



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

Influencia de la incorporación de polietileno y polietileno de tereftalato (PET) en la capacidad de soporte de la subrasante, tramo Chota-Palma 2019

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:**

**Ingeniera Civil**

**AUTORA:**

Chávez Gonzales, Yanet Elizabeth ([orcid.org/0000-0003-4685-9438](https://orcid.org/0000-0003-4685-9438))

**ASESOR:**

Mg. Minaya Rosario, Carlos Danilo ([orcid.org/0000-0002-0655-523X](https://orcid.org/0000-0002-0655-523X))

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de Infraestructura Vial

**LIMA – PERÚ**

**2020**

## **Dedicatoria**

Esta tesis va dedicada a mi padre, mis dos madres, mi hermano Hernán, por haberme apoyado mucho en estos años para lograr ser un profesional de éxito que con esfuerzo, dedicación y voluntad todo se puede realizar y lograr tus metas trazadas.

### **Agradecimiento**

En primer lugar, agradezco a dios y a mis padres, mi hermano Hernán por el apoyo incondicional en todo momento.

A mi familia por darme la fuerza y no dejarme vencer a pesar de los obstáculos para cumplir con una de mis metas.

Agradezco a la universidad por la oportunidad que me dio de tener un futuro y al Mg. Ing. Carlos Minaya por su apoyo durante el desarrollo de esta investigación.

## Índice de contenidos

Carátula.....	i
Dedicatoria .....	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice de contenido.....	iv
Índice de tablas.....	v
Índice de figuras.....	vi
Resumen.....	vii
Abstract.....	viii
<b>I. INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>10</b>
<b>II. MARCO TEÓRICO.....</b>	<b>15</b>
<b>III. METODOLOGÍA.....</b>	<b>16</b>
3.1. Tipo y diseño de la investigación.....	28
3.2. Variables y operacionalización .....	28
3.3. Población, muestra y muestreo .....	28
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	29
3.5. Procedimientos.....	30
3.6. Métodos de análisis de datos.....	31
3.7. Aspectos éticos .....	32
<b>IV. RESULTADOS.....</b>	<b>35</b>
<b>V. DISCUSIÓN.....</b>	<b>45</b>
<b>VI. CONCLUSIONES.....</b>	<b>48</b>
<b>VII. RECOMENDACIONES.....</b>	<b>50</b>
<b>REFERENCIAS .....</b>	<b>60</b>
<b>ANEXOS .....</b>	<b>67</b>

## Índice de tablas

Tabla 1: Categoría de Subrasante.....	16
Tabla 2: Coordenadas-Geográficas de las calicatas.....	26
Tabla 3: Resultados de contenido de humedad.....	27
Tabla 4: Resultados de Limites De Atterberg.....	28
Tabla 5: Resultados Granulometría.....	30
Tabla 6: Resultados de Clasificación SUCS.....	33
Tabla 7: Resultados de Proctor Modificado.....	33
Tabla 8 Resultados de CBR.....	36
Tabla 9: Resultados de Proctor Modificado adicionado Polietileno LDHP.....	39
Tabla 10: Resultados de CBR adicionado con Polietileno LDHP.....	40
Tabla 11 Resultados de Proctor Modificado adicionado con Polietileno de Tereftalato.....	41
Tabla 12 Resultados de CBR adicionado Polietileno de Tereftalato.....	42

## Índice de figuras

Figura 1: Estructura del Polietileno.....	18
Figura 2: Estructura del Polietileno.....	19
Figura 3: Tereftalato de Polietileno.....	19
Figura 4: Ubicación de la población.....	22
Figura 5: Imagen de Número de Calicatas.....	22
Figura 6: Imagen de Número de Ensayos CBR.....	23
Figura 7: Resultados de contenido de humedad.....	28
Figura 8: Resultados de contenido de humedad.....	29
Figura 9: Resultados de Análisis Granulométrico de C-1.....	29
Figura 10: Resultados de Análisis Granulométrico de C-2.....	31
Figura 11: Resultados de Análisis Granulométrico de C-3.....	32
Figura 12: Resultados de Análisis Granulométrico de C-4.....	32
Figura 13: Curva de Humedad Optima Y densidad Máxima Seca de C-1.....	34
Figura 14: Curva de Humedad Optima Y densidad Máxima Seca de C-2.....	34
Figura 15: Curva de Humedad Optima Y densidad Máxima Seca de C-3.....	35
Figura 16: Curva de Humedad Optima Y densidad Máxima Seca de C-4.....	35
Figura 17: Densidad seca vs CBR%); C-01.....	36
Figura 18: Densidad seca vs CBR%); C-02.....	37
Figura 19: Densidad seca vs CBR%); C-03.....	37
Figura 20: Densidad seca vs CBR%); C-04.....	38
Figura 21: Proctor modificado + Polietileno LDHP.....	39

Figura 22: CBR + Polietileno LDHP.....	40
Figura 23: Proctor modificado + Polietileno de Tereftalato.....	41
Figura 24: CBR + Polietileno de Tereftalato.....	43

## Resumen

En este presente trabajo, consistió como objetivo principal la aplicación y reutilización de material reciclado-polímeros de baja densidad y PET de manera triturada para el mejoramiento en la capacidad de soporte una subrasante en la ciudad de Chota, distrito Chota- región Cajamarca. Sabiendo que hoy en día se considera altamente contaminante y rentable en obtenerlo del mismo modo disminuirá la contaminación hacia el medio ambiente, y obtener una cantidad optima de dichos polímeros triturados, todo ello efectuado y verificado de pruebas en laboratorio de mecánica de suelos.

Esta investigación se centra en el mejoramiento de suelos a nivel de subrasante de baja capacidad de soporte, cuyos valores de CBR lo categoriza como insuficiente o pobre, con la incorporación de botellas plástica y bolsas de polietileno de tereftalato, con la finalidad de comparar entre ellos cual influye mucho más.

Utilizando una metodología experimental donde desarrollo ciertos ensayos al suelo de la subrasante en la cual se extrajeron 4 calicatas según sus características físicas- mecánicas, asimismo obteniendo su clasificación de suelo, se aplicará las dosificaciones de 2.5%, 5.5% y 7.5% de polietileno de baja densidad y tereftalato para determinar su capacidad de soporte de un CBR al 95% de su densidad máxima seca.

Finalmente, con los ensayos se vio que es factible su aplicación e uso ya que ayuda a la estabilización de suelos arcillosos, tienen un costo mínimo a comparación del agregado natural y se surge que se empleen más estudios relacionado con los tipos de materiales.

**Palabras clave:** Polietileno de baja densidad LDPE, Polietileno de tereftalato, estabilización de suelo.

## **Abstract**

In This present works, the main objective was the application and reuse of recycling material-low density polymers and PET in a crushed manner for the improvement of the support capacity a sub-processing in the city of Chota, Chota-region Cajamarca district. Knowing that today its considered highly polluting and cost-effective in obtaining it in the same way will reduce pollution to the environment, and obtain an optimal amount of these crushed polymers, all carried out and verified tests in the soil mechanics laboratory.

This research focuses on the improvement of soil at the sub-limit level of low support capacity, whose CBR values categorize it as insufficient or poor, with the incorporation of plastic bottles and polyethylene terephthalate bags, in order to compare between them which influences much more.

Using an experimental methodology where I develop certain soil tests of the sub-fragrant in which 4 calicatas were extracted according to their physical-mechanical characteristics, also obtaining their soil classification, dosages of 2.5%, 5.5% and 7.5% of low density polyethylene and terephthalate will be applied to determine their support capacity of a CBR at 95% of its maximum dry density.

Finally, trials found that its application and use is feasible as it helps stabilize clay soils, has minimal cost compared to natural aggregate, and it emerges that more studies related to material types are used.

**Keywords:** LDPH low density polyethylene, Terephthalate polyethylene, soil stabilization.

## **I. INTRODUCCIÓN**

A pesar del tiempo en las ejecuciones de autovías llegó a ser parte fundamental del desarrollo de un país y también uno de los problemas ingenieriles que se ha presentado así mismo en la actualidad en diferentes proyectos era la calidad de los suelos adyacentes. [1]

**En el aspecto Internacional,** habían desarrollado el estudio de la adición de aditivos, impregnación de fibras naturales, sintéticas o sustancias orgánicas con el fin de aumentar su capacidad portante e incrementar su CBR y estabilizar un suelo blando.<sup>2</sup> Por lo cual en los países como EE. UU, México y Colombia había demandado el empleo de distintas técnicas de utilización de una sucesión de materiales para el mejoramiento de suelo como fue el uso geomalla TX140-160, cemento blanco, aditivo optima sol proveniente de magnesio y productos asfáltico entre ello el cemento asfáltico Gardner llegaron a estabilizar un suelo de baja capacidad obtuvieron una superficie más firme y estabilizada.

**En el aspecto Nacional,** en el Perú un 85.9% de la red vial regional o departamental se encontraban con un suelo del mal estado, porque portaban una pésima capacidad portante<sup>3</sup>. Por esa circunstancia en los departamentos de Arequipa, Cuzco y Amazonas, se había empleado en las construcciones de vías o reforzamiento del suelo virgen que debían entremeterse en territorio lluvioso pusieron en práctica para un mejoramiento de suelo la incorporación de fibras de polímero sintéticos, adición de cal, cemento y productos orgánicos como la goma de la penca de Tuna. En cual ayudo a perfeccionar en sus propiedades físicas y mecánicas para un suelo inestable, y en el mejoramiento de la subrasante se vía reflejado en los rasgos físicos del solado.

**En el aspecto Local;** en la ciudad de Chota distrito Las Palmas, estaba constituida por suelos de baja resistencia de soporte, del mismo modo que se encontraba al nivel del firme natural y en pésimas restringirnos de transpirabilidad y desprendimiento del talud agravándose más en época de lluvia<sup>4</sup>

El desarrollo de esta investigación se basó y permitió dar dos métodos para el mejoramiento de suelo arcilloso por medio de la adición de bolsa polietileno de baja densidad (LDPh) y botellas de plásticos de Tereftalato de polietileno (PET) a nivel de subrasante, optimizaría ciertas particularidades físicas territorial, igualmente solventaríamos el problema de la inconsistencia respecto al firme

blando; como también fue un buen uso a las botellas plásticas recicladas. se realizó ensayos de laboratorio con las normas y especificaciones técnicas sometido a ensayo de granulometría, que el material triturado paso por la malla N°4 con un diámetro de 4.75mm.

### **Problema General**

¿Cuánto influye la incorporación de polietileno de baja densidad (LDPH) y polietileno de tereftalato ((PET) para la estabilización del suelo al nivel de la subrasante en el tramo Chota-Palma 2019?

Los problemas específicos de esta investigación fueron:

- ¿Cuánto es la dosificación en porcentaje de adición de polietileno de baja densidad (LDPH) para el mejoramiento de la capacidad de soporte de la subrasante en el tramo Chota- Palma 2019?
- ¿Cuánto es la dosificación en porcentaje de adición de polietileno de tereftalato (PET) para el mejoramiento de la capacidad de soporte de la subrasante en el tramo Chota-Palma 2019?
- ¿Cuánto de aditivo polietileno de baja densidad (LDPH) y polietileno de tereftalato (PET) que lograra una mayor mejora en la capacidad de soporte de la subrasante en el tramo Chota-Palma 2019?

### **Justificación del estudio**

La reciente investigación es justificada en la parte social, practica, económica y ambiental; es importante y necesaria porque nos permitirá ampliar los conocimientos que hoy en día en la ciudad de Chota distrito Las Palmas, en la variable dependiente estructura de la subrasante: está constituida con nivel de resistencia que son categoría limos el mismo que se encuentra a ras natural en pésimas condiciones transpirabilidad, pudiendo ocasionar la inestabilidad de la plataforma de la carretera, Práctica se basa en la aplicación de polietileno para su evaluación de la estructura de la subrasante como menciona “se emplea como un refuerzo que incrementa de manera potencial y según a eso se podrá determinar el nivel de resistencia, como favorécela versatilidad del precio y período en el procedimiento de la estructura del suelo” [5].

Objetivo general

Determinar la influencia de la incorporación de polietileno de baja densidad (LDPH) y polietileno de tereftalato (PET) para la estabilización del suelo al nivel de la subrasante en el tramo Chota-Palma 2019.

Los objetivos específicos de esta investigación fueron:

- Determinar la dosificación en porcentaje de adición de polietileno de baja densidad (LDPH) para el mejoramiento de la capacidad de soporte de la subrasante en el tramo Chota- Palma 2019.
- Determinar la dosificación en porcentaje de adición de polietileno de tereftalato (PET) para el mejoramiento de la capacidad de soporte de la subrasante en el tramo Chota—Palma 2019.
- Analizar los estabilizadores, polietileno de baja densidad (LDPH) y polietileno de tereftalato (PET) que lograra una mayor mejora en la capacidad de soporte de la subrasante en el tramo Chota-Palma 2019.

Hipótesis general

La incorporación de polietileno de baja densidad (LDPE) y tereftalato de polietileno (PET) influyen en el mejoramiento de la capacidad de soporte de la subrasante en el tramo Chota-Palma, 2019.

Las hipótesis específicas de esta investigación fueron:

- La dosificación de adición de polietileno de baja densidad (LDPE) aumenta la capacidad de soporte de la subrasante en el tramo Chota –Palma 2019.
- La dosificación en porcentaje de adición de polietileno de tereftalato (PET) aumenta la capacidad de soporte de la subrasante en el tramo Chota-Palma 2019.
- Los estabilizadores, polietileno de tereftalato (PET) y Polietileno LDPE, reducen el contenido de humedad de la subrasante en el tramo Chota –Palma 2019.

## **II. MARCO TEÓRICO**

Internacional

**Carvajal** (2018), en su estudio titulada *Evaluación de la resistencia de un suelo areno arcilloso con refuerzo de fibras PET*. Universidad Piloto de Colombia, tuvo como **objetivo** general la evaluación de la resistencia de un suelo arenoso arcilloso al adicionar fibras PET como refuerzo y comparar los parámetros del suelo natural con la adicción del 1% de fibras PET, analizando los resultados obtenidos. **Tipo** de estudio es experimental cuantitativa, conformado por equipos de laboratorio empleando la técnica de observación para tomar los datos con la **población** está conformado por un suelo areno arcilloso, del municipio de agua de dios tramo de 114km, con la **muestra** extraída estuvo conformada por 4 calicatas de 1m de profundidad, **resultados** se evidencia una comparación del CBR natural con CBR mejorado, se ratifica que el 1% de adicción de fibras PET genera un mejoramiento a la resistencia del 1.9% y mediante del ensayo del proctor modificado se obtiene 1.725gr/cm<sup>3</sup> densidad seca con 19.7% de humedad óptima. se **concluye** que, al realizar la caracterización del suelo con adicción, se tiene un CBR de 1.9% que solo mejoro un 0.3% en comparación al suelo natural, en la cual especifica que el porcentaje mínimo de un CBR para ese tipo de suelo debe ser mayor al 5%.<sup>6</sup>

**Aponte** (2019), en su estudio titulada *Evaluación del comportamiento físico de un suelo fino con adicción de fibras de Polietileno De Tereftalato (PET)*, universidad de Ibagué de Colombia tuvo como **objetivo** principal evaluar el comportamiento físico de un suelo fino al adicionar fibras de PET en porcentajes de 0.5%, 1.0%, 1.5% y 2.0% y determinar el incremento de la resistencia para cada una de las densidades e identificación, comparación del aporte que genera a los parámetros de la resistencia con la adicción de PET , **Tipo** de estudio Aplicada, conformado por equipos de laboratorio empleando técnica de la observación tomar los datos la **población** está conformado por un suelo fino de estudio **muestra** del estudio está conformada por 4 probetas del suelo natural, **Resultados** con el emplea miento del 0.5% de fibra de Pet intensifica su CBR un 30%, con la adicción del 1.0% de pet incrementa su CBR un 40%, con la adicción del 1.5% incrementa a un 60% de su capacidad portante y con la adicción del 2.0% de pet incrementa la resistencia del CBR a un 230%. Se **concluye** que el incremento más de dos veces su resistencia en base en estado natural y con los parámetros mecánicos mejora

proporcionalmente al adicionar el 2.0% fibras de Polietileno Tereftalato mejoran considerablemente a un suelo limoso.<sup>7</sup>

**López** (2016), en su trabajo titulada, *Suelos arcillosos reforzados con materiales de plásticos reciclado (PET)*, Universidad Nacional Autónoma de México, tuvo como **objetivo** principal detallar un suelo arcilloso a la resistencia cuando adicionan fibras de materiales de plástico y evaluar con los diferentes porcentajes de fibras de PET con distinto porcentaje de 0.2%, 0.5%, 1.0% y 1.5% del peso del suelo y analizar los resultados obtenidos de la determinación de los cambios producidos por el agregado de plástico en las propiedades mecánicas del firme. Fue un estudio de **Tipo** aplicada, conformado por equipos de laboratorio y se utilizó la técnica de la observación para tomar los datos la **población** de estudio en el tramo km 5+00: 850 en el sector El Tablón, **muestra** fue de 48 probetas de suelo con 4 porcentajes de adición de pet, los principales **resultados** fueron para la aplicación mayor del 1.5% de pet mejora las características mecánicas del solado y reduciendo 33% de contenido de agua y aumento capacidad de soporte del 61.40%., **se concluyó** que para un suelo arcilloso con la adición de pet 0.2% aumenta 23.02%, con la adición de pet 0.5% aumenta 30.70%, con la adición de pet 1% aumenta 33.72% y con la adición de 1.5% aumenta 61.40%.<sup>8</sup>

**Moposita** (2016), in his research title, *Influence of the inclusion of recycled polymer (rubber) on the mechanical properties of granular soil*. Universidad Técnica del Norte de Canadá. Tuvo como **objetivo** de mejorar las propiedades mecánicas de un suelo granular mediante la inclusión de polímero reciclado en diferentes porcentajes del 3%, 6% y 9% con el objetivo de determinar el porcentaje óptimo. Fue un **tipo** de estudio experimental aplicado, la **población** son 12 km sector Lecorbusier y **la muestra** están conformadas por 70 unidades muéstrales; los instrumentos fueron ensayos de laboratorio como el límite de Atterberg, compactación (Proctor modificado) y el CBR de los cuales obtuvimos como **resultados**: en condición natural como de la muestra con la adición de caucho en diferentes porcentajes y se estableció que a medidas que vamos aumentando caucho a muestra nuestra resistencia va disminuyendo **Se concluyó** que un 3% de caucho da un 30,00% del CBR; siendo este el porcentaje optimo que logra estabilizar el suelo.<sup>9</sup>

**Smith** (2017), effect of the addition of recycled polymer fiber on the CBR value of granular soils, University of Chicago, **the aim** of this research is to add value to the polymer obtained from recycled PET disposable bottles (polyethylene terephthalate), for use as an additive to improve the value of CBR California support granular soils. In order to determine the proper dosage of recycled polymers it had to perform CBR test so we can find an optimal dosage rate and suitable material for stabilization, for witch 73 CBR test carried out on the standard sample and then varying were made the percentage of recycled polyethylene fiber o dry soil weight and size of the polymers.<sup>10</sup>

**Spites** (2017). In so stud titled. *Variation of The Support Capacity On a Base Granular by Inclusion of Polyethylene Terephthalate (Pet) As Aggregate Material (Range 0%, 50% And 100% - Sieves N ° 4, 3/8", 1/2", 3/4 "And 1")*. Universidad Technical del Norte de Canadá. con el **objetivo** es determinar las características físicas y mecánicas del material Pet añadido a la base granular con diferentes porcentajes de 0%, 50% y 100%. Fue un **tipo** de estudio cuantitativa y experimental, la **población** y **muestra** están conformadas por 50 unidades muéstrales. Se **concluyó** en el reemplazo de PET en la adicción del 50%, el tamiz en el que se obtuvo un mejor resultado del CBR es 3/8" que obtuvo con un valor de 106% mejorando la capacidad portante y en la adicción de PET en un 100%, el tamiz en el que se obtuvo un mejor resultado del CBR es 3/4" obtuvo con un valor de 60% mejorando la capacidad portante<sup>11</sup>

**Muhammend** (2017), *Analysis of the influence of waste polymer of soil subgrade*, this research tried to demonstrate its high potential in the resistance of the subgrade, as well as its variation in moisture content, with the incorporation of high-density polyethylene (HDPE) plastic fibers. For this, a series of CBR tests of soil reinforced with plastic fibers were carried out in proportions of (0 - 6%). The results showed that the use of plastic fibers in adequate proportions helps to optimize their soil resistance and in the modification of their properties. The reinforcement benefit increased with an increase in plastic fiber content and plastic fiber length.<sup>12</sup>

**Serrano y Padilla** (2018) en su artículo publicado *Análisis de los cambios en las propiedades mecánicas de materiales de subrasante por la adicción de materiales poliméricos reciclados*, Ingeniería Solidaria México. Como **objetivo** fundamental las

modificaciones de las propiedades de subrasante por medio de adición de fibras naturales y sintéticas. Los **resultados** demostraron que la adición de las fibras de polímeros reciclados aumenta considerablemente en la resistencia del firme con el porcentaje óptimo del 5%. Las **pruebas** se realizaron en suelos donde las fibras habían sido utilizadas con diferentes longitudes y proporciones (2% a 5%). Se **concluyó** que el uso de fibra ayuda a mejorar la resistencia del suelo; y el beneficio de refuerzo aumenta conforme crece el contenido de la fibra el material se puede utilizar en cursos base para construir caminos rurales sobre arcilla saturada.<sup>13</sup>

**López, Hernández y Horta** (2015), en su artículo científico titulado *Polímeros para la estabilización volumétrica de arcillas expansivas*, Iberoamericana de polímeros Canadá. Su **estudio** principal está basado en la adición de los porcentajes de 2%,4%,6%,8%y10% para mejorar las características físico-químicas de las arcillas, de los **resultados** obtenidos de estas pruebas se decidió utilizar como la dosificación óptima a un 5% de combinación que mejor logra los objetivos; se **concluyó** que un mayor porcentaje no mostro cambios significativos en su estabilización volumétrica de arcillas.<sup>14</sup>

