES</b>	<b>ANTES</b>	<b>DESPUES</b>
Peso Molde	<b>gr</b>	8603	8603	8639	8639	8400	8400
Peso Muestra húmeda + Molde	<b>gr</b>	12413	12428	12623	12630	12599	12604
Peso Muestra húmeda	<b>gr</b>	3810	3825	3984	3991	4199	4204
Volumen Muestra húmeda	<b>cm3</b>	2165.107	2165.107	2148.65	2148.65	2150.496	2150.496
Densidad húmeda; Dh	<b>gr/cm3</b>	1.760	1.767	1.8542	1.857	1.953	1.955

**Tabla 88**
*Resultados del ensayo de CBR (California Bearing Ratio)- contenido de humedad más aditivo de la calicata C-02*

<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>										
<b>Ensayo</b>	<b>N°</b>	<b>1-A</b>	<b>1-B</b>	<b>1-C</b>	<b>2-A</b>	<b>2-B</b>	<b>2-C</b>	<b>3A</b>	<b>3-B</b>	<b>3-C</b>
Peso Recipiente	<b>gr</b>	28.50	26.20	28.17	35.20	39.10	28.00	38.20	39.00	28.43
Peso Muestra húmeda + Recipiente	<b>gr</b>	151.60	138.60	130.03	151.00	156.50	133.37	209.30	175.50	134.95
Peso Muestra Seca + Recipiente	<b>gr</b>	139.61	127.03	118.92	139.50	143.76	122.09	187.56	160.58	121.83
Peso del Agua	<b>gr</b>	11.99	11.57	11.11	11.50	12.74	11.28	21.74	14.92	13.12
Peso Muestra Seca	<b>gr</b>	111.11	100.83	90.75	104.30	104.66	94.09	149.36	121.58	93.40
<b>Contenido de Humedad; W%</b>	<b>%</b>	11.13%		12.24%	11.60%		11.99%	13.41%		14.05%
Promedio Contenido de Humedad	<b>%</b>	11.69%		11.79%		13.73%				
Densidad Máxima Seca; <b>Ds</b>	<b>gr/cm<sup>3</sup></b>	1.5756		1.6586		1.7168				
Porcentaje de Compactación %	<b>%</b>	<b>85.63%</b>		<b>90.14%</b>		<b>93.31%</b>				

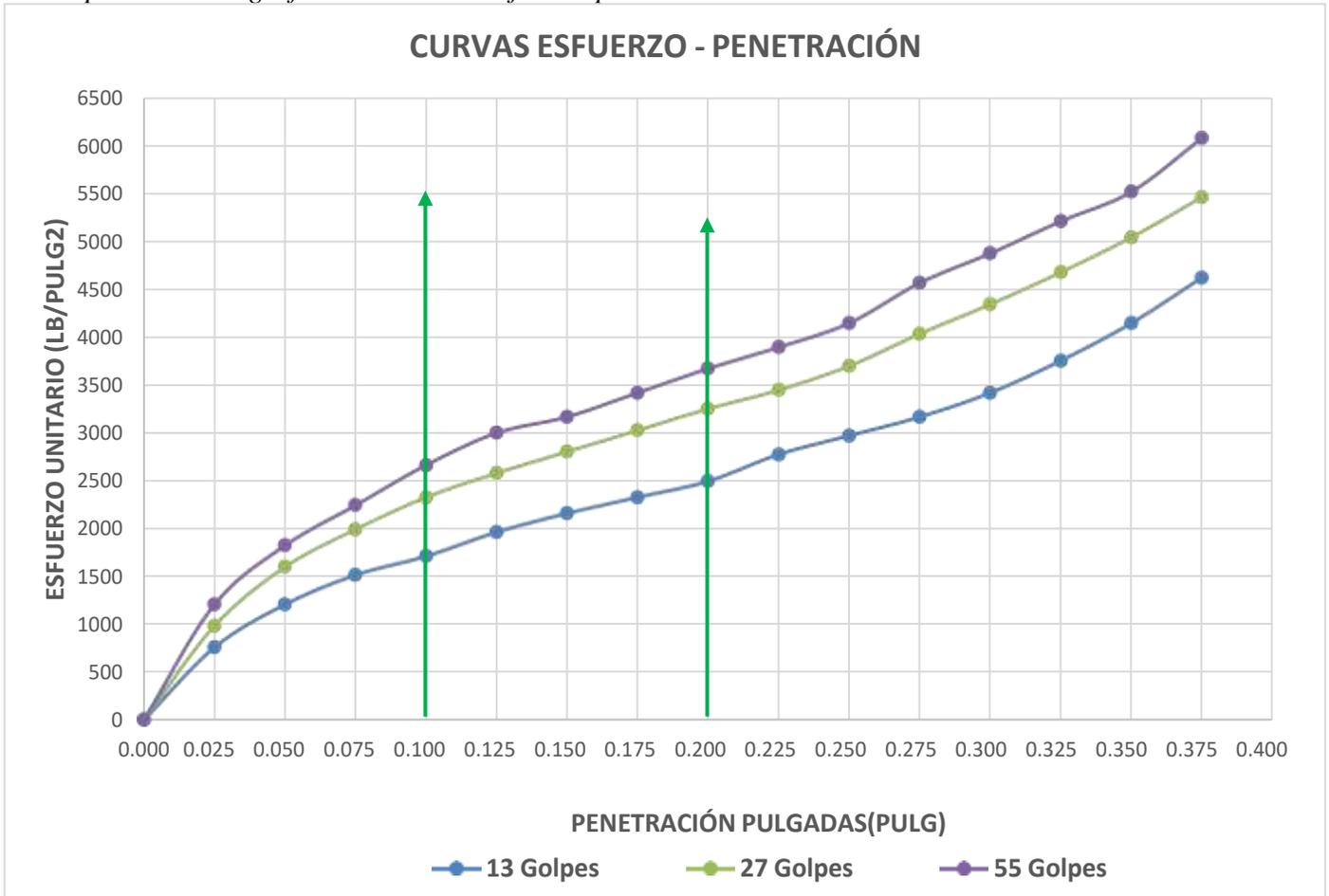
**Tabla 89**

*Resultados del ensayo de carga- penetración de la muestra más aditivo de la calicata C-02*

<b>CARGA - PENETRACIÓN</b>										
<b>PENETRACIÓN</b>		<b>MOLDE N° 01</b>			<b>MOLDE N° 02</b>			<b>MOLDE N° 03</b>		
		<b>CARGA</b>	<b>ESFUERZO</b>		<b>CARGA</b>	<b>ESFUERZO</b>		<b>CARGA</b>	<b>ESFUERZO</b>	
<b>N</b>										
<b>mm</b>	<b>Pulg</b>	<b>kg</b>	<b>kg/cm2</b>	<b>Lb/pl2</b>	<b>kg</b>	<b>kg/cm2</b>	<b>Lb/pl2</b>	<b>kg</b>	<b>kg/cm2</b>	<b>Lb/pl2</b>
0.000	0.000			0			0	0.000	0.000	0.000
0.635	0.025	270.000	53.150	755.947	350.000	68.898	979.931	430.000	84.646	1203.915
1.270	0.050	430.000	84.646	1203.915	570.000	112.205	1595.888	650.000	127.953	1819.872
1.905	0.075	540.000	106.299	1511.894	710.000	139.764	1987.860	800.000	157.480	2239.843
2.540	0.100	610.000	120.079	1707.880	830.000	163.386	2323.837	950.000	187.008	2659.813
3.175	0.125	700.000	137.795	1959.862	920.000	181.102	2575.819	1070.000	210.630	2995.789
3.810	0.150	770.000	151.575	2155.848	1000.000	196.850	2799.803	1130.000	222.441	3163.778
4.445	0.175	830.000	163.386	2323.837	1080.000	212.598	3023.787	1220.000	240.157	3415.760
5.080	0.200	890.000	175.197	2491.825	1160.000	228.346	3247.772	1310.000	257.874	3667.742
5.715	0.225	990.000	194.882	2771.805	1230.000	242.126	3443.758	1390.000	273.622	3891.726
6.350	0.250	1060.000	208.661	2967.791	1320.000	259.843	3695.740	1480.000	291.339	4143.709
6.985	0.275	1130.000	222.441	3163.778	1440.000	283.465	4031.717	1630.000	320.866	4563.679
7.620	0.300	1220.000	240.157	3415.760	1550.000	305.118	4339.695	1740.000	342.520	4871.657
8.255	0.325	1340.000	263.780	3751.736	1670.000	328.740	4675.671	1860.000	366.142	5207.634
8.890	0.350	1480.000	291.339	4143.709	1800.000	354.331	5039.646	1970.000	387.795	5515.612
9.525	0.375	1650.000	324.803	4619.675	1950.000	383.858	5459.616	2170.000	427.165	6075.573

**Figura 24**

*Representación gráfica de la curva esfuerzo-penetración más aditivo de la calicata C-02*



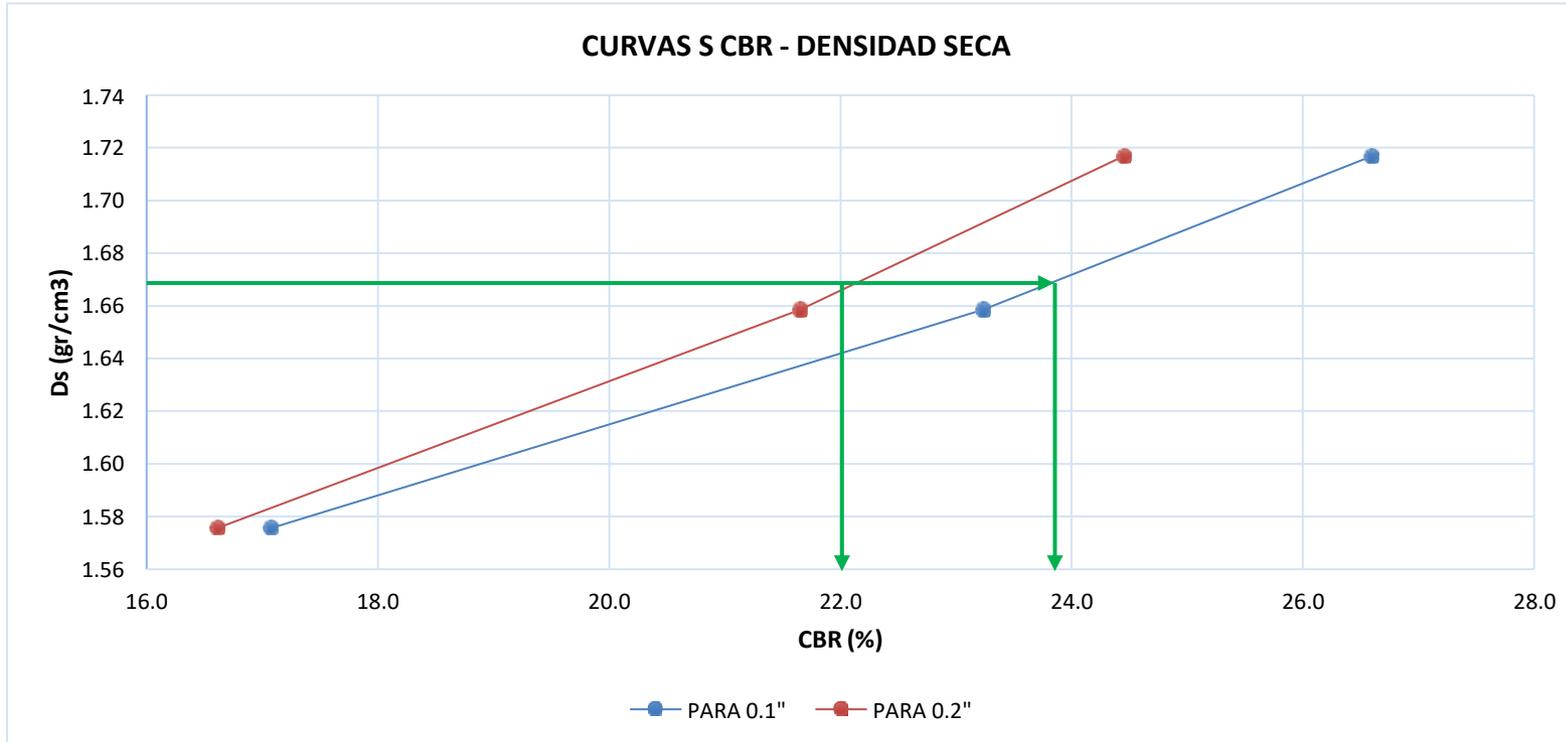
En la figura 24 se muestra el resumen de los ensayos realizados de la calicata C-02 a 13, 27 y 55 golpes el esfuerzo unitario máximo es de 4619.68, 5459.54 Y 6075.61 lb/pulg<sup>2</sup>

**Tabla 44**

*Resultados del índice de CBR de suelo natural más estabilizador Z con polímeros- calicata 02*

<b>ESFUERZOS PARA 0.1" Y 0.2" DE PENETRACIÓN</b>						
<b>MOLDE N°</b>	<b>MOLDE N° 1</b>		<b>MOLDE N° 2</b>		<b>MOLDE N° 3</b>	
<b>PENETRACIÓN (")</b>	<b>01"</b>	<b>02"</b>	<b>01"</b>	<b>02"</b>	<b>01"</b>	<b>02"</b>
<b>ESFUERZO TERRENO (lb/pg2)</b>	<b>1707.88</b>	<b>2491.82</b>	<b>2323.84</b>	<b>3247.77</b>	<b>2659.81</b>	<b>3667.74</b>
<b>ESFUERZO PATRÓN (lb/pg2)</b>	<b>1000</b>	<b>1500</b>	<b>1000</b>	<b>1500</b>	<b>1000</b>	<b>1500</b>
<b>CBR (%)</b>	<b>171%</b>	<b>166%</b>	<b>232%</b>	<b>217%</b>	<b>266%</b>	<b>245%</b>
<b>C.B.R. Y DENSIDAD SECA</b>						
<b>MOLDE N°</b>	<b>MOLDE N° 1</b>		<b>MOLDE N° 2</b>		<b>MOLDE N° 3</b>	
<b>PENETRACIÓN (")</b>	<b>01"</b>	<b>02"</b>	<b>01"</b>	<b>02"</b>	<b>01"</b>	<b>02"</b>
<b>CBR (%)</b>	<b>171%</b>	<b>166%</b>	<b>232%</b>	<b>217%</b>	<b>266%</b>	<b>245%</b>
<b>Ds (gr/cm3)</b>	<b>1.58</b>	<b>1.58</b>	<b>1.66</b>	<b>1.66</b>	<b>1.72</b>	<b>1.72</b>
<hr/>						
<b>Ds (max)=</b>	<b>95%</b>	<b>CBR=</b>	<b>224%</b>			
<hr/>						
<b>CBR (0.1") =</b>	<b>215%</b>					
<hr/>						
<b>CBR (0.2") =</b>	<b>232%</b>					
<hr/>						

Representación gráfica de la curva s CBR (%) – densidad seca con suelo natural más aditivo de la calicata C-02



En la figura 23 se muestra el resumen de los ensayos realizados de los esfuerzos de penetración para 0.1” y 0.2” de penetración de la curva s CBR (%) – densidad seca, obteniendo un índice de CBR de 224% para la calicata C-02, resultados que se muestran en la tabla 44.

### 3.7.3. Calicata 3 (C-03)

**Tabla 45**

*Resultados del ensayo de CBR (California Bearing Ratio) más aditivo de la calicata C-03*

CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR							
DESCRIPCIÓN	UND	1		2		3	
N° Golpes		5		5		5	
N° Golpes por Capa		13		27		55	
Condición de Muestra		ANTES	DESPUES	ANTES	DESPUES	ANTES	DESPUES
Peso Molde	<b>gr</b>	7984	7984	8006	8006	8007	8007
Peso Muestra húmeda + Molde	<b>gr</b>	11787	11802	11956	11970	12546	12561
Peso Muestra húmeda	<b>gr</b>	3803	3818	3950	3964	4539	4554
Volumen Muestra húmeda	<b>cm3</b>	2165.107	2165.107	2148.65	2148.65	2157.496	2157.496
Densidad húmeda; Dh	<b>gr/cm3</b>	1.756	1.763	1.8384	1.845	2.104	2.111

**Tabla 46**

*Resultados del ensayo de CBR (California Bearing Ratio)- contenido de humedad más aditivo de la calicata C-03*

<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>										
<b>Ensayo</b>	<b>N°</b>	<b>1-A</b>	<b>1-B</b>	<b>1-C</b>	<b>2-A</b>	<b>2-B</b>	<b>2-C</b>	<b>3A</b>	<b>3-B</b>	<b>3-C</b>
Peso Recipiente	<b>gr</b>	38.27	39.50	21.91	35.30	41.30	21.18	36.10	36.10	35.95
Peso Muestra húmeda + Recipiente	<b>gr</b>	231.00	201.30	120.31	119.50	121.80	125.28	245.10	252.50	148.05
Peso Muestra Seca + Recipiente	<b>gr</b>	199.58	174.46	104.01	104.88	107.12	108.14	208.85	214.92	129.21
Peso del Agua	<b>gr</b>	31.42	26.84	16.30	14.62	14.68	17.14	36.25	37.58	18.84
Peso Muestra Seca	<b>gr</b>	161.31	134.96	82.10	69.58	65.82	86.96	172.75	178.82	93.26
<b>Contenido de Humedad; W%</b>	<b>%</b>		19.68%	19.85%	21.66%	19.71%		21.00%		20.20%
Promedio Contenido de Humedad	<b>%</b>		19.77%			20.68%			20.60%	
Densidad Máxima Seca; <b>Ds</b>	<b>gr/cm<sup>3</sup></b>		1.4666			1.5233			1.7445	
Porcentaje de Compactación %	<b>%</b>		<b>71.54%</b>			<b>74.31%</b>			<b>85.10%</b>	

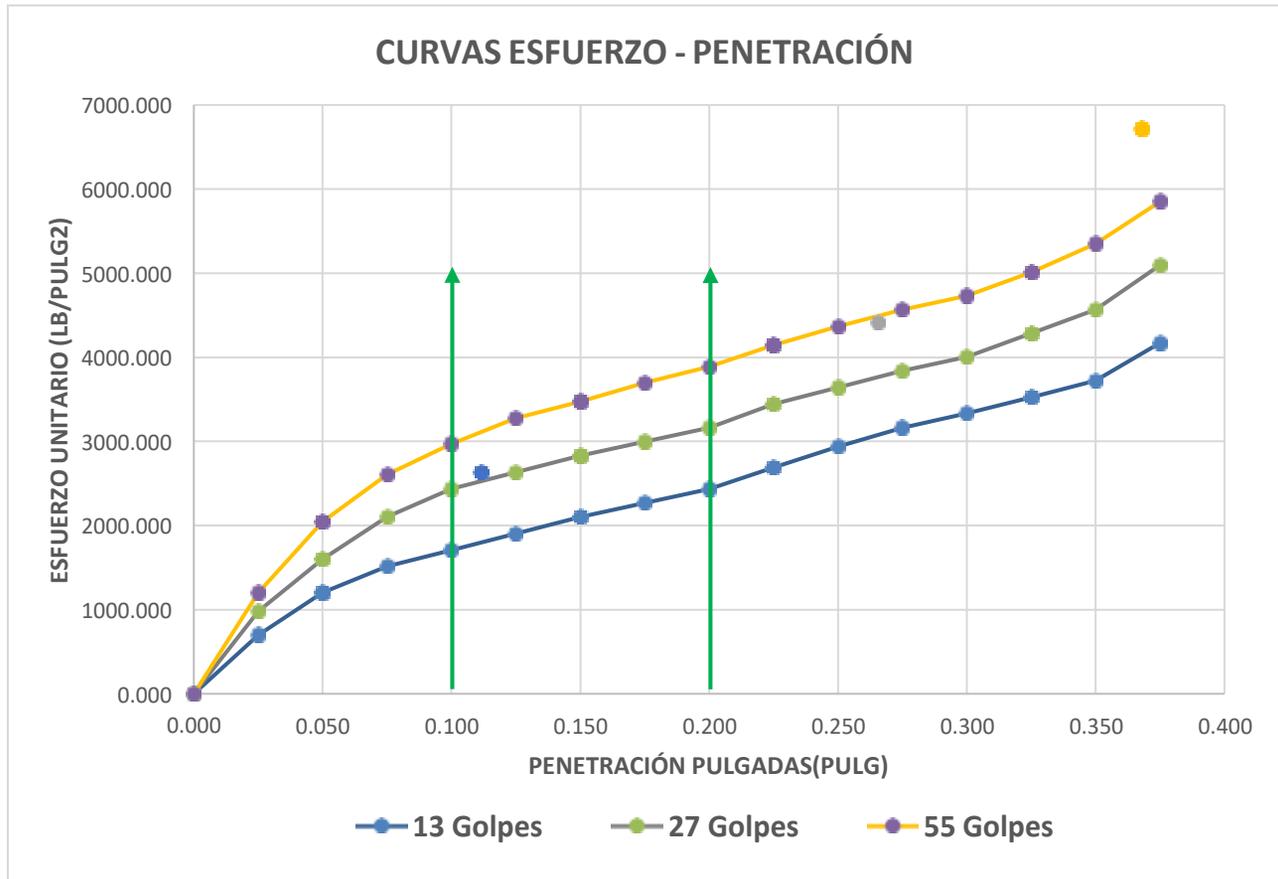
**Tabla 47**

*Resultados del ensayo de carga- penetración de la muestra más aditivo de la calicata C-03*