## **Nacional**

**Sañac** (2018), en su investigación titulada *Influencia de la incorporación de plástico reciclado triturado – PET en el mejoramiento del suelo a nivel de sub rasante en la prolongación de la Av. Micaela Bastidas, Tamburco - Abancay, 2018* de la universidad Tecnológica de los Andes, tuvo como **objetivo** determinar la influencia de plástico reciclado triturado para el mejoramiento del suelo a nivel de subrasante, con la dosificación de incorporación para poder hallar la dosificación óptima, Fue un estudio de **tipo** aplicada, la **población**, conformada Av. Micaela Bastidas, Tamburco, Km 0 +0.00 – Km 0+400, **muestra**, conformado por 3 calicatas, **instrumentos**, conformado por equipos de laboratorio y se utilizó la técnica de la observación para tomar los datos, los **resultados**, tenemos que con la incorporación de PRT-PET en una dosificación óptima de 5%, se tuvo el más significativo crecimiento del CBR, llegando a mejorar el suelo natural de 3.4% a 7.8% que representa incremento en 129% y en expansión de 1.1% a 0.6% Se **concluyó** que la incorporación de PRT-PET influye significativamente en el

mejoramiento de suelo a nivel de sub rasante incrementando el valor de CBR y reduciendo la expansión del suelo natural, con un valor de CBR de 3.4% y 1.1%.<sup>15</sup>

**Leiva** (2016), en su estudio de titulación *Utilización de Bolsas de Polietileno para el mejoramiento de suelo a nivel de la subrasante en el Jr. Arequipa, Progresiva KM 0+000-Km 0+100, distrito de concepción*, universidad Nacional del Centro Del Perú, como **objetivo** del estudio es analizar el efecto de las bolsas en el suelo a nivel de la subrasante y hallar la dosificación óptimo adicionando las bolsas de polietileno fundido en diferentes porcentajes del 2%,4%, 6%, 8% y 10%. Fue un **estudio** de tipo Aplicada, la **población** conformado el tramo Jr. Arequipa, progresiva 0+0000 – Km 0+100 con **muestra** por 3 calicatas de 1.5m y 75 ensayos de caracterización de la resistencia **resultados**, el CBR de la muestra patrón es 4.15% de la M.D.S y al adicionar las bolsas de polietileno con el 2% aumenta su capacidad de soporte un 6.35%, con el 4% incrementa un 7.355%, con el 6%, incrementa un 7.98%, con el 8% incrementa un 7.20% y con el 10% de adicción mejora un 6.40%.**concluyó:** pueden ser utilizados las bolsas de polietileno para acrecentar sus cualidades físicas, mecánicas de una subrasante en porcentaje óptimo al 6%, el CBR del suelo arcilloso es incrementa un 7.95 %, comparando respecto muestra patrón que obtuvo un CBR de 4.15%<sup>16</sup>

**Gonzales** (2018) en su indagación titulada *Estabilización de la subrasante de suelo arcilloso con aplicación de polímero sintético en la carretera-Huancas,2018*, Universidad Nacional de Cajamarca, tuvo como **objetivo** fundamental en analizar el efecto que causa la adición de polímero sintético en la estabilización al nivel de la subrasante del suelo arcilloso con la adicción de los porcentajes de 3%,6% y 9%. Fue un **estudio** de tipo aplicada, la **población** está conformado por la carretera de Chachapoyas-Huancas, **muestra** conformado por 3 calicatas de 1.50m, **resultados** Para las tres muestras de suelo se observa que la expansión de suelo arcilloso con la adición de polímero sintético en porcentajes de 6% y 9% aumenta su variación volumétrica en 1% hasta 2%,se **concluyó:** la densidad seca máxima en los porcentajes de 95 3%,6% y 9% disminuye entre 0.01gr/cm<sup>3</sup> hasta un 0.04 gr/cm<sup>3</sup> con respecto a la densidad de suelo natural.<sup>17</sup>

**Subrasante** “Es la superficie finalizada, referida al suelo natural compactado en la cual se apoya y se construye toda la estructura de un pavimento. [...]” [18]

“Las cualidades notables para analizar en la subrasante son las propiedades físicas: (Granulometría, límites de consistencia, densidad, contenido de agua), propiedades mecánicas (máxima densidad seca y capacidad de soporte [...]) [19]

Los suelos que se encuentran debajo del nivel de la superficie constan con un CBR ( $\geq 6\%$ ), en caso contrario cuenten  $\leq 6\%$  [...]sean estabilizados con algún aditivo químico, natural para establecer el firme estable.<sup>20</sup>

**Tabla 1 : Categoría de Subrasante**

USO	CLASIFICACION CUALITATIVA DEL SUELO	CBR (%)
S0 : Subrasante	muy pobre	< 3
S1 : Subrasante	pobre	3--5
S2 : Subrasante	regular	6--10
S3 : Subrasante	buena	11--19
S4 : Subrasante	muy buena	>20

Fuente: Elaboración propia

Parámetros determinantes de la subrasante: El comportamiento generalmente va depender por tres características básicas en las cuales se basan en la interrelación entre ellos, siendo las siguientes. [...] [21]

La capacidad portante: “Debe poseer con amplitud de soportar las cargas transmitidas por la estructura de pavimento [...] y las cargas que ejecuta funciones del tipo de suelo, al grado de compactación”. [22]

Contenido de humedad: “es afectado principalmente por los escenarios de drenaje, sublimidad del nivel freático, infiltración. Si consta con un exceso de humedad sufrirá deformaciones prematuras antes al paso de cargas” [...] [23]

### **Ensayos en el suelo**

Granulometría: Es un procedimiento manual o mecánico en la cual se representa la asignación de las formas particulares de los agregados, que estas conformadas del suelo y clasificarlas de acuerdo a su tamaño.<sup>19</sup>

Contenido de Humedad: “La humedad de un firme es la relación, expresa como porcentaje, del peso del agua en una masa dada del suelo, al peso de las partículas sólidas.” [24].

Límites de Consistencia del suelo: “Están conformado por el limite líquido y limite plástico, ya que deforman el suelo y reducen su capacidad portante de un firme, siendo el interés el intervalo de humedad por el cual se comporta de manera plástica”. [25].

Proctor Modificado: “Conforme fueron aumentaron las cargas y su uso en la compactación de campo, se vio la necesidad de desarrollar mayores densidades y resistencia relacionados con los materiales a usar a mayor trabajo de compactación.” [26].

CBR (California Bearing Ratio): “es un ensayo de resistencia de mayor importancia, es una medida de resistencia al esfuerzo cortante de un suelo en función a la densidad y humedad.” [27].

Subrasante del suelo Arcilloso: “se le denomina de arcillosa a partículas solidad porque cuentan con una medida diminuta a 0.005mm, cuya masa conforman cualidades plásticas al mezclarse con agua” [28]

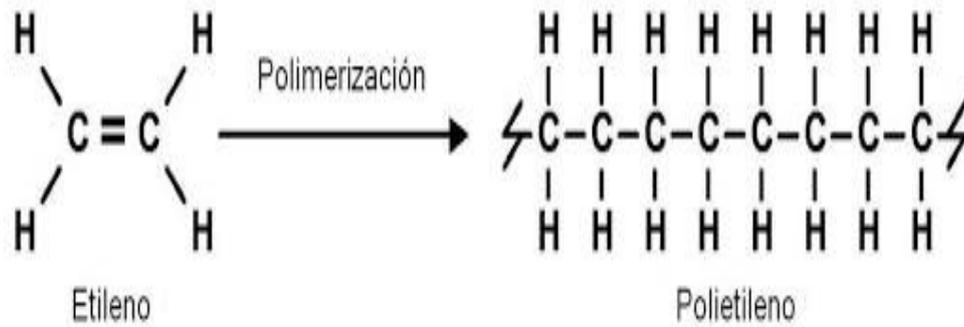
Estabilización de suelo: “Radica mejorar a los mismos agregados, resistencia mecánica y estancia de las cualidades. Las técnicas son variadas la adicción de otro dolado a la incorporación de uno o más químicos para estabilizar, un proceso de compactación.” [29].

## **Polietileno**

“Material traslucido y deforme, nombrado polímero artificial termoplástico que se adquieren mediante las condensaciones del etileno, que posee un tono blancuzco y translucido. En el comercio se distribuyen en distintas categorías” [30].

### **Estructura del Polietileno**

Químicamente ( $\text{CH}_2 - \text{CH}_2-$ ). Molécula compuesta, por dos átomos de carbono y cuatro átomos de hidrogeno unidos todos por el mismo enlace de tipo covalente.<sup>31</sup>



*Figura 1:* Estructura del Polietileno.  
Fuente: Estructura química del polietileno

### **Polietileno de baja densidad (LDPE)**

Es un polímero con vinculo ramificada, adquiere mediante la polimerización del etileno mediante presiones altas por mecanismo radicales libres. En cual divide en polietileno de baja densidad, polietileno lineal de baja densidad y polietileno de muy baja densidad, se encuentra mayormente en: bolsas, sacos de dormir.<sup>32</sup>

### **Bolsas de Polietileno de baja densidad (PET)**

Están compuesta de un mayor espesor y por tanto no son transparente. Se encuentran generalmente en lugares como: ferreterías, donde el peso de los productos es mayor, y requiere de una resistencia al desgarre que las bolsas (PEAD) no puede proporcionar.<sup>33</sup>



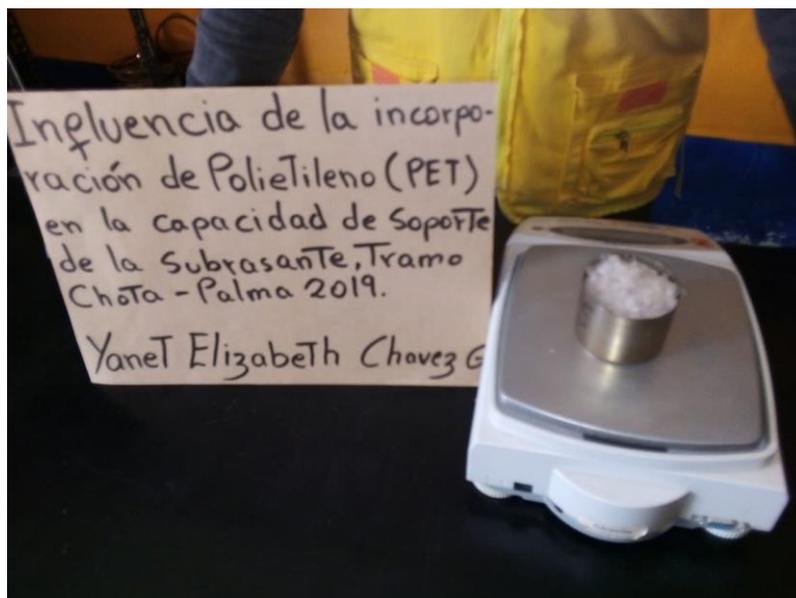
*Figura 2:* Estructura del Polietileno.  
Fuente: Estructura química del polietileno

### Tereftalato de polietileno (PET)

Son Polímeros PET que están hechas de tereftalato de polietileno, tienen un número uno impreso en la parte superior, son fabricados de un plástico y durable que son buenos por su portabilidad.<sup>34</sup>



*Figura 3: Tereftalato de Polietileno*  
Fuente: Estructura química del polietileno



*Figura 4: Tereftalato de Polietileno*  
Fuente: Estructura química del polietileno

### **III. METODOLOGÍA**

### 3.1. Tipo y diseño de investigación

**Tipo de investigación:** Desarrollada con tipo de investigación aplicada, debidamente se aplica y se emplea conceptos y uso de tecnologías ya establecidas para la solución de la realidad problemática.<sup>35</sup>

Por lo tanto, la actual indagación cuenta de tipo **Aplicada**, debidamente se aplica y se emplea conceptos previos en mejoramiento de la subrasante con la adicción de Polietileno (LDPE) y Polietileno de Tereftalato de Polietileno (PET), con el fin de dar conocer distintas soluciones o alternativas para una mejor estabilización de suelo con pie de uso de tecnologías.

#### Diseño de investigación

Diseño experimental: "(...) Se les nombraba **diseño causi experimentales** porque tenía ciertas restricciones al ser aplicado al diseño experimental verdadero, como finalidad la evaluación de los fenómenos manipulados de manera intencional, conformado por más de unas variables independientes para examinar los cambios que sufren en las variables dependientes". [36].

De tal modo, el proyecto se consideraba **Cuasi experimental**, preciso que se evaluara intencionalmente los porcentajes de la incorporación de Polietileno (LDPE) y Polietileno de Tereftalato de Polietileno (PET) (2.5%, 5.5% y 7.5%) de la capacidad de soporte de la subrasante, es decir, que vamos a manipular a la variable dependiente, explicando los cambios que vamos a obtener por su cambio.

### 3.2. Variables y Operacionalización

**Variable dependiente:** Capacidad de soporte de la subrasante

- **Definición Conceptual:** Es la capa situada arriba del cuerpo de terraplén y debajo de la sub base, que tiene la función de dar alineamiento vertical del camino, por lo que recibe menor cantidad de esfuerzo a causa de las cargas de tránsito.<sup>37</sup>
- **Definición operacional:** La estabilización de un suelo tiene propiedades mecánicas-físicas que resaltan en su mejoramiento. En este estudio se realizará primeramente la excavación de 4 calicatas para la clasificación del suelo, asimismo se realizará ensayo de CBR y Proctor Modificado para ver el grado de trabajabilidad, seguidamente se añadirá la adicción en 2.5%, 5.5% y 7.5%.

### Variable independiente:

#### Polietileno (LDPH)

- **Definición Conceptual:** conocido como polietileno termoplástico que está conformado por unidades repetidas de etileno, mayormente encontrado en productos de bolsas plásticas, fabricación de juguetes, sacos plásticos, bolsas de dormir.<sup>38</sup>
- **Definición operacional:** La adición de Polietileno (LDPH) en 2.5%, 5.5% y 7.5% relación al suelo, se emplearán para las 04 muestras, lograr la disminución de agua e incrementar nivel de resistencia.

#### Tereftalato de polietileno (PET)

- **Definición Conceptual:** Conocido por ser materia fabricada mediante botellas, envases y empaques plásticos, generalmente transparente constituida por una base peculiar de material reciclado.<sup>39</sup>
- **Definición operacional:** La adición de tereftalato de polietileno en 2.5%, 5.5% y 7.5% relación al suelo, se emplearán para las 04 muestras, con el fin de reducir el contenido de humedad e incrementar nivel de resistencia.

### 3.3. Población, Muestra y muestreo

**Población:** “Entendida como el conjunto de individuos sobre los cuales serán realizadas observaciones donde se desarrollará el trabajo de investigación (...)” [40].

La población del estudio estuvo compuesta por todas las calicatas en la carreta Palmas-Chota,



*Figura 4:* Ubicación de la población  
Fuente: Municipalidad de Chota

**Muestra:** “es un fragmento o subconjunto finito trascendental tomado de una población” [41].

Cabe resaltar que, el tipo de carretera del presente estudio es de 3da clase, con un IMDA entre los 400-201 veh/día para una calzada de dos carriles, según el Manual de Carreteras -Sección de Suelos y Pavimentos, indicando la realización de dos (02) calicatas por 1km a una profundidad no menor de 1.5 m del nivel de la subrasante.

Tipo de Carretera	Profundidad (m)	Número mínimo de Calicatas	Observación
Autopistas: carreteras de IMDA mayor de 6000 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	1.50m respecto al nivel de subrasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> <li>Calzada 2 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido</li> <li>Calzada 3 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido</li> <li>Calzada 4 carriles por sentido: 6 calicatas x km x sentido</li> </ul>	Las calicatas se ubicarán longitudinalmente y en forma alternada
Carreteras Duales o Multicarril: carreteras de IMDA entre 6000 y 4001 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	1.50m respecto al nivel de subrasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> <li>Calzada 2 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido</li> <li>Calzada 3 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido</li> <li>Calzada 4 carriles por sentido: 6 calicatas x km x sentido</li> </ul>	
Carreteras de Primera Clase: carreteras con un IMDA entre 4000-2001 veh/día, de una calzada de dos carriles.	1.50m respecto al nivel de subrasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> <li>4 calicatas x km</li> </ul>	Las calicatas se ubicarán longitudinalmente y en forma alternada
Carreteras de Segunda Clase: carreteras con un IMDA entre 2000-401 veh/día, de una calzada de dos carriles.	1.50m respecto al nivel de subrasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> <li>3 calicatas x km</li> </ul>	
Carreteras de Tercera Clase: carreteras con un IMDA entre 400-201 veh/día, de una calzada de dos carriles.	1.50m respecto al nivel de subrasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> <li>2 calicatas x km</li> </ul>	
Carreteras de Bajo Volumen de Tránsito: carreteras con un IMDA $\leq$ 200 veh/día, de una calzada.	1.50m respecto al nivel de subrasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> <li>1 calicata x km</li> </ul>	

*Figura 5:* Imagen de Número de Calicatas

Fuente: Manual de Carreteras – Sección de Suelos y Pavimentos

Cabe resaltar también que, según el tipo de carretera del presente estudio, y de acuerdo al Cuadro 4.2 Número de Ensayos de CBR del Manual de Carreteras - Sección de Suelos y Pavimentos, se indica realizar un (01) Ensayo CBR por cada 2 km como mínimo.

Tipo de Carretera	Nº Mr y CBR
Autopistas: carreteras de IMDA mayor de 6000 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Calzada 2 carriles por sentido: 1 Mr cada 3 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido</li> <li>• Calzada 3 carriles por sentido: 1 Mr cada 2 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido</li> <li>• Calzada 4 carriles por sentido: 1 Mr cada 1 km y 1 CBR cada 1 km x sentido</li> </ul>
Carreteras Duales o Multicarril: carreteras de IMDA entre 6000 y 4001 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Calzada 2 carriles por sentido: 1 Mr cada 3 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido</li> <li>• Calzada 3 carriles por sentido: 1 Mr cada 2 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido</li> <li>• Calzada 4 carriles por sentido: 1 Mr cada 1 km y 1 CBR cada 1 km x sentido</li> </ul>
Carreteras de Primera Clase: carreteras con un IMDA entre 4000 - 2001 veh/día, de una calzada de dos carriles.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cada 1 km se realizará un CBR</li> </ul>
Carreteras de Segunda Clase: carreteras con un IMDA entre 2000 - 401 veh/día, de una calzada de dos carriles.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cada 1.5 km se realizará un CBR</li> </ul>
Carreteras de Tercera Clase: carreteras con un IMDA entre 400 - 201 veh/día, de una calzada de dos carriles.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cada 2 km se realizará un CBR</li> </ul>
Carreteras de Bajo Volumen de Tránsito: carreteras con un IMDA ≤ 200 veh/día, de una calzada.	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Cada 3 km se realizará un CBR</li> </ul>

Figura 6: Imagen de Número de Ensayos CBR

Fuente: Manual de Carreteras – Sección de Suelos y Pavimentos

Ante ello, se tomará como muestra 2 Km, por ello se realizarán cuatro (04) calicatas para efectos de la muestra, de ese total, se tendrá que extraer una cantidad suficiente para poder realizar cuatro (04) Ensayos CBR, (04) Próctor Modificado (04) Clasificación de suelo y (04) Límites de Atterberg (Límite Líquido y Límite Plástico), para definir las propiedades físico – mecánicas, según (N, 2.5%, 5.5%, 7.5%).

**Muestreo:** “(...) Es la nominación de la población a estudiar, se obtiene mediante la muestra, en la cual es seleccionado al azar y a criterio propio”. [42]

Según la investigación presentada, optó por el método de muestreo **no probabilístico**, pues no depende de la probabilidad, sino a la elección del tipo de carretera y de las características (muestra) será elegida dependiendo de lo que requiera la investigación y alcance a la norma.

### 3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos:

#### **a) Prospectiva:**

son aquellos estudios donde el investigador ejecuta mediante con un plan de sus propias mediciones en el Laboratorio, en base a los indicadores de sus antecedentes de tesis o sus artículos de investigación, ejerciendo siempre el control sobre sus mediciones.<sup>43</sup>

La técnica como método de recolección de datos para esta indagación estuvo conformado por los ensayos de laboratorio (causi experimental = propiedades físicas-mecánicas subrasante), en base a los instrumentos su recojo de datos será mediante el análisis de mecánica de suelos, según sus indicadores a aplicarse (2.5%, 5.5% y 7.5%), empleado junto al laboratorio de mecánica de suelos, sujetos a las normas designada por cada tipo de ensayo.

### **3.5. Procedimientos:**

#### **a) Prospectivo:**

La extracción de la muestra, se obtuvo mediante la excavación de 4 calicatas de 1.5m de profundidad, 0.80m de ancho y 0.60m de largo, que se realizaron in situ, el cual fue transportado al laboratorio, para ser sometidos a los ensayos de clasificación de suelo, CBR y Proctor Modificado, de acuerdo el ASTM para analizar la mejor alternativa de los resultados.

### **3.6. Método de análisis de datos**

#### **a) Prospectivo**

Para la selección de datos se ejecutará mediante la observación directa, por medio de ellos nos permitirá visualizar cada prueba, ensayado en laboratorio y tomando los apuntes correspondientes, necesarios para nuestros resultados y contrastarlos con la hipótesis

### **3.7. Aspectos éticos:**

Siendo alumnos futuro ing. Civil, el presente proyecto de investigación se desarrolló con total honestidad, honradez, respeto y confianza de no haber copiado parte de las tesis de otros autores, respetando sus aportes, indicando todos los manuales, normas e instrumentos que se usaron en el proyecto de investigación con las respectivas resoluciones, los cuales al final serán comparados por la herramienta web Turnitin y de los valores más influyentes.

## **IV. RESULTADOS**

## Tema Projectado

La presente indagación consistió en la influencia de la aplicación de polietileno de baja densidad y polietileno de tereftalato en la capacidad de soporte de la subrasante en el tramo Chota-Palma.

## Ubicación Política del Proyecto

Región : Cajamarca  
Departamento : Cajamarca  
Provincia : Chota -Palmas

**Tema modificado:** Siendo las fibras de vidrio un agregado a mi tema de investigación, pero por ser un producto importado que no llegara debido a las restricciones de importación por la pandemia, es que se solicitó su cambio por el material de polietileno de tereftalato, el mismo que fue aceptado por la Escuela de Ingeniería Civil- UCV. Mediante un correo.<sup>44</sup>

## Trabajo de campo

se ubicó y se realizó la excavación (calicatas) de la muestra proveniente de los estratos del suelo; aplicando el procedimiento visual-campo para su clasificación de suelo. En la siguiente Tabla se percibe las progresivas de cada calicata:

**Tabla 2:** *Coordenadas-Geográficas de las calicatas*

PROG. (KM)	CALICATA	PROF (m)	COORDENADAS		LADO
			NORTE	ESTE	
5+000	C-1	1.5	6°28'25.91"	78°53'8.75	derecho
5+500	C-2	1.5	6°28'28.95"	78°58'8.05	izquierdo
6+000	C-3	1.5	6°28'35.01"	78°61'8.60	izquierdo
6+500	C-4	1.5	6°28'45.11"	78°65'8.65	derecho

Fuente: Elaboración propia.

## Trabajo de laboratorio

Después de la extracción de las 4 calicatas, que se llevaron al laboratorio de suelos para realizar ensayos de Granulometría, Límites de Atterberg, CBR y Próctor modificado, para determinar la clasificación de suelos, siendo su Resultado:

## Propiedades Físicas-Mecánicas Del Suelo

Tener en cuenta las características físicas-mecánicas de una subrasante es gran parte fundamental, ya que mediante a sus parámetros de comportamientos de los distintos tipos y clasificación de los firmes expuestos a cargas.

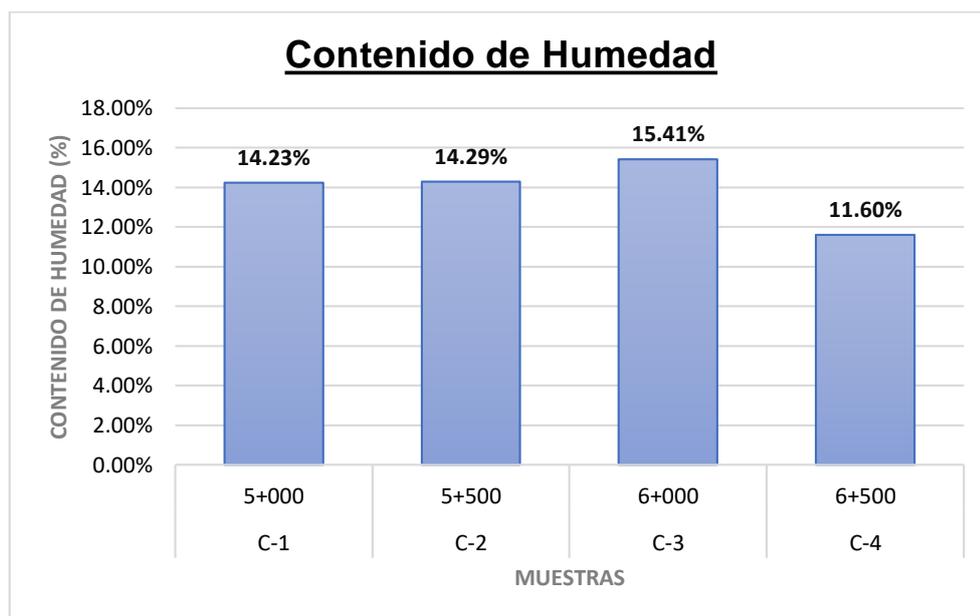
- **Contenido de Humedad**

En la siguiente tabla, se aprecia el resumen de los resultados que se realizó a cada calicata

**Tabla 3: Resultados de contenido de humedad**

<b>Calicata</b>	<b>Progresiva</b>	<b>Contenido de Humedad</b>
<b>C-1</b>	5+000	14.23%
<b>C-2</b>	5+500	14.29%
<b>C-3</b>	6+000	15.41%
<b>C-4</b>	6+500	11.60%

Fuente: elaboración propia



*Figura 7: Resultados de contenido de humedad*  
Fuente: Laboratorio de Suelos, Asfalto y Concreto.

**Interpretación:** En la figura 7, se aprecia y se hace mención de los resultados de los ensayos de contenido de humedad natural que se sometieron las cuatro

calicatas. siendo de la C-3 obtuvo un mayor porcentaje de humedad con el 15.41%, para la C-1, tuvo un 14.23% de humedad, C-2 tuvo el 14.29% de humedad y por ultimo para la C-4 obtiene el menor porcentaje de humedad con un valor de 11.60%

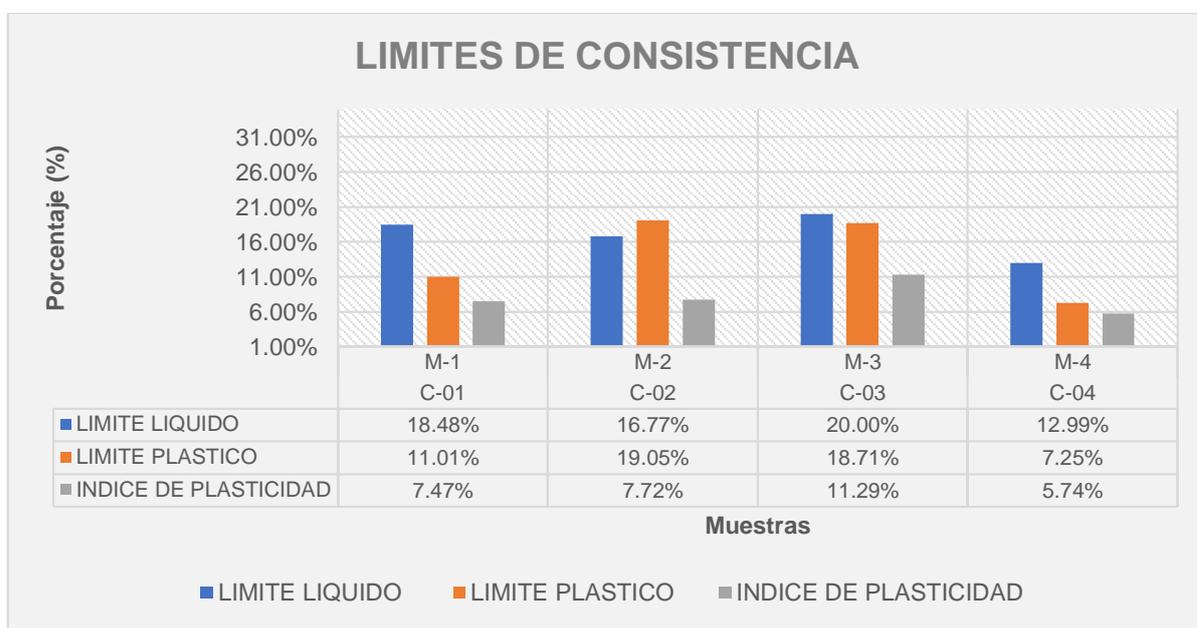
### Ensayo De Límites De Atterberg

En la siguiente tabla, se aprecia el resumen de los resultados del ensayo de límites de Atterberg:

**Tabla 4: Resultados de Límites De Atterberg**

<b>Calicata</b>	<b>Progresiva</b>	<b>Límite Líquido</b>	<b>Límite Plástico</b>	<b>Índice de Plasticidad</b>
<b>C-1</b>	5+000	18.48%	11.01%	7.47%
<b>C-2</b>	5+500	16.77%	19.05%	7.72%
<b>C-3</b>	6+000	20.00%	18.71%	11.29%
<b>C-4</b>	6+500	12.99%	7.25%	5.74%

Fuente: Elaboración propia, 2020



**Figura 8:** Resultados de contenido de humedad

Fuente: Laboratorio de Suelos, Asfalto y Concreto.

**Interpretación:** en la figura 8, se aprecia los resultados de los límites de Atterberg, cual nos permitirá delimitar el índice de plasticidad de cada calicata; la C-1 obtuvo un límite líquido de 18.48% a los 25 golpes en la copa grande y un límite plástico de 11.01% dando un valor de 7.41% de índice de plasticidad. Para la C-2 obtuvo un límite líquido de 16.77% a los 25 golpes en la copa grande y un límite plástico de 19.05% dando un valor de 7.72% de índice de plasticidad. la C-3 obtuvo un límite

liquido de 20.00% a los 25 golpes en la copa grande y un límite plástico de 18.71% dando un valor de 11.29% de índice de plasticidad. la C-4 obtuvo un límite liquido de 12.99% a los 25 golpes en la copa grande y un límite plástico de 7.25% dando un valor de 5.74% de índice de plasticidad.

- **Análisis Granulométrico por Tamizado**

Por medio de este ensayo permitirá la clasificación del suelo; en la siguiente tabla se observa los porcentajes pasantes de cada calicata (muestra).

En tabla 5, se mostrará el resumen del contenido que ha pasado por los tamices de las 4 calicatas.

**Tabla 5: Resultados Granulometría**

MALLA		PORCENTAJE QUE PASA			
Tamiz	Abertura (mm)	C-01	C-02	C-03	C-04
3"	80	100%	100%	100%	100%
2 1/2"	63	100%	100%	100%	100%
2"	50	100%	100%	100%	100%
1 1/2"	40	100%	100%	100%	100%
1"	25	100%	100%	100%	100%
3/4"	20	100%	100%	100%	100%
1/2"	12.5	100%	100%	100%	100%
3/8"	10	100%	100%	100%	100%
1/4"	6.3	100%	100%	100%	100%
N°4	5	100%	100%	100%	100%
N°8	2.36	100%	100%	100%	100%
N°10	2	100%	100%	100%	100%
N°16	1.25	100%	100%	100%	100%
N° 20	0.84	91.00%	93.17%	99.60%	91.09%
N°30	0.6	81.10%	84.96%	98.60%	82.93%
N°40	0.4	72.11%	73.78%	97.40%	74.07%
N°50	0.3	60.36%	62.04%	95.80%	62.42%
N°80	0.18	49.58%	50.08%	93.80%	51.20%
N°100	0.16	36.02%	35.77%	74.20%	38.24%
N°200	0.08	21.32%	20.99%	50.00%	20.98%

Fuente: Elaboración Propia,2020.

**Interpretación:** En la tabla 5, de tal manera se realiza una comparación de los porcentajes de las 4 calicatas. se observa los porcentajes que pasan por la malla N°200 (abertura 0.074), en las C-1, C-2, C-4, están en porcentajes de 21.32%, 20.99% y 20.98% respectivamente que se concluye un suelo arenoso limoso, y la C-3, con porcentaje del 50.0% se define como un suelo fino- arcilla, limosos.

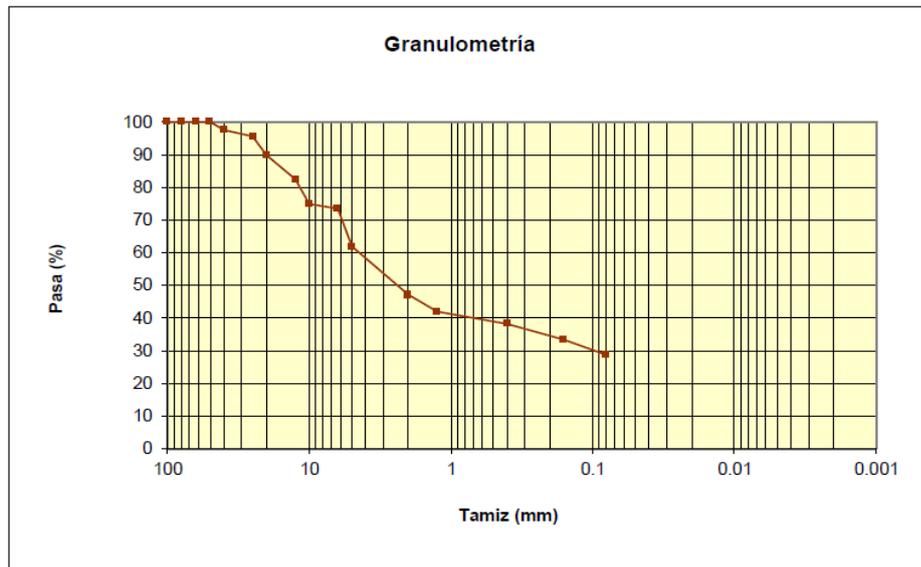


Figura 9: Resultados de Análisis Granulométrico de C-1  
Fuente: Laboratorio de Suelos, Asfalto y Concreto.

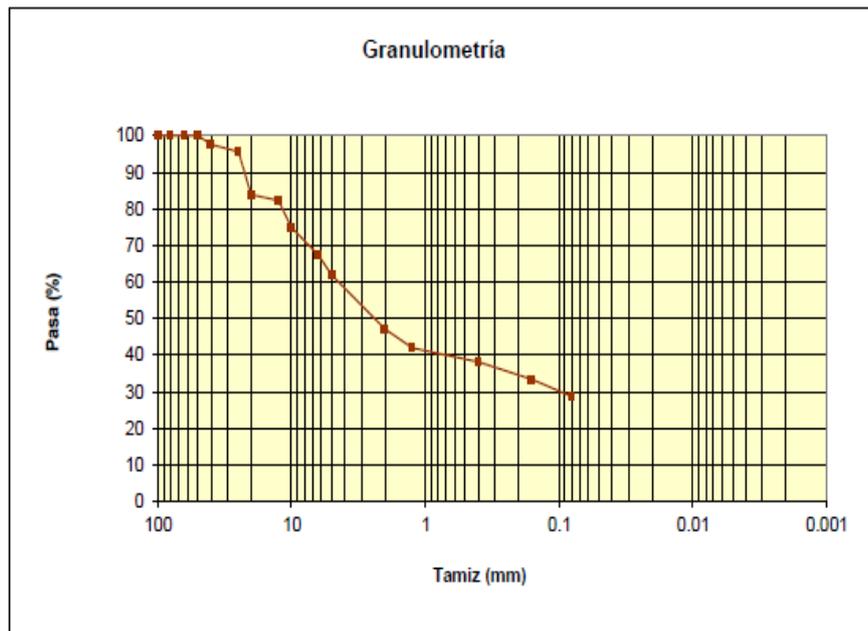


Figura 10: Resultados de Análisis Granulométrico de C-2  
Fuente: Laboratorio de Suelos, Asfalto y Concreto.

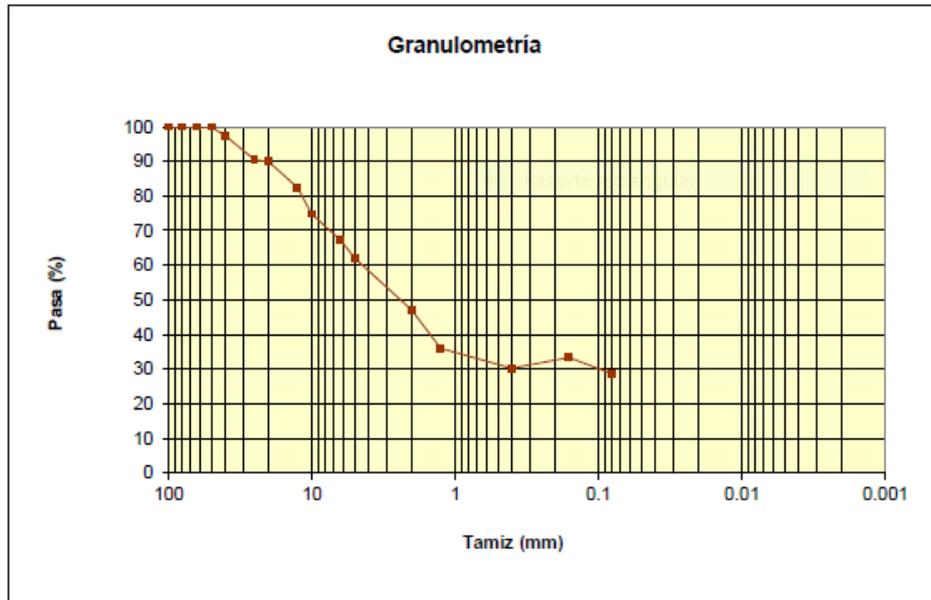


Figura 11: Resultados de Análisis Granulométrico de C-3  
Fuente: Laboratorio de Suelos, Asfalto y Concreto

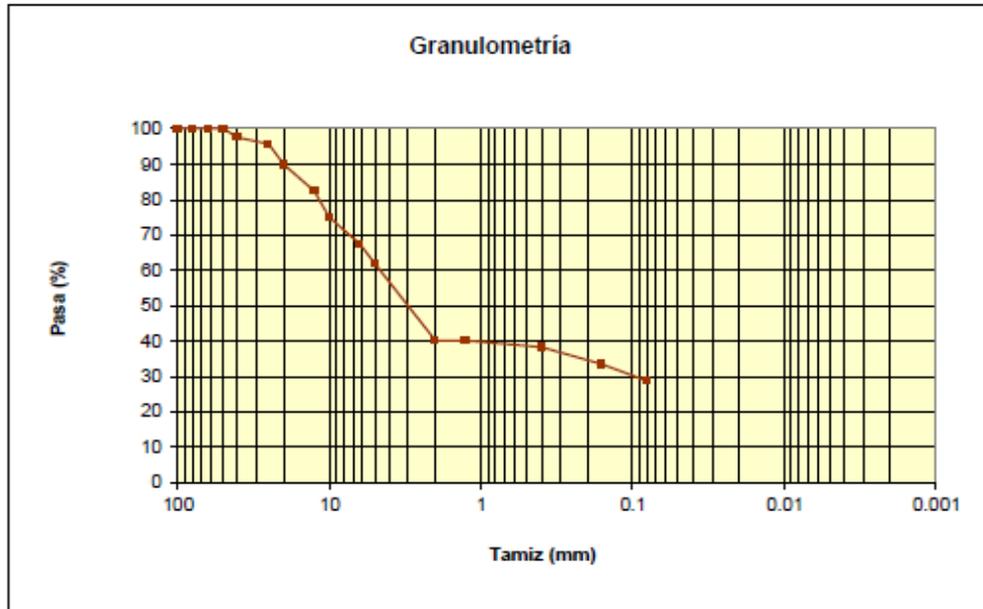


Figura 12: Resultados de Análisis Granulométrico de C-4  
Fuente: Laboratorio de Suelos, Asfalto y Concreto

**Tabla 6: Resultados de Clasificación SUCS**

<b>CALICATA</b>	C-01	C-02	C-03	C-04
<b>Muestra</b>	M-1	M-2	M-3	M-4
<b>Progresiva</b>	5+000	5+500	6+000	6+500
<b>Grava 3" - N°4</b>	0	0.00%	0.00%	0.00%
<b>Arena N°4 - N°200</b>	14.70%	14.78%	24.20%	17.26%
<b>Fino &lt;N°200</b>	21.31	20.99%	50.00%	20.98%
<b>Limite Liquido</b>	18.48%	16.77%	20.00%	12.99%
<b>Indice de Plasticidad</b>	7.47%	7.72%	11.29%	5.74%
<b>CLASIFICACION SUCS</b>	SC	SC	CL	SC-SM
<b>DENOMINACION</b>	ARENA ARCILLOSA	ARENA ARCILLOSA	ARCILLOSO- BAJA PLASTICIDAD	ARCILLOSO- LIMOSO

Fuente: Elaboración Propia

**Interpretación:** en la tabla 6, mediante el método de Sistema Unificado de Clasificación de Suelos SUCS, se especifica su tipo de suelo de cada muestra analizada, junto a los resultados del L.L.P. para las C-1, C-2, C-4 su denominación fue de SC, SM (arena-arcillosa, arcilloso limoso) y en cambio de la C-3 se denominó CL (arcilloso-baja plasticidad), se concluyó que la muestra 3 es la crítica en la cual se va analizar con los estabilizadores planteados.

- **Ensayo Del Proctor Modificado**

Mediante este ensayo determinaremos la humedad optimas y la densidad máxima seca de cada calicata.

**Tabla 7: Resultados de Proctor Modificado**

<b>Calicata</b>	<b>Progresiva</b>	<b>Humedad optima</b>	<b>Densidad Maxima Seca gr/cm3</b>
<b>C-1</b>	5+000	14.80%	2.15
<b>C-2</b>	5+500	14.70%	2.13
<b>C-3</b>	6+000	15.35%	2.05
<b>C-4</b>	6+500	14.50%	2.18

Fuente: Elaboración Propia.

**Interpretación:** En la tabla 7, se determinaron la humedad optima y la densidad máxima seca de cada una de las muestras. Para la C-1 arrojó 14.80% de humedad y un 2.15 gr/cm<sup>3</sup> su densidad seca, la C-2 un 14.70% de humedad y un 2.13 gr/cm<sup>3</sup>

densidad seca, para la C-3 que obtuvo los porcentajes más desfavorable con un 15.35% de humedad y un 2.05 gr/cm<sup>3</sup> densidad seca, y por ultimo para la C-4 un 15.50% de humedad con un 2.18 gr/cm<sup>3</sup> de densidad seca.

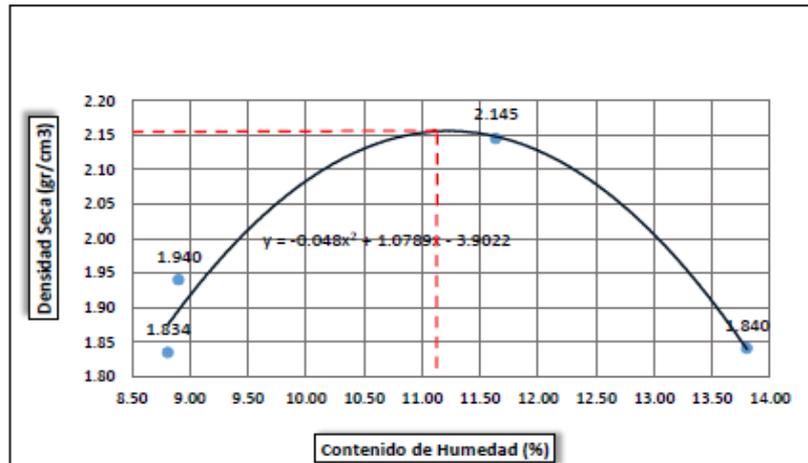


Figura 13: Curva de Humedad Optima Y densidad Máxima Seca de C-1  
Fuente: Laboratorio de Suelos, Asfalto y Concreto

En la figura 13, se aprecia la relación del contenido de humedad y la densidad seca de la C-01, que es de 14.80% de humedad y 2.13 gr/cm<sup>3</sup> d.m.s.

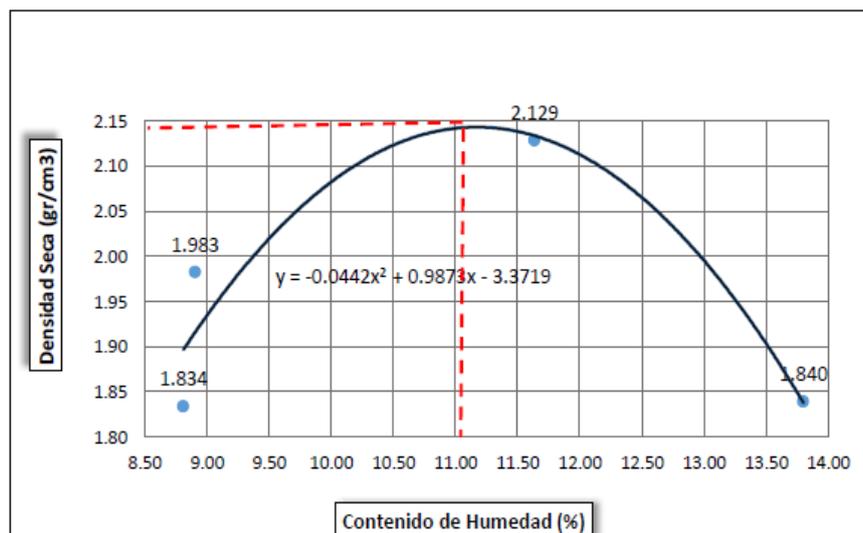


Figura 14: Curva de Humedad Optima Y densidad Máxima Seca de C-2  
Fuente: Laboratorio de Suelos, Asfalto y Concreto

En la figura 14, se aprecia la relación del contenido de humedad y la densidad seca de la C-02, que es de 14.70% de humedad y 2.15 gr/cm<sup>3</sup> d.m.s.