<b>CARGA - PENETRACIÓN</b>										
<b>PENETRACIÓ N</b>	<b>MOLDE N° 01</b>			<b>MOLDE N° 02</b>			<b>MOLDE N° 03</b>			
	<b>CARGA</b>	<b>ESFUERZO</b>		<b>CARGA</b>	<b>ESFUERZO</b>		<b>CARGA</b>	<b>ESFUERZO</b>		
<b>mm</b>	<b>Pulg</b>	<b>kg</b>	<b>kg/cm2</b>	<b>Lb/pl2</b>	<b>kg</b>	<b>kg/cm2</b>	<b>Lb/pl2</b>	<b>kg</b>	<b>kg/cm2</b>	<b>Lb/pl2</b>
0.000	0.000			0.000			0.000	0.000	0.000	0.000
0.635	0.025	250.000	49.213	699.951	350.000	68.898	979.931	430.000	84.646	1203.915
1.270	0.050	430.000	84.646	1203.915	570.000	112.205	1595.888	730.000	143.701	2043.856
1.905	0.075	540.000	106.299	1511.894	750.000	147.638	2099.852	930.000	183.071	2603.817
2.540	0.100	610.000	120.079	1707.880	870.000	171.260	2435.829	1060.000	208.661	2967.791
3.175	0.125	680.000	133.858	1903.866	940.000	185.039	2631.815	1170.000	230.315	3275.770
3.810	0.150	750.000	147.638	2099.852	1010.000	198.819	2827.801	1240.000	244.094	3471.756
4.445	0.175	810.000	159.449	2267.841	1070.000	210.630	2995.789	1320.000	259.843	3695.740
5.080	0.200	870.000	171.260	2435.829	1130.000	222.441	3163.778	1390.000	273.622	3891.726
5.715	0.225	960.000	188.976	2687.811	1230.000	242.126	3443.758	1480.000	291.339	4143.709
6.350	0.250	1050.000	206.693	2939.793	1300.000	255.906	3639.744	1560.000	307.087	4367.693
6.985	0.275	1130.000	222.441	3163.778	1370.000	269.685	3835.730	1630.000	320.866	4563.679
7.620	0.300	1190.000	234.252	3331.766	1430.000	281.496	4003.719	1690.000	332.677	4731.667
8.255	0.325	1260.000	248.031	3527.752	1530.000	301.181	4283.699	1790.000	352.362	5011.648
8.890	0.350	1330.000	261.811	3723.738	1630.000	320.866	4563.679	1910.000	375.984	5347.624
9.525	0.375	1490.000	293.307	4171.707	1820.000	358.268	5095.642	2090.000	411.417	5851.589

**Figura 26**

Representación gráfica de la curva esfuerzo-penetración más aditivo de la calicata C-03



En la figura 26 se muestra el resumen de los ensayos realizados de la calicata C-03 a 13, 27 y 55 golpes el esfuerzo unitario máximo es de 4171.71, 5095.64 Y 5851.59 lb/pulg<sup>2</sup>

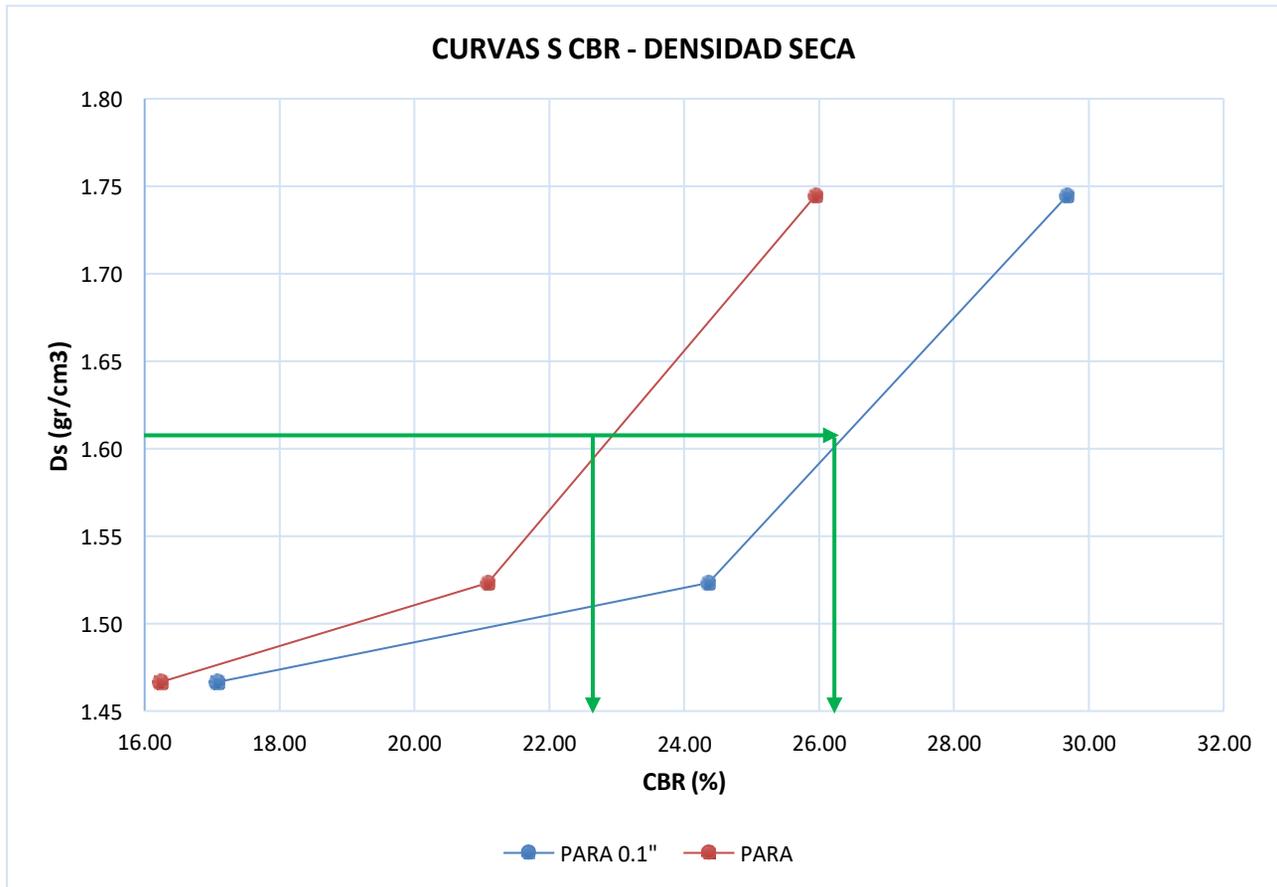
**Tabla 48**

*Resultados del índice de CBR de suelo natural más estabilizador Z con polímeros- calicata 03*

<b>ESFUERZOS PARA 0.1" Y 0.2" DE PENETRACIÓN</b>						
<b>MOLDE N°</b>	<b>MOLDE N° 1</b>		<b>MOLDE N° 2</b>		<b>MOLDE N° 3</b>	
<b>PENETRACIÓN (")</b>	<b>01"</b>	<b>02"</b>	<b>01"</b>	<b>02"</b>	<b>01"</b>	<b>02"</b>
<b>ESFUERZO TERRENO (lb/pg2)</b>	<b>1707.88</b>	<b>2435.83</b>	<b>2435.83</b>	<b>3163.78</b>	<b>2967.79</b>	<b>3891.73</b>
<b>ESFUERZO PATRÓN (lb/pg2)</b>	<b>1000</b>	<b>1500</b>	<b>1000</b>	<b>1500</b>	<b>1000</b>	<b>1500</b>
<b>CBR (%)</b>	<b>171%</b>	<b>162%</b>	<b>244%</b>	<b>211%</b>	<b>297%</b>	<b>259%</b>
<b>C.B.R. Y DENSIDAD SECA</b>						
<b>MOLDE N°</b>	<b>MOLDE N° 1</b>		<b>MOLDE N° 2</b>		<b>MOLDE N° 3</b>	
<b>PENETRACIÓN (")</b>	<b>01"</b>	<b>02"</b>	<b>01"</b>	<b>02"</b>	<b>01"</b>	<b>02"</b>
<b>CBR (%)</b>	<b>171%</b>	<b>162%</b>	<b>244%</b>	<b>211%</b>	<b>297%</b>	<b>259%</b>
<b>Ds (gr/cm3)</b>	<b>1.47</b>	<b>1.47</b>	<b>1.52</b>	<b>1.52</b>	<b>1.74</b>	<b>1.74</b>
<b>Ds (max)=</b>	<b>95%</b>		<b>CBR=</b>	<b>244%</b>		
<b>CBR (0.1") =</b>	<b>225%</b>					
<b>CBR (0.2") =</b>	<b>262%</b>					

**Figura 27**

Representación gráfica de la curva s CBR (%) – densidad seca con suelo natural más aditivo de la calicata C-03



En la figura 27 se muestra el resumen de los ensayos realizados de los esfuerzos de penetración para 0.1” y 0.2” de penetración de la curva s CBR (%) – densidad seca, obteniendo un índice de CBR de 244% para la calicata C-03, resultados que se muestran en la tabla 48.

## CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Según el estudio se trata de un suelo limo inorgánico y arena muy fina, donde en la tabla N° 21 se resumen los resultados de la caracterización y clasificación de 3 muestras extraídas de las calicatas de material natural, las cuales fueron detalladas en los anexos de los ensayos realizados. Se realizó el ensayo de análisis granulométrico por lavado, donde se obtuvieron los resultados del mismo tipo de suelos, clasificados como ML (limos inorgánicos y arenas muy finas) por SUCS.

En las tablas N° 6, 7 y 8 muestran los resultados de contenido de humedad para cada una de las 3 calicatas extraídas del suelo de la carretera Huambocancha baja – Porconcillo, la humedad del suelo presenta un rango que va desde 13.46% hasta 17.75%, estos datos son utilizados para determinar la relación que hay entre el peso del agua y la masa del suelo respecto a las partículas sólidas. Cliver (2019) menciona en sus resultados de contenido de humedad que en la tabla 17 del resumen del contenido de humedad, en el ensayo de las tres calicatas obtuvo como resultado un contenido de humedad de 23.25%, 25.47% y 27.45%.

La densidad del suelo mostró una densidad máxima de 1,80 g/cm<sup>3</sup> a 2,96 g/cm<sup>3</sup> para las 3 calicatas estudiadas como se muestra en la Figura 10, mediante una prueba proctor modificado, siendo 2,96 g/cm<sup>3</sup> el valor más alto obtenido durante esta prueba de compactación.

El ensayo de compactación CBR de calidad natural del suelo se realizó sin la adición del estabilizador Z con polímeros de la máxima densidad seca para garantizar las propiedades óptimas deseadas. En la Tabla N°. 26, 31, 36 se muestran los resultados del índice de CBR de las pruebas realizadas de las tres calicatas. Los resultados obtenidos de las calicatas sirven de base para estimar el incremento de CBR respecto a los suelos al adicionar el estabilizador Z con polímeros.

En el punto anterior se mencionó, que este estudio se centró en las 3 calicatas, para los cuales se adicionó el aditivo estabilizador Z con polímeros, con una dosificación de 1:3 (1 de estabilizador Z con polímeros + 3 de agua), los resultados se muestran en las tablas 40, 44 y 48.

Con respecto a las pruebas de CBR, se encontró que los valores más altos de resistencia del suelo para las 3 muestras examinadas por cada calicata de prueba, dependiendo del número de golpes (13,27 y 55), se obtuvieron cuando la mezcla del Aditivo 1: 3 se convirtió en un valor promedio. de 1,52 g/cm<sup>3</sup> a 2,20 g/cm<sup>3</sup> de la máxima densidad seca obtenida, es decir mejoraron el valor del índice CBR para las 3 calicatas de 58%, 87% y 107%, mientras que para suelos con aditivos mejoro en un 147%, 224% y 244%. Esto significa que el suelo mejorado con Estabilizador Z con polímeros mejora la capacidad portante en un 89%, para la calicata C -01 y 137% para las calicatas C – 02 y C - 03 con relación a las muestras de suelo sin aditivo.

Un estabilizador Z con polímeros con la dosificación 1:3 de polímero actúa como un anclaje entre las partículas muy finas de limo y arena y también como un relleno para los espacios vacíos que dejan los limos y arenas porque lo que esto se manifiesta como el incremento de la densidad y también el incremento del índice de CBR. Esto se debe a que cuando la porosidad es baja, los espacios vacíos están presentes o se consideran defectos, la resistencia de la capacidad portante del suelo aumenta y las partículas se unen e impiden la filtración del agua, las partículas de suelo al estar unidas evitan la erosión y la polvareda.

Álvarez (2021) menciona que al incrementar 2.5% de polímeros PET mejora un valor promedio de 22.4% al 95% de la máxima densidad seca, es decir que mejoraron en un 59.1 % el valor de índice de CBR del suelo original que fue de 14.1%. mientras que para suelos con 5% y 7.5% de PET los valores de CBR promedios que se obtuvieron fueron de 9.7% y 6.7% respectivamente. Es decir que estos valores resultan ser solamente el 68.9% y 47.3% del valor de

CBR del suelo original sin estabilizante. Pero el excesivo uso del polímero es perjudicial ya que en volumen suelen ser grandes cantidades en comparación con el suelo, la adición de los polímeros (fibras PET) permite incrementar en gran porcentaje el valor de soporte de California de los suelos. La conclusión a la que llega el investigador concuerda con esta investigación teniendo una relación directa; Ya que, al comparar los resultados de CBR con una dosificación 1:3 obtenidos de suelos sin aditivos y comparando los mismos suelos con aditivos aumenta en un 89% y 137% del valor CBR del esfuerzo del suelo a las cargas, aumenta su resistencia del suelo ya que, el aditivo con polímeros que se usó para este estudio es efectivo para suelos con alto material fino, que presenten plasticidad mejorando de 58%, 87% y 107% a 147%, 224% y 244%.

Blas (2021) en su investigación señalan que aplicando un aditivo con polímeros en vías con grava arcillosa, con simbología de clasificación SUCS (GC), donde observa un incremento de 88.5% a 100% de valor CBR al 100% y con una dosificación de 1:5 existe un incremento de 88.5% a 125% de valor de CBR al 100% con respecto a la muestra patrón. Entre los hallazgos encontrados tenemos, una relación directa a lo expuesto por la tesista, esta investigación concuerda de manera positiva en los resultados de esta investigación de la aplicación del estabilizador Z con polímeros incrementó el esfuerzo del material convencional en el ensayo de CBR al adicionar aditivo con polímeros con dosificación de 1:3 existe un incremento del índice de CBR de 58%, 87% y 107% de la muestra con suelo natural a 147%, 224% y 244% del valor de CBR del suelo natural más la adición del estabilizador Z con polímeros, es decir aumento en un 89% y 137% con respecto a la muestra natural.

Además, los investigadores Condori y Huamaní (2018) quienes obtuvieron un valor CBR al 95% = 12.55% de afirmado patrón y aplicando estabilizador Z con polímeros en una dosificación

1:4 aumenta a 13.09%. también presenta resultados de CBR al 100% = 15.55% de afirmado patrón y aplicando estabilizador Z con polímeros en una dosificación de 1:5 aumenta a 18.57%, incrementando su valor CBR en un 20.7% con referencia al afirmado patrón, esto demuestra la hipótesis planteada por el investigador. Dicho estudio tiene relación directa de esta investigación; ya que la aplicación del estabilizador con polímeros incremento el esfuerzo de penetración a 0.1” y 0.2” del afirmado en el ensayo de CBR. Por lo tanto, la investigación revisada va de manera lineal con esta investigación, ya que los dos estudios mejoran de manera positiva la máxima densidad seca del suelo, así como el índice de CBR de la resistencia del suelo a las cargas, los valores los ensayos en laboratorio están entre 89% y 137% más que el soporte del suelo sin aditivo.

Por otro lado, el investigador Capia (2020) concluye que el aditivo con polímeros reciclados PET, influye de manera positiva en comparación a la muestra patrón, donde al añadir el aditivo con polímeros en una dosificación de 1%, 3% y 5%, se incrementó la capacidad de resistencia en un 0.53% más que la muestra natural sin aditivo. Esto tiene relación directa con el estudio realizado a nivel de conservación en las de bajo flujo vehicular; Ya que, se obtuvo como resultado un aumento de la resistencia del suelo a la deformación por efecto de las cargas un índice de CBR de 89% y 135% más que la muestra sin aditivo, con ello se incrementa la durabilidad y cohesión, también disminuye los problemas que presentan este tipo de vías como, el desgaste por erosión a causa de las precipitaciones pluviales, en las dos investigaciones el estabilizador Z con polímeros impermeabiliza el suelo evitando el deterioro de la infraestructura vial.

En el estudio realizado se ha tenido limitaciones en el acceso a la información de los componentes químicos por el que está compuesto el estabilizador Z con polímeros, puesto que por política del fabricante la información es restringida, con respecto a la adquisición del producto se tuvo que hacer pedido con un determinado tiempo, además de tener un costo 480 soles el balde (5

galones), con una dosificación de 1:3 y el costo unitario por m<sup>2</sup>, como se muestra en los anexos

04.

Limitación temporal para realizar los ensayos CBR, se utilizó muestras alteradas obtenidas en un mismo tiempo, no se puede realizar el mismo ensayo con otro tiempo porque las muestras no tienen las mismas condiciones, así como el secado de las muestras para realizar los diferentes ensayos por efecto de épocas de lluvia.

Este estudio tubo como implicancia mejorar la transitabilidad en carreteras de bajo flujo vehicular mejorando así la calidad de vida de la población, puesto que mediante el estabilizador z con polímeros mejora las propiedades físicas y mecánicas del suelo al aumentar la resistencia a las cargas y la máxima densidad seca, con ello se incrementa la durabilidad y cohesión. también disminuye los problemas que presentan en este tipo de vías como, el desgaste por erosión a causa de las precipitaciones pluviales, lo cual implica que se debe utilizar el método, estabilizador z con polímeros como una solución a las carretas en mal estado. Por lo tanto, con el estabilizador Z con polímeros de la fábrica “Z ADITIVOS”, y una dosificación 1:3 según ficha técnica con un tipo de suelo ML (Limos inorgánicos y arenas muy finas), mejora los suelos con características limo inorgánicos y arenas muy finas en con un índice de CBR de 89% y 137% de la capacidad portantedel suelo (resistencia del suelo ante las cargas), para carreteras de bajo flujo vehicular, el estabilizador Z con polímeros mejora positivamente las propiedades físicas y mecánicas del suelo, estabilizando los suelos de la carretera de bajo flujo vehicular, y con un costo relativamente bajo, como se muestra en el anexo 04.