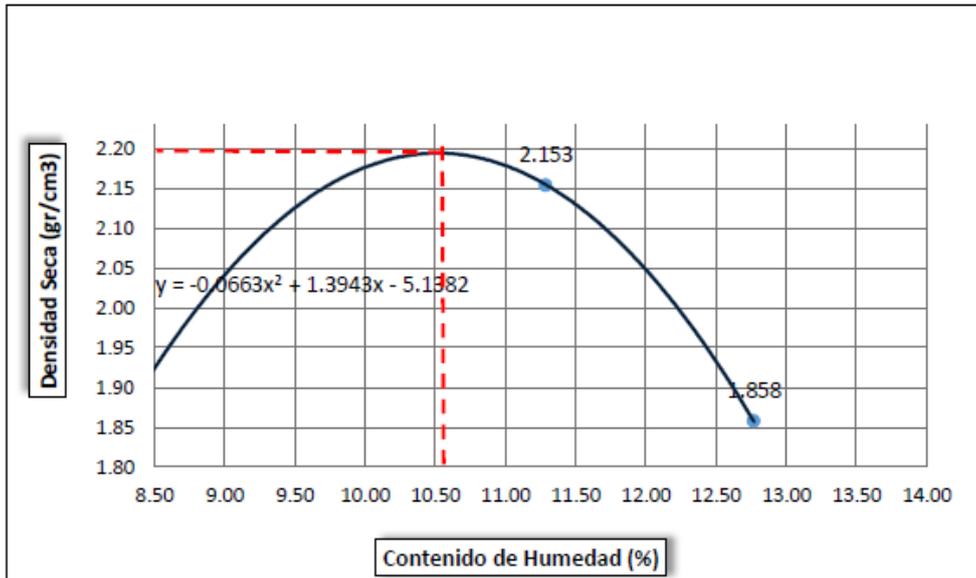


Figura 15: Curva de Humedad Óptima Y densidad Máxima Seca de C-3  
Fuente: Laboratorio de Suelos, Asfalto y Concreto

En la figura 15, se aprecia la relación del contenido de humedad y la densidad seca de la C-03, que es de 15.35% de humedad y 2.05 gr/cm<sup>3</sup> d.m.s.

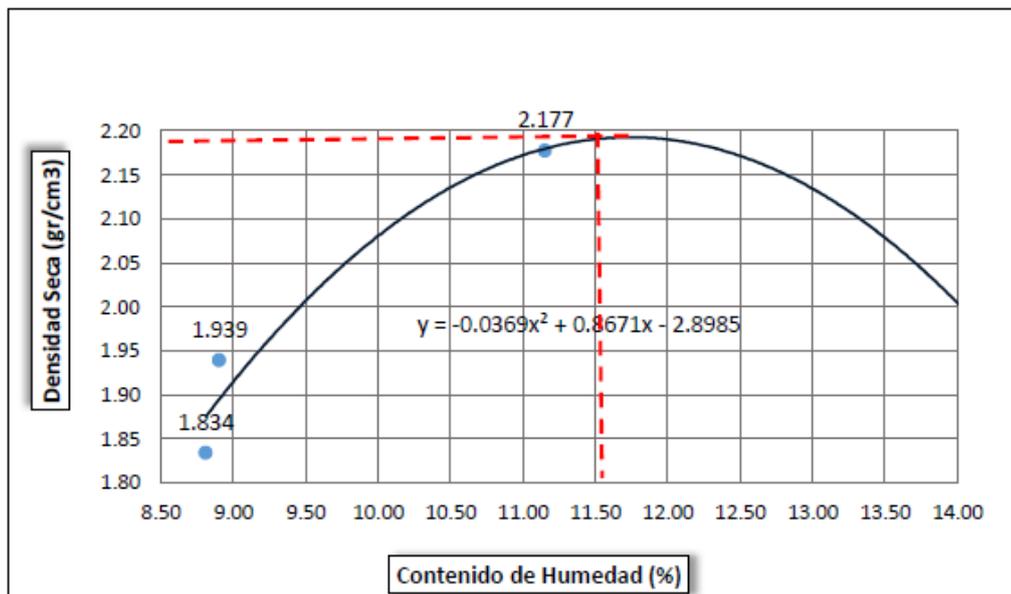


Figura 16: Curva de Humedad Óptima Y densidad Máxima Seca de C-4  
Fuente: Laboratorio de Suelos, Asfalto y Concreto

En la figura 16, se aprecia la relación del contenido de humedad y la densidad seca de la C-04, que es de 14.50% de humedad y 2.18 gr/cm<sup>3</sup> d.m.s.

- **Ensayo De CBR**

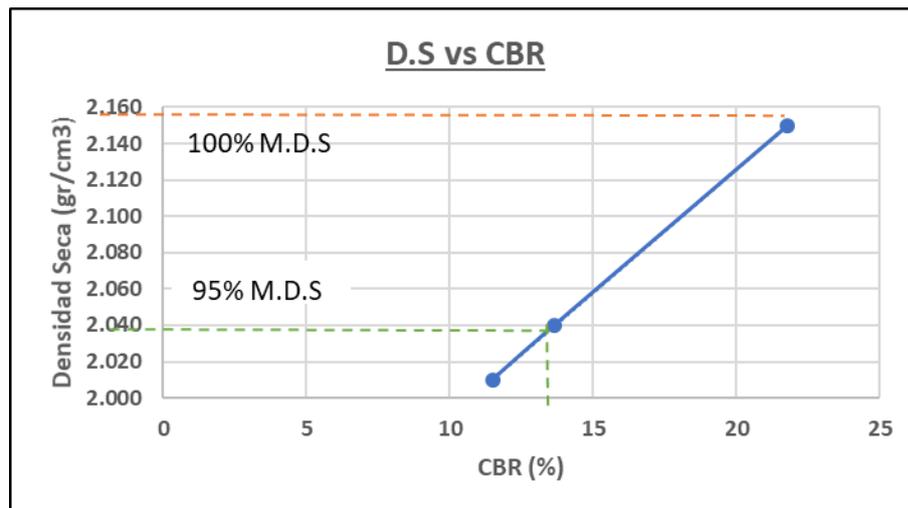
Mediante del ensayo del CBR, se determinará la capacidad de soporte de cada una de las 4 muestras extraídas, mediante los moldes con energías de compactación a 56,25 y 12 golpes.

**Tabla 8 Resultados de CBR**

CALICATA	PROGRESIVA	PENETRACION	CBR	PENETRACION	CBR 95%
		100% M.D.S	100 %	95% M.D.S	
C-1	5+000	2.15	21.79%	2.04	13.66%
C-2	5+500	2.14	27.69%	2.03	21.77%
C-3	6+000	2.15	24.60%	2.01	10.33%
C-4	6+500	2.18	27.25%	2.07	20.10%

Fuente: Elaboración Propia

En la tabla 8, resumen de la capacidad de soporte, donde se observa el CBR al 95% de la máxima densidad seca son: 2.04%,2.03%,2.01% y 2.07% para las respectivas calicatas C-01,02,03 y 04; valores que varía, enfocase en la c-03 que obtuvo un 10% de CBR, valor que opta su clasificación de categoría regular (S<sub>2</sub>).



*Figura 17: Densidad seca vs CBR%); C-01*

Fuente: Laboratorio de Suelos, Asfalto y Concreto

En la figura 17, se aprecia la variación de porcentaje del CBR respecto D.M.S, para la C-01, obtuvo un 13.66% CBR, con una densidad seca de 2.04 grcm3, valores que generan una inestabilidad en el firme con alto porcentaje de retención de agua.

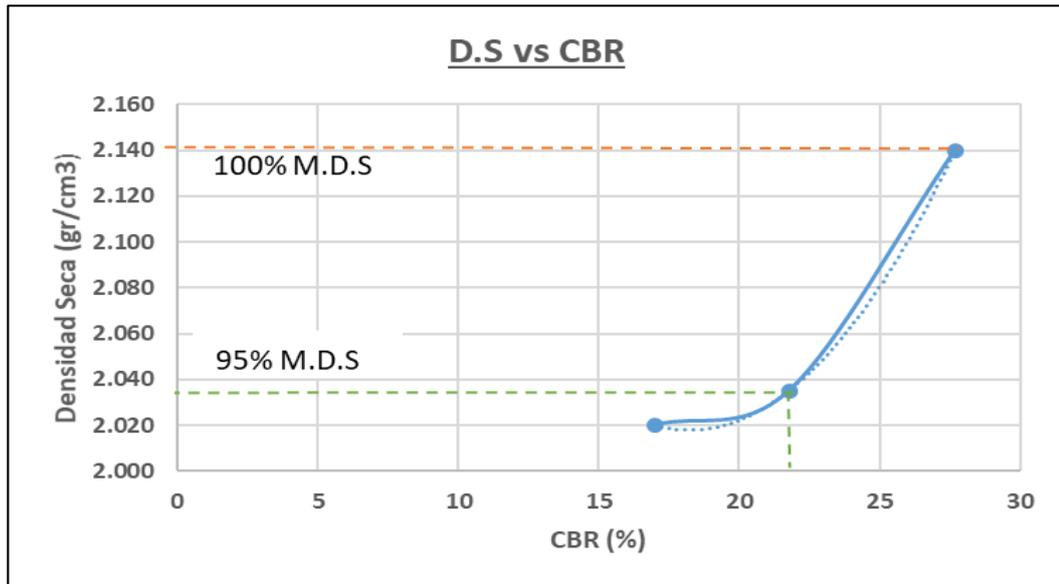


Figura 18: Densidad seca vs CBR%); C-02  
Fuente: Laboratorio de Suelos, Asfalto y Concreto

En la figura 18, se aprecia la variación de porcentaje del CBR respecto D.M.S, para la C-02, obtuvo 21.77% CBR, con una densidad seca de 2.03grcm3.

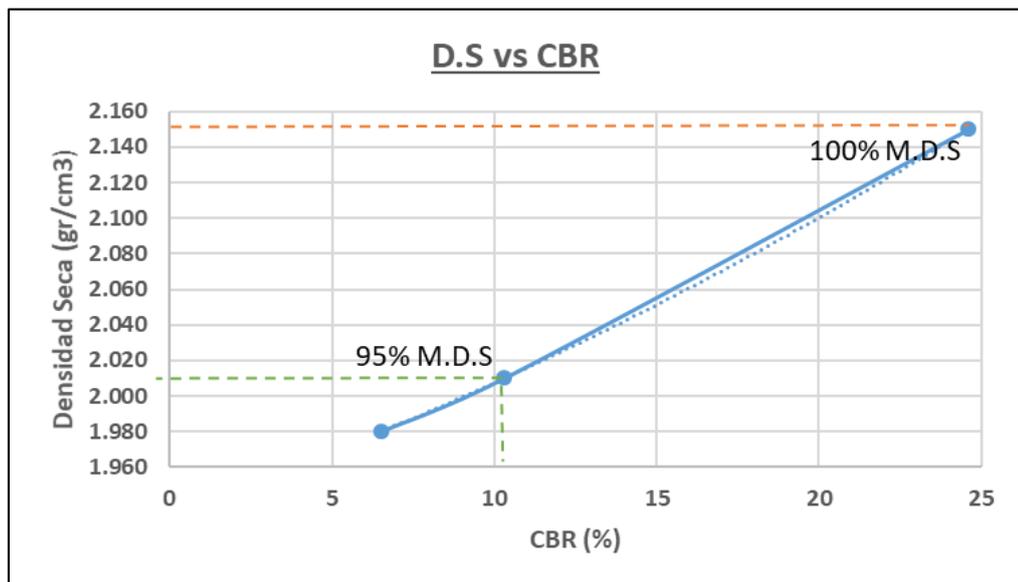


Figura 19: Densidad seca vs CBR%); C-03  
Fuente: Laboratorio de Suelos, Asfalto y Concreto

En la figura 19, se aprecia la variación de porcentaje del CBR respecto D.M.S, para la C-03, obtuvo 10.33% CBR, con una densidad seca de 2.01grcm3. valores que generan una inestabilidad en el firme con alto porcentaje de retención de agua

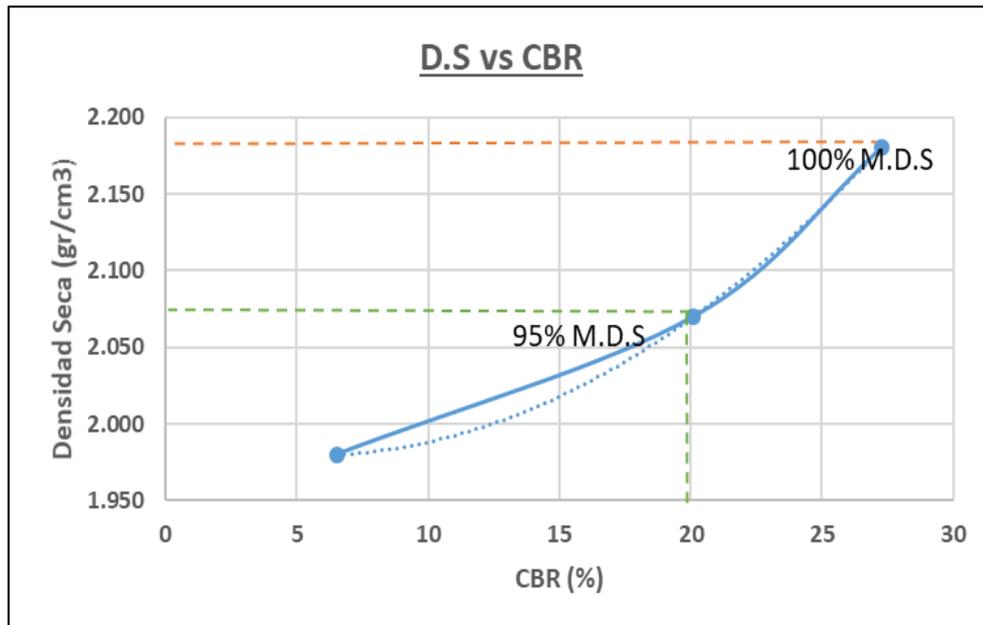


Figura 20: Densidad seca vs CBR%); C-04  
Fuente: Laboratorio de Suelos, Asfalto y Concreto

En la figura 20, se aprecia la variación de porcentaje del CBR respecto D.M.S, para la C-04, obtuvo 20.10% CBR, con una densidad seca de 2.07grcm3.

### Estabilizadores del suelo

Para la obtener las botellas se realizó la recolección, se reciclo las botellas se limpió retirando las etiquetas, lavado y secado al aire libre. Las bolsas de polietileno fueron recolectadas de la fábrica Abagens-Cajamarca; Después de la recolección de las muestras pasaron por un molino triturador para corte y triturado de plástico, modelo TRR55.

Una vez adquirido con de las botellas y bolsas plásticas, se realizó un ensayo de granulometría por tamizado, se tuvo que el 93% de los elementos pasaban por la malla 1/2" retenido en la N°4. Obteniendo con diámetro de 4.75mm hasta 76.0mm

### Propiedades-Mecánicas de la C-03 con la adicción de 2.5%,5.5%y 7.5% de Polietileno LDHP:

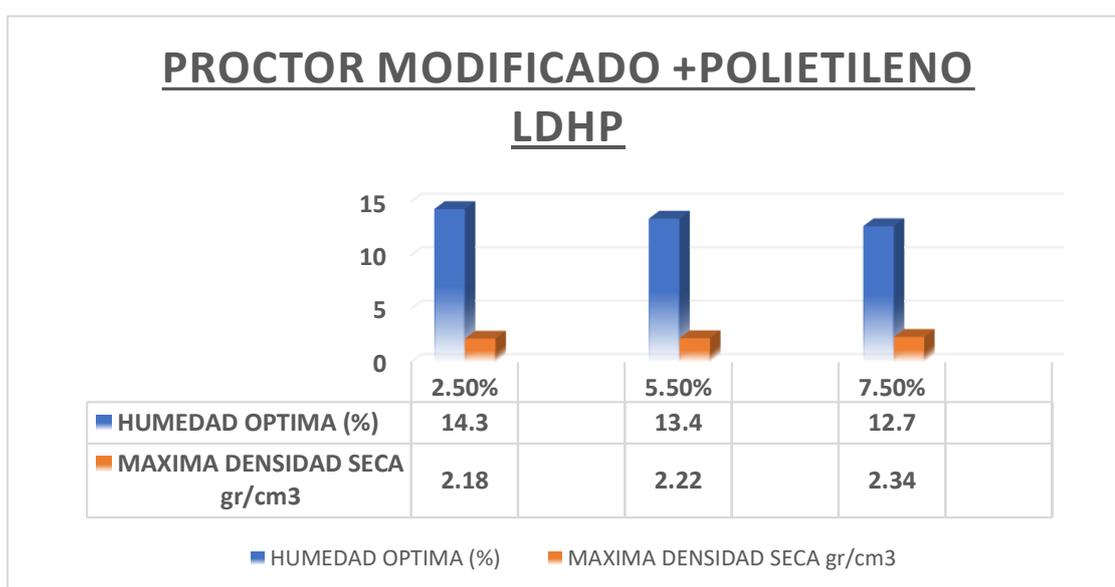
- Proctor Modificado

**Tabla 9:** Resultados de Proctor Modificado adicionado Polietileno LDHP

<b>Polietileno LDHP</b>	<b>C-03</b>	<b>C-03</b>	<b>C-03</b>
	<b>2.50%</b>	<b>5.50%</b>	<b>7.50%</b>
<b>HUMEDAD OPTIMA (%)</b>	14.3	13.4	12.7
<b>MAXIMA DENSIDAD SECA gr/cm3</b>	2.18	2.22	2.34

Fuente: Elaboración Propia

**Interpretación:** En la tabla 9; se aprecia los resultados del proctor modificado con la adición de Polietileno de baja densidad; con la adición del 2.5% de polietileno tuvo un 14.3% de humedad con una densidad seca de 2.18 gr/cm<sup>3</sup>, con la adición del 5.50% del polietileno tuvo un 13.4% de humedad y una densidad seca de 2.22grcm<sup>3</sup> y por ultimo con la adicción del 7.50% de polietileno obtuvo el 12.7% de humedad con un 2.34gr/cm<sup>3</sup> de densidad seca.



**Figura 21:** Proctor modificado + Polietileno LDHP

Fuente: Laboratorio de Suelos, Asfalto y Concreto

En la figura 21, se aprecia para la incorporación del 2.50% de polietileno LDHP, disminuye su humedad del 1.05% obteniendo un 14.3% con una densidad seca de 2.18gr/cm<sup>3</sup>, y la incorporación del 5.5% de Polietileno LDHP disminuyo un 1.95% de humedad obteniendo un 13.44% con una densidad seca de 2.22grcm<sup>3</sup> y con la

adicción del 7.50% de Polietileno de LDHP disminuye un 2.65% de humedad obteniendo un 12.7% de humedad con una densidad seca de 2.34gr/cm<sup>3</sup>.

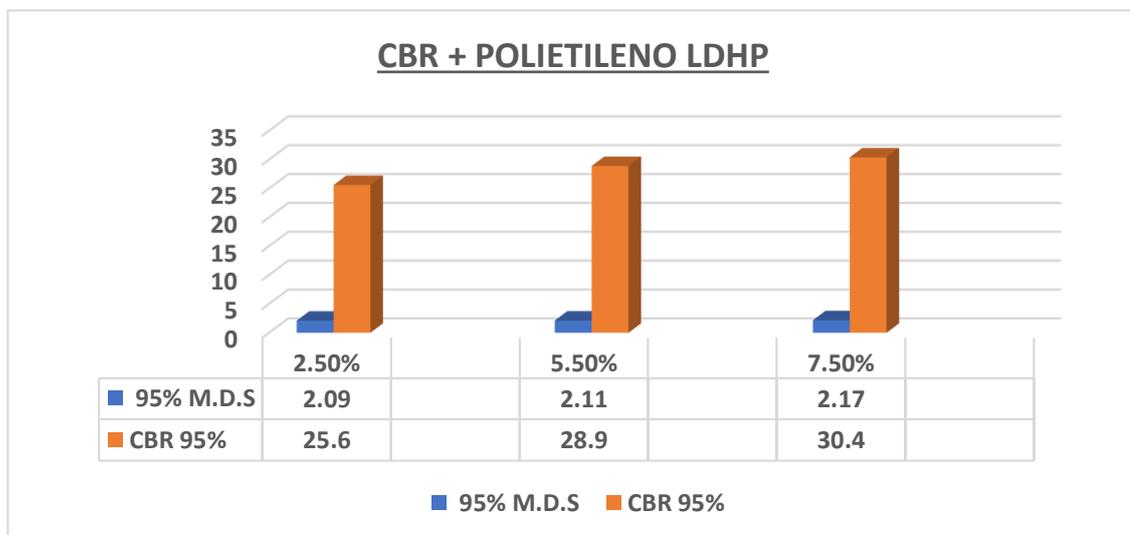
- **CBR**

**Tabla 10** Resultados de CBR adicionado con Polietileno LDHP

<i>Polietileno LDHP</i>	<i>C-03</i>	<i>C-03</i>	<i>C-03</i>
	<b>2.50%</b>	<b>5.50%</b>	<b>7.50%</b>
<b><i>PENETRACION 100% M.D.S</i></b>	2.15	2.17	2.15
<b><i>CBR 100 %</i></b>	27.5	28.9	32.8
<b><i>PENETRACION 95% M.D.S</i></b>	2.09	2.11	2.17
<b><i>CBR 95%</i></b>	25.6	28.9	30.4

Fuente: Elaboración Propia

**Interpretación:** En la tabla 10 se aprecia los resultados de CBR al 95% con la adicción de Polietileno LDHP; con la adición del 2.5% de polietileno tuvo un 25.6% de CBR con una densidad seca de 2.09 gr/cm<sup>3</sup>, con la incorporación del 5.50% de Polietileno LDHP arrojó un 28.90% de CBR con una densidad seca de 2.11gr/cm<sup>3</sup> y por ultimo con la incorporación del 7.50% obtuvo un 30.4% de CBR con una penetración de densidad seca de 2.17gr/cm<sup>3</sup>.



**Figura 22:** CBR + Polietileno LDHP

Fuente: Laboratorio de Suelos, Asfalto y Concreto

En la figura 22, se aprecia los resultados del CBR con la adición de Polietileno LDPH; con la adición del 2.5% de polietileno tuvo un incremento de su capacidad portante del 15.27% de su CBR, obteniendo un 27.5% con una máxima densidad seca de 2.09 gr/cm<sup>3</sup>, con la incorporación del 5.50% de Polietileno LDPH tuvo un aumento del 18.57% del CBR, obteniendo un 28.90% con un densidad seca de 2.11gr/cm<sup>3</sup>, y por ultimo con la incorporación del 7.50 de Polietileno LDPH incremento su capacidad portante un 20% del CBR obteniendo un 30.04% con una densidad seca de 2.17 gr/cm<sup>3</sup>.

**Propiedades-Mecánicas de la C-03 con la adicción de 2.5%,5.5%y 7.5% de Polietileno de Tereftalato:**

**Tabla 11** Resultados de Proctor Modificado adicionado con Polietileno de Tereftalato

<b>Polietileno de Tereftalato</b>	<b>C-03 2.50%</b>	<b>C-03 5.50%</b>	<b>C-03 7.50%</b>
<b>HUMEDAD OPTIMA (%)</b>	12.8	10.7	9.05
<b>MAXIMA DENSIDAD SECA gr/cm<sup>3</sup></b>	2.24	2.37	2.41

Fuente: Elaboración Propia

**Interpretación:** En la tabla 11; se aprecia los resultados del proctor modificado con la adición de Polietileno de Tereftalato; incorporando un 2.5% de polietileno (PET) tuvo un 12.8% de humedad con una densidad seca de 2.24 gr/cm<sup>3</sup>, con la incorporación del 5.50% del polietileno (PET) tuvo un 10.7% de humedad y una densidad seca de 2.37gr/cm<sup>3</sup> y por ultimo con la adicción del 7.50% de polietileno (PET) obtuvo el 9.05% de humedad con un 2.41gr/cm<sup>3</sup> de densidad seca.

## PROCTOR MODIFICADO + POLIETILENO DE TEREFTALATO

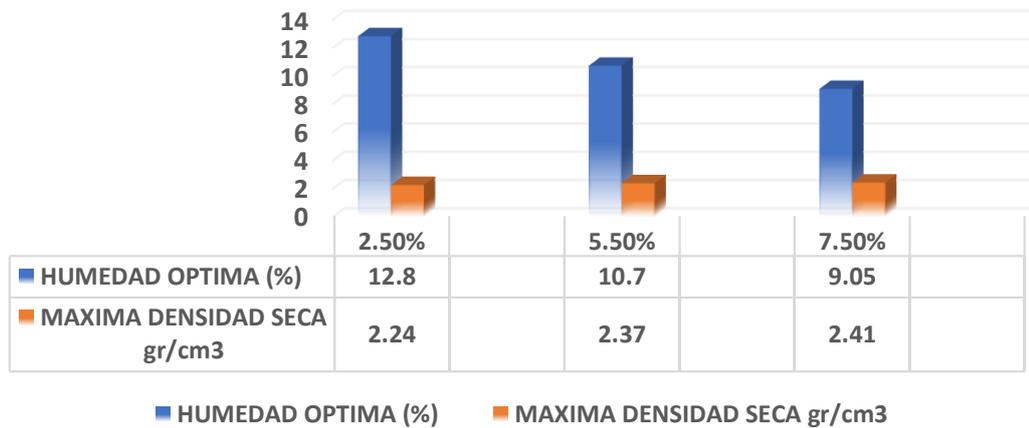


Figura 23: Proctor modificado + Polietileno de Tereftalato

Fuente: Laboratorio de Suelos, Asfalto y Concreto

En la figura 23, se aprecia por la incorporación del 2.50% de polietileno PET, disminuye su humedad del 2.55% obteniendo un 12.8% con una densidad seca de 2.24gr/cm<sup>3</sup>, con 5.5% de incorporación de Polietileno PET disminuyó un 4.65% de humedad obteniendo un 10.7% con una densidad seca de 2.37gr/cm<sup>3</sup> y con la adición del 7.50% de Polietileno de PET disminuye un 6.3% de humedad obteniendo un 9.05% de humedad con una densidad seca de 2.41gr/cm<sup>3</sup>.

- CBR

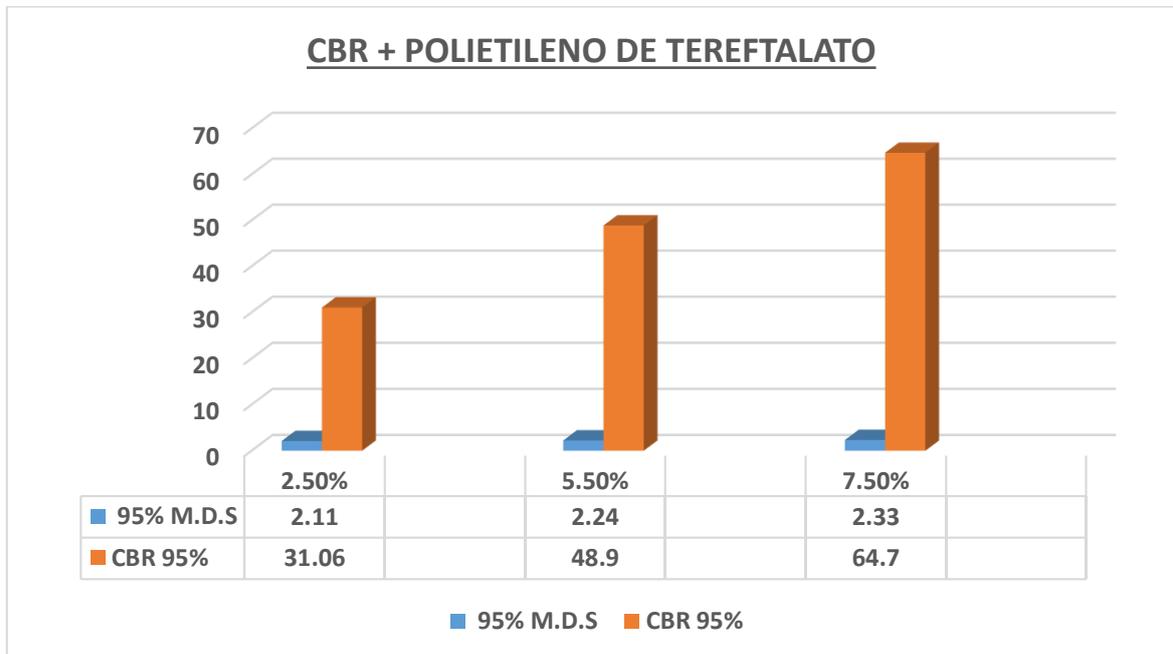
**Tabla 12** Resultados de CBR adicionado Polietileno de Tereftalato

Polietileno de Tereftalato	C-03 2.50%	C-03 5.50%	C-03 7.50%
<b>PENETRACIÓN 100% M.D.S</b>	2.15	2.25	2.37
<b>CBR 100 %</b>	33.7	51.6	69.8
<b>PENETRACIÓN 95% M.D.S</b>	2.11	2.24	2.33
<b>CBR 95%</b>	31.06	48.9	64.7

Fuente: Elaboración Propia

**Interpretación:** En la tabla 12 se aprecia los resultados de CBR al 95% con la adición de Polietileno PET; con la adición del 2.5% de polietileno PET tuvo un 31.06% de CBR con una densidad seca de 2.11 gr/cm<sup>3</sup>, con la incorporación del

5.50% de Polietileno PET arrojó un 48.90% de CBR con una densidad seca de 2.24gr/cm<sup>3</sup> y por último con la incorporación del 7.50% obtuvo un 64.70% de CBR con una densidad seca de 2.33gr/cm<sup>3</sup>.



*Figura 24: CBR + Polietileno de Tereftalato*  
Fuente: Laboratorio de Suelos, Asfalto y Concreto

En la figura 24, se aprecia los resultados del CBR con la adición de Polietileno PET con la adición del 2.5% de polietileno tuvo un incremento de su capacidad portante del 20% de su CBR, obteniendo un 31.06% con una máxima densidad seca de 2.11 gr/cm<sup>3</sup>, con la incorporación del 5.50% de Polietileno PET tuvo un aumento del 38% del CBR, obteniendo un 48.90% con un densidad seca de 2.24gr/cm<sup>3</sup>, y por último con la incorporación del 7.50% de Polietileno PET incremento su capacidad portante un 50% del CBR obteniendo un 54.7% con una densidad seca de 2.33 gr/cm<sup>3</sup>.

## **V. DISCUSIÓN**

## **5.1 Incorporación del Polietileno LDPH en los resultados del CBR de la subrasante.**

**Resultados:** Al adicionar las botellas de polietileno LDPH a un suelo arcillo en porcentaje de 2.5%,5.5% y 7.50%, se logra aumentar su capacidad portante un 25.6%, 28.90% y 30.4% y así mismo aumenta su Máxima Densidad Seca (M.D.S) en 2.09 gr/cm<sup>3</sup>, 2.11gr/cm<sup>3</sup> y 2.17gr/cm<sup>3</sup> resultados de CBR al 95% con la adición de Polietileno LDPH.

**Antecedente:** Cuipal (2018), en su indagación incorporo Polímero sintético (Botellas plásticas LDPH), en porcentajes de 3%,6%y9% de manera directa al firme arcilloso, obteniendo variaciones de aumento en sus resultados en cuanto a la capacidad de soporte en 0.3% -0.6%, 1%y 2% en relación a la muestra patrón.

**La Hipótesis:** La dosificación óptima de adición de polietileno de baja densidad (LDPE) aumenta la capacidad de soporte de la subrasante en el tramo Chota – Palma 2019. Por medio del Ensayo de CBR, se afirma la influencia que tuvo las dosificaciones del polietileno LDPH en el terreno natural, ya que incremento de manera remota su capacidad portante y su máxima densidad seca.

**Pregunta:** ¿Cuánto es la dosificación óptima en porcentaje de adición de polietileno de baja densidad (LDPE) para el mejoramiento de la capacidad de soporte de la subrasante en el tramo Chota- Palma 2019? En base a los resultados obtenidos mediante las 4 calicatas extraído del terreno, se pudo realizar los ensayos y clasificarlo como un terreno arcilloso con una capacidad de soporte de 10.33% CBR mediante se fue incorporando el polietileno LDPH, con la adición del 2.5% de polietileno tuvo un incremento de su capacidad portante del 18% de su CBR, obteniendo un 27.5% con una máxima densidad seca de 2.09 grcm<sup>3</sup>, con la incorporación del 5.50% de Polietileno LDPH tuvo un aumento del 18.90% del CBR, obteniendo un 28.90% con un densidad seca de 2.11gr/cm<sup>3</sup>, y por ultimo con la incorporación del 7.50 de Polietileno LDPH incremento su capacidad portante un 20% del CBR obteniendo un 30% con una densidad seca de 2.17 gr/cm<sup>3</sup>.

## 5.2 Incorporación del Polietileno de Tereftalato (PET) en los resultados del CBR de la subrasante.

**Resultados:** Al adicionar las bolsas de Polietileno de Tereftalato (PET) a un suelo arcillo en porcentaje de 2.5%,5.5% y 7.50%, se logra aumentar su capacidad portante en 31.06%,48.90% y 64.70% y así mismo aumenta su Máxima Densidad Seca (M.D.S) en 2.11 gr/cm<sup>3</sup>, 2.24gr/cm<sup>3</sup> y 2.33gr/cm<sup>3</sup> resultados de CBR al 95% con la adicción de Polietileno LDPH, con los tres valores de los porcentajes planteados

**Antecedente:** Leiva (2016), en su indagación adiciona las bolsas de polietileno en porcentajes de 2%,4%,6%,8% de manera directa al firme arcilloso, obteniendo variaciones de aumento en cuanto a la capacidad de soporte CBR, obteniendo en porcentaje promedio de 7.98%%.

**La Hipótesis:** La dosificación de adición de polietileno de Tereftalato (PET) aumenta la capacidad de soporte de la subrasante en el tramo Chota –Palma 2019. Por medio del Ensayo de CBR, se afirma la influencia que tuvo las dosificaciones polietileno de Tereftalato (PET) en el terreno natural, ya que incremento de manera positiva en su capacidad portante y aumento su máxima densidad seca.

**Pregunta:** ¿Cuánto es la dosificación en porcentaje de adición de polietileno de Tereftalato (PET) para el mejoramiento de la capacidad de soporte de la subrasante en el tramo Chota- Palma 2019? En base a los resultados obtenidos mediante las 4 calicatas extraído del terreno, se pudo realizar los ensayos y clasificarlo como un terreno arcilloso con una capacidad de soporte de 10.33% CBR mediante se fue incorporando polietileno de Tereftalato (PET) con la adición del 2.5% de polietileno tuvo un incremento de su capacidad portante del 20% de su CBR, obteniendo un 31.06% con una máxima densidad seca de 2.11 grcm<sup>3</sup>, con la incorporación del 5.50% de Polietileno PET tuvo un aumento del 38% del CBR, obteniendo un 48.90% con un densidad seca de 2.24gr/cm<sup>3</sup>, y por ultimo con la incorporación del 7.50% de Polietileno PET incremento su capacidad portante un 50% del CBR obteniendo un 54.7% con una densidad seca de 2.33 gr/cm<sup>3</sup>.

## **5.2 Incorporación del Polietileno LDPH y Polietileno de Tereftalato (PET) en los resultados del Proctor Modificado de la Subrasante.**

**Resultados:** Al adicionar las botellas de Polietileno LDPH al suelo arcilloso de baja plasticidad en diferentes porcentajes de 2.5%, 5.5% y 7.50%, se logra a una disminución de contenido de agua un 14.3%, 13.44% y 12.7% de así modo con la incorporación de las bolsas de Polietileno de tereftalato (PET), disminuye la humedad en 12.8%, 10.7% y 9.05% de así modo aumentan sus Máximas Densidades Secas (M.D.S) con la incorporación de con los valores de planteados

**Antecedente: López** (2016), en su trabajo titulada, incorporando materiales de plásticos reciclado (PET) en 0.2%, 0.5%, 1.0% y 1.5% del peso del firme. Obteniendo variación de disminución de humedad, para la aplicación mayor del 1.5% de pet mejora las características mecánicas del suelo y reduciendo el 33% de contenido de humedad y un aumento de capacidad de soporte del 61.40%.

**Carvajal** (2018), en su estudio titulada, Evaluación de la resistencia de un suelo areno arcilloso con refuerzo de fibras PET, con la adicción del 1% de fibras PET, genera un mejoramiento a la resistencia del 1.9% y mediante del ensayo del proctor modificado se obtiene una densidad máxima seca de 1.725 g/cm<sup>3</sup> y un 19.7% de humedad óptima.

**La Hipótesis:** Los estabilizadores, polietileno de tereftalato (PET) y Polietileno LDPH, reducen el contenido de humedad de la subrasante en el tramo Chota – Palma 2019. Por medio del ensayo Proctor Modificado, se afirma la incorporación que tuvo las dosificaciones de los estabilizadores respecto al suelo natural, ya que disminuye de manera favorable respecto al contenido de humedad, y un aumento en su densidad seca.

**Pregunta:** ¿Cuánto de aditivo polietileno de baja densidad (LDPH) y polietileno de tereftalato (PET) que lograra una mayor mejora en la capacidad de soporte de la subrasante en el tramo Chota-Palma 2019? En base a los resultados obtenidos mediante las 4 calicatas (muestra del estudio), se pudo comparar la disminución de humedad y el aumento en su densidad seca contando con 15.35% de humedad y 2.05 gr/cm<sup>3</sup> respecto densidad seca del solado. para la incorporación del 2.50% de polietileno LDPH, disminuye su humedad del 1.05% obteniendo un 14.3% con una densidad seca de 2.18gr/cm<sup>3</sup>, y la incorporación del 5.5% de Polietileno LDPH disminuyo un 1.95% de humedad obteniendo un 13.44% con una densidad seca de

2.22gr/cm<sup>3</sup> y con la adición del 7.50% de Polietileno de LDPH disminuye un 2.65% de humedad obteniendo un 12.7% de humedad con una densidad seca de 2.34gr/cm<sup>3</sup>.

Para la incorporación del 2.50% de polietileno de tereftalato PET, disminuye su humedad del 2.55% obteniendo un 12.8% con una densidad seca de 2.24gr/cm<sup>3</sup>, con 5.5% de incorporación de Polietileno PET disminuyo un 4.65% de humedad obteniendo un 10.7% con una densidad seca de 2.37gr/cm<sup>3</sup> y con la adición del 7.50% de Polietileno de PET disminuye un 6.3% de humedad obteniendo un 9.05% de humedad con una densidad seca de 2.41gr/cm<sup>3</sup>.

## **VI. CONCLUSIONES**

## **Objetivo General**

La incorporación de polietileno (LDPH) y polietileno de tereftalato (PET) en proporciones de 2.5%, 5.5% y 7.5% contribuyo en la estabilización del terreno de fundación arcillosos en el tramo de la carretera Chota-Palma, observando efectivas mejoras en sus parámetros mecánicos proporcionalmente según la adicción y la compactación del firme; 1) incrementando su capacidad portante; 2) la disminuyendo su contenido de humedad y de tal modo mejorando su tipo de suelo según lo establecido al Manual de carreteras MTC.

### **1) CBR**

Polietileno de baja densidad (LDPH)

M. patrón = 10.33% 2.5%=25.6%, 5.5%= 28.90%, 7.5%= 30.4% y así mismo aumenta M.D.S en 2.09 gr/cm<sup>3</sup>, 2.11gr/cm<sup>3</sup> y 2.17gr/cm<sup>3</sup>

Polietileno de tereftalato (PET)

M. patrón = 10.33% 2.5%=31.06%, 5.5%=48.90%, 7.5%= 64.70% y así mismo aumenta M.D.S en 2.11 gr/cm<sup>3</sup>, 2.24gr/cm<sup>3</sup> y 2.33gr/cm<sup>3</sup>

**Objetivo Específico 1:** Se determinó la dosificación en porcentaje de adición de polietileno de baja densidad (LPDH) para el mejoramiento de la capacidad de soporte de la subrasante, de tal modo influyeron de manera eficaz y dependencia de los porcentajes a su adicción en el ensayo mecánico (CBR), ya que obtuvo un valor de crecimiento en su capacidad de soporte en 15.27% al emplearse un 2.5% polietileno (LPDH) y un 18.57% al emplearse un 5.5% y por ultimo un 20.10% al emplearse un 7.5%. se puede concluir que efectivamente la adición de los porcentajes de Polietileno de baja densidad incrementa eficazmente la capacidad de soporte de la subrasante, en lo cual queda comprobado.

**Objetivo Específico 2:** Se determinó la dosificación en porcentaje de adición de polietileno de tereftalato (PET) para el mejoramiento de la capacidad de soporte de la subrasante, de tal modo influyeron de manera eficaz y dependencia de los porcentajes a su adicción en el ensayo mecánico (CBR), ya que obtuvo un aumento en su capacidad de penetración en 20.73% al emplearse un 2.5% polietileno de tereftalato (PET) y un 38.57% al emplearse un 5.5% y por ultimo un 54.37% al emplearse un 7.5%. se puede concluir que la adición de los porcentajes de

polietileno de tereftalato mejoran considerablemente a un suelo arcillo en su capacidad de soporte de la subrasante, en lo cual queda comprobado.

**Objetivo Específico 3:** Analizar los estabilizadores, polietileno de baja densidad (LDPH) y polietileno de tereftalato (PET) que lograra una mayor mejora en la capacidad de soporte de la subrasante. En relación con la prueba del CBR incorporando los dos estabilizadores se concluye; con la adicción de polietileno de tereftalato logra obtener CBR de 31.06%, 48.90 y 64.70%; de tal manera con la adicción de polietileno (LDPH), obteniendo CBR de 25.6%, 28.90% y 30.4%. Finalizando la comparación, se demuestra que el estabilizador que contiene porcentajes más altos (favorables) es mediante la aplicación del Polietileno de Tereftalato para la estabilización y mejora del suelo a nivel de subrasante arcillosa; esto se debe que es un polímero sintético, un material de resistencia baja en la cual produce a la subrasante que tiende a tener una mayor ficción, resistencia al corte y expansión.

## **VII. RECOMENDACIONES**

### **CBR = Polietileno** de baja densidad (LPDH)

M. patrón = 10.33% 2.5%=25.6%, 5.5%= 28.90%, 7.5%= 30.4%

**Objetivo Específico 1:** En la presente investigación para establecer un suelo derivado de arcilla, mediante la selección de porcentajes de polietileno de baja densidad (LPDH), en rango de 2.5% hasta un 7.5%, consiguiendo aumentar su valor de la capacidad de soporte comparados con la muestra patrón; para continuar con la investigación se recomienda incrementar su proporción mayor a 8% de la inclusión de polietileno (LPDH), hasta obtener la curva del óptimo de CBR. Polietileno de tereftalato (PET)

M. patrón = 10.33% 2.5%=31.06%, 5.5%=48.90%, 7.5%= 64.70%

**Objetivo Específico 2:** En la presente investigación al elegir porcentajes de polietileno de tereftalato (PET), que iban desde un 2.5% hasta un 7.5%, en todas ellas se logró aumentar su valor de la capacidad de soporte comparados al patrón-original; para continuar con la investigación se recomienda utilizar mayor a 8% de la incorporación de polietileno de tereftalato (PET), hasta obtener la curva del óptimo de CBR.