## Conclusiones

Se acepta la hipótesis que dice: El estabilizador Z con polímeros mejora las propiedades físicas y mecánicas de los suelos en un 80% para carreteras de bajo flujo vehicular, teniendo como

efecto que la capa de rodadura se vuelve impermeable al agua. Según los resultados se observa que para un suelo natural más dosificación 1:3 de estabilizador Z con polímeros aumenta el soporte del índice de CBR en un 89% y 137% de la capacidad de soporte CBR en suelos sin adición, llegando así a la conclusión que la adición de estabilizador Z con polímeros logra mejorar su resistencia a la deformación de cargas vehiculares si logramos agregar una dosificación de 1: 3 de estabilizador Z con polímeros, ya que el polímero es un material resistente de baja densidad que ayuda a tener mayor fricción y resistencia al corte.

Se realizó el estudio del mejoramiento de las propiedades físicas y mecánicas de los suelos para carreteras de bajo flujo vehicular con el uso de estabilizador Z con polímeros. Logrando aumentar la resistencia del suelo y la máxima densidad seca, con ello se incrementa la durabilidad y cohesión.

Se determinó las propiedades físicas y mecánicas de los suelos en carreteras de bajo flujo vehicular, obteniendo como resultado del ensayo de clasificación de suelo SUCS un suelo del tipo ML (limos inorgánicos y arenas muy finas), al adicionar el estabilizador Z con polímeros cambia la contextura, ya que el aditivo adhiere las partículas entre sí formando un solo bloque.

Se analizó las propiedades físicas y mecánicas del suelo con el uso del estabilizador Z con polímeros cuando se mezcló el aditivo 1:3 (1 de estabilizador con polímeros y 3 de agua), se obtuvo un valor promedio de 1.52 g/cm<sup>3</sup> a 2.20 g/cm<sup>3</sup> de la máxima densidad seca, y un valor de índice de CBR del suelo original que fue de 58%, 87% y 107% mientras que para suelos con aditivo de a 147%, 224% y 244%.

Se comparó las propiedades físicas y mecánicas del suelo natural y agregando el estabilizador Z con polímeros, al adicionar aditivo con polímeros con dosificación de 1:3 existe un incremento en la capacidad portante del suelo ante las cargas efectuadas, del material convencional en el ensayo de CBR, de

58%, 87% y 107% a 147%, 224% y 244%, con respecto a la muestra natural, es decir al adicionar el estabilizador Z con polímeros, incrementó el índice CBR en un 89% y 137%, respecto a la muestra de suelo sin adición.

## REFERENCIAS

- Aguilar Castañeda, C. G. (2015). *revisión del estado del arte del uso de polímeros en la estabilización de suelos*. BOGOTA - COLOMBIA.
- AASHTO. 1993. *AASHTO guide for design of pavement structures*. [En línea]1993. [Citado el: 05 de octubre de 2020.]
- ASTM D2487. 1942. *Clasificación unificado de suelos SUCS*. [En línea]1942. [Citado el: 28 de noviembre de 2020.]
- Badillo, Juárez y Rodríguez, Rico. 2011. *Fundamentos de la mecánica de suelos*. [En línea] 2011. [Citado el: 04 de octubre de 2020.]
- Beltrán Rico, M., & Marcilla Gomis, A. (2012). *Tecnología de Polímeros Procesado y Propiedades*. Alicante, España: Publicaciones Universidad de Alicante.
- Blas Pérez, C. N. (2021). “*Estabilización de Suelo de la Carretera Vecinal Tramo Yaután-Calpoc, con Material Convencional y Aditivo con Polímeros, Yaután, Ancash - 2021*”. CHIMBOTE - PERÚ.
- Capia Mamani, C. (2020). *estabilización de suelos arcillosos mediante el uso de polímeros pet a nivel de la subrasante de la carretera Juliaca - CAMINACA*. PUNO - PERÚ.
- Coritomay. (2018). “*estabilización de suelos arcillosos con polímeros de tipo copolímero, aplicado a obras viales de mediano tránsito en la carretera Pucaloma - yanayacu, distritode socos*”. yanayacu - socos.
- Hernández, Fernández y Baptista (2010). *Metodología de la Investigación*. (5ª Ed.). México: Mc Graw-Hill.

- Juaréz, E., & Rico, A. (1973). *Fundamentos de la mecánica de suelos (2 ed.)*. México.
- Marchán Díaz, L. E., & Yrrazabal Morales, G. A. (2021). *"Aplicación de polímeros artificiales para estabilizar el suelo en carretera no pavimentada centro poblado Callanca -Rama Guzmán-Chiclayo 2021 "*. CHICLAYO - PERÚ.
- MTC. (2013). *Manual de carreteras (Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos)*. Sección suelos y pavimentos.
- MTC. (2013). *Manual de carreteras: Especificaciones técnicas generales para construcción*. Perú.
- MTC. (2016). *Manual de Ensayo de Materiales*.
- MTC. (2018). *Glosario de términos de uso frecuente en proyectos de infraestructura vial*. Lima.
- Muñoz, Azaya Astete- Macarena. 2016. *[En línea] 2016. [Citado el: 24 de noviembre de 2020.]*
- NÚÑEZ (2016), en la tesis: *“Análisis de la estabilización del material de cantera km 02+700 de la ruta cu-123 San Jerónimo Mayunbamba, con la adición de estabilizante iónico”*.
- Paredes Caballero, O. R. (2021). *“Estabilización de Suelo de la Carretera Vecinal Tramo Yaután-Calpoc, con Material Convencional y Aditivo con Polímeros, Yaután, Ancash - 2021”*. CHIMBOTE - PERÚ.
- Poma Loayza, J. C. (2021). *aplicación del polímero poliacrilamida (pam) en la estabilización del suelo en las carreteras vecinales de la provincia de Angaraes – Huancavelica*. Huancayo -Perú.

## **ANEXOS**

**Anexo 1. Plano de ubicación**

**Anexo 2. Protocolos**

**Anexo 3. Panel fotográfico**

**Anexo 4. Propuesta del uso del estabilizador Z con polímeros.**

**Anexo 5. Estudio tráfico**

**Anexo 01**

*Plano de ubicación de la carretera Huambocancha - Porconillo*



***Anexo 02***

*Protocolos de estudios realizados en laboratorio de suelos.*



UNIVERSIDAD  
PRIVADA  
DEL NORTE

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA

PROTOCOLO

ENSAYO:	ANÁLISIS GRANULOMETRÍA MEDIANTE TAMIZADO POR LAVADO	
NORMA:	ASTM D421	
TESIS:	"MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LOS SUELOS PARA CARRETERAS DE BAJO FLUJO VEHICULAR CON EL USO DE ESTABILIZADOR Z CON POLÍMEROS, CAJAMARCA"	

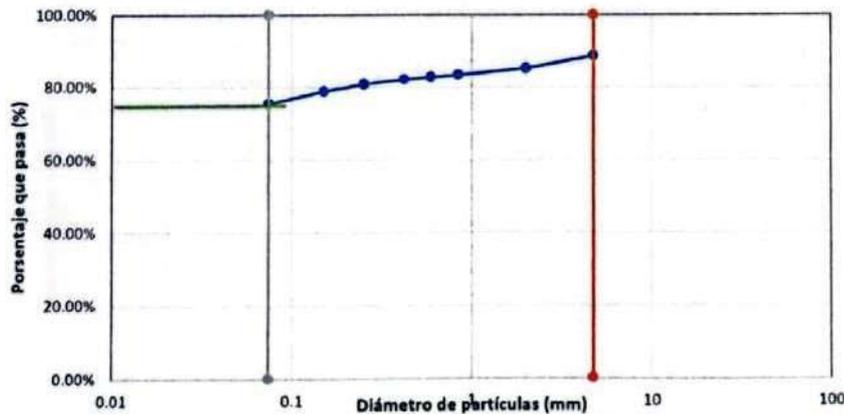
CALICATA:	Calicata N° 01	ESTRATO:	C-01	TIPO DE MATERIAL:	ML (Limos inorgánicos y arenas finas)
UBICACIÓN:	Carretera Porconcillo		COLOR DE MATERIAL:	Marrón claro	
FECHA DE MUESTREO:	07/02/2023	RESPONSABLE:	Wilmer Abanto Cieza		
FECHA DE ENSAYO:	09/02/2023	REVISADO POR:			

Peso de la muestra seca; Ws	500	gr
-----------------------------	-----	----

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO MEDIANTE TAMIZADO POR LAVADO

Tamiz	Abertura	Peso Retenido (gr)	% RP	%RA	% que pasa
N°4	4.76	56.21	11.24%	11.24%	88.76%
N°10	2	17.30	3.46%	14.70%	85.30%
N°20	0.84	9.20	1.84%	16.54%	83.46%
N°30	0.59	2.80	0.56%	17.10%	82.90%
N°40	0.42	3.20	0.64%	17.74%	82.26%
N°60	0.25	7.20	1.44%	19.18%	80.82%
N°100	0.15	9.80	1.96%	21.14%	78.86%
N°200	0.074	16.90	3.38%	24.52%	75.48%
Perdida	0	377.39	75.48%	100.00%	0.00%
Total		500.00	100.00%		

CURVA GRANULOMÉTRICA



OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	ASISTENTE DE LABORATORIO	ASESOR
NOMBRE: Wilmer Abanto Cieza	NOMBRE: César Valdera Chávez	NOMBRE: Ing: Anita Elizabet Alva S.
FECHA: 10/02/2023	FECHA: 10/02/2023	FECHA: 10/02/2023



LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA

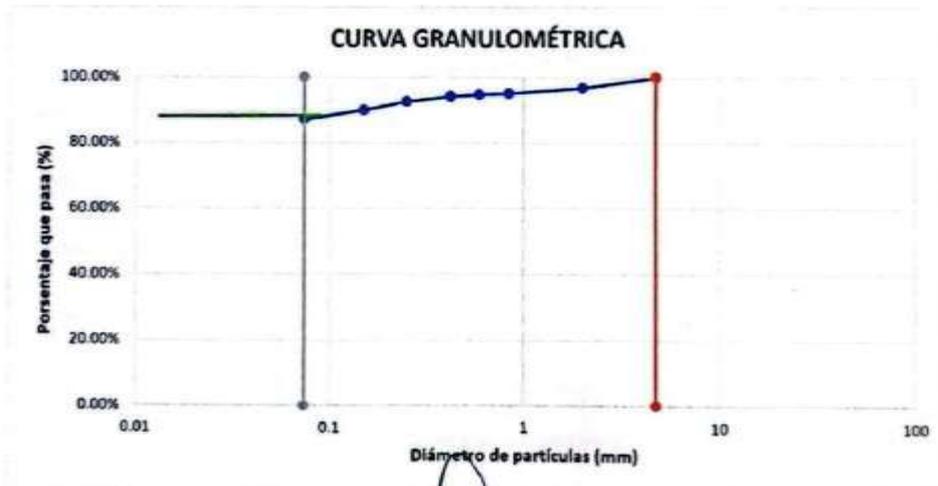
PROTOCOLO

ENSAYO:	ANÁLISIS GRANULOMETRÍA MEDIANTE TAMIZADO POR LAVADO	
NORMA:	ASTM D421	
TESIS:	"MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LOS SUELOS PARA CARRETERAS DE BAJO FLUJO VEHICULAR CON EL USO DE ESTABILIZADOR Z CON POLÍMEROS, CAJAMARCA"	

CALICATA:	calicata N° 02	ESTRATO:	C - 02	TIPO DE MATERIAL:	ML (Limos inorganicos y arenas finas)
UBICACIÓN:	Carretera Porconcllo		COLOR DE MATERIAL:	Marrón claro	
FECHA DE MUESTREO:	07/02/2023	RESPONSABLE:	Wilmer Abanto Cieza		
FECHA DE ENSAYO:	09/02/2023	REVISADO POR:			

Peso de la muestra seca; W <sub>s</sub>	500	gr
---	-----	----

Tamiz	Abertura	Peso Retenido (gr)	% RP	%RA	% que pasa
N°4	4.76	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
N°10	2	15.60	3.12%	3.12%	96.88%
N°20	0.84	8.30	1.66%	4.78%	95.22%
N°30	0.59	2.20	0.44%	5.22%	94.78%
N°40	0.42	2.70	0.54%	5.76%	94.24%
N°60	0.25	8.30	1.66%	7.42%	92.58%
N°100	0.15	13.00	2.60%	10.02%	89.98%
N°200	0.074	14.70	2.94%	12.96%	87.04%
Perdida	Lavado	435.20	87.04%	100.00%	0.00%
Total		500.00	100.00%		



OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	ASISTENTE DE LABORATORIO	ASESOR
<i>[Signature]</i>	<i>[Signature]</i>	<i>[Signature]</i>
NOMBRE: Wilmer Abanto Cieza	NOMBRE: César Valdeira Chávez	NOMBRE: Irte Alita Elizabet Alva S.
FECHA: 10/02/2023	FECHA: 10/02/2023	FECHA: 10/02/2023



LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA

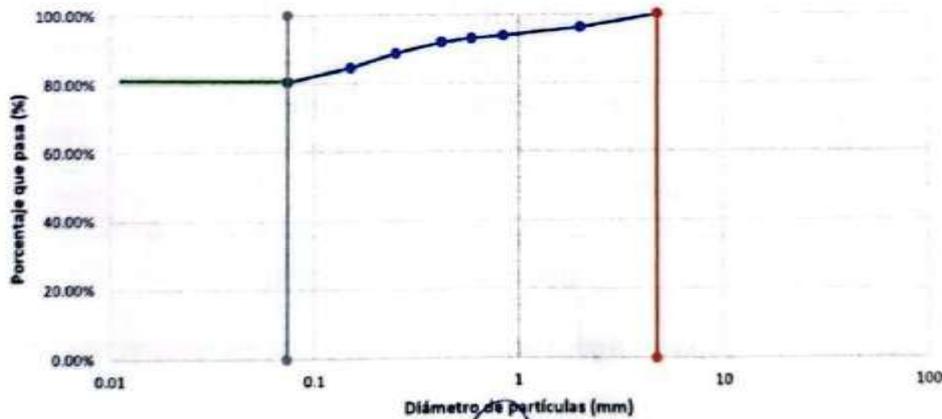
PROTOCOLO

ENSAYO:	ANÁLISIS GRANULOMETRÍA MEDIANTE TAMIZADO POR LAVADO				
NORMA:	ASTM D421				
TESIS:	"MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LOS SUELOS PARA CARRETERAS DE BAJO FLUJO VEHICULAR CON EL USO DE ESTABILIZADOR Z CON POLÍMEROS, CAJAMARCA"				
CALICATA:	Calicata N° 03	ESTRATO:	C- 03	TIPO DE MATERIAL:	ML (Limos inorganicos y arenas finas)
UBICACIÓN:	Carretera Porconcillo		COLOR DE MATERIAL:	Marrón claro	
FECHA DE MUESTREO:	07/02/2023		RESPONSABLE:	Wilmer Abanto Cieza	
FECHA DE ENSAYO:	09/02/2023		REVISADO POR:		

Peso de la muestra seca; Ws	500	gr
-----------------------------	-----	----

Tamiz	Abertura	Peso Retenido (gr)	% RP	%RA	% que pasa
N°4	4.76	0.00	0.00%	0.00%	100.00%
N°10	2	18.60	3.72%	3.72%	96.28%
N°20	0.84	11.70	2.34%	6.06%	93.94%
N°30	0.59	4.30	0.86%	6.92%	93.08%
N°40	0.42	5.50	1.10%	8.02%	91.98%
N°60	0.25	15.60	3.12%	11.14%	88.86%
N°100	0.15	21.30	4.26%	15.40%	84.60%
N°200	0.074	20.30	4.06%	19.46%	80.54%
Perdida	Lavado	402.70	80.54%	100.00%	0.00%
Total		500.00	100.00%		

CURVA GRANULOMÉTRICA



OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	ASISTENTE DE LABORATORIO	ASESOR
NOMBRE: Wilmer Abanto Cieza	NOMBRE: César Valderrama Chávez	NOMBRE: Ing. Arlinda Elizabeth Alva S.
FECHA: 10/02/2023	FECHA: 10/02/2023	FECHA: 10/02/2023



UNIVERSIDAD  
PRIVADA  
DEL NORTE

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA

PROTOCOLO

<b>ENSAYO :</b>	<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>	
<b>NORMA:</b>	<b>MTC E 108 / ASTM D2216 / NTP 339.127</b>	
<b>TESIS:</b>	<b>"MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LOS SUELOS PARA CARRETERAS DE BAJO FLUJO VEHICULAR CON EL USO DE ESTABILIZADOR Z CON POLÍMEROS, CAJAMARCA"</b>	

<b>CANTERA:</b>	Calicata - 01	<b>MUESTRA:</b>	C-01	<b>TIPO DE MATERIAL:</b>	ML (Limos inorganicos y arenas muy finas)
<b>UBICACIÓN:</b>	Carretera poroncillo		<b>COLOR DE MATERIAL:</b>	Marrón claro	
<b>FECHA DE MUESTREO:</b>	07/02/2023	<b>RESPONSABLE:</b>	Wilmer Abanto Cieza		
<b>FECHA DE ENSAYO:</b>	08/02/2023	<b>REVISADO POR:</b>			

Temperatura de secado  
110°C

Metodo  
Horno 110 ±5°5

CONTENIDO DE HUMEDAD												
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	Identificación del Recipiente o Tara	-	T1-C1	T2-C1	T3-C1	T4-C1						
B	Peso del Recipiente	gr	20.51	38.07	38.87	37.34						
C	Recipiente + Material Natural	gr	198.81	352.40	378.83	369.39						
D	Recipiente + Material Seco	gr	171.04	305.64	329.20	318.77						
E	Peso del Material Humedo (W <sub>mh</sub> )=C-B	gr	178.30	314.33	339.96	332.05						
F	Peso del Material Seco (W <sub>s</sub> )=D-B	gr	150.53	267.57	290.33	281.43						
W%	Porcentaje de Humedad (E-F/F)*100	%	18.45%	17.48%	17.09%	17.99%						
G	Promedio Porcentaje Humedad	%	17.75%									

$$(W\%) = \frac{W_{mh} - W_s}{W_s} \cdot 100$$

NOTA: Materia hace mención tanto al suelo como a los agregados tanto grueso como fino.

OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	ASISTENTE DE LABORATORIO	ASESOR
NOMBRE: Wilmer Abanto Cieza	NOMBRE: César Valdeira Chávez	NOMBRE: Ing: Anita Elizabet Alva S.
FECHA: 09/02/2023	FECHA: 09/02/2023	FECHA: 09/02/2023

LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA					
PROTOCOLO					
UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE		CONTENIDO DE HUMEDAD			
ENSAYO :		MTC E 108 / ASTM D2216 / NTP 339.127			
NORMA:		*MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LOS SUELOS PARA CARRETERAS DE BAJO FLUJO VEHICULAR CON EL USO DE ESTABILIZADOR Z CON POLÍMEROS, CAJAMARCA*			
TESIS:					
CANTERA:	Calicata N° 02	MUESTRA:	C-02	TIPO DE MATERIAL:	ML (Limos inorganicos y arenas muy finas)
UBICACIÓN:	Carretera porconchillo		COLOR DE MATERIAL:	Marrón claro	
FECHA DE MUESTREO:	07/02/2023		RESPONSABLE:	Wilmer Abanto Cieza	
FECHA DE ENSAYO:	08/02/2023		REVISADO POR:		

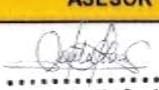
Temperatura de secado  
110°C

Metodo  
Horno 110 ±5°5

CONTENIDO DE HUMEDAD												
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	Identificación del Recipiente o Tara	-	T1-C2	T2-C2	T3-C2	T4-C2						
B	Peso del Recipiente	gr	35.84	36.58	32.04	33.17						
C	Recipiente + Material Natural	gr	377.27	375.82	351.78	360.85						
D	Recipiente + Material Seco	gr	335.67	335.43	314.64	322.36						
E	Peso del Material Humedo (W <sub>mh</sub> )=C-B	gr	341.43	339.24	319.74	327.68						
F	Peso del Material Seco (W <sub>s</sub> )=D-B	gr	299.83	298.85	282.60	289.19						
W%	Porcentaje de Humedad (E-F/F)*100	%	13.87%	13.52%	13.14%	13.31%						
G	Promedio Porcentaje Humedad	%	13.46%									

$$(W\%) = \frac{W_{mh} - W_s}{W_s} \cdot 100$$

NOTA: Materia hace mención tanto al suelo como a los agregados tanto grueso como fino.

OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	ASISTENTE DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: Wilmer Abanto Cieza	NOMBRE: Cesar Valdera Chávez	NOMBRE: Ing: Anita Elizabet Alva S.
FECHA: 09/02/2023	FECHA: 09/02/2023	FECHA: 09/02/2023



## PROTOCOLO

<b>ENSAYO :</b>	<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>				
<b>NORMA:</b>	<b>MTC E 108 / ASTM D2216 / NTP 339.127</b>				
<b>TESIS:</b>	<b>"MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LOS SUELOS PARA CARRETERAS DE BAJO FLUJO VEHICULAR CON EL USO DE ESTABILIZADOR Z CON POLÍMEROS, CAJAMARCA"</b>				
<b>CANTERA:</b>	calicata N° 03	<b>MUESTRA:</b>	C-03	<b>TIPO DE MATERIAL:</b>	ML (Limos inorganicos y arenas finas)
<b>UBICACIÓN:</b>	Carretera porconchillo		<b>COLOR DE MATERIAL:</b>	Marrón claro	
<b>FECHA DE MUESTREO:</b>	07/02/2023		<b>RESPONSABLE:</b>	Wilmer Abanto Cieza	
<b>FECHA DE ENSAYO:</b>	08/02/2023		<b>REVISADO POR:</b>		

Temperatura de secado  
110°C

Metodo  
Horno 110 ±5°5

CONTENIDO DE HUMEDAD												
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
A	Identificación del Recipiente o Tara	-	T1-C3	T2-C3	T3-C3	T4-C3						
B	Peso del Recipiente	gr	35.39	36.74	32.46	34.52						
C	Recipiente + Material Natural	gr	364.14	344.17	374.98	349.69						
D	Recipiente + Material Seco	gr	318.07	304.02	326.98	306.39						
E	Peso del Material Humedo (Wmh)=C-B	gr	328.75	307.43	342.52	315.17						
F	Peso del Material Seco (Ws)=D-B	gr	282.68	267.28	294.52	271.87						
W%	Porcentaje de Humedad (E-F/F)*100	%	16.30%	15.02%	16.30%	15.93%						
G	Promedio Porcentaje Humedad	%	15.89%									

$$(W\%) = \frac{Wmh - Ws}{Ws} * 100$$

NOTA: Materia hace mención tanto al suelo como a los agregados tanto grueso como fino.

## OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	ASISTENTE DE LABORATORIO	ASESOR
NOMBRE: Wilmer Abanto Cieza	NOMBRE: César Valdeira Chávez	NOMBRE: Ing: Anita Elizabet Alva S.
FECHA: 09/02/2023	FECHA: 09/02/2023	FECHA: 09/02/2023

 UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE	LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA				
	PROTOCOLO				
	ENSAYO:	COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO			
	NORMA:	MTC E115 / ASTM D1557 / NTP 339 . 141			
TESIS:	"MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LOS SUELOS PARA CARRETERAS DE BAJO FLUJO VEHICULAR CON EL USO DE ESTABILIZADOR Z CON POLÍMEROS, CAJAMARCA"				
CALICATA:	CALICATA - 01	ESTRATO:	C- 01	TIPO DE MATERIAL:	ML (Limos inorganicos y arenas muy finas)
UBICACIÓN:	Carretera Poroncillo			COLOR DE MATERIAL:	Marrón claro
FECHA DE MUESTREO:	07/02/2023			RESPONSABLE:	Wilmer Abanto Cieza
FECHA DE ENSAYO:	13/02/2023			REVISADO POR:	

COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO										
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1 (11%)		2 (13%)		3 (15%)		4 (17%)	
A	Peso Molde	gr	4022		4022		4022		4022	
B	Peso Muestra Humeda + Molde	gr	5888		5723		5957		5764	
C	Peso Muestra Humeda (A-B)	gr	1866		1701		1935		1742	
D	Volumen Muestra Humeda	cm3	943.66		943.66		943.66		943.66	
F	Densidad Humeda (Dh=C-D)	gr/cm3	1.98		1.80		2.05		1.85	
G	Recipiente	N°	a	b	a	b	a	b	a	b
H	Peso Resipiente	gr	38.62	35.65	38.04	21.7	28.24	27.19	27.59	27.51
I	Peso Muestra Humeda + Recipiente	gr	253.87	290.54	267.51	186.99	216.64	209.36	232.25	236.76
J	Peso Muestra seca + Recipiente	gr	232.89	263.99	242.56	168.19	192.24	184.42	201.63	205.14
K	Peso del Agua (I-H-L)	gr	20.98	26.55	24.95	18.80	24.4	24.94	30.62	31.62
L	Peso Muestra Seca (J-H)	gr	194.27	228.34	204.52	146.49	164	157.23	174.04	177.63
M	Contenido de Humedad (W%=(K/L)*100)	%	10.80%	11.63%	12.20%	12.83%	14.88%	15.86%	17.59%	17.80%
N	Promedio Contenido de Humedad Op	%	11.21%		12.52%		15.37%		17.70%	
O	Densidad seca Máxima, D <sub>s</sub>	gr/cm3	2.44		2.66		2.96		2.53	



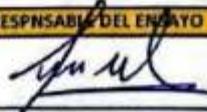
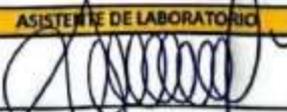
OBSERVACIONES:

RESPNSABLE DEL ENSAYO	ASISTENTE DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: Wilmer Abanto Cieza	NOMBRE: César Valderrama Chávez	NOMBRE: Ing: Anita Elizabet Alva S.
FECHA: 14/02/2023	FECHA: 14/02/2023	FECHA: 14/02/2023

	LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA			
	PROTOCOLO			
	ENSAYO:	COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO		
	NORMA:	MTC E113 / ASTM D1557 / NTP 339 . 141		
TESIS:	"MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LOS SUELOS PARA CARRETERAS DE BAJO FLUJO VEHICULAR CON EL USO DE ESTABILIZADOR E CON POLÍMEROS, CAJAMARCA"			
CALICATA:	CALICATA - 02	ESTRATO:	C- 02	
UBICACIÓN:	Carretera Porconillo		TIPO DE MATERIAL:	ML (Limos inorgánicos y arenas muy finas)
FECHA DE MUESTREO:	07/02/2023	COLOR DE MATERIAL:	Marrón claro	
FECHA DE ENSAYO:	14/02/2023	RESPONSABLE:	Wilmer Abanto Cieza	
		REVISADO POR:		

COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO										
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1 (11%)		2 (13%)		3 (15%)		4 (17%)	
A	Peso Molde	gr	4022	4022	4022	4022	4022	4022	4022	4022
B	Peso Muestra Humeda + Molde	gr	5763	5833	6027	6027	6027	6027	6027	6027
C	Peso Muestra Humeda (A-B)	gr	1741	1811	2005	2005	2005	2005	2005	2005
D	Volumen Muestra Humeda	cm3	943.66	943.66	943.66	943.66	943.66	943.66	943.66	943.66
F	Densidad Humeda (Dh=C-D)	gr/cm3	1.84	1.92	2.12	2.12	2.12	2.12	2.12	2.12
G	Recipiente	N°	a	b	a	b	a	b	a	b
H	Peso Recipiente	gr	27.57	27.56	37.76	38.03	38.49	39.18	39.81	39.64
I	Peso Muestra Humeda + Recipiente	gr	226.14	216.49	247.11	266.44	353.78	340.69	357.47	343.35
J	Peso Muestra seca + Recipiente	gr	197.80	198.654	222.69	231.58	305.75	297.23	308.68	295.48
K	Peso del Agua (I-H-L)	gr	28.25	17.836	24.42	34.86	48.03	43.46	48.79	47.87
L	Peso Muestra Seca (J-H)	gr	170.32	171.094	184.93	193.55	267.26	258.05	268.87	255.84
M	Contenido de Humedad (W%=(K/L)*100)	%	16.56%	10.42%	13.20%	18.01%	17.97%	16.84%	18.15%	18.71%
N	Promedio Contenido de Humedad Op	%	13.51%		15.61%		17.41%		18.43%	
O	Densidad seca Máxima; Ds	gr/cm3	1.80		2.37		2.33		1.84	



OBSERVACIONES:		
RESPONSABLE DEL ENSAYO	ASISTENTE DE LABORATORIO	ASESOR
		 Anita Elizabet Alva Sarmiento Ingeniero Civil Reg. CIP 44092
NOMBRE: Wilmer Abanto Cieza	NOMBRE: César Valderrama Chávez	NOMBRE: Ing: Anita Elizabet Alva S.
FECHA: 15/02/2023	FECHA: 15/02/2023	FECHA: 15/02/2023

	LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA					
	PROTOCOLO					
	ENSAYO:	COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO				
	NORMA:	MTC E115 / ASTM D1557 / NTP 339 . 141				
TESIS:	"MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LOS SUELOS PARA CARRETERAS DE BAJO FLUJO VEHICULAR CON EL USO DE ESTABILIZADOR E CON POLÍMEROS, CAJAMARCA"					
CALICATA:	CALICATA -03	ESTRATO:	C- 03	TIPO DE MATERIAL:	ML (Limos inorgánicos y arenas muy finas)	
UBICACIÓN:	Carretera Porconillo			COLOR DE MATERIAL:	Marrón claro	
FECHA DE MUESTREO:	07/02/2023		RESPONSABLE:	Wilmer Abanto Cieza		
FECHA DE ENSAYO:	15/02/2023		REVISADO POR:			

COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO										
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1 (11%)		2 (13%)		3 (15%)		4 (17%)	
A	Peso Molde	gr	4022		4022		4022		4022	
B	Peso Muestra Humeda + Molde	gr	5930		5859		5807		5704	
C	Peso Muestra Humeda (A-B)	gr	1908		1837		1785		1682	
D	Volumen Muestra Humeda	cm3	943.66		943.66		943.66		943.66	
F	Densidad Humeda (Dh=C-D)	gr/cm3	2.02		1.95		1.89		1.78	
G	Recipiente	N°	a	b	a	b	a	b	a	b
H	Peso Resipiente	gr	38.43	22.15	34.32	38.03	38.45	39.08	39.91	39.51
I	Peso Muestra Humeda + Recipiente	gr	304.78	193.46	265.18	259.78	225.41	276.32	281.67	262.15
J	Peso Muestra seca + Recipiente	gr	276.28	175.35	237.26	231.97	198.78	243.68	245.14	226.79
K	Peso del Agua (I-H-L)	gr	28.5	18.11	27.92	27.81	26.63	32.64	36.53	35.36
L	Peso Muestra Seca (J-H)	gr	237.85	153.2	202.94	193.94	160.33	204.6	205.23	187.28
M	Contenido de Humedad (W%=(K/L)*100)	%	11.98%	11.82%	13.76%	14.34%	16.61%	15.95%	17.80%	18.88%
N	Promedio Contenido de Humedad Óptim	%	11.90%		14.05%		16.28%		18.34%	
O	Densidad seca Máxima; Ds	gr/cm3	2.09		2.59		2.51		2.12	



OBSERVACIONES:

RESPNSABE DEL ENSAYO	ASISTENTE DE LABORATORIO	ASESOR
		
NOMBRE: Wilmer Abanto Cieza	NOMBRE: Cesar Valdera Chavez	NOMBRE: Ing: Anita Elizabet Alva S.
FECHA: 16/02/2023	FECHA: 16/02/2023	FECHA: 16/02/2023



LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA

PROTOCOLOS

ENSAYO:	LÍMITE DE PLASTICIDAD	
NORMA:	ASTM D4318 / NTP E339.130 - NTPE111	
TESIS:	"MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LOS SUELOS PARA CARRETERAS DE BAJO FLUJO VEHICULAR CON EL USO DE ESTABILIZADOR Z CON POLÍMEROS, CAJAMARCA"	

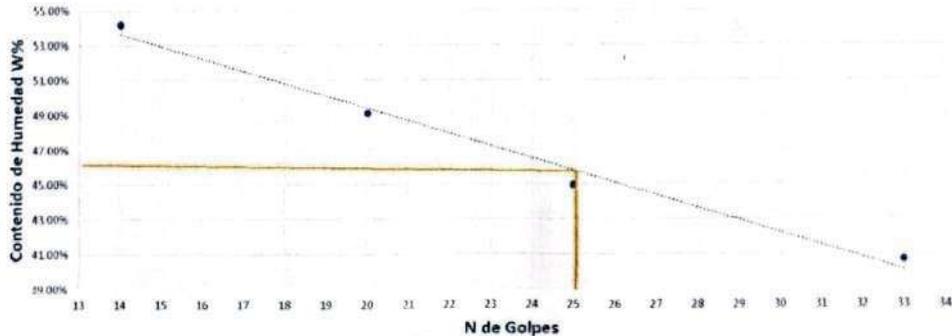
CALICATA:	Calicata -01	ESTRATO:	C- 01	TIPO DE MATERIAL:	ML (Limos inorganicos y arenas finas)
UBICACIÓN:	Carretera Porconcillo		COLOR DE MATERIAL:	Marrón claro	
FECHA DE MUESTREO	07/02/2023	RESPONSABLE:	Wilmer Abanto Cieza		
FECHA DE ENSAYO:	16/02/2023	REVISADO POR:			

ID	DESCRIPCION	UND	1	2	3	4
A	Identificación de recipiente	N°	L1/C-01	L2/C-01	L3/C-01	L4/C-01
B	Suelo Húmedo + Recipiente	gr	38.05	35.98	37.46	36.90
C	Suelo Seco + Recipiente	gr	34.63	33.03	34.06	34.07
D	Peso de Recipiente	gr	28.32	27.02	26.50	27.11
E	Peso del agua	gr	3.42	2.95	3.40	2.83
F	Peso Suelo Seco	gr	6.31	6.01	7.56	6.96
G	Numero de Golpes	N°	14	20	25	33
H	Contenido de Humedad	%	54.20%	49.08%	44.97%	40.66%

ID	DESCRIPCION	UND	1	2	3	4
A	Identificación de Recipiente	N°	LP1/C-01	LP2/C-01	LP3/C-01	LP4/C-01
B	Suelo Húmedo + Tara	gr	24.67	28.24	38.81	42.70
C	Suelo Seco + Tara	gr	23.75	26.69	37.84	41.55
D	Peso de Tara	gr	20.74	21.56	34.73	37.89
E	Peso de Agua (B-C)	gr	0.92	1.55	0.97	1.15
F	Peso Suelo Seco (C-D)	gr	3.01	5.13	3.11	3.66
G	Contenido de Humedad (E/F)*100	%	30.56%	30.21%	31.19%	31.42%
H	Promedio Límite Plástico	%	30.85%			

L. liquido	45.28%
L. Plastico	30.85%
Índice de plasticidad	14.43%

Límites de Plasticidad



OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	ASISTENTE DE ENSAYO	ASESOR
NOMBRE: Wilmer Abanto Cieza	NOMBRE: César Valdera Chávez	NOMBRE: Ing. Anita Elizabet Alva S.
FECHA: 17/02/2023	FECHA: 17/02/2023	FECHA: 17/02/2023

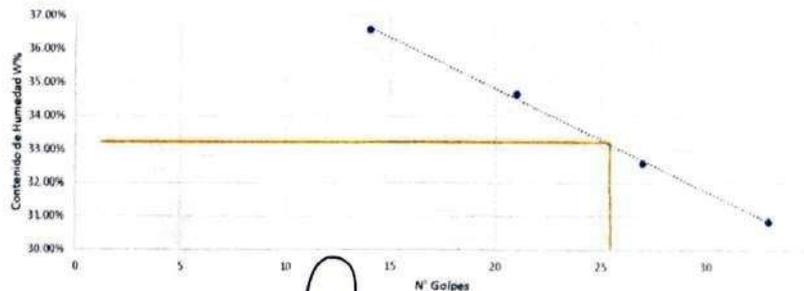
<b>LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA</b>			
<b>PROTOCOLOS</b>			
<b>ENSAYO:</b>	<b>LÍMITE DE PLASTICIDAD</b>		
<b>NORMA:</b>	<b>ASTM D4318 / NTP E339.130 - NTPE111</b>		
<b>TESIS:</b>	<b>"MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LOS SUELOS PARA CARRETERAS DE BAJO FLUJO VEHICULAR CON EL USO DE ESTABILIZADOR Z CON POLÍMEROS, CAJAMARCA"</b>		
<b>CALICATA:</b>	Calicata -02	<b>ESTRATO:</b> C- 02	<b>TIPO DE MATERIAL:</b> ML (Limos inorganicos y arenas finas)
<b>UBICACIÓN:</b>	Carretera Poroncillo		<b>COLOR DE MATERIAL:</b> Marrón claro
<b>FECHA DE MUESTREO</b>	07/02/2023	<b>RESPONSABLE:</b>	Wilmer Abanto Cieza
<b>FECHA DE ENSAYO:</b>	16/02/2023	<b>REVISADO POR:</b>	

DETERMINACIÓN LÍMITE LÍQUIDO (LL)						
ID	DESCRIPCION	UND	1	2	3	4
A	Identificación de recipiente	N°	L1/C-02	L2/C-02	L3/C-02	L4/C-02
B	Suelo Húmedo + Recipiente	gr	48.77	48.2	48.33	46.95
C	Suelo Seco + Recipiente	gr	46.15	45.21	44.09	44.17
D	Peso de Recipiente	gr	38.99	36.58	31.08	35.16
E	Peso del agua	gr	2.62	2.99	4.24	2.78
F	Peso Suelo Seco	gr	7.16	8.63	13.01	9.01
G	Numero de Golpes	N°	14	21	27	33
H	Contenido de Humedad	%	36.59%	34.65%	32.59%	30.85%

DETERMINACIÓN LÍMITE PLÁSTICO (LP)						
ID	DESCRIPCION	UND	1	2	3	4
A	Identificación de Recipiente	N°	LP1/C-01	LP2/C-01	LP3/C-01	LP4/C-01
B	Suelo Humedo + Tara	gr	39.16	44.15	41.32	79.01
C	Suelo Seco + Tara	gr	38.32	43.07	40.68	71.41
D	Peso de Tara	gr	34.13	37.94	37.5	37.45
E	Peso de Agua (B-C)	gr	0.84	1.08	0.64	7.6
F	Peso Suelo Seco (C-D)	gr	4.19	5.13	3.18	33.96
G	Contenido de Humedad (E/F)*100	%	20.05%	21.05%	20.13%	22.38%
H	Promedio Límite Plástico	%	20.90%			