**Objetivo Específico 3:** En la presente investigación, por medio relación: capacidad de soporte (cbr) vs contenido de humedad (proctor modificado), de ambos estabilizadores de polietileno LPDH y PET, para continuar con el estudio es recomendable el uso y aplicación de las bolsas proveniente del polietileno de tereftalato, en suelos que contengan combinaciones o conformados de arcilla. Finalmente, es recomendable como un método de estabilización de suelos derivado de arcilla que se apliquen a la subrasante categorizados menores a un 10% de CBR, en uso en obras geotecnia se debe considerar que los terrenos pueden ser reforzados con plástico reutilizado, para una mejora en los parámetros mecánicos los porcentajes ideales a utilizar son del 5.5% al 7.5%

## **REFERENCIAS**

1. ADAMS, MICHAEL ; NICKS, JENNIFER ; STABILE, TOM ; SCHLATTER, WARREN ; Hartmann, Joseph.(2017). *Reinforced Soil Integrated Bridge System, Interim Implementation Guide*. [en línea].[consultado.10-10-19].Disponible.en:  
<https://bookss.google.com.pe/books?id=SotzEaOzv1YC&=PA8&q=Design+a>.
2. PEREZ, HERRADOR *Geosintéticos en carreteras: Planteamiento I para su aplicación en las capas de firme*. España: Universidad de Coruña E.T.C.I Caminos. [en línea]. [Consultado el 08 de octubre de 2019]. Recuperado de:  
<https://www.degruyter.com/downloadpdf/j/gse.2015.61.issue-2/gse-2015-0013/gse-2015-0013.pdf>.
3. BADILLO RODRIGUEZ, J. *Fundamentos de la mecánica de suelos*. Mecánica de suelos. 1er tomo. Perú: 2016. 642pp. ISBN: 9781111-57675-2.
4. MUNICIPALIDAD DE CHOTA. 2020. Proyecto de mantenimiento de la carretera chota- Chiclayo. *Proyecto de carreteras*. 180pp. 25-27. [en línea].[consultado.10-10-20].Disponible.en:  
<https://www.munichota.gob.pe/index.php/es/>
5. RODRÍGUEZ Y VALLDEORIOLA. *Metodología de la Investigación*. México: Red Tercer Milenio. [en línea] 2016. [consultado: 20 de septiembre 2020].5pp. ISBN: 9781456223960.
6. CARVAJAL YATE, ALEJANDRA MARCELLA. *Evaluación de la resistencia de un suelo arenoso arcilloso con refuerzo de fibras PET*. Tesis profesional de ingeniero civil. [en línea]. Universidad Piloto de Colombia. 2018. [consultado 20 septiembre 2020]. Disponible en:  
<http://repository.unipiloto.edu.co/bitstream/handle/20.500.12277/6482/Trabajo%20final%20monografia.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
7. APONTE SALAZAR, GABRIEL ALEJANDRO. *Evaluación del comportamiento físico de un suelo fino con adición de fibras de Polietileno De Tereftalato (PET)*, Tesis profesional de ingeniero civil. [en línea]. universidad de Ibagué de Colombia. 2019. [consultado 20 septiembre 2020]. Disponible en:  
<https://repositorio.unibague.edu.co/handle/20.500.12313/1815>
8. LOPEZ ORTIZ, JOSE ALBERTO. *Suelos arcillosos reforzados con materiales de plásticos reciclado (PET)*, Tesis profesional de ingeniero civil. [en línea].

- Universidad Nacional Autónoma de México.2016. [consultado 20 septiembre 2020]. Disponible en: [https://repository.eia.edu.co/bitstream/11190/265/7/LopezJose\\_2013\\_SuelosArcillososReforzados.pdf](https://repository.eia.edu.co/bitstream/11190/265/7/LopezJose_2013_SuelosArcillososReforzados.pdf)
9. MOPOSITA YADAV, JITENDRA. *Influence of the inclusion of recycled polymer (rubber) on the mechanical properties of granular soil*. Tesis profesional de ingeniero civil. [en línea]. Universidad Técnica del Norte de Canadá. 2016. [consultado 20 septiembre 2020]. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/318421763\\_Influence\\_of\\_crumb\\_rubber\\_on\\_the\\_geotechnical\\_properties\\_of\\_clayey\\_soil](https://www.researchgate.net/publication/318421763_Influence_of_crumb_rubber_on_the_geotechnical_properties_of_clayey_soil)
  10. SMITH BAIG, ARIFT. *Effect of the addition of recycled polymer fiber on the CBR value of granular soils*, Tesis profesional de ingeniero civil. [en línea]. University of Chicago. 2017. [consultado 20 septiembre 2020]. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/311511929\\_Effect\\_of\\_Fibre\\_Reinforcement\\_on\\_CBR\\_Behavior\\_of\\_Lime\\_Blended\\_Expansive\\_Soils\\_Reliability\\_Approach](https://www.researchgate.net/publication/311511929_Effect_of_Fibre_Reinforcement_on_CBR_Behavior_of_Lime_Blended_Expansive_Soils_Reliability_Approach)
  11. SPITES VALENCIA. PATY. *Variation of The Support Capacity On a Base Granular by Inclusion of Polyethylene Terephthalate (Pet) As Aggregate Material (Range 0%, 50% And 100% - Sieves N ° 4, 3/8", 1/2", 3/4 "And 1")*. Tesis profesional de ingeniero civil. [en línea]. Universidad Technical del Norte de Canadá. 2017. [consultado 20 septiembre 2020]. Disponible en: <http://www.cbu-uwm.info/Papers/2007%20CBU%20Reports/REP-630.pdf>
  12. MUHAMMEND *Analysis of the influence of waste polymer of soil subgrade 2017*. [ en línea [ consultado 22 septiembre 2020]. ISSN: 2395-0056Disponible en: <https://www.irjet.net/archives/V3/i3/IRJET-V3I3379.pdf>
  13. SERRANO RODRIGUEZ, ERIKA Y PADILLA GONZALEZ EDGAR. *Análisis de los cambios en las propiedades mecánicas de materiales de subrasante por la adicción de materiales poliméricos reciclados*, Revista Ingeniería Solidaria, vol. 25, n.º 1 2018. [ en línea [ consultado 22 septiembre 2020].DOI: <https://doi.org/10.16925/2357-6014.2019.01>.

14. LOPEZ LARA, TERESA, HERNANDEZ BOSCO, JUAN Y HORTA RANGEL JAIME. *Polímeros para la estabilización volumétrica de arcillas expansivas*, Revista de ingeniería de suelos. 2015. [ en línea [ consultado 22 septiembre 2020].DOI: <http://www.ehu.eus/reviberpol/pdf/MAY10/lopez.pdf>
15. SAÑAC VILCA, MAGALY. *Influencia de la incorporación de plástico reciclado triturado – PET en el mejoramiento del suelo a nivel de sub rasante en la prolongación de la Av. Micaela Bastidas, Tamburco - Abancay, 2018*. Tesis profesional de ingeniero civil. [en línea]. Universidad Tecnológica de los Andes, [ consultado 22 septiembre 2020]. Disponible en: <http://repositorio.utea.edu.pe/handle/utea/206>
16. LEIVA GONZALES, ROLY. *Utilización de Bolsas de Polietileno para el mejoramiento de suelo a nivel de la subrasante en el Jr. Arequipa, Progresiva KM 0+000-Km 0+100, distrito de concepción*, Tesis profesional de ingeniero civil. [en línea]. universidad Nacional del Centro Del Perú. [ consultado 22 septiembre 2020]. Disponible en: <http://repositorio.uncp.edu.pe/handle/UNCP/1181>
17. GONZALES TAIPE, KATTYA. *Estabilización de la subrasante de suelo arcilloso con aplicación de polímero sintético en la carretera-Hauncas,2018*, Tesis profesional de ingeniero civil. [en línea]. Universidad Nacional de Cajamarca. [ consultado 22 septiembre 2020]. Disponible en: [https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UUNI\\_dec1bc07eb7475a1537d56cde6479aa8](https://alicia.concytec.gob.pe/vufind/Record/UUNI_dec1bc07eb7475a1537d56cde6479aa8)
18. CRESPO, G. *Mecánica de suelos y cimentaciones*. 1° tomo. México: 2017 478pp. 65-68. ISSN: 968-18-6489-1. Disponible en : <https://stehven.files.wordpress.com/2015/06/mecanica-desuelos-y-cimentaciones-crespo-villalaz.pdf>
19. MINISTERIOS DE TRANSPORTE Y COMUNICACIONES: *Direcciona General de caminos y ferrocarriles no pavimentadas de bajo volumen de tránsito*. Lima-Perú 2016. [en línea]. [ consultado 22 septiembre 2020]. Disponible en: [http://www.mtc.gob.pe/portal/home/publicaciones\\_arch/ETG-CBVT\\_VOLUMEN%20I.pdf](http://www.mtc.gob.pe/portal/home/publicaciones_arch/ETG-CBVT_VOLUMEN%20I.pdf)

20. MINISTERIO DE TRANSPORTE OBRAS PÚBLICAS DEL ECUADOR. *Volumen n°5 Especificaciones Generales para la Construcción de Caminos y Puentes*. [en línea]. [Consultado 15-6-19]. Disponible en: <https://es.slideshare.net/ramirobautistaaguirre/mtop-v-3-especificaciones-generales-construccion-caminos-puentes-rutas>
21. BRAJA M. *Principles of Geotechnical Engineering*. 9ed. 2016. [Consultado el 02 octubre de 2019]. Recuperado en: [https://www.academia.edu/38628316/Principles\\_of\\_Geotechnical\\_Engineering\\_Solution\\_manual\\_by\\_Braja\\_M.\\_Das\\_9th\\_Ed](https://www.academia.edu/38628316/Principles_of_Geotechnical_Engineering_Solution_manual_by_Braja_M._Das_9th_Ed)
22. MANUAL DE DETERMINACION DE LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE UN SUELO. *Geotecnia de tipos de suelos*. <https://civilgeeks.com/2014/01/22/manual-de-determinacion-de-la-capacidad-de-soporte-cbr-del-suelo/>
23. SMITH JR. *Clay soil manual, soil tillinng*. 2018. [en línea] Disponible en: <https://toptillers.com/soil-tilling-guide/>
24. UNIVERSIDAD DE INGENIERIA. *Taller de mecánica de suelos- ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo*. 2016. [en línea] Disponible en: <http://www.lms.uni.edu.pe/labsuelos/MODOS%20OPERATIVOS/Determinacion%20del%20contenido%20de%20Humedad.pdf>
25. ELECTRONIC JOURNAL OF GEOTECHNICAL ENGINEERING. *Determination of consistency limits: a comparison between materials*. 2017. [ en línea] [consultado 15 septiembre 2020]. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/268437310\\_Determination\\_of\\_Consistency\\_Limits\\_A\\_Comparison\\_between\\_-40\\_and\\_-200\\_Materials](https://www.researchgate.net/publication/268437310_Determination_of_Consistency_Limits_A_Comparison_between_-40_and_-200_Materials)
26. MECHANICAL SOIL COMPACTORS GUIDE. *Proctor Compaction test*. 2018. [ en línea] [consultado 15 septiembre 2020]. Disponible en: <https://www.globalgilson.com/blog/proctor-compaction-test-a-basic-guide>
27. SHOOP SEMAN, S. *Cbr-california bearing ratio database for soil strength prediction*. Engineer Research and Development Center (U.S.), 2018. 20pp. [en

- linea]. [ consultado: 2 septiembre 2020] Disponible en: [https://books.google.com.pe/books/about/CBR\\_California\\_Bearing\\_Ratio\\_Data\\_base\\_fo.html?id=k3kWywEACAAJ&redir\\_esc=y](https://books.google.com.pe/books/about/CBR_California_Bearing_Ratio_Data_base_fo.html?id=k3kWywEACAAJ&redir_esc=y)
28. INGLES METCALF, G. *soil stabilization. Edition illustrated reprint*. 2017. pp159-89-90. ISBN: 0409482153-9780409482157.
29. BEHZARD KALANTARI. *stabilization of clay soils. Edition illustrated reprint*. 2017. Pp. 205 36-38. [ en linea] [ consultado 11 noviembre 2020]. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/270496166\\_Stabilization\\_of\\_Clayey\\_Soil\\_with\\_Lime\\_and\\_Waste\\_Stone\\_Powder](https://www.researchgate.net/publication/270496166_Stabilization_of_Clayey_Soil_with_Lime_and_Waste_Stone_Powder)
30. STOYKO FARIROV. *Fundamentals of polymer science for engineers*. 2017. Pp 95: 25—26. ISBN 9783527341313.
31. MECHANIC OF POLYMERS TEREFALATO. *Fundamentals of polymer science for engineers*. 2017. [ en linea]. [ consultado 12 septiembre 2020]. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1002/9783527802180.ch5>
32. JUDEDI, S. *LPDH- polietileno de baja densidad*. 2018. [ en linea]. [ consultado 12 septiembre 2020]. Disponible en: <https://jubedi.com/wp-content/uploads/2019/09/LDPE-Polietileno-baja-densidad.pdf>
33. COICUE DUARTE, FERNANDO LUIS. *POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD COMO ALTERNATIVA PARA MEJORAR LAS PROPIEDADES MECANICAS DE UNA MEZCLA ASFALTICA DENSA EN CALIENTE MDC-19*. Proyecto de ingeniería vial. [ en linea]. [ consultado 12 septiembre 2020]. Disponible en: <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/15277/1/POLIETILENO%20DE%20BAJA%20DENSIDAD%20COMO%20ALTERNATIVA%20PARA%20MEJORAR%20LAS%20PROPIEDADES%20MECANICAS%20DE%20UNA%20MEZCLA%20DENSA%20EN%20CALIENTE%20MDC-19.pdf>
34. KATIME, I. *Química física macromolecular de altos polímeros y materias plásticas*. Editorial alhambra 1° edición 2018. [ en linea]. Disponible en : <https://www.technoform.com/es/materiales/tereftalato-de-polietileno-pet>
35. RESEARCH METHODOLOGY. *Methods and Techniques*. 2ed. [en línea]. pp; 414 [consultado 10 de octubre de 2019]. ISBN (13): 978-81-224-2488-1.

Recuperado en <https://upla.edu.pe/wp-content/uploads/2017/12/4-UPLA-Kothari-Reserach-Methodology.pdf>

36. VOLINI, ERIKA & BRETT WALSH. *Rewriting The Rules For The Digital*. [en línea]. 2017 pp: 5. [consultado 10 de octubre de 2019]. ISBN 978248228814-1. Recuperado en <https://www2.deloitte.com/content/dam/Deloitte/global/Documents/About-Deloitte/central-europe/ce-global-human-capital-trends.pdf> 36
37. SAMPIERI, ROBERTO *Metodología de la investigación*. México: Red tercer milenio, 176pp. ISBN: 9701057538.
38. VASCONELLOS ESPINOZA, RAÚL. *Nuevas Técnicas de Estabilización de Suelos y Reciclado de Pavimentos Flexibles con Uso de Cemento Portland*". ASOCEM. [en línea]. 2016.[consultado 04 de octubre de 2019]. ISBN: 948496058246. Recuperado en: [http://www3.vivienda.gob.pe/dnc/archivos/Estudios Normalizacion/Normalizacion/normas/NORMACE020.pdf](http://www3.vivienda.gob.pe/dnc/archivos/Estudios_Normalizacion/Normalizacion/normas/NORMACE020.pdf)
39. OSSIDY Y CHARAM Marakon associates & economicst intelligence unit. Artículo en línea. pag.25. [consultado 13 octubre del 2020]. [recuperado en línea]. disponible en: <http://www.cicap.ac.cr/web/guest/gestión-del-desempeño-competencias-orientado-resultados/>
40. ACADEMIA DE INVESTIGACIÓN. *Manual para la elaboración de tesis y trabajos de investigación*. Puebla: s.n., 47 PP. [en línea], [consulta 07-09-19] disponible : <https://www.sev.gob.mx/centros-rebsamen/files/2019/05/Manual-para-elaboracion-de-tesis-y-trabajos-de-investigacion.pdf>
41. VALDERRAMA, S. *Pasos para elaborar proyectos de investigación científica*. Lima: San Marcos, 2014, 495 pp. 31. ISSN 9788-7012

## **ANEXOS**

**Anexo 2:** Matriz Operacionalización de Variables

<b>Variable</b>	<b>Definición conceptual</b>	<b>Dimensión</b>	<b>Indicador</b>	<b>Instrumento</b>	<b>Escala de medición</b>
<b>Variable dependiente</b> capacidad de soporte de la subrasante	Una subrasante de suelo con baja capacidad portantes (CBR de 3 a 6%), por lo que necesariamente tiene que ser estabilizado.	Propiedades físico-mecánicas del suelo natural	Granulometría	Formatos de ensayos físico-mecánicos	Ordinal
			Límite líquido		Ordinal
			Límite plástico		Ordinal
			Máxima densidad seca		Ordinal
			Capacidad de soporte (CBR)		Ordinal
		Propiedades del suelo con adición de LDPE y PET	CBR	Formatos de ensayos físico-mecánicos	Ordinal
			Máxima densidad seca (P.M)		Ordinal
		Comparación del Incremento de la capacidad de soporte (CBR)	CBR con dosificación de LDPE	Formato de comparación de resultados	Ordinal
			CBR con dosificación de PET		Ordinal
<b>Variable independiente</b> Poliétileno de baja densidad (LDPE)	El polietileno de baja densidad (LDPE) se obtiene mediante la recolección y corte de bolsas de plástico.	Propiedades físicas	Granulometría	Especificaciones técnicas	Ordinal
			Peso unitario		Ordinal
			Peso compactado		Ordinal
			2.5%, 5.5% y 7.5%		Ordinal
<b>Variable independiente</b> Tereftalato de polietileno (PET)	El tereftalato de polietileno (PET) se obtiene mediante la recolección y corte de botellas de plástico.	Propiedades físicas	Granulometría	Formato de ensayos físicos	Ordinal
			Peso unitario		Ordinal
			Peso compactado		Ordinal
			2.5%, 5.5% y 7.5%		Ordinal

### Anexo 3: Matriz Operacionalización de Variables

Problema	Objetivos	Hipótesis	Variable	Dimensión	Indicador						
<b>General</b>	<b>General</b>	<b>General</b>	<b>Variable dependiente</b>  Capacidad de soporte de la subrasante	Propiedades físico-mecánicas del suelo natural	Granulometría						
¿Cuánto influye la incorporación de polietileno de baja densidad (LDPE) y tereftalato de polietileno (PET) para la estabilización del suelo al nivel de la subrasante en el tramo Chota-Palma 2019?	Determinar la influencia de la incorporación de polietileno de baja densidad (LDPE) y tereftalato de polietileno (PET) para la estabilización del suelo al nivel de la subrasante en el tramo Chota-Palma 2019.	La incorporación de polietileno de baja densidad (LDPE) y tereftalato de polietileno (PET) influyen en el mejoramiento de la capacidad de soporte de la subrasante en el tramo Chota-Palma, 2019.			Capacidad de soporte de la subrasante	Propiedades físico-mecánicas del suelo natural	Límite líquido				
							Límite plástico				
							Máxima densidad seca				
							Capacidad de soporte (CBR)				
				Máxima densidad seca							
¿Cuánto es la dosificación en porcentaje de adición de polietileno de baja densidad (LDPE) para el mejoramiento de la capacidad de soporte de la subrasante en el tramo Chota-Palma 2019?	Determinar la dosificación en porcentaje de adición de polietileno de baja densidad (LDPE) para el mejoramiento de la capacidad de soporte de la subrasante en el tramo Chota-Palma 2019.	La dosificación de adición en porcentajes de polietileno de baja densidad (LDPE) aumenta la capacidad de soporte de la subrasante en el tramo Chota –Palma 2019.		Capacidad de soporte de la subrasante	Propiedades del suelo con adición de LDPE y PET	CBR					
						CBR con dosificación óptima de LDPE					
						CBR con dosificación óptima de PET					
						Incremento de la capacidad de soporte (CBR)					
			Granulometría								
<b>Específicos</b>	<b>Específicos</b>	<b>Específicos</b>	<b>Variable independiente</b> Polietileno de baja densidad (LDPE)	Propiedades físicas	Peso compactado						
¿Cuánto es la dosificación en porcentaje de adición de tereftalato de polietileno (PET) para el mejoramiento de la capacidad de soporte de la subrasante en el tramo Chota-Palma 2019?	Determinar la dosificación en porcentaje de adición de tereftalato de polietileno (PET) para el mejoramiento de la capacidad de soporte de la subrasante en el tramo Chota—Palma 2019.	La dosificación de adición en porcentajes de tereftalato de polietileno (PET) aumenta la capacidad de soporte de la subrasante en el tramo Chota-Palma 2019.			Polietileno de baja densidad (LDPE)	Propiedades físicas	2.5% 5.5%, 7.5%				
							¿Cuánto es la dosificación en porcentaje de adición de polietileno de baja densidad (LDPE) para el mejoramiento de la capacidad de soporte de la subrasante en el tramo Chota-Palma 2019?	Determinar la dosificación en porcentaje de adición de polietileno de baja densidad (LDPE) para el mejoramiento de la capacidad de soporte de la subrasante en el tramo Chota—Palma 2019.	La dosificación de adición en porcentajes de polietileno de baja densidad (LDPE) aumenta la capacidad de soporte de la subrasante en el tramo Chota –Palma 2019.	Polietileno de baja densidad (LDPE)	Propiedades físicas
				¿Cuánto de aditivo polietileno de baja densidad (LDPE) y tereftalato de polietileno (PET) que logra una mayor mejora en la capacidad de soporte de la subrasante en el tramo Chota-Palma 2019?							
¿Cuánto de aditivo polietileno de baja densidad (LDPE) y tereftalato de polietileno (PET) que logra una mayor mejora en la capacidad de soporte de la subrasante en el tramo Chota-Palma 2019?	Analizar los estabilizadores, polietileno de baja densidad (LDPE) o tereftalato de polietileno (PET) que logra una mayor mejora en la capacidad de soporte de la subrasante en el tramo Chota-Palma 2019.	Los estabilizadores, Polietileno de tereftalato y Polietileno de baja densidad (LPDE), reducen el contenido de humedad de la subrasante en el tramo Chota –Palma 2019.			Tereftalato de polietileno (PET)	Propiedades físicas	2.5% 5.5%, 7.5%				

# Anexo 4: Recolección de Datos.



## LABORATORIO DE SUELOS, ASFALTO Y CONCRETO

PROYECTO :	*INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DE POLIETILENO (LDPE) Y TEREFALATO DE POLIETILENO (PET) EN LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE, TRAMO CHOTA-PALMA 2019*.	FECHA:	OCTUBRE 2020
SOLICITANTE :	Yanet Elizabeth Chávez Gonzales		
MUESTRA:	CALICATA 03	LOCALIZACIÓN:	Tramo de la carretera Chota- Palmas (Prog. 6+000)

**LÍMITES DE ATTERBERG ASTM D4318**

LÍMITE LÍQUIDO			
No de Golpes	19	25	30
Recipiente No	7	8	9
Peso Suelo H. (g)	59.5	59.21	52.9
Peso Suelo S. (g)	54.07	54.17	49.13
Peso Tarro (g)	21.53	21.10	21.20
% de humedad	16.69%	15.24%	13.50%

LÍMITE PLÁSTICO	
Recipiente No	300
Peso Suelo H. (g)	53.25
Peso Suelo S. (g)	51.01
Peso Tarro (g)	25.3
% de humedad	8.71%

HUMEDAD NATURAL	
Recipiente No	35
Peso Suelo H. (g)	52.57
Peso Suelo S. (g)	48.78
Peso Tarro (g)	24.18
% de humedad	15.41%

LL =	20.00%	Indice de Grupo	0
LP =	8.71%	Clasificación AASHTO	A-6 Suelo arcilloso
IP =	11.29%	Clasificación Unificada	Arcilla baja plasticidad arenosa CL
W =	15.41%		

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO ASTM C-137**

Peso de la muestra (gr)		500.00			
Tamices		Suelo Retenido (g)	% Retenido	% Que Pasa	Especificaciones para Base
nro	mm				
3"	60	0.00	0.00	100.00%	IN SITU
2 1/2"	63	0.00	0.00	100.00%	A - 3
2"	50	0.00	0.00	100.00%	100.00
1 1/2"	40	0.00	0.00%	100.00%	
1"	25	0.00	0.00%	100.00%	
3/4"	20	0.00	0.00%	100.00%	80.00 100.00
1/2"	12.5	0.00	0.00%	100.00%	72.50 100.00
3/8"	10	0.00	0.00%	100.00%	65.00 100.00
1/4"	6.3	0.00	0.00%	100.00%	57.50 92.50
No 4	5	0.00	0.00%	100.00%	50.00 85.00
No 8	2.36	0.00	0.00%	100.00%	41.50 76.00
No 10	2	0.00	0.00%	100.00%	33.00 67.00
No 16	1.25	0.00	0.00%	100.00%	31.00 61.50
No 20	0.84	2.00	0.40%	99.60%	29.00 56.00
No 30	0.6	5.00	1.00%	98.60%	27.00 50.50
No 40	0.4	6.00	1.20%	97.40%	25.00 45.00
No 50	0.3	8.00	1.60%	95.80%	21.25 40.00
No 80	0.18	10.00	2.00%	93.80%	17.50 35.00
No 100	0.160	98.00	19.60%	74.20%	13.75 30.00
No 200	0.080	121.00	24.20%	50.00%	10.00 25.00
Fondo	fondo	250.00	50.00%		
		500.00	100.00%		

MUESTRA	CALICATA 03
LOCALIZACION	Tramo de la carretera Chota- Palmas (Prog. 6+000)
PROFUNDIDAD	0.20 - 1.50

**Jhonny Cruzado Ruiz**  
 ING CIVIL LABORATORISTA  
 REG. CIP N° 208374

Anexo 5: Resultados de la C-03



**LABORATORIO DE SUELOS,  
ASFALTO Y CONCRETO**

<b>PROYECTO :</b>	"INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DE POLIETILENO (LDPE) Y TEREFALATO DE POLIETILENO (PET) EN LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE, TRAMO CHOTA-PALMA 2019".	<b>FECHA:</b>	OCTUBRE 2020
<b>SOLICITANTE :</b>	Yanet Elizabeth Chávez Gonzales		
<b>MUESTRA:</b>	CALICATA 03	LOCALIZACIÓN Tramo de la carretera Chota- Palmas (Prog. 6+000)	

**SISTEMA DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS UNIFICADO "S.U.C.S"**

Clasificación general	Materiales granulares (35% o menos pasa por el tamiz Nº 200)						Materiales limoso arcilloso (más del 35% pasa el tamiz Nº 200)				
	A-1		A-3	A-2-4	A-2-6	A-2-8	A-2-7	A-4	A-6	A-8	A-7 A-7-5 A-7-8
Grupo:	A-1-a	A-1-b									
<b>Porcentaje que pasa:</b> Nº 10 (2mm) Nº 40 (0,425mm) Nº 200 (0,075mm)	50 máx 30 máx 15 máx	- 50 máx 25 máx	- 51 mín 10 máx	- - 35 máx			- - 35 mín				
<b>Características de la fracción que pasa por el tamiz Nº 40</b>											
<b>Límite líquido</b>	-		-	40 máx	41 mín	40 máx	41 mín	40 máx	41 mín	40 máx	41 mín (2)
<b>Índice de plasticidad</b>	6 máx		NP (1)	10 máx	10 máx	11 mín	11 mín	10 máx	10 máx	11 mín	11 mín
<b>Constituyentes principales</b>	Fragmentos de roca, grava y arena		Arena fina	Grava y arena arcillosa o limosa			Suelos limosos		Suelos arcillosos		
<b>Características como sub base</b>	Excelente a bueno						Pobre a malo				

(1): No plásticos

(2): El índice de plasticidad del subgrupo A-7-5 es igual o menor al LL menos 30

El índice de plasticidad del subgrupo A-7-6 es mayor que LL menos 30

*Yanet E. Chávez*  
Yanet Cruzado Rivas  
ING. CIVIL LABORATORISTA  
REG. CIP Nº 208174



## Anexo 6: Resultados de la C-03



CONSEJO TÉCNICO PROFESIONAL

### LABORATORIO DE SUELOS, ASFALTO Y CONCRETO

<b>PROYECTO :</b>	"INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DE POLIETILENO (LDPE) Y TEREFALATO DE POLIETILENO (PET) EN LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE, TRAMO CHOTA-PALMA 2019".	<b>FECHA:</b>	OCTUBRE 2020
<b>SOLICITANTE:</b>	Yanet Elizabeth Chávez Gonzales		
<b>MUESTRA:</b>	CALICATA 03	<b>LOCALIZACIÓN:</b>	Tramo de la carretera Chota- Palmas (Prog. 6+000)

Tamices	Tamiz (mm)	Pasa (%)	Pasante (%)
4"	100	100.00	100.00
3"	80	100.00	100.00
2 1/2"	63	100.00	100.00
2"	50	100.00	100.00
1 1/2"	40	100.00	100.00
1"	25	100.00	100.00
3/4"	20	100.00	100.00
1/2"	12.5	100.00	100.00
3/8"	10	100.00	100.00
1/4"	6.3	100.00	100.00
No 4	5	100.00	100.00
No 8	2.36	100.00	100.00
No 10	2	100.00	100.00
No 16	1.25	100.00	100.00
No 20	0.84	99.60	99.60
No 30	0.6	98.60	98.60
No 40	0.4	97.40	97.40
No 50	0.3	95.80	95.80
No 80	0.18	93.80	93.80
No 100	0.160	74.20	74.20
No 200	0.080	50.00	50.00
Fondo	fondo	0.00	0.00

<b>D<sub>60</sub>:</b>	0.11 mm
<b>D<sub>30</sub>:</b>	mm
<b>D<sub>10</sub> (diámetro efectivo):</b>	mm
<b>Coefficiente de uniformidad (Cu):</b>	
<b>Grado de curvatura (Cc):</b>	

<b>Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S.)</b>	
Suelo de partículas finas.	
Arcilla baja plasticidad arenosa CL	

<b>Límite líquido, LL:</b>	20.00	%
<b>Límite plástico, LP:</b>	8.71	%
<b>Índice plasticidad, IP:</b>	11.29	%

Arcilla baja plasticidad arenosa CL
-------------------------------------

*Thony Cruzado Ruiz*  
**Thony Cruzado Ruiz**  
 ING. CIVIL LABORATORISTA  
 REG. CIP N° 208274



## Anexo 7: Resultados de la C-03



CONSULTING GIE&P S.R.L.

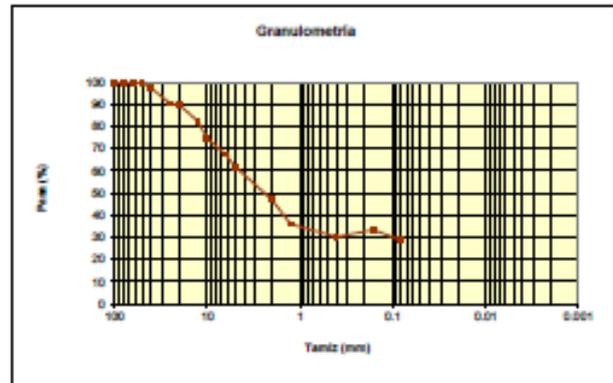
### LABORATORIO DE SUELOS, ASFALTO Y CONCRETO

PROYECTO:	"INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DE POLIETILENO (LDPE) Y TEREFALATO DE POLIETILENO (PET) EN LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE, TRAMO CHOTA-PALMA 2019".	FECHA:	OCTUBRE 2020
SOLICITANTE:	Yanet Elizabeth Chávez Gonzales		
MUESTRA:	CAUCATA 03	LOCALIZACIÓN:	Tramo de la carretera Chota- Palmaz (Prog. 6-000)

#### SISTEMA DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS UNIFICADO "AASHTO"

N°	Tamiz (mm)	Pasa (%)	Pasante (%)	Retenido acumulado (%)	Retenido parcial (%)
4"	100	100.00	100.00	0.00	0.00
3"	80	100.00	100.00	0.00	0.00
2 1/2"	63	100.00	100.00	0.00	0.00
2"	50	100.00	100.00	0.00	0.00
1 1/2"	40	100.00	100.00	0.00	0.00
1"	25	100.00	100.00	0.00	0.00
3/4"	20	100.00	100.00	0.00	0.00
1/2"	12.5	100.00	100.00	0.00	0.00
3/8"	10	100.00	100.00	0.00	0.00
1/4"	6.2	100.00	100.00	0.00	0.00
No 4	5	100.00	100.00	0.00	0.00
No 5	2.96	100.00	100.00	0.00	0.00
No 10	2	100.00	100.00	0.00	0.00
No 15	1.25	100.00	100.00	0.00	0.00
No 20	0.84	99.80	99.80	0.20	0.20
No 30	0.6	98.80	98.80	1.20	1.20
No 40	0.4	97.40	97.40	2.60	1.20
No 50	0.3	95.80	95.80	4.20	1.60
No 60	0.25	93.80	93.80	6.20	2.00
No 100	0.150	74.20	74.20	25.80	19.60
No 200	0.075	50.00	50.00	50.00	34.20
Fondo	Índice	0.00	0.00	100.00	50.00

#### Clasificación AASHTO



Limite líquido LL:	20.00 %
Limite plástico LP:	8.71 %
Índice plasticidad IP:	11.29 %

Pasa tamiz N° 4 (5mm):	100.00 %
Pasa tamiz N° 200 (0.060 mm):	50.00 %
D <sub>60</sub> :	4.87 mm
D <sub>30</sub> :	0.12 mm
D <sub>15</sub> (diámetro efectivo):	1.11 mm
Coefficiente de uniformidad (Cu):	4.19
Grado de curvatura (Cc):	0.003

Material limoso-arenoso  
Pobre a malo como subgrado  
A-8 Suelo arcilloso

Valor del índice de grupo (IG): 2

*Yanet Elizabeth Chávez Gonzales*  
ING. DEL LABORATORIO  
REG. CPN 20014



## Anexo 8: Resultados de la C-03



### LABORATORIO DE SUELOS, ASFALTO Y CONCRETO

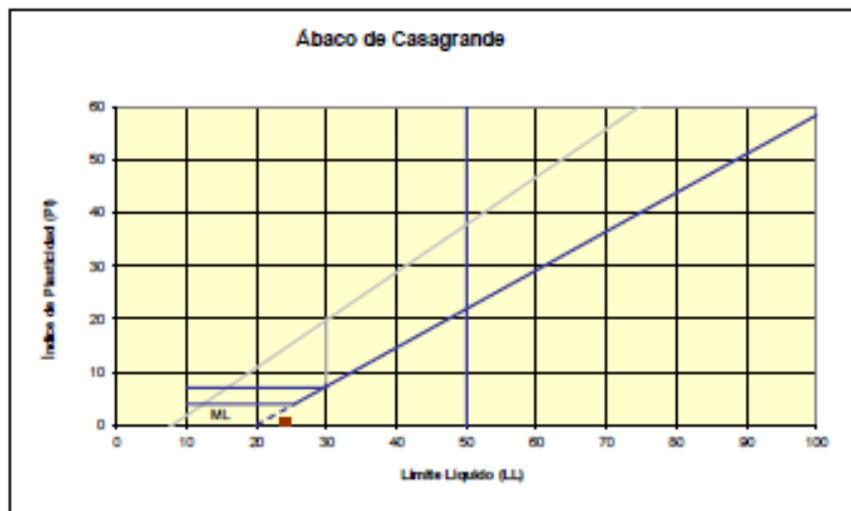
#### ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO ASTM - D1883

**PROYECTO:** "INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DE POLIETILENO (LDPE) Y TEREFALATO DE POLIETILENO (PET) EN LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE, TRAMO CHOTA-PALMA 2019".  
**SOLICITANTE:** Yanet Elizabeth Chávez Gonzales  
**MUESTRA:** CALICATA 03 **LOCALIZACIÓN:** Tramo de la carretera Chota- Palmas (Prog. 6+000)  
**FECHA:** OCTUBRE 2020

Ubicación	Tramo de la carretera Chota- Palmas (Prog. 6+000)
Profundidad	0.20 - 1.50

CALIFORNIA BEARING RATIO = C.B.R. (%)					
MOLDE N°	PENETRACIÓN	LOG/FULG2	N° DE GOLPES	C.B.R (%)	D.M. SECA
07	0.1"	123.02	56	24.60	2.15
09	0.1"	94.37	25	18.87	1.95
15	0.1"	69.01	12	13.80	1.84

EMBEDIDO	EXPANSIÓN	PENET. FULG.	OPT. HUM. %	MAX. DENS. 100%	MAX. DENS. 95%	C.B.R 100%	C.B.R. 95%
04 Días	0.93%	0.1"	11.29	2.15 Gr/cc	2.05 Gr/cc	24.60	23.11



CALCULO DE CBR AL 95%      MDS=      2.05 Gr/cc

CALCULO DE CBR AL 95%      23.11

**Johnny Cruzado Rivas**  
 ING. CIVIL LABORATORISTA  
 REG. CP N° 218074



Anexo9: Resultados de la C-03



**LABORATORIO DE SUELOS,  
ASFALTO Y CONCRETO**

**ENSAYO DE COMPACTACIÓN**

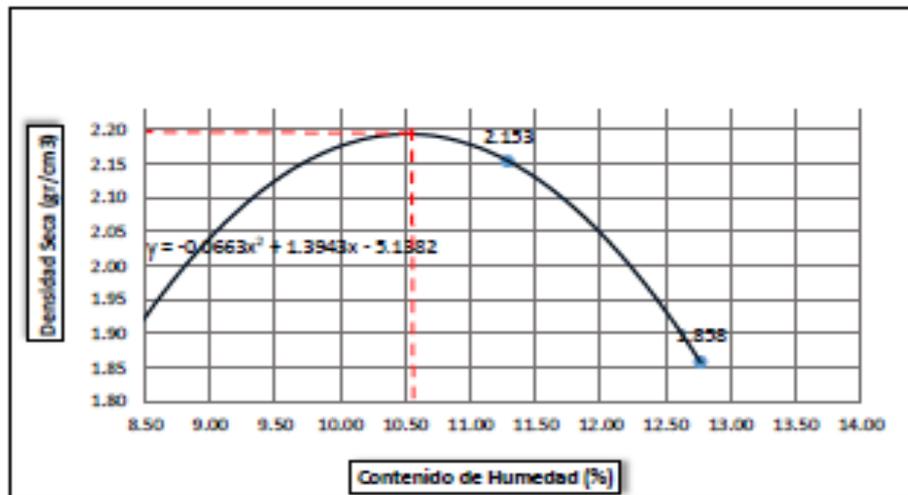
( PROCTOR MODIFICADO ASTM D - 1557 )

PROYECTO: "INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DE POLIETILENO (LDPE) Y TEREFALATO DE POLIETILENO (PET) EN LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE, TRAMO CHOTA-PALMA 2019".  
 SOLICITANTE: Yanet Elizabeth Chávez Gonzales LOCALIZACIÓN: Tramo de la carretera Chota- Palmas (Prog. 6+000)  
 MUESTRA: CALICATA 03  
 FECHA: OCTUBRE 2020  
 NORMA: ASTM D - 1557

Volumen del Molde = 2130 cm <sup>3</sup>					
	PRUEBA N°	9	10	11	12
1	Peso de molde + Suelo húmedo compactado (g)	9407.5	8892.03	8412.38	8625.6
2	Peso del molde (g)	4272	4365	4136	4136
3	Peso del Suelo húmedo compactado (1-2) (g)	5135.5	4527.03	4276.38	4489.6
4	Densidad húmeda (g)	2.396	2.112	1.996	2.095
5	Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	2.15	1.95	1.84	1.86

**ENSAYO CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM - D2216**

CONTENIDO DE HUMEDAD					
	DEPOSITO N°	900	1000	1100	1200
1	PESO DEPOSITO + MUESTRA HUMEDA (g)	493.22	476.08	530.70	483.82
2	PESO DEPOSITO + MUESTRA SECA (g)	474.33	461.11	517.04	459.83
3	PESO DE AGUA CONTENIDA (1-2) (g)	18.89	14.97	13.66	23.99
4	PESO DEPOSITO (g)	307.00	283.00	354.00	272.00
5	PESO MUESTRA SECA (2-4) (g)	167.33	178.11	163.04	187.83
6	CONTENIDO DE HUMEDAD (3/5)x100 (%)	11.29	8.40	8.38	12.77



*Thony Cruzado Ruiz*  
 ING. CIVIL LABORATORISTA  
 REG. CIP N° 200214

Maxima Densidad Seca	2.15 gr/cm <sup>3</sup>
Optimo Contenido de Humedad	15.20 %



## Anexo 10: Resultados de la C-03 más 2.5% polietileno de baja densidad



### LABORATORIO DE SUELOS, ASFALTO Y CONCRETO

#### ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO ASTM - D1883

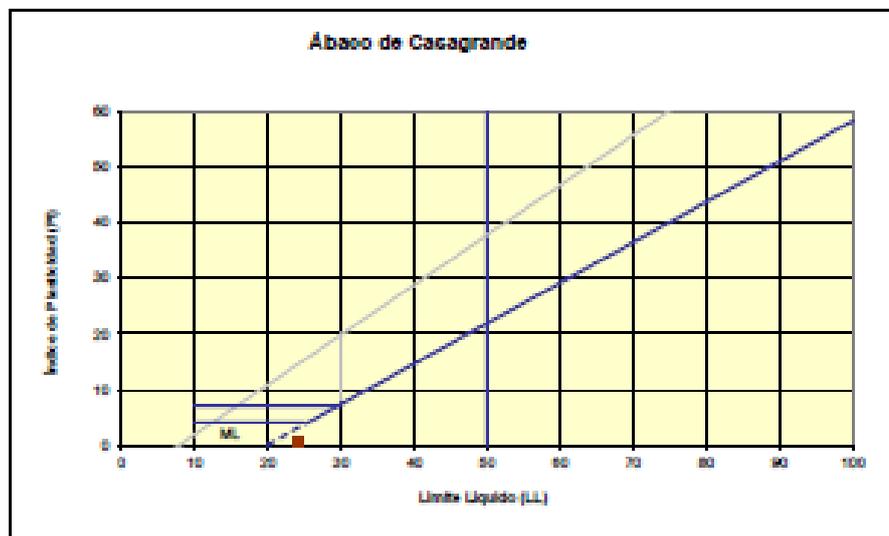
POLIETILENO BAJA  
DENSIDAD 2.08

**PROYECTO:** INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DE POLIETILENO (LDPE) Y TEREFALATO DE POLIETILENO (PET) EN LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE, TRAMO CHOTA-PALMA 2019".  
**SOLICITANTE:** Yanet Elizabeth Chávez González  
**MUESTRA:** CALICATA.03 LOCALIZACIÓN: Tramo de la carretera Chota- Palmas (Prog. 6+00)  
**FECHA:** OCTUBRE 2020

Ubicación	Tramo de la carretera Chota- Palmas (Prog. 6+0)
Profundidad	0.20 - 1.50

CALIFORNIA BEARING RATIO = C.B.R. (%)						
MOLDE N°	PENETRACIÓN	LIBS(PULG)	N° DE GOLPES	C.B.R. (%)	D.M. SECA	
07	0.1"	124.18	56	27.90	2.15	
09	0.1"	93.78	25	18.76	1.95	
15	0.1"	69.01	13	11.80	1.88	

EMBUDO	EXPANSIÓN	PENET. PULG.	OPT. HUM. %	MAX. DENS. 100%	MAX. DENS. 95%	C.B.R. 100%	C.B.R. 95%
04 Dia	1.00%	0.1"	11.29	2.15 Gr/cc	2.08 Gr/cc	27.90	25.60



CALCULO DE CBR AL 95 %      MOD=      2.08 Gr/cc

CALCULO DE CBR AL 95 %      25.60

*Yanet Elizabeth Chávez González*  
 Yanet Elizabeth Chávez González  
 ING. CIVIL ESPECIALIZADA  
 REG. COP N° 200714



**Anexo 11: Resultados de la C-03 más 2.5% polietileno de baja densidad.**



**LABORATORIO DE SUELOS,  
ASFALTO Y CONCRETO**

**ENSAYO DE COMPACTACIÓN**

( PROCTOR MODIFICADO ASTM D - 1557 )

POLIETILENO BAJA  
DENSIDAD 2.5%

**PROYECTO:** "INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DE POLIETILENO (LDPE) Y TEREFALATO DE POLIETILENO (PET) EN LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE, TRAMO CHOTA-PALMA 2019".