L.liquido	34.50%
L. Plastico	20.90%
índice de plasticidad	13.60%

LÍMITES DE PLÁSTICIDAD



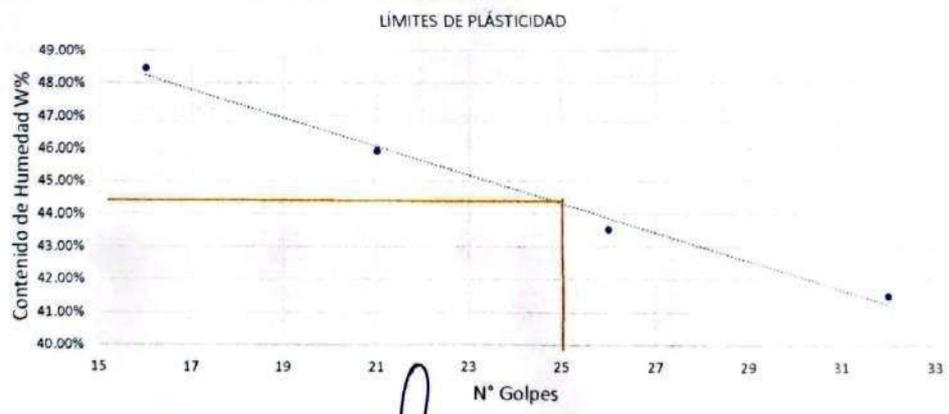
<b>OBSERVACIONES:</b>		
<b>RESPONSABLE DEL ENSAYO</b>	<b>ASISTENTE DE ENSAYO</b>	<b>ASESOR</b>
<i>[Firma]</i>	<i>[Firma]</i>	<i>[Firma]</i>
<b>NOMBRE:</b> Wilmer Abanto Cieza	<b>NOMBRE:</b> César Valdera Chávez	<b>NOMBRE:</b> Ing. Penta Elizabeth Alva S.
<b>FECHA:</b> 17/02/2023	<b>FECHA:</b> 17/02/2023	<b>FECHA:</b> 17/02/2023

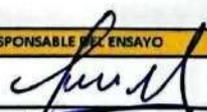
 <b>UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE</b>	<b>LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA</b>		
	<b>PROTOSCOLOS</b>		
	<b>ENSAYO:</b>	<b>LÍMITE DE PLASTICIDAD</b>	
	<b>NORMA:</b>	<b>ASTM D4318 / NTP E339.130 - NTPE111</b>	
<b>TESIS:</b>	"MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LOS SUELOS PARA CARRETERAS DE BAJO FLUJO VEHICULAR CON EL USO DE ESTABILIZADOR Z CON POLÍMEROS, CAJAMARCA"		
<b>CALICATA:</b>	Calicata -03	<b>ESTRATO:</b> C-03	<b>TIPO DE MATERIAL:</b> ML (Limos inorganicos y arenas finas)
<b>UBICACIÓN:</b>	Carretera Porconcillo	<b>COLOR DE MATERIAL:</b>	Marrón claro
<b>FECHA DE MUESTREO</b>	07/02/2023	<b>RESPONSABLE:</b>	Wilmer Abanto Cieza
<b>FECHA DE ENSAYO:</b>	16/02/2023	<b>REVISADO POR:</b>	

DETERMINACIÓN LÍMITE LÍQUIDO (LL)						
ID	DESCRIPCION	UND	1	2	3	4
A	Identificación de recipiente	N°	L1/C-03	L2/C-03	L3/C-03	L4/C-03
B	Suelo Húmedo + Recipiente	gr	42.60	40.80	37.41	50.55
C	Suelo Seco + Recipiente	gr	38.38	36.07	34.58	47.10
D	Peso de Recipiente	gr	29.67	25.77	28.08	38.79
E	Peso del agua	gr	4.22	4.73	2.83	3.45
F	Peso Suelo Seco	gr	8.71	10.30	6.50	8.31
G	Numero de Golpes	N°	16	21	26	32
H	Contenido de Humedad	%	48.45%	45.92%	43.54%	41.52%

DETERMINACIÓN LÍMITE PLÁSTICO (LP)						
ID	DESCRIPCION	UND	1	2	3	4
A	Identificación de Recipiente	N°	LP1/C-03	LP2/C-03	LP3/C-03	LP4/C-03
B	Suelo Humedo + Tara	gr	40.87	29.30	44.06	45.06
C	Suelo Seco + Tara	gr	39.57	27.43	42.91	43.70
D	Peso de Tara	gr	34.87	21.27	38.75	38.75
E	Peso de Agua (B-C)	gr	1.30	1.87	1.15	1.36
F	Peso Suelo Seco (C-D)	gr	4.70	6.16	4.16	4.95
G	Contenido de Humedad (E/F)*100	%	27.66%	30.36%	27.64%	27.47%
H	Promedio Limite Plástico	%	28.28%			

<b>L. liquido</b>	44.35%
<b>L. Plastico</b>	28.28%
<b>índice de plasticidad</b>	16.07%



<b>OBSERVACIONES:</b>		
<b>RESPONSABLE DEL ENSAYO</b>	<b>ASISTENTE DE ENSAYO</b>	<b>ASESOR</b>
		
<b>NOMBRE:</b> Wilmer Abanto Cieza	<b>NOMBRE:</b> Cesar Valdeira Chayer	<b>NOMBRE:</b> Ing: Anita Elizabeth Sarmiento
<b>FECHA:</b> 17/02/2023	<b>FECHA:</b> 17/02/2023	<b>FECHA:</b> 17/02/2023



## LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA

## PROTOCOLOS

ENSAYO:	PESO ESPECÍFICO RELATIVO DE SÓLIDOS				
NORMA:	MTC E 113/ ASTM D854 / NTP 339.131				
TESIS:	"MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LOS SUELOS PARA CARRETERAS DE BAJO FLUJO VEHICULAR CON EL USO DE ESTABILIZADOR Z CON POLÍMEROS, CAJAMARCA"				
CALICATA:	Calicata -1,2,3	ESTRATO:	C- 01	TIPO DE MATERIAL:	ML (Limos inorganicos y arenas finas)
UBICACIÓN:	Carretera Porconillo		COLOR DE MATERIAL:	Marrón claro	
FECHA DE MUESTREO	07/02/2023		RESPONSABLE:	Wilmer Abanto Cieza	
FECHA DE ENSAYO:	17/02/2023		REVISADO POR:		

CALICATA N° 1

PESO ESPECIFICO DE ARENA Y GRAVA ( PASANTE TAMIZ 75mm)				
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2
A	Identificación de la Muestra		Ys1/C-01	Ys2/C-01
B	Peso de la Muestra Seca	gr	100.000	100
C	Peso de la Fiola + Agua (500mm)	cm3	664.200	670.1
D	Peso de Fiola + Agua + Muestra Seca	cm3	764.200	770.1
E	Peso de fiola + Agua - Aire	cm3	704.990	729.72
F	Peso Especifico (Ys=((B/(D+C-E))))	gr/cm3	1.689	2.476
G	Promedio de Peso Especifico "Ys"	gr/cm3	2.083	

CALICATA N° 2

PESO ESPECIFICO DE ARENA Y GRAVA ( PASANTE TAMIZ 75mm)				
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2
A	Identificación de la Muestra		Ys1/C-02	Ys2/C-02
B	Peso de la Muestra Seca	gr	100	100
C	Peso de la Fiola + Agua (500mm)	cm3	644.85	669.65
D	Peso de Fiola + Agua + Muestra Seca	cm3	744.85	769.65
E	Peso de fiola + Agua - Aire	cm3	701.28	713.78
F	Peso Especifico (Ys=((B/(D+C-E))))	gr/cm3	2.295	1.790
G	Promedio de Peso Especifico "Ys"	gr/cm3	2.043	

CALICATA N° 3

PESO ESPECIFICO DE ARENA Y GRAVA ( PASANTE TAMIZ 75mm)				
ID	DESCRIPCIÓN	UND	1	2
A	Identificación de la Muestra		Ys1/C-01	Ys2/C-01
B	Peso de la Muestra Seca	gr	100	100
C	Peso de la Fiola + Agua (500mm)	cm3	669.15	670.1
D	Peso de Fiola + Agua + Muestra Seca	cm3	769.15	770.1
E	Peso de fiola + Agua - Aire	cm3	727.34	729.72
F	Peso Especifico (Ys=((B/(D+C-E))))	gr/cm3	2.392	2.476
G	Promedio de Peso Especifico "Ys"	gr/cm3	2.434	

## OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO			ASISTENTE DE ENSAYO			ASESOR		
NOMBRE: Wilmer Abanto Cieza			NOMBRE: César Valdeira Chávez			NOMBRE: Ing: Anita Elizabet Alva S.		
FECHA: 21/02/2023			FECHA: 21/02/2023			FECHA: 21/02/2023		



LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA

PROTOCOLO

ENSAYO:	CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR			
NORMA:	MTC E132 / ASTM1883 / ASTM4429			
TESIS:	"MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LOS SUELOS PARA CARRETERAS DE BAJO FLUJO VEHICULAR CON EL USO DE ESTABILIZADOR Z CON POLÍMEROS, CAJAMARCA"			
CALICATA:	CALICATA - 01	ESTRATO:	C. - 01	
TIPO DE MATERIAL:	ML (Limos inorgánicos y arenas muy finas)			
UBICACIÓN:	Carretera a Porconillo		COLOR DE MATERIAL:	Marrón claro
FECHA DE MUESTREO:	07/02/2023		RESPONSABLE:	Wilmer Abanto Cieza
FECHA DE ENSAYO:	17/02/2023		REVISADO POR:	

CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR

DESCRIPCIÓN	UND	1		2		3				
N° Golpes		5		5		5				
N° Golpes por Capa		13		27		55				
Condición de Muestra		ANTES	DESPUES	ANTES	DESPUES	ANTES	DESPUES			
Peso Molde	gr	8539	8539	8517	8517	8795	8795			
Peso Muestra húmeda + Molde	gr	12635	12833	12822	12952	13207	13290			
Peso Muestra húmeda	gr	4096	4294	4305	4435	4412	4495			
Volumen Muestra húmeda	cm3	2165.107	2165.107	2148.65	2148.65	2157.496	2157.496			
Densidad húmeda ; Dh	gr/cm3	1.892	1.983	2.0036	2.064	2.045	2.083			
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>										
Ensayo	N°	1-A	1-B	1-C	2-A	2-B	2-C	3A	3-B	3-C
Peso Recipiente	gr	28.00	26.00	27.41	27.30	27.03	27.72	28.00	21.30	27.90
Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	117.3	104.5	169.73	84.08	105.0	168.97	164.00	130.00	151.26
Peso Muestra Seca + Recipiente	gr	102.8	92.28	137.09	74.94	91.88	138.60	145.24	111.55	125.09
Peso del Agua	gr	14.50	12.22	32.64	9.14	13.11	30.37	18.76	18.45	26.17
Peso Muestra Seca	gr	74.75	66.28	109.68	47.64	64.85	110.88	117.24	90.25	97.19
Contenido de Humedad ; W%	%	18.92%		29.76%	19.70%		27.39%	18.22%		26.93%
Promedio Contenido de Humedad	%	24.34%			23.55%			22.57%		
Densidad Máxima Seca; Ds	gr/cm3	1.5215			1.6217			1.6683		
Porcentaje de Compactación %	%	62.36%			66.46%			68.37%		

ENSAYO DE INCHAMIENTO

TIEMPO ACUMULADO		MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
		LECTURA	HINCHAMIENTO		LECTURA	HINCHAMIENTO		LECTURA	HINCHAMIENTO	
HORAS	DIAS	Deforma	mm	%	Deforma	mm	%	Deforma	mm	%
0	0		0	0.00	0		0.00	0		0.00
24	1	0.39	9.906	0.34	0.32	8.128	0.27	0.28	7.112	6.11
48	2	0.58	14.732	0.50	0.48	12.192	0.41	0.41	10.414	8.95
72	3	0.69	17.526	0.59	0.52	13.208	0.45	0.45	11.43	9.82
96	4	0.86	21.844	0.74	0.78	19.812	0.67	0.71	18.034	15.49

OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	ASISTENTE DE LABORATORIO	ASESOR
NOMBRE: Wilmer Abanto Cieza	NOMBRE: Cesar Valdeira Chavez	NOMBRE: Ing. Anita Elizabet Alva Sarmiento
FECHA: 21/02/2023	FECHA: 21/02/2023	FECHA: 21/02/2023



LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA

PROTOCOLO

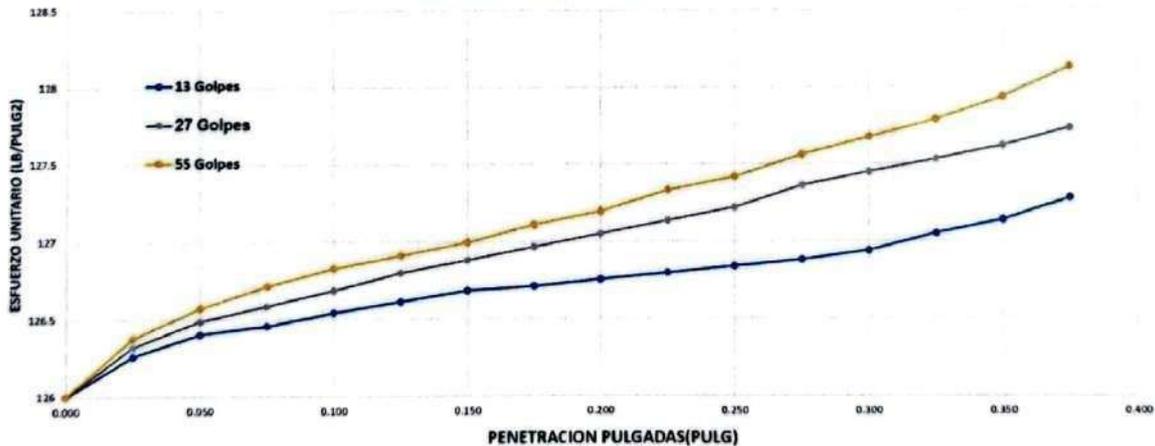
ENSAYO:	CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR			
NORMA:	MTC E132 / ASTM D1883 / ASTM D4429			
TEMA:	"MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LOS SUELOS PARA CARRETERAS DE BAJO FLUJO VEHICULAR CON EL USO DE ESTABILIZADOR Z CON POLÍMEROS, CAJAMARCA"			
CALICATA:	CALICATA - 01	ESTRATO:	C. - 01	
TIPO DE MATERIAL:	ML (Limos inorgánicos y arenas muy finas)			
UBICACIÓN:	Carretera a Poroncillo		COLOR DE MATERIAL:	Marrón claro
FECHA DE MUESTREO:	07/02/2023		RESPONSABLE:	Wilmer Abanto Cieza
FECHA DE ENSAYO:	17/02/2023		REVISADO POR:	

Área de penetración del pistón : 2.0.pulg. 5.08.cm2

CARGA - PENETRACIÓN

PENETRACIÓN		MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
		CARGA	ESFUERZO		CARGA	ESFUERZO		CARGA	ESFUERZO	
mm	Pulg	kg	kg/cm2	Lb/pl2	kg	kg/cm2	Lb/pl2	kg	kg/cm2	Lb/pl2
0.000	0.000			126			126	45.046	8.8672691	126.000
0.635	0.025	45.096	8.877	126.260	45.116	8.881	126.317	45.136	8.885	126.373
1.270	0.050	45.146	8.887	126.401	45.177	8.893	126.486	45.207	8.899	126.570
1.905	0.075	45.167	8.891	126.458	45.212	8.900	126.585	45.257	8.909	126.711
2.540	0.100	45.197	8.897	126.542	45.247	8.907	126.683	45.298	8.917	126.824
3.175	0.125	45.222	8.902	126.613	45.287	8.915	126.796	45.328	8.923	126.909
3.810	0.150	45.247	8.907	126.683	45.318	8.921	126.881	45.358	8.929	126.993
4.445	0.175	45.257	8.909	126.711	45.348	8.927	126.965	45.398	8.937	127.106
5.080	0.200	45.272	8.912	126.754	45.378	8.933	127.050	45.429	8.943	127.191
5.715	0.225	45.287	8.915	126.796	45.408	8.939	127.134	45.479	8.953	127.332
6.350	0.250	45.303	8.918	126.838	45.439	8.945	127.219	45.509	8.958	127.417
6.985	0.275	45.318	8.921	126.881	45.489	8.955	127.360	45.559	8.968	127.558
7.620	0.300	45.338	8.925	126.937	45.519	8.960	127.445	45.600	8.976	127.670
8.255	0.325	45.378	8.933	127.050	45.549	8.966	127.529	45.640	8.984	127.783
8.890	0.350	45.408	8.939	127.134	45.580	8.972	127.614	45.690	8.994	127.924
9.525	0.375	45.459	8.949	127.275	45.620	8.980	127.727	45.761	9.008	128.122

CURVAS ESFUERZO - PENETRACIÓN



OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	ASISTENTE DE LABORATORIO	ASESOR
NOMBRE: Wilmer Abanto Cieza	NOMBRE: César Valderrama Chaves	NOMBRE: Ing. Anita Elizabet Alva Sarmiento
FECHA: 21/02/2023	FECHA: 21/02/2023	FECHA: 21/02/2023



LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA

PROTOCOLO

ENSAYO:	CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR
NORMA:	MTC E132 / ASTM D1883 / ASTM D4429
TESIS:	"MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LOS SUELOS PARA CARRETERAS DE BAJO FLUJO VEHICULAR CON EL USO DE ESTABILIZADOR Z CON POLÍMEROS, CAJAMARCA"

CALICATA:	CALICATA - 02	ESTRATO:	C. - 02	TIPO DE MATERIAL:	ML (Limos inorgánicos y arenas muy finas)
UBICACIÓN:	Carretera a Porconillo			COLOR DE MATERIAL:	Marron claro
FECHA DE MUESTREO:	07/02/2023			RESPONSABLE:	Wilmer Abanto Cieza
FECHA DE ENSAYO:	17/02/2023			REVISADO POR:	

CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR

DESCRIPCIÓN	UND	1		2		3	
N° Golpes		5		5		5	
N° Golpes por Capa		13		27		55	
Condición de Muestra		ANTES	DESPUES	ANTES	DESPUES	ANTES	DESPUES
Peso Molde	gr	8640	8640	8602	8602	8290	8290
Peso Muestra húmeda + Molde	gr	13023	13060	13050	13080	12875	12901
Peso Muestra húmeda	gr	4383	4420	4448	4478	4585	4611
Volumen Muestra húmeda	cm <sup>3</sup>	2165.136	2165.136	2148.092	2148.092	2157.630	2157.630
Densidad húmeda ; Dh	gr/cm <sup>3</sup>	2.024	2.041	2.0707	2.085	2.125	2.137

CONTENIDO DE HUMEDAD

Ensayo	N°	1-A	1-B	1-C	2-A	2-B	2-C	3A	3-B	3-C
Peso Recipiente	gr	35.40	36.00	28.51	35.10	38.90	28.49	39.50	38.70	26.16
Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	174.40	129.50	157.50	218.70	232.70	153.78	212.30	223.20	127.72
Peso Muestra Seca + Recipiente	gr	155.53	118.31	135.62	192.75	210.47	132.48	189.56	201.23	110.67
Peso del Agua	gr	18.87	11.19	21.88	25.95	22.23	21.30	22.74	21.97	17.05
Peso Muestra Seca	gr	120.13	82.31	107.11	157.65	171.57	103.99	150.06	162.53	84.51
Contenido de Humedad ; W%	%	14.65%		20.43%	14.71%		20.48%	14.34%		20.18%
Promedio Contenido de Humedad	%	17.54%			17.60%			17.26%		
Densidad Máxima Seca; Ds	gr/cm <sup>3</sup>	1.7223			1.7608			1.8123		
Porcentaje de Compactación %	%	68.89%			70.43%			74.27%		

ENSAYO DE INCHAMIENTO

TIEMPO ACUMULADO		MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
		LECTURA	HINCHAMIENTO		LECTURA	HINCHAMIENTO		LECTURA	HINCHAMIENTO	
HORAS	DIAS	Deforma	mm	%	Deforma	mm	%	Deforma	mm	%
0	0		0	0.00	0		0.00	0		0.00
24	1	0.08	2.032	0.07	0.06	1.524	0.05	0.05	1.27	1.09
48	2	0.18	4.572	0.15	0.11	2.794	0.09	0.09	2.286	1.96
72	3	0.27	6.858	0.23	0.17	4.318	0.15	0.13	3.302	2.84
96	4	0.34	8.636	0.29	0.23	5.842	0.20	0.16	4.064	3.49

OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	ASISTENTE DE LABORATORIO	ASESOR
NOMBRE: Wilmer Abanto Cieza	NOMBRE: Cesar Valdivia Chávez	NOMBRE: Ing. Anita Elizabet Alva Sarmiento
FECHA: 21/02/2023	FECHA: 21/02/2023	FECHA: 21/02/2023



LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA

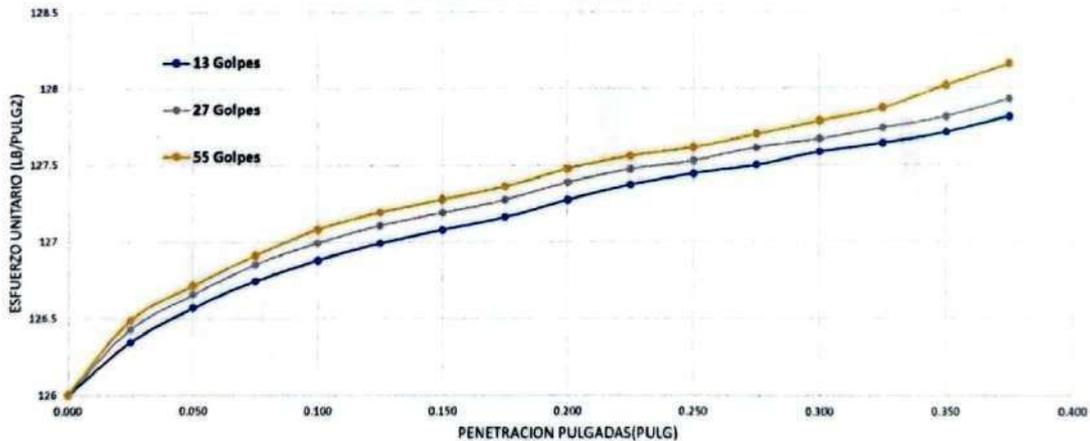
PROTOCOLO

ENSAYO:	CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR			
NORMA:	MTC E132 / ASTM D1883 / ASTM D4429			
TESIS:	"MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LOS SUELOS PARA CARRETERAS DE BAJO FLUJO VEHICULAR CON EL USO DE ESTABILIZADOR Z CON POLÍMEROS, CAJAMARCA"			
CALICATA:	CALICATA - 02	ESTRATO:	C. Rodadura	
UBICACIÓN:	Carretera a Porconillo		TIPO DE MATERIAL:	ML (Limos inorganicos y arenas muy finas)
FECHA DE MUESTREO:	07/02/2023	RESPONSABLE:	Wilmer Abanto Cieza	
FECHA DE ENSAYO:	17/02/2023	REVISADO POR:		

Área de penetración del pistón : 2.0 pulg. 5.08 cm<sup>2</sup>

CARGA - PENETRACIÓN										
PENETRACIÓN		MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
		CARGA	ESFUERZO		CARGA	ESFUERZO		CARGA	ESFUERZO	
mm	Pulg	kg	kg/cm <sup>2</sup>	Lb/pl <sup>2</sup>	kg	kg/cm <sup>2</sup>	Lb/pl <sup>2</sup>	kg	kg/cm <sup>2</sup>	Lb/pl <sup>2</sup>
0.000	0.000			126			126	45.046	8.867269	126.000
0.635	0.025	45.126	8.883	126.345	45.157	8.889	126.429	45.177	8.893	126.486
1.270	0.050	45.207	8.899	126.570	45.237	8.905	126.655	45.257	8.909	126.711
1.905	0.075	45.269	8.911	126.745	45.308	8.919	126.852	45.328	8.923	126.909
2.540	0.100	45.318	8.921	126.881	45.358	8.929	126.993	45.388	8.935	127.078
3.175	0.125	45.358	8.929	126.993	45.398	8.937	127.106	45.429	8.943	127.191
3.810	0.150	45.388	8.935	127.078	45.429	8.943	127.191	45.459	8.949	127.275
4.445	0.175	45.418	8.941	127.163	45.459	8.949	127.275	45.489	8.955	127.360
5.080	0.200	45.459	8.949	127.275	45.499	8.957	127.388	45.529	8.962	127.473
5.715	0.225	45.494	8.956	127.374	45.529	8.962	127.473	45.559	8.968	127.558
6.350	0.250	45.519	8.960	127.445	45.549	8.966	127.529	45.580	8.972	127.614
6.985	0.275	45.539	8.964	127.501	45.580	8.972	127.614	45.610	8.978	127.699
7.620	0.300	45.570	8.970	127.586	45.600	8.976	127.670	45.640	8.984	127.783
8.255	0.325	45.590	8.974	127.642	45.625	8.981	127.741	45.670	8.990	127.868
8.890	0.350	45.615	8.979	127.713	45.650	8.986	127.811	45.721	9.000	128.009
9.525	0.375	45.650	8.986	127.811	45.690	8.994	127.924	45.771	9.010	128.150

CURVAS ESFUERZO - PENETRACIÓN



OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	ASISTENTE DE LABORATORIO	ASESOR
NOMBRE: Wilmer Abanto Cieza	NOMBRE: César Valdeira Chávez	NOMBRE: Ing. Anita Elizabet Alva Sarmiento
FECHA: 21/02/2023	FECHA: 21/02/2023	FECHA: 21/02/2023

**LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA**



<b>PROTOCOLO</b>			
ENSAYO:	CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR		
NORMA:	MTC E132 / ASTM D1883 / ASTM D4429		
TESIS:	"MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LOS SUELOS PARA CARRETERAS DE BAJO FLUJO VEHICULAR CON EL USO DE ESTABILIZADOR Z CON POLÍMEROS, CAJAMARCA"		
CALICATA:	CALICATA - 03	ESTRATO:	C. - 03
UBICACIÓN:	Carretera a Poroncillo		TIPO DE MATERIAL:
FECHA DE MUESTREO:	07/02/2023	RESPONSABLE:	ML (Limos inorgánicos y arenas muy finas)
FECHA DE ENSAYO:	17/02/2023	REVISADO POR:	Marrón claro
			Wilmer Abanto Cieza

CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR										
DESCRIPCIÓN	UND	1			2			3		
N° Golpes		5			5			5		
N° Golpes por Capa		13			27			55		
Condición de Muestra		ANTES	DESPUES	ANTES	DESPUES	ANTES	DESPUES			
Peso Molde	g	8025	8025	7981	7981	7220	7220			
Peso Muestra húmeda + Molde	g	12572	12736	12648	12794	12875	12901			
Peso Muestra húmeda	g	4547	4711	4667	4813	5655	5681			
Volumen Muestra húmeda	cm <sup>3</sup>	2165.107	2165.107	2148.65	2148.65	2157.496	2157.496			
Densidad húmeda ; Dh	g/cm <sup>3</sup>	2.100	2.176	2.1721	2.240	2.621	2.633			
<b>CONTENIDO DE HUMEDAD</b>										
Ensayo	N°	1-A	1-B	1-C	2-A	2-B	2-C	3A	3-B	3-C
Peso Recipiente	g	38.40	39.90	39.48	35.30	38.60	41.30	34.80	35.90	35.89
Peso Muestra húmeda + Recipiente	g	122.10	117.20	250.90	247.80	273.80	221.31	154.32	170.09	210.08
Peso Muestra Seca + Recipiente	g	109.73	105.48	204.27	220.86	243.73	182.94	137.34	156.74	175.16
Peso del Agua	g	12.37	11.71	46.63	26.94	30.07	38.37	16.98	13.35	34.92
Peso Muestra Seca	g	71.33	65.59	164.79	185.56	205.13	141.64	102.54	120.84	139.27
Contenido de Humedad ; W%	%	17.60%		28.30%	14.59%		27.09%	13.80%		25.07%
Promedio Contenido de Humedad	%	22.95%			20.84%			19.44%		
Densidad Máxima Seca; Ds	g/cm <sup>3</sup>	1.7082			1.7975			2.1945		
Porcentaje de Compactación %	%	65.70%			69.13%			84.40%		

ENSAYO DE INCHAMIENTO										
TIEMPO ACUMULADO		MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
		LECTURA	HINCHAMIENTO		LECTURA	HINCHAMIENTO		LECTURA	HINCHAMIENTO	
HORAS	DIAS	Deforma	mm	%	Deforma	mm	%	Deforma	mm	%
0	0		0	0.00	0		0.00	0		0.00
24	1	0.73	18.542	0.63	0.57	14.478	0.49	0.34	8.636	7.42
48	2	0.77	19.558	0.66	0.59	14.986	0.51	0.43	10.922	9.38
72	3	0.81	20.574	0.70	0.61	15.494	0.52	0.49	12.446	10.69
96	4	0.84	21.336	0.72	0.64	16.256	0.55	0.56	14.224	12.22

OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	ASISTENTE DE LABORATORIO	ASESOR
NOMBRE: Wilmer Abanto Cieza	NOMBRE: César Valdara Chávez	NOMBRE: Ing. Anita Elizabet Alva Sarmiento
FECHA: 21/02/2023	FECHA: 21/02/2023	FECHA: 21/02/2023



LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA

PROTOCOLO

ENSAYO:	CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR
NORMA:	MTC E132 / ASTM D1883 / ASTM D4429
TESIS:	"MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LOS SUELOS PARA CARRETERAS DE BAJO FLUJO VEHICULAR CON EL USO DE ESTABILIZADOR Z CON POLÍMEROS, CAJAMARCA"

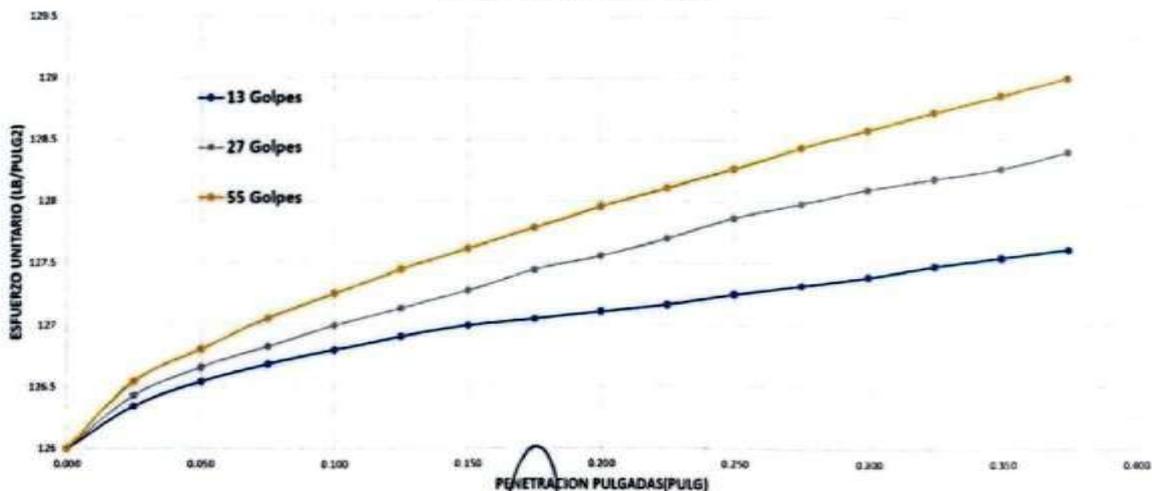
CALICATA:	CALICATA - 03	ESTRATO:	C.-03	TIPO DE MATERIAL:	ML (Limos inorgánicos y arenas muy finas)
UBICACIÓN:	Carretera a Poroncillo		COLOR DE MATERIAL:	Marron claro	
FECHA DE MUESTREO:	07/02/2023		RESPONSABLE:	Wilmer Abanto Cleza	
FECHA DE ENSAYO:	17/02/2023		REVISADO POR:		

Área de penetración del pistón : 2.0.pulg. 5.08.cm<sup>2</sup>

CARGA - PENETRACIÓN

PENETRACIÓN		MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
		CARGA	ESFUERZO		CARGA	ESFUERZO		CARGA	ESFUERZO	
mm	Pulg	kg	kg/cm <sup>2</sup>	Lb/pl <sup>2</sup>	kg	kg/cm <sup>2</sup>	Lb/pl <sup>2</sup>	kg	kg/cm <sup>2</sup>	Lb/pl <sup>2</sup>
0.000	0.000			126			126	45.046	8.867269	126.000
0.635	0.025	45.126	8.883	126.345	45.157	8.889	126.429	45.197	8.897	126.542
1.270	0.050	45.197	8.897	126.542	45.237	8.905	126.655	45.287	8.915	126.796
1.905	0.075	45.247	8.907	126.683	45.298	8.917	126.824	45.378	8.933	127.050
2.540	0.100	45.287	8.915	126.796	45.358	8.929	126.993	45.449	8.947	127.247
3.175	0.125	45.328	8.923	126.909	45.408	8.939	127.134	45.519	8.960	127.445
3.810	0.150	45.358	8.929	126.993	45.459	8.949	127.275	45.580	8.972	127.614
4.445	0.175	45.378	8.933	127.050	45.519	8.960	127.445	45.640	8.984	127.783
5.080	0.200	45.398	8.937	127.106	45.559	8.968	127.558	45.700	8.996	127.952
5.715	0.225	45.418	8.941	127.163	45.610	8.978	127.699	45.756	9.007	128.107
6.350	0.250	45.449	8.947	127.247	45.670	8.990	127.868	45.811	9.018	128.263
6.985	0.275	45.474	8.952	127.318	45.711	8.998	127.981	45.872	9.030	128.432
7.620	0.300	45.499	8.957	127.388	45.751	9.006	128.093	45.922	9.040	128.573
8.255	0.325	45.529	8.962	127.473	45.781	9.012	128.178	45.972	9.050	128.714
8.890	0.350	45.554	8.967	127.543	45.811	9.018	128.263	46.023	9.060	128.855
9.525	0.375	45.580	8.972	127.614	45.862	9.028	128.404	46.073	9.070	128.996

CURVAS ESFUERZO - PENETRACIÓN



OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	ASISTENTE DE LABORATORIO	ASESOR
<i>[Signature]</i>	<i>[Signature]</i>	Anita Elizabet Alva Sarmiento
NOMBRE: Wilmer Abanto Cleza	NOMBRE: Cesar Valdera Chavez	NOMBRE: Ing. Anita Elizabet Alva Sarmiento
FECHA: 21/02/2023	FECHA: 21/02/2023	FECHA: 21/02/2023



**LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA**

PROTOCOLO

ENSAYO:	CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR + ADITIVO			
NORMA:	MTC E132 / ASTM D1883 / ASTM D4429			
TESIS:	"MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LOS SUELOS PARA CARRETERAS DE BAJO FLUJO VEHICULAR CON EL USO DE ESTABILIZADOR Z CON POLÍMEROS, CAJAMARCA"			
CALICATA:	CALICATA - 01	ESTRATO:	C.- 01	
TIPO DE MATERIAL:	ML (Limos Inorgánicos y arenas muy finas)			
UBICACIÓN:	Carretera a Poroncillo		COLOR DE MATERIAL:	Marrón claro
FECHA DE MUESTREO:	07/02/2023	RESPONSABLE:	Wilmer Abanto Cleza	
FECHA DE ENSAYO:	22/02/2023	REVISADO POR:		

**CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR**

DESCRIPCIÓN	UND	1		2		3	
		ANTES	DESPUES	ANTES	DESPUES	ANTES	DESPUES
N° Golpes		5		5		5	
N° Golpes por Capa		13		27		55	
Peso Molde	gr	8539	8539	8922	8922	8376	8376
Peso Muestra húmeda + Molde	gr	12621	12641	13037	13043	12653	12665
Peso Muestra húmeda	gr	4082	4102	4115	4121	4277	4289
Volumen Muestra húmeda	cm <sup>3</sup>	2165.107	2165.107	2148.65	2148.65	2157.496	2157.496
Densidad húmeda ; Dh	gr/cm <sup>3</sup>	1.885	1.895	1.9152	1.918	1.982	1.988

**CONTENIDO DE HUMEDAD**

Ensayo	N°	1-A	1-B	1-C	2-A	2-B	2-C	3A	3-B	3-C
Peso Recipiente	gr	28.60	21.45	28.61	27.70	27.40	29.06	36.80	27.90	26.75
Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	164.60	141.60	159.86	126.00	130.70	145.29	193.00	150.60	131.60
Peso Muestra Seca + Recipiente	gr	139.59	120.00	136.83	110.17	113.88	127.08	169.70	128.22	114.22
Peso del Agua	gr	25.01	21.60	23.03	15.83	16.82	18.21	23.30	22.38	17.38
Peso Muestra Seca	gr	110.99	98.55	108.22	82.47	86.48	98.02	132.90	100.32	87.47
Contenido de Humedad ; W%	%	22.23%		21.28%	19.32%		18.58%	19.92%		19.87%
Promedio Contenido de Humedad	%	21.75%			18.95%			19.89%		
Densidad Máxima Seca ; Ds	gr/cm <sup>3</sup>	1.5485			1.6101			1.6534		
Porcentaje de Compactación %	%	64.52%			67.09%			68.89%		

**ENSAYO DE INCHAMIENTO**

TIEMPO ACUMULADO		MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
		LECTURA	HINCHAMIENTO		LECTURA	HINCHAMIENTO		LECTURA	HINCHAMIENTO	
HORAS	DIAS	Deforma	mm	%	Deforma	mm	%	Deforma	mm	%
0	0									
24	1									
48	2									
72	3									
96	4									

**OBSERVACIONES:**

RESPONSABLE DEL ENSAYO	ASISTENTE DE LABORATORIO	ASESOR
NOMBRE: Wilmer Abanto Cleza	NOMBRE: César Valderrama Chávez	NOMBRE: Ing. Anita Elizabet Alva Sarmiento
FECHA: 27/02/2023	FECHA: 27/02/2023	FECHA: 27/02/2023



LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA

PROTOCOLO

ENSAYO:	CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR + ADITIVO
NORMA:	MTC E132 / ASTM D1883 / ASTM D4429
TESIS:	"MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LOS SUELOS PARA CARRETERAS DE BAJO FLUJO VEHICULAR CON EL USO DE ESTABILIZADOR Z CON POLÍMEROS, CAJAMARCA"

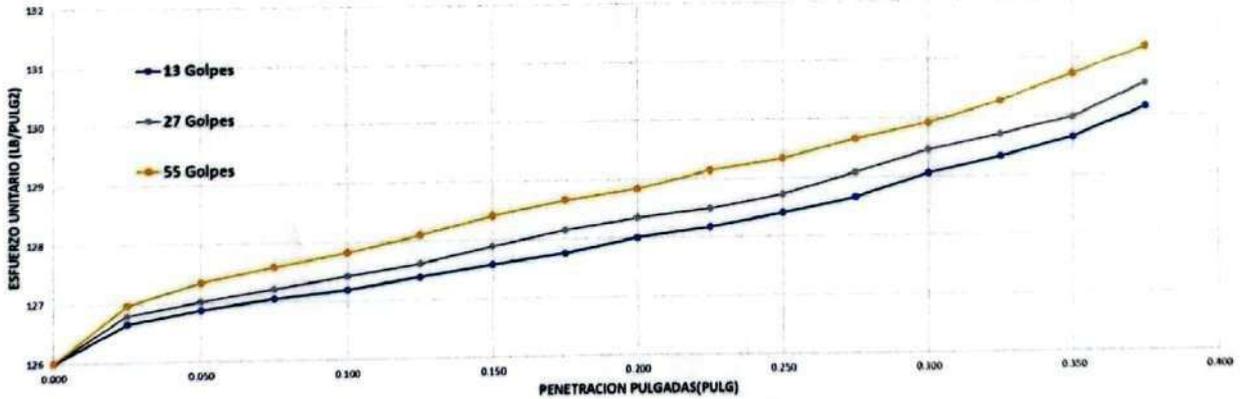
CALICATA:	CALICATA - 01	ESTRATO:	C. - 01	TIPO DE MATERIAL:	ML (Limos Inorganicos y arenas muy finas)
UBICACIÓN:	Carretera a Porconillo			COLOR DE MATERIAL:	Marron claro
FECHA DE MUESTREO:	07/02/2023			RESPONSABLE:	Wilmer Abanto Cieza
FECHA DE ENSAYO:	22/02/2023			REVISADO POR:	

Área de penetración del pistón :	2.0.pulg.	5.08.cm2
----------------------------------	-----------	----------

CARGA - PENETRACIÓN

PENETRACIÓN		MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
		CARGA	ESFUERZO		CARGA	ESFUERZO		CARGA	ESFUERZO	
mm	Pulg	kg	kg/cm2	Lb/pl2	kg	kg/cm2	Lb/pl2	kg	kg/cm2	Lb/pl2
0.000	0.000			126			126	45.046	8.867	126.000
0.635	0.025	45.237	8.905	126.655	45.287	8.915	126.796	45.348	8.927	126.965
1.270	0.050	45.318	8.921	126.881	45.368	8.931	127.022	45.479	8.953	127.332
1.905	0.075	45.378	8.933	127.050	45.439	8.945	127.219	45.570	8.970	127.586
2.540	0.100	45.429	8.943	127.191	45.509	8.958	127.417	45.650	8.986	127.811
3.175	0.125	45.499	8.957	127.388	45.580	8.972	127.614	45.751	9.006	128.093
3.810	0.150	45.570	8.970	127.586	45.680	8.992	127.896	45.862	9.028	128.404
4.445	0.175	45.630	8.982	127.755	45.771	9.010	128.150	45.952	9.046	128.657
5.080	0.200	45.721	9.000	128.009	45.842	9.024	128.347	46.013	9.058	128.827
5.715	0.225	45.781	9.012	128.178	45.892	9.034	128.488	46.124	9.079	129.137
6.350	0.250	45.862	9.028	128.404	45.972	9.050	128.714	46.194	9.093	129.334
6.985	0.275	45.952	9.046	128.657	46.103	9.075	129.081	46.305	9.115	129.645
7.620	0.300	46.093	9.073	129.052	46.234	9.101	129.447	46.396	9.133	129.898
8.255	0.325	46.194	9.093	129.334	46.325	9.119	129.701	46.526	9.159	130.265
8.890	0.350	46.305	9.115	129.645	46.426	9.139	129.983	46.688	9.190	130.716
9.525	0.375	46.486	9.151	130.152	46.627	9.179	130.547	46.849	9.222	131.168

CURVAS ESFUERZO - PENETRACIÓN



OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	ASISTENTE DE LABORATORIO	ASESOR
NOMBRE: Wilmer Abanto Cieza	NOMBRE: César Valdeza Chávez	NOMBRE: Ing. Anita Elizabet Alva Sarmiento
FECHA: 27/02/2023	FECHA: 27/02/2023	FECHA: 27/02/2023

<b>LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA</b>							
<b>PROTOCOLO</b>							
 <b>UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE</b>	<b>ENSAYO:</b>		<b>CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR + ADITIVO</b>				
	<b>NORMA:</b>		<b>MTC E132 / ASTM D1883 / ASTM D4429</b>				
	<b>TEJIS:</b>		<b>"MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LOS SUELOS PARA CARRETERAS DE BAJO FLUJO VEHICULAR CON EL USO DE ESTABILIZADOR Z CON POLÍMEROS, CAJAMARCA"</b>				
<b>CALICATA:</b>	<b>CALICATA - 02</b>	<b>ESTRATO:</b>	<b>C.Rodadura</b>	<b>TIPO DE MATERIAL:</b>		<b>ML (Limos inorganicos y arenas muy finas)</b>	
<b>UBICACIÓN:</b>	<b>Carretera a Poroncillo</b>			<b>COLOR DE MATERIAL:</b>		<b>Marron claro</b>	
<b>FECHA DE MUESTREO:</b>	<b>07/02/2023</b>			<b>RESPONSABLE:</b>		<b>Wilmer Abanto Cieza</b>	
<b>FECHA DE ENSAYO:</b>	<b>22/02/2023</b>			<b>REVISADO POR:</b>			

CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR										
DESCRIPCIÓN	UND	1		2		3				
<b>N° Golpes</b>		5		5		5				
<b>N° Golpes por Capa</b>		13		27		55				
<b>Condición de Muestra</b>		<b>ANTES</b>	<b>DESPUES</b>	<b>ANTES</b>	<b>DESPUES</b>	<b>ANTES</b>	<b>DESPUES</b>			
<b>Peso Molde</b>	<b>gr</b>	8603	8603	8639	8639	8400	8400			
<b>Peso Muestra húmeda + Molde</b>	<b>gr</b>	12413	12428	12623	12630	12599	12604			
<b>Peso Muestra húmeda</b>	<b>gr</b>	3810	3825	3984	3991	4199	4204			
<b>Volumen Muestra húmeda</b>	<b>cm3</b>	2165.107	2165.107	2148.65	2148.65	2150.496	2150.496			
<b>Densidad húmeda ; Dh</b>	<b>gr/cm3</b>	1.760	1.767	1.8542	1.857	1.953	1.955			
CONTENIDO DE HUMEDAD										
<b>Ensayo</b>	<b>N°</b>	<b>1-A</b>	<b>1-B</b>	<b>1-C</b>	<b>2-A</b>	<b>2-B</b>	<b>2-C</b>	<b>3A</b>	<b>3-B</b>	<b>3-C</b>
<b>Peso Recipiente</b>	<b>gr</b>	28.50	26.20	28.17	35.20	39.10	28.00	38.20	39.00	28.43
<b>Peso Muestra húmeda + Recipiente</b>	<b>gr</b>	151.60	138.60	130.03	151.00	156.50	133.37	209.30	175.50	134.95
<b>Peso Muestra Seca + Recipiente</b>	<b>gr</b>	139.61	127.03	118.92	139.50	143.76	122.09	187.56	160.58	121.83
<b>Peso del Agua</b>	<b>gr</b>	11.99	11.57	11.11	11.50	12.74	11.28	21.74	14.92	13.12
<b>Peso Muestra Seca</b>	<b>gr</b>	111.11	100.83	90.75	104.30	104.66	94.09	149.36	121.58	93.40
<b>Contenido de Humedad ; W%</b>	<b>%</b>	11.13%		12.24%	11.60%		11.99%	13.41%		14.05%
<b>Promedio Contenido de Humedad</b>	<b>%</b>	11.69%			11.79%			13.73%		
<b>Densidad Máxima Seca; Ds</b>	<b>gr/cm3</b>	1.5756			1.6586			1.7168		
<b>Porcentaje de Compactación %</b>	<b>%</b>	85.83%			90.14%			93.31%		

ENSAYO DE INCHAMIENTO										
TIEMPO ACUMULADO		MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
		LECTURA	HINCHAMIENTO		LECTURA	HINCHAMIENTO		LECTURA	HINCHAMIENTO	
HORAS	DIAS	Deforma	mm	%	Deforma		%	Deforma	mm	%
0	0		0	0.00	0		0.00	0		0.00
24	1									
48	2									
72	3									
96	4									

**OBSERVACIONES:**

<b>RESPONSABLE DEL ENSAYO</b>	<b>ASISTENTE DE LABORATORIO</b>	<b>ASESOR</b>
		
<b>NOMBRE:</b> Wilmer Abanto Cieza	<b>NOMBRE:</b> César Valderrama Chávez	<b>NOMBRE:</b> Ing. Anita Elizabet Alva Sarmiento <small>Ingeniero Civil Reg. CIP N° 69288</small>
<b>FECHA:</b> 27/02/2023	<b>FECHA:</b> 27/02/2023	<b>FECHA:</b> 27/02/2023



LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA

PROTOCOLO

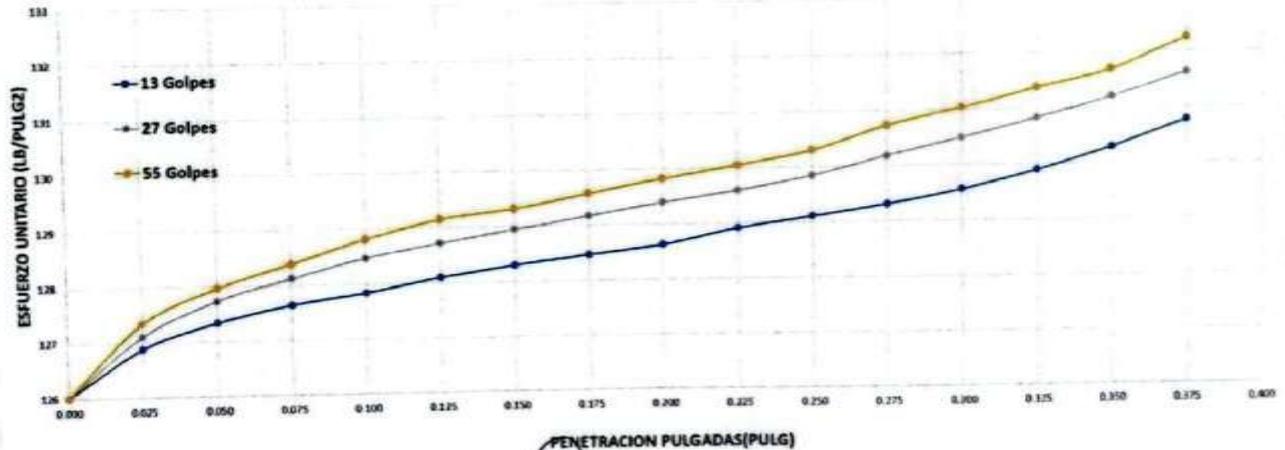
ENSAYO:	CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR + ADITIVO			
NORMA:	MTC E132 / ASTM D1883 / ASTM D4429			
TESIS:	"MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LOS SUELOS PARA CARRETERAS DE BAJO FLUJO VEHICULAR CON EL USO DE ESTABILIZADOR Z CON POLÍMEROS, CAJAMARCA"			
CALICATA:	CALICATA - 02	ESTRATO:	C. - 02	
UBICACIÓN:	Carretera a Poroncillo		TIPO DE MATERIAL:	ML (Limos inorganicos y arenas muy finas)
FECHA DE MUESTREO:	07/02/2023		COLOR DE MATERIAL:	Marron claro
FECHA DE ENSAYO:	22/02/2023		RESPONSABLE:	Wilmer Abanto Cieza
			REVISADO POR:	

Área de penetración del pistón : 2.0.pulg. 5.08.cm<sup>2</sup>

CARGA - PENETRACIÓN

PENETRACIÓN		MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
		CARGA	ESFUERZO		CARGA	ESFUERZO		CARGA	ESFUERZO	
mm	Pulg	kg	kg/cm <sup>2</sup>	Lb/pl <sup>2</sup>	kg	kg/cm <sup>2</sup>	Lb/pl <sup>2</sup>	kg	kg/cm <sup>2</sup>	Lb/pl <sup>2</sup>
0.000	0.000			126			126	45.046	8.867	126.000
0.635	0.025	45.318	8.921	126.881	45.398	8.937	127.106	45.479	8.953	127.332
1.270	0.050	45.479	8.953	127.332	45.620	8.980	127.727	45.700	8.996	127.952
1.905	0.075	45.590	8.974	127.642	45.761	9.008	128.122	45.852	9.026	128.375
2.540	0.100	45.660	8.988	127.840	45.882	9.032	128.460	46.003	9.056	128.798
3.175	0.125	45.751	9.006	128.093	45.972	9.050	128.714	46.124	9.079	129.137
3.810	0.150	45.821	9.020	128.291	46.053	9.066	128.939	46.184	9.091	129.306
4.445	0.175	45.882	9.032	128.460	46.134	9.081	129.165	46.275	9.109	129.560
5.080	0.200	45.942	9.044	128.629	46.214	9.097	129.391	46.365	9.127	129.814
5.715	0.225	46.043	9.064	128.911	46.285	9.111	129.588	46.446	9.143	130.039
6.350	0.250	46.113	9.077	129.109	46.375	9.129	129.842	46.537	9.161	130.293
6.985	0.275	46.184	9.091	129.306	46.496	9.153	130.180	46.688	9.190	130.716
7.620	0.300	46.275	9.109	129.560	46.607	9.175	130.491	46.798	9.212	131.027
8.255	0.325	46.396	9.133	129.898	46.728	9.198	130.829	46.919	9.236	131.365
8.890	0.350	46.537	9.161	130.293	46.859	9.224	131.196	47.030	9.258	131.675
9.525	0.375	46.708	9.194	130.773	47.010	9.254	131.619	47.232	9.298	132.239

CURVAS ESFUERZO - PENETRACIÓN



OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	ASISTENTE DE LABORATORIO	ASESOR
NOMBRE: Wilmer Abanto Cieza	NOMBRE: César Valderrama Chávez	NOMBRE: Ing. Anita Elizabet Alva Sarmiento
FECHA: 27/02/2023	FECHA: 27/02/2023	FECHA: 27/02/2023



**LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA**

**PROTOCOLO**

ENSAYO:	CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR + ADITIVO
NORMA:	MTC E132 / ASTM D1883 / ASTM D4429
TESIS:	"MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LOS SUELOS PARA CARRETERAS DE BAJO FLUJO VEHICULAR CON EL USO DE ESTABILIZADOR Z CON POLÍMEROS, CAJAMARCA"

CALICATA:	CALICATA - 03	ESTRATO:	C. - 03	TIPO DE MATERIAL:	ML (Limos Inorganicos y arenas muy finas)
UBICACIÓN:	Carretera a Porconillo			COLOR DE MATERIAL:	Marron claro
FECHA DE MUESTREO:	07/02/2023	RESPONSABLE:	Wilmer Abanto Cieza		
FECHA DE ENSAYO:	22/02/2023	REVISADO POR:			

**CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR**

DESCRIPCIÓN	UND	1		2		3	
		ANTES	DESPUES	ANTES	DESPUES	ANTES	DESPUES
N° Golpes		5		5		5	
N° Golpes por Capa		13		27		55	
Condición de Muestra		ANTES	DESPUES	ANTES	DESPUES	ANTES	DESPUES
Peso Molde	gr	7984	7984	8006	8006	8007	8007
Peso Muestra húmeda + Molde	gr	11787	11802	11956	11970	12546	12561
Peso Muestra húmeda	gr	3803	3818	3950	3964	4539	4554
Volumen Muestra húmeda	cm3	2165.107	2165.107	2148.65	2148.65	2157.496	2157.496
Densidad húmeda ; Dh	gr/cm3	1.756	1.763	1.8384	1.845	2.104	2.111

**CONTENIDO DE HUMEDAD**

Ensayo	N°	1-A	1-B	1-C	2-A	2-B	2-C	3A	3-B	3-C
Peso Recipiente	gr	38.27	39.50	21.91	35.30	41.30	21.18	36.10	36.10	35.95
Peso Muestra húmeda + Recipiente	gr	231.00	201.30	120.31	119.50	121.80	125.28	245.10	252.50	148.05
Peso Muestra Seca + Recipiente	gr	199.58	174.46	104.01	104.88	107.12	108.14	208.85	214.92	129.21
Peso del Agua	gr	31.42	26.84	16.30	14.62	14.68	17.14	36.25	37.58	18.84
Peso Muestra Seca	gr	161.31	134.96	82.10	69.58	65.82	86.96	172.75	178.82	93.26
Contenido de Humedad ; W%	%	19.68%		19.85%	21.66%		19.71%	21.00%		20.20%
Promedio Contenido de Humedad	%	19.77%			20.68%			20.60%		
Densidad Máxima Seca; Ds	gr/cm3	1.4666			1.5233			1.7445		
Porcentaje de Compactación %	%	71.54%			74.31%			85.10%		

**ENSAYO DE INCHAMIENTO**

TIEMPO ACUMULADO		MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
		LECTURA	HINCHAMIENTO		LECTURA	HINCHAMIENTO		LECTURA	HINCHAMIENTO	
HORAS	DIAS	Deforma	mm	%	Deforma	mm	%	Deforma	mm	%
0	0		0	0.00	0		0.00	0		0.00
24	1									
48	2									
72	3									
96	4									

**OBSERVACIONES:**

RESPONSABLE DEL ENSAYO	ASISTENTE DE LABORATORIO	ASESOR
NOMBRE: Wilmer Abanto Cieza	NOMBRE: César Valderrama Chávez	NOMBRE: Ing. Anita Elizabet Alva Sarmiento
FECHA: 27/02/2023	FECHA: 29/02/2023	FECHA: 27/02/2023



LABORATORIO DE SUELOS - UNIVERSIDAD PRIVADA DEL NORTE CAJAMARCA

PROTOCOLO

ENSAYO:	CALIFORNIA BEARING RATIO - CBR + ADITIVO
NORMA:	MTC E132 / ASTM D1883 / ASTM D4429
TESIS:	"MEJORAMIENTO DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DE LOS SUELOS PARA CARRETERAS DE BAJO FLUJO VEHICULAR CON EL USO DE ESTABILIZADOR Z CON POLÍMEROS, CAJAMARCA"

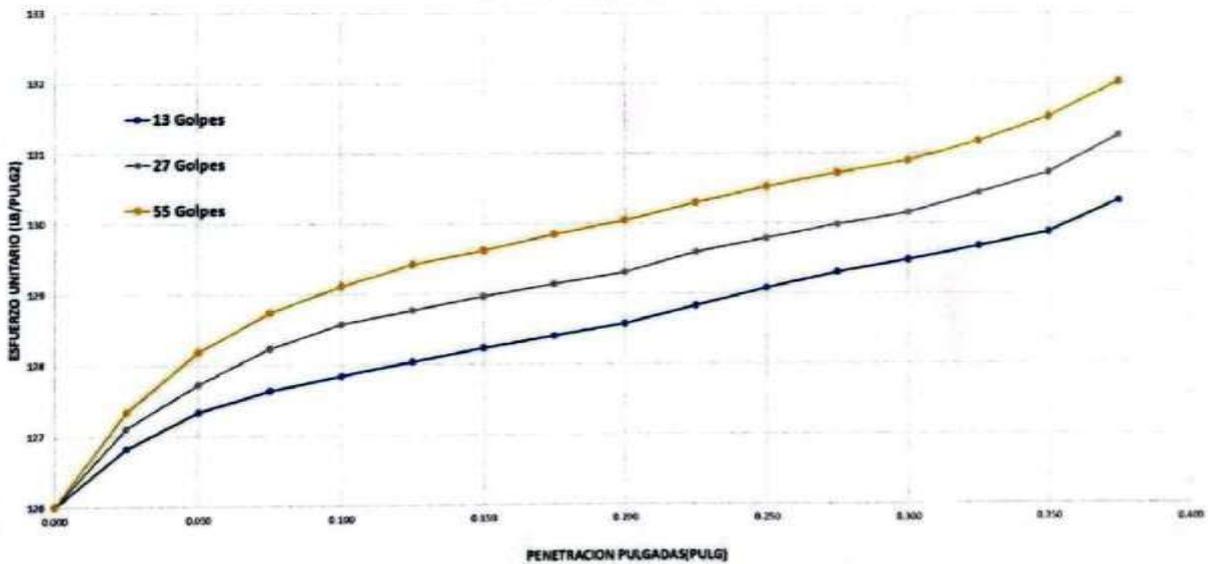
CALICATA:	CALICATA - 03	ESTRATO:	C. - 03	TIPO DE MATERIAL:	ML (Limos inorgánicos y arenas muy finas)
UBICACIÓN:	Carretera a Porconillo			COLOR DE MATERIAL:	Marrón claro
FECHA DE MUESTREO:	07/02/2023			RESPONSABLE:	Wilmer Abanto Cieza
FECHA DE ENSAYO:	22/02/2023			REVISADO POR:	

Área de penetración del pistón : 2.0.pulg. 5.08.cm<sup>2</sup>

CARGA - PENETRACIÓN

PENETRACIÓN		MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
mm	Pulg	CARGA kg	ESFUERZO kg/cm <sup>2</sup> Lb/pl <sup>2</sup>		CARGA kg	ESFUERZO kg/cm <sup>2</sup> Lb/pl <sup>2</sup>		CARGA kg	ESFUERZO kg/cm <sup>2</sup> Lb/pl <sup>2</sup>	
0.000	0.000			126			126	45.046	8.867	126.000
0.635	0.025	45.298	8.917	126.824	45.398	8.937	127.106	45.479	8.953	127.332
1.270	0.050	45.479	8.953	127.332	45.620	8.980	127.727	45.781	9.012	128.178
1.905	0.075	45.590	8.974	127.642	45.801	9.016	128.234	45.983	9.052	128.742
2.540	0.100	45.660	8.988	127.840	45.922	9.040	128.573	46.113	9.077	129.109
3.175	0.125	45.731	9.002	128.037	45.993	9.054	128.770	46.224	9.099	129.419
3.810	0.150	45.801	9.016	128.234	46.063	9.068	128.968	46.295	9.113	129.616
4.445	0.175	45.862	9.028	128.404	46.124	9.079	129.137	46.375	9.129	129.842
5.080	0.200	45.922	9.040	128.573	46.184	9.091	129.306	46.446	9.143	130.039
5.715	0.225	46.013	9.058	128.827	46.285	9.111	129.588	46.537	9.161	130.293
6.350	0.250	46.103	9.075	129.081	46.355	9.125	129.786	46.617	9.177	130.519
6.985	0.275	46.184	9.091	129.306	46.426	9.139	129.983	46.688	9.190	130.716
7.620	0.300	46.244	9.103	129.475	46.486	9.151	130.152	46.748	9.202	130.886
8.255	0.325	46.315	9.117	129.673	46.587	9.171	130.434	46.849	9.222	131.168
8.890	0.350	46.385	9.131	129.870	46.688	9.190	130.716	46.970	9.246	131.506
9.525	0.375	46.547	9.163	130.321	46.879	9.228	131.252	47.151	9.282	132.014

CURVAS ESFUERZO - PENETRACIÓN



OBSERVACIONES:

RESPONSABLE DEL ENSAYO	ASISTENTE DE LABORATORIO	ASESOR
<i>[Signature]</i>	<i>[Signature]</i>	<i>[Signature]</i>
NOMBRE: Wilmer Abanto Cieza	NOMBRE: César Valderrá Chávez	NOMBRE: Ing. Anita Elzabel Alva Sarmiento
FECHA: 27/02/2023	FECHA: 27/02/2023	FECHA: 27/02/2023

*Anexo 03: Panel fotográfico*

Excavación de calicatas



Profundidad de muestreo a 50 cm



Muestreo codificado por calicata



Peso de taras para realizar el contenido de humedad



Colocación de taras al horno



Ensayo de limite líquido y limite plástico



Ensayo de densidad específica del suelo



Cuarteo de material



Granulometría por lavado



Tamizado para obtener los diferentes pesos de las mallas



Ensayo de Proctor modificado



Enrasado de Proctor modificado



Ensayo De CBR



Curado De CBR



Ensayo De Penetración Estándar



Ensayo De CBR adicionando aditivo



Mesclado del aditivo con el material



Enrasado de CBR Con Aditivo



Peso Del Molde De CBR Con Aditivo



Penetración Estándar De CBR Con Aditivo





EL MEJOR AMIGO DEL CONCRETO

Univ. Per. (01) 222 2211 (10 líneas) - Call Center (Perú) 800  
Tel. (01) 222 2211 (10 líneas) - 980 004 122

## HOJA DE DATOS DE SEGURIDAD (Material Safety Data Sheet)

### I- IDENTIFICACION DE LA COMPANIA

Compañía	:	Z ADITIVOS S.A.
Dirección	:	Av. Los Pastores 575 La Campaña Chorrillos
Teléfono	:	252-0274      Telefax: 252-0274
Nombre del Producto	:	ESTABILIZADOR Z CON POLIMEROS

### II- IDENTIFICACION DE PELIGROS

Identificación de Riesgos de Materiales según NFPA



SALUD: 1      INFLAMABILIDAD: 0      REACTIVIDAD: 0

### III- COMPOSICIÓN QUÍMICA DEL PRODUCTO

Resina Alemana a base de polimeros  
Mono componente

### IV- PROPIEDADES FÍSICAS Y QUÍMICAS

Aspecto	:	Líquido
Color	:	Blanco
Olor	:	Agradable
Solubilidad en agua	:	Soluble en agua
Punto de Inflamación	:	No inflamable

### V- IDENTIFICACION DE PELIGROS

**Medio Ambiente**  
Este producto es peligroso para la salud al medio ambiente.

**Sobre Toxicidad**  
No es tóxico, iritante.





EL MEJOR AMIGO DEL CONCRETO

## CERTIFICADO DE CALIDAD

PRODUCTO	<b>ESTABILIZADOR Z CON POLIMEROS</b>	FECHA EMISION CERTIFICADO	31/07/2018	N° LOTE	072
UNIDAD MEDIDA	1 GAL, 5 GAL, 55 GAL	TIEMPO ALMACENAMIENTO MAXIMO	1 AÑO	FECHA PRODUCCION	26/02/2018
Norma tecnica de referencia					

### ESPECIFICACIONES

ITEM	CARACTERISTICAS DEL PRODUCTO	UNIDAD	RESULTADOS	Rango de Aceptacion	REQUISITOS
1	ASPECTO	no aplicable	LÍQUIDO	*	Normas técnicas
2	COLOUR	no aplicable	BLANCO	*	LAB. Z ADITIVOS
3	ADITIVO	no aplicable	ESTABILIZANTE QUIMICO A BASE DE POLIMEROS	-	LAB. Z ADITIVOS
4	SOLIDOS	%	49.81	49-51	LAB. Z ADITIVOS
5	PH	-	6.08	6-6.5	LAB. Z ADITIVOS
6	VISCOSIDAD	CPS	17600	10000-18000	LAB. Z ADITIVOS
7	SOLUBILIDAD EN AGUA	-	COMPLETAMENTE MEZCLABLE	-	LAB. Z ADITIVOS

Este certificado muestra las características promedio típicas del lote indicado, confirmando que este producto cumple con lo especificado por las normas que se han tomado como referencia.

Los procesos de Operación de Z ADITIVOS SA están Certificados con ISO 9001:2008.

Z ADITIVOS S.A.  
ESTABILIZANTES PARA  
CONCRETO

Este certificado puede ser consultado en [ventas@zaditivos.com.pe](mailto:ventas@zaditivos.com.pe) o en [www.zaditivos.com.pe](http://www.zaditivos.com.pe)

ZADITIVOS S.A. - San Luis 955 - San Luis - Tumbes 000 200 500 - Av. Pucallpa 1001 - Cusco 115 979 999 0000

Ruiz Av. Sucre 211 es 3 Telf: (078) 32-487 8780100 - Lima - Calle Independencia 43 Telf: (079) 88548 - Chiclayo - P. Las Torres 896 Telf: (075) 228 110 - 04 270 776

Cerro A. Tarma, Tarma 1022 - Wanchaq Telf: (084) 287 117 000 000 - Pucallpa - J. Comandante Fajardo Telf: (081) 172 901 88833400 - Arequipa - Calle Pucallpa 203 A. Cerroso Telf: (084) 203 388 00034000

Trome Av. - Trome Telf: 094 425 347 3887500



## Productos para carreteras

# Estabilizador Z con Polímeros

Descripción: Cumple con la Norma MTC 1109 – 2004

### NORMA TÉCNICA DE ESTABILIZADORES QUÍMICOS.

- El efecto beneficioso del ESTABILIZADOR Z CON POLÍMEROS en caminos se debe a sus polímeros, que, incorporados a un suelo, a un afirmado o regados en su superficie nos permite obtener una superficie más compacta, impermeable y no tóxica.
- El ESTABILIZADOR Z CON POLÍMEROS, se diluye 1 - 3 con agua. En el afirmado o suelo mantiene unidas y compactas las partículas finas alrededor de las gruesas con lo que se obtiene estabilización.
- Debe distinguirse claramente que el efecto de la aplicación del ESTABILIZADOR Z CON POLÍMEROS, varía según se aplique sobre un afirmado debidamente graduado o sobre el suelo natural.
- Cuando se aplica sobre caminos afirmados, tiene a mejorar la estabilidad del mismo, es decir mejora la cohesión, compactación y resistencia de una capa relativamente gruesa de material correctamente graduado.
- El espesor del material estabilizado permite su resistencia a un tráfico relativamente alto.
- Cuando la aplicación se efectúa sobre el suelo natural, el éxito depende de la clase de suelo, variando desde un resultado nulo para suelos arenosos y pedregosos, hasta un resultado óptimo para suelos arcillosos. En estos últimos, la aplicación del ESTABILIZADOR Z CON POLÍMEROS solo penetra algunos centímetros, produciendo una costra cohesionada por la humedad, similar a la que se obtiene con un riego constante de agua. La aplicación del ESTABILIZADOR Z CON POLÍMEROS, sobre un suelo arcilloso permite, en ausencia de lluvias, un tráfico de vehículos como de peatones.
- Esta aplicación está recomendada para áreas de velocidad reducida como, por ejemplo, playas de estacionamiento, estaciones de servicios, talleres de reparación, o depósito de almacenaje.

### Ventajas

- Los caminos afirmados tratados con ESTABILIZADOR Z CON POLÍMEROS, constituye la solución intermedia ideal entre una superficie de rodaduras sueltas y polvorienta y un pavimento asfáltico. Esta afirmación es válida tanto desde el punto de vista de costo como de comportamiento.
- El polvo que se desprende por acción del tráfico, provoca incomodidad para los pasajeros aumenta el riesgo de accidentes, así como pérdida de material del camino. Los dos primeros problemas causan repetidas quejas o reclamos, y el último significa una pérdida económica importante. Se ha comprobado que la pérdida anual de material afirmado puede llegar algo más de 20m<sup>3</sup> por Kilómetro de carretera de 6m de ancho y con tráfico de 100 vehículos diarios. El uso del ESTABILIZADOR Z CON POLÍMEROS reduce esta pérdida drásticamente y al mismo tiempo, elimina los demás problemas causados por la polvareda.
- Adicionalmente a las ventajas mencionadas, cuando se usa el ESTABILIZADOR Z CON POLÍMEROS en la construcción del afirmado de caminos se consigue también: más rápida compactación, es decir que se requiere menos pasadas de rodillo para obtener una determinada compactación: mayor densidad, mejores condiciones de trabajo (menos polvareda) durante la construcción.



### Aplicación:

Los mejores resultados se obtienen cuando se incorpora el ESTABILIZADOR Z CON POLÍMEROS, al agua del afirmado durante la construcción ya que de esta manera se obtiene no solo un afirmado estabilizado y libre de polvo, sino que la construcción misma permite obtener mayor densidad con menor trabajo. Se aconseja saturar con ESTABILIZADOR Z CON POLÍMEROS el suelo compactado.

---

### Datos Técnicos:

Aspecto: Líquido

Color: Blanco

Densidad: 1.03 ± 0.01 Kg/L.

Contenido de sólidos: 50-52%

---

### Rendimiento:

En el afirmado

La proporción a trabajar es de 1gal:3gal => estabilizador Z con Polímeros: agua. => 4 galones de mezcla para 1 1m<sup>3</sup> de agregado.

La proporción a trabajar es de 1.5gal:6gal => estabilizador Z con Polímeros: agua. => 7.5 galones de mezcla para 1m<sup>3</sup> de agregado.

Como sellador

La proporción a trabajar es de 1gal:3gal => estabilizador Z con Polímeros: agua. => 4 galones de mezcla para 25m<sup>2</sup>.

La proporción a trabajar es de 1.5gal:6gal => estabilizador Z con Polímeros: agua. => 7.5 galones de mezcla para 25m<sup>2</sup>.

Nota:

Se está considerando que el terreno tendrá un nivel de absorción de la mezcla de aproximadamente 4cm en su espesor. Si el nivel de absorción es menor o mayor, las dosificaciones también podrían variar.

Se brinda la presente información en forma de recomendación. Se debe tener claro que el ejecutor de los trabajos es la persona que debe decidir la cantidad de agua que debería utilizar para la óptima compactación del terreno, ya que dependiendo del tipo de agregados y materiales utilizados la cantidad de absorción de agua puede variar tanto como sellador y afirmado.

---

### Cuidados

Se recomienda el uso de guantes, lentes y mascarilla. Para mayor información remítase a la hoja de seguridad del producto.

---

### Envases

-1 Galón.

-5 Galones.

-55 Galones.

## PROPUESTA DE USO DEL ESTABILIZADOR Z CON POLÍMEROS

### 1. ESTABILIZADOR Z CON POLÍMEROS

Producto líquido de color blanco en base a polímeros acrílicos, destinados a cohesionar las partículas de suelos en materiales de prestación (Afirmado) como en suelos naturales. Brinda un mayor tiempo de vida útil a las vías no asfaltadas, reduce la erosión en temporadas de lluvias y en temporadas secas reduce la polución y contaminación del medio ambiente. Cumple con la norma MTC 1109 – 2004.

- Una de sus ventajas del ESTABILIZADOR Z CON POLÍMEROS en caminos se debe a sus polímeros, que, incorporados a un suelo, a un afirmado o regados en su superficie nos permite obtener una superficie más compacta, impermeable y no tóxica.
- El efecto de la aplicación del ESTABILIZADOR Z CON POLÍMEROS, varía según se aplique sobre un afirmado debidamente graduado o sobre el suelo natural.
- Cuando se aplica sobre caminos afirmados, tiene a mejorar la estabilidad del mismo, es decir mejora la cohesión, compactación y resistencia de una capa relativamente gruesa de material correctamente graduado.
- El espesor del material estabilizado permite su resistencia a un tráfico relativamente alto.
- Cuando la aplicación se efectúa sobre el suelo natural, el éxito depende de la clase de suelo, variando desde un resultado nulo para suelos arenosos y pedregosos, hasta un resultado óptimo para suelos arcillosos. En estos últimos, la aplicación del ESTABILIZADOR Z CON POLÍMEROS solo penetra algunos centímetros, produciendo una costra cohesionada por la humedad, similar a la que se obtiene con un riego constante de agua. La aplicación del

ESTABILIZADOR Z CON POLÍMEROS, sobre un suelo arcilloso permite, en ausencia de lluvias, un tráfico de vehículos como de peatones.

- Esta aplicación está recomendada para áreas de velocidad reducida como, por ejemplo, playas de estacionamiento, estaciones de servicios, talleres de reparación, o depósito de almacenaje.

## 2. PROPORCIÓN DE USO

La proporción para trabajar es de 1gal:3 gal =>1 estabilizador Z con Polímeros: 3 agua. => 4 galones de mezcla para 25m<sup>2</sup>.

La proporción para trabajar es de 1:4gal =>1 estabilizador Z con Polímeros: 4 agua. => 5 galones de mezcla para 25m<sup>2</sup>.

## 3. RECOMENDACIONES DE USO

Es recomendable usar el estabilizador Z con polímeros en carreteras de bajo flujo vehicular con suelos del tipo limo arcillosos con una dosificación 1:3 la cual constituye la solución intermedia ideal en la superficie de rodaduras sueltas y polvorienta. Esta afirmación es válida tanto desde el punto de vista de costo como de comportamiento.

El ESTABILIZADOR Z CON POLÍMEROS, se diluye 1 – 3 con agua. En el afirmado o suelo mantiene unidas y compactas las partículas finas alrededor de las gruesas con lo que se obtiene estabilización.

El polvo que se desprende por acción del tráfico provoca incomodidad para los pasajeros aumenta el riesgo de accidentes, así como pérdida de material del camino. Los dos primeros problemas causan repetidas quejas o reclamos, y el último significa una pérdida económica importante. Se ha comprobado que la pérdida anual de material afirmado puede llegar algo más de 20m<sup>3</sup> por Kilómetro de carretera de 6m de ancho y con tráfico de 100 vehículos diarios. El uso del

ESTABILIZADOR Z CON POLÍMEROS reduce esta pérdida drásticamente y al mismo tiempo, elimina los demás problemas causados por la polvareda.

Además, el uso del ESTABILIZADOR Z CON POLÍMEROS en la construcción del afirmado de caminos se consigue también, más rápida compactación, es decir que se requiere menos pasadas de rodillo para obtener una determinada compactación.

La duración del suelo afirmado y mejorado tiene una dura de 3-5 años ya que el estabilizador Z con polímeros evita la filtración del agua en el material compactado de la capa de rodadura, de esta manera le permite una mayor durabilidad de la carretera.

**Fases de uso:**

- Escarificación del suelo con moto niveladora.
- Análisis del contenido de humedad.
- Esparcido del estabilizador Z con polímeros con una cisterna.
- Mezclado del estabilizador Z con polímeros con el suelo, haciendo uso de la moto niveladora.
- Compactación del suelo escarificado y mezclado con rodillo.
- Secado del suelo con aditivo mezclado y compactado de 2-3 días.

**4. ANÁLISIS DE COSTO UNITARIO**

<b>ANÁLISIS DE COSTO UNITARIO PARA MEJORAMIENTO DE SUELO CON ESTABILIZADOR Z CON POLÍMEROS</b>						
<b>OBRA:</b>	MEJORAMIENTO DE SUELO CON ESTABILIZADOR Z CON POLÍMEROS			<b>FECHA:</b>	14/05/2023	
<b>UBICACIÓN:</b>	Carretera, Huambocancha - Porconcillo			<b>TESIS</b>		
<b>Partida N°:</b>	MEJORAMIENTO DE SUELO CON ESTABILIZADOR Z CON POLÍMEROS			<b>Unidad:</b>	m <sup>2</sup>	
<b>Rendimiento:</b>	480 m <sup>2</sup> / día			<b>Jornada:</b>	8 horas	
Descripción Recurso	Und	Cuadrilla	Cantidad (C)	Precio S/. (P)	Parcial (C*P)	Total
<b>Mano de Obra</b>						
Operario	hh	1	0.0167	S/26.22	S/0.44	
Peón	hh	2	0.0333	S/18.65	S/0.62	
					<b>Costo de Mano de Obra:</b>	<b>S/. 1.06</b>
<b>Materiles</b>						
Estabilizador Z con polímeros	m <sup>2</sup>		0.0400	S/. 96.00	S/. 3.84	
Agua	m <sup>3</sup>		0.2000	S/6.13	S/. 1.23	
					<b>Costo de Materiales:</b>	<b>S/. 5.07</b>
<b>Equipos y Herramientas</b>						
Herramientas Manuales	%MO		5.00%	S/1.06	S/. 0.05	
Motoniveladora de 125 HP	hm	1	0.0167	S/227.56	S/. 3.79	
Rodillo Liso CS54B de 129.4 Hp	hm	1	0.0167	S/311.03	S/. 5.18	
Camión Sisterna	hm	1	0.0167	S/171.58	S/. 2.86	
					<b>Costo equipo y Herramienta:</b>	<b>S/. 11.88</b>
<b>TOTAL:</b>						<b>S/. 18.01</b>

*Nota: Los datos de precios de mano de obra, materiales, equipos y herramientas son sacados de la Revista Costos (Suplemento Técnico abril 2023).*