**SOLICITANTE:** Yanet Elizabeth Chávez Gonzales

**MUESTRA:** CALICATA 03 **LOCALIZACIÓN:** Tramo de la carretera Chota- Palmas (Prog. 6+000)

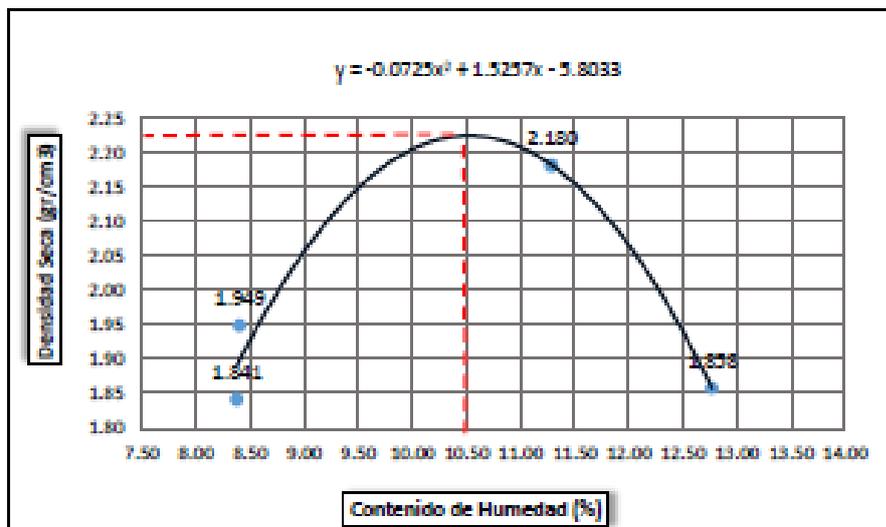
**FECHA:** OCTUBRE 2020

**NORMA:** ASTM D - 1557

Volumen del Molde = 2130 cm <sup>3</sup>						
	PRUEBA N°		9	10	11	12
1	Peso de molde + Suelo húmedo compactado	(g)	9407.5	8892.03	8417.38	8625.6
2	Peso del molde	(g)	4272	4365	4196	4196
3	Peso del Suelo húmedo compactado (1-2)	(g)	5135.5	4527.03	4276.38	4489.6
4	Densidad húmeda	(g)	2.396	2.112	1.996	2.095
5	Densidad seca	(g/cm <sup>3</sup> )	2.18	1.95	1.84	1.86

**ENSAYO CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM - D2216**

CONTENIDO DE HUMEDAD						
	DEPOSITO N°		900	1000	1100	1200
1	PESO DEPOSITO + MUESTRA HUMEDA	(g)	493.22	476.08	530.70	483.82
2	PESO DEPOSITO + MUESTRA SECA	(g)	474.33	461.11	517.04	459.83
3	PESO DE AGUA CONTENIDA (1-2)	(g)	18.89	14.97	13.66	23.99
4	PESO DEPOSITO	(g)	307.00	283.00	354.00	272.00
5	PESO MUESTRA SECA (2-4)	(g)	167.33	178.11	163.04	187.83
6	CONTENIDO DE HUMEDAD (3/5)x100	(%)	11.29	8.40	8.38	12.77



*Yanet Chávez*  
**Yanet Cruzado Ruiz**  
 ING. CIVIL LABORATORISTA  
 REG. CIP N° 20821a

Maxima Densidad Seca	2.18 gr/cm <sup>3</sup>
Optimo Contenido de Humedad	14.90 %



**Anexo 12:** Resultados de la C-03 más 5.5% polietileno de baja densidad.



**LABORATORIO DE SUELOS,  
ASFALTO Y CONCRETO**

**ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO ASTM - D1883**

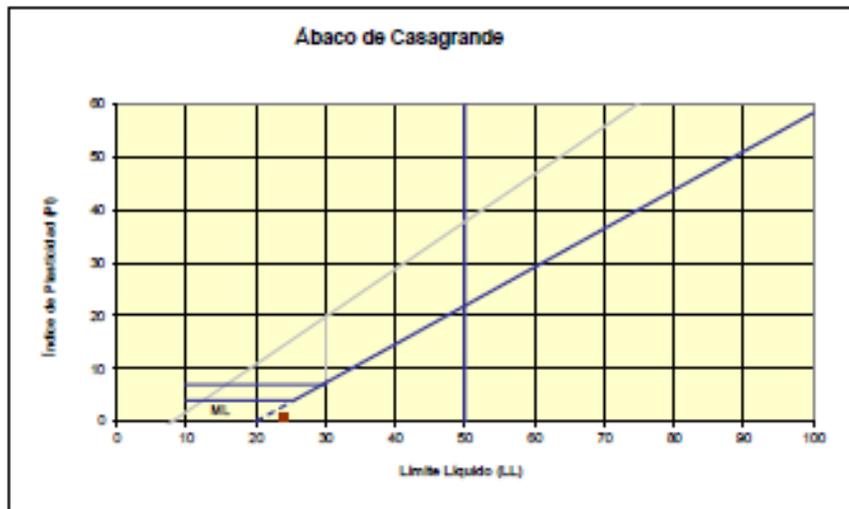
POLIETILENO BAJA  
DENSIDAD 5.5%

**PROYECTO:** "INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DE POLIETILENO (LDPE) Y TEREFALATO DE POLIETILENO (PET) EN LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE, TRAMO CHOTA-PALMA 2019".  
**SOLICITANTE:** Yanet Elizabeth Chávez Gonzales  
**MUESTRA:** CALICATA 03 **LOCALIZACIÓN:** Tramo de la carretera Chota- Palmas (Prog. 6+000)  
**FECHA:** OCTUBRE 2020

Ubicación	Tramo de la carretera Chota- Palmas (Prog. 6+000)
Profundidad	0.20 - 1.50

CALIFORNIA BEARING RATIO = C.B.R. (%)					
MOLDE N°	PENETRACIÓN	LRG/PULG2	N° DE GOLPES	C.B.R. (%)	D.M. SECA
07	0.1"	123.02	56	31.80	2.15
09	0.1"	94.95	25	18.99	1.95
15	0.1"	69.59	12	13.92	1.84

EMBEEDO	EXPANSIÓN	PENET. PULG.	OPT. HUM. %	MAX. DENS. 100%	MAX. DENS. 95%	C.B.R. 100%	C.B.R. 95%
04 Dia	0.73%	0.1"	11.29	2.15 Gr/cc	2.11 Gr/cc	31.80	28.90



CALCULO DE CBR AL 95 %      MDS=      2.11 Gr/cc

**CALCULO DE CBR AL 95 %      28.90**

*Yanet Elizabeth Chávez Gonzales*  
**Yanet Elizabeth Chávez**  
 ING. CIVIL LABORATORISTA  
 REG. CP N° 218274



**Anexo 13:** Resultados de la C-03 más 5.5% polietileno de baja densidad.



**LABORATORIO DE SUELOS,  
ASFALTO Y CONCRETO**

**ENSAYO DE COMPACTACIÓN**  
( PROCTOR MODIFICADO ASTM D - 1557 )

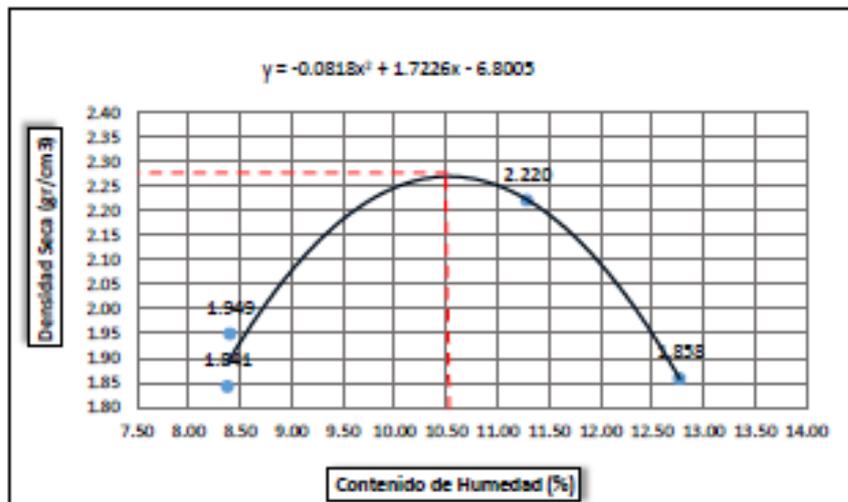
POLIETILENO BAJA  
DENSIDAD 5.5%

PROYECTO: "INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DE POLIETILENO (LDPE) Y TEREFALATO DE POLIETILENO (PET) EN LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE, TRAMO CHOTA-PALMA 2019".  
SOLICITANTE: Yanet Elizabeth Chávez Gonzales  
MUESTRA: CALICATA 03 LOCALIZACIÓN: Tramo de la carretera Chota- Palmas (Prog. 6+000)  
FECHA: OCTUBRE 2020  
NORMA: ASTM D - 1557

Volumen del Molde = 2130 cm <sup>3</sup>						
	PRUEBA N°		9	10	11	12
1	Peso de molde + Suelo húmedo compactado	(g)	9407.5	8892.03	8412.38	8625.6
2	Peso del molde	(g)	4272	4365	4136	4136
3	Peso del Suelo húmedo compactado (1-2)	(g)	5135.5	4527.03	4276.38	4489.6
4	Densidad húmeda	(g)	2.396	2.112	1.996	2.095
5	Densidad seca	(g/cm <sup>3</sup> )	2.22	1.95	1.84	1.86

**ENSAYO CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM - D2216**

CONTENIDO DE HUMEDAD						
	DEPOSITO N°		900	1000	1300	1200
1	PESO DEPOSITO + MUESTRA HUMEDA	(g)	493.22	476.08	530.70	483.82
2	PESO DEPOSITO + MUESTRA SECA	(g)	474.33	461.11	517.04	459.83
3	PESO DE AGUA CONTENIDA (1-2)	(g)	18.89	14.97	13.66	23.99
4	PESO DEPOSITO	(g)	307.00	283.00	354.00	272.00
5	PESO MUESTRA SECA (2-4)	(g)	167.33	178.11	163.04	187.83
6	CONTENIDO DE HUMEDAD (3/5)x100	(%)	11.29	8.40	8.38	12.77



*Johny Cruzado Ruiz*  
ING CIVIL LABORATORISTA  
REG. CIP N° 208274

Maxima Densidad Seca	2.22 gr/cm <sup>3</sup>
Optimo Contenido de Humedad	13.40 %



**Anexo 14:** Resultados de la C-03 más 7.5% polietileno de baja densidad.



**LABORATORIO DE SUELOS,  
ASFALTO Y CONCRETO**

**ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO ASTM - D1883**

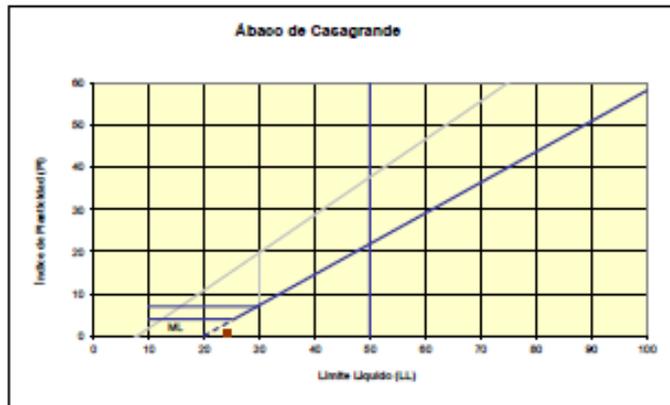
POLIETILENO BAJA DENSIDAD 7.5%

**PROYECTO:** INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DE POLIETILENO (LDPE) Y TEREFTALATO DE POLIETILENO (PET) EN LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE, TRAMO CHOTA-PALMA 2019".  
**SOLICITANTE:** Yanet Elizabeth Chávez González  
**MUESTRA:** CALICATA 03 LOCALIZACIÓN: Tramo de la carretera Chota-Palmas (Prog. 6+000)  
**FECHA:** OCTUBRE 2020

Ubicación	Tramo de la carretera Chota-Palmas (Prog. 6+000)
Profundidad	0.20 - 1.50

CALIFORNIA BEARING RATIO = C.B.R. (%)						
MOLDE N°	PENETRACIÓN	LIB/PULG2	N° DE GOLPES	C.B.R (%)		D.M. SECA
07	0.1"	123.02	55	32.80		2.15
09	0.1"	96.12	25	19.22		1.95
15	0.1"	69.01	12	11.80		1.84

EMBEUDO	EXPANSIÓN	PENET. PUGG.	OPT. HUM. %	MAX. DENS. 100%	MAX. DENS. 95%	C.B.R 100%	C.B.R. 95%
04 Días	1.28%	0.1"	11.29	2.15 Gr/cc	2.17 Gr/cc	32.80	30.40



CALCULO DE CBR AL 95 % MOD= 2.17 Gr/cc

CALCULO DE CBR AL 95 % 30.40

*Yanet Elizabeth Chávez González*  
 ING. DEL LABORATORIO  
 RVO. CEP N° 210274



**Anexo 15:** Resultados de la C-03 más 7.5% polietileno de baja densidad.



**LABORATORIO DE SUELOS,  
ASFALTO Y CONCRETO**

**ENSAYO DE COMPACTACIÓN**  
[ PROCTOR MODIFICADO ASTM D - 1557 ]

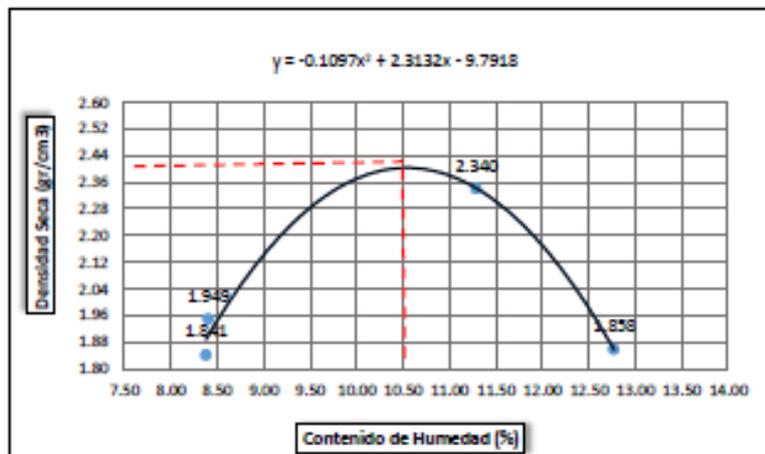
POLIETILENO  
BAJA DENSIDAD  
5.5%

**PROYECTO:** "INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DE POLIETILENO (LDPE) Y TEREFALATO DE POLIETILENO (PET) EN LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE, TRAMO CHOTA-PALMA 2019".  
**SOLICITANTE:** Yanet Elizabeth Chávez Gonzales  
**MUESTRA:** CALICATA 03 LOCALIZACIÓN: Tramo de la carretera Chota- Palmas (Prog. 6+000)  
**FECHA:** OCTUBRE 2020  
**NORMA:** ASTM D - 1557

Volumen del Molde = 2130 cm <sup>3</sup>						
	PRUEBA N°		9	10	11	12
1	Peso de molde + Suelo húmedo compactado	(g)	9407.5	8892.03	8412.38	8625.6
2	Peso del molde	(g)	4272	4365	4136	4136
3	Peso del Suelo húmedo compactado (1-2)	(g)	5135.5	4527.03	4276.38	4489.6
4	Densidad húmeda	(g)	2.396	2.112	1.996	2.095
5	Densidad seca	(g/cm <sup>3</sup> )	2.34	1.95	1.84	1.86

**ENSAYO CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM - D2216**

CONTENIDO DE HUMEDAD						
	DEPOSITO N°		900	1000	1100	1200
1	PESO DEPOSITO + MUESTRA HUMEDA	(g)	493.22	476.08	530.70	483.82
2	PESO DEPOSITO + MUESTRA SECA	(g)	474.33	461.11	517.04	459.83
3	PESO DE AGUA CONTENIDA (1-2)	(g)	18.89	14.97	13.66	23.99
4	PESO DEPOSITO	(g)	307.00	283.00	354.00	272.00
5	PESO MUESTRA SECA (2-4)	(g)	167.33	178.11	163.04	187.83
6	CONTENIDO DE HUMEDAD (3/5)x100	(%)	11.29	8.40	8.38	12.77



*Shony Cruzado Ruiz*  
ING CIVIL LABORATORISTA  
REG. CIP N° 200274

Maxima Densidad Seca	2.34 gr/cm <sup>3</sup>
Optimo Contenido de Humedad	12.70 %



## Anexo 16: Resultados de la C-03 más 2.5% polietileno de tereftalato



### LABORATORIO DE SUELOS, ASFALTO Y CONCRETO

#### ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO ASTM - D1883

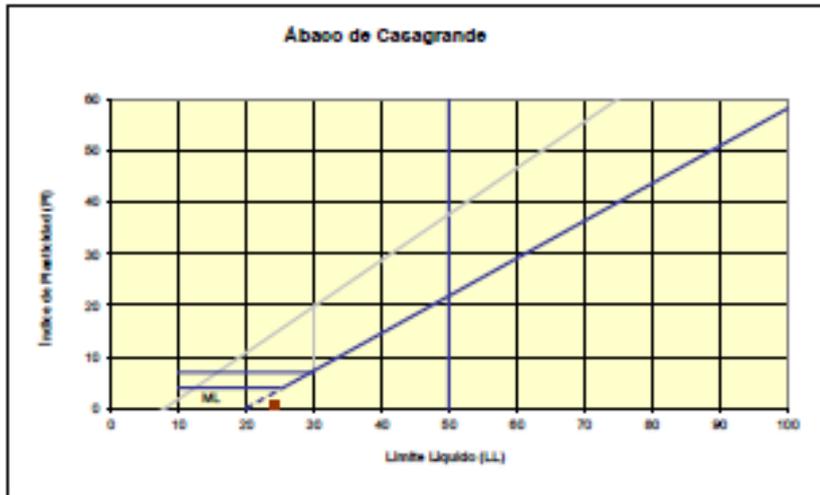
POLIETILENO DE  
TEREFTALATO 2.5%

**PROYECTO:** "INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DE POLIETILENO (LDPE) Y TEREFTALATO DE POLIETILENO (PET) EN LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE, TRAMO CHOTA-PALMA 2019".  
**SOLICITANTE:** Yanet Elizabeth Chávez González  
**MUESTRA:** CALICATA 03  
**FECHA:** OCTUBRE 2020  
**LOCALIZACIÓN:** Tramo de la carretera Chota- Palma (Prog. 6+000)

Ubicación	Tramo de la carretera Chota- Palma (Prog. 6+000)
Profundidad	0.20 - 1.50

CALIFORNIA BEARING RATIO = C.B.R. (%)					
MOLDE N°	PENETRACIÓN	LBS/PULG2	N° DE GOLPES	C.B.R. (%)	D.M. SECA
07	0.1"	124.77	56	88.70	2.15
09	0.1"	95.58	25	88.11	1.95
15	0.1"	69.59	12	88.92	1.86

EMBEUDO	EXPANSIÓN	PENET. PULG.	OPT. HUM. %	MAX. DENS. 100%	MAX. DENS. 95%	C.B.R. 100%	C.B.R. 95%
04 Dias	0.76%	0.1"	11.79	2.15 Gr/cc	2.11 Gr/cc	88.70	81.06



CALCULO DE CBR AL 95 %      MOD=      2.11 Gr/cc

CALCULO DE CBR AL 95 %      81.06

*Yanet Chávez*  
**Yanet Elizabeth Chávez González**  
 ING. CIVIL LABORATORISTA  
 REG. COP N° 278274



# Anexo 17: Resultados de la C-03 más 2.5% polietileno de tereftalato



## LABORATORIO DE SUELOS, ASFALTO Y CONCRETO

### ENSAYO DE COMPACTACIÓN (PROCTOR MODIFICADO ASTM D - 1557)

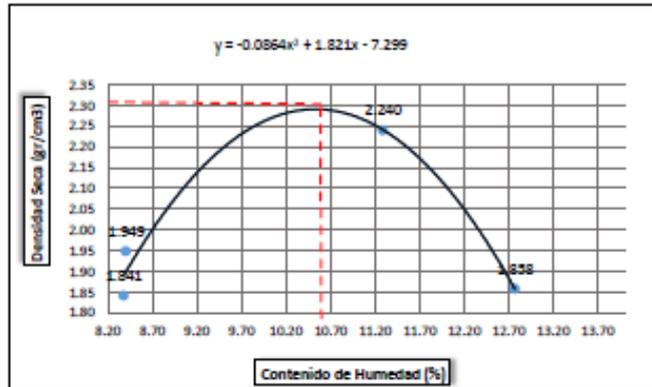
POLIETILENO DE  
TEREFTALATO 2.5%

PROYECTO: "INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DE POLIETILENO (LDPE) Y TEREFTALATO DE POLIETILENO (PET) EN LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE, TRAMO CHOTA-PALMA 2019".  
 SOLICITANTE: Yanet Elizabeth Chávez Gonzales  
 MUESTRA: CALICATA 03 LOCALIZACIÓN: Tramo de la carretera Chota- Palmas (Prog. 6+000)  
 FECHA: OCTUBRE 2020  
 NORMA: ASTM D - 1557

Volumen del Molde = 2130 cm <sup>3</sup>					
	PRUEBA N°	9	10	11	12
1	Peso de molde + Suelo húmedo compactado (g)	9407.5	8892.03	8412.38	8625.6
2	Peso del molde (g)	4272	4365	4136	4136
3	Peso del Suelo húmedo compactado (1-2) (g)	5135.5	4527.03	4276.38	4489.6
4	Densidad húmeda (g)	2.396	2.112	1.996	2.095
5	Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	2.24	1.95	1.84	1.86

### ENSAYO CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM - D2216

CONTENIDO DE HUMEDAD					
	DEPOSITO N°	900	1000	1100	1200
1	PESO DEPOSITO + MUESTRA HUMEDA (g)	493.22	476.08	530.70	483.82
2	PESO DEPOSITO + MUESTRA SECA (g)	474.33	461.11	517.04	459.83
3	PESO DE AGUA CONTENIDA (1-2) (g)	18.89	14.97	13.66	23.99
4	PESO DEPOSITO (g)	307.00	283.00	354.00	272.00
5	PESO MUESTRA SECA (2-4) (g)	167.33	178.11	163.04	187.83
6	CONTENIDO DE HUMEDAD (3/5)x100 (%)	11.29	8.40	8.38	12.77



*Jhony Cruzado Ruiz*  
 ING. CIVIL LABORATORISTA  
 REG. CIP N° 208074

Maxima Densidad Seca	2.24 gr/cm <sup>3</sup>
Optimo Contenido de Humedad	12.80 %



# Anexo 18: Resultados de la C-03 más 5.5% polietileno de tereftalato



## LABORATORIO DE SUELOS, ASFALTO Y CONCRETO

### ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO ASTM - D1883

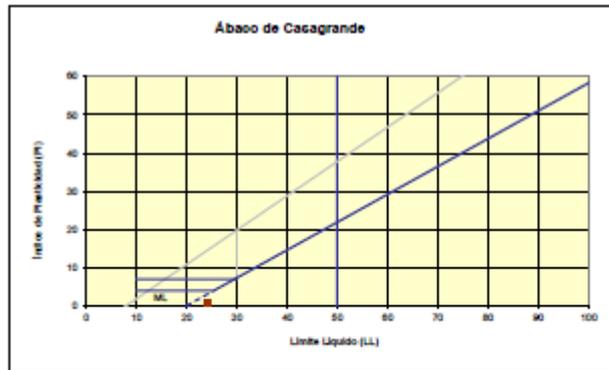
PORTLAND DE TEREFALATO 5.5%

**PROYECTO:** INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DE POLIETILENO (LOPH) Y TEREFALATO DE POLIETILENO (PET) EN LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE, TRAMO CHOTA-PALMA 2019.  
**SOLICITANTE:** Yanet Elizabeth Chávez González  
**MUESTRA:** CALICATA 03 LOCALIZACIÓN: Tramo de la carretera Chota-Palmas (Prog. 6400)  
**FECHA:** OCTUBRE 2020

Ubicación	Tramo de la carretera Chota-Palmas (Prog. 6400)
Profundidad	0.20 - 1.50

CALIFORNIA BEARING RATIO = C.B.R. (%)						
MOLDE N°	PENETRACIÓN	LIBS/PULG2	N° DE GOLPES	C.B.R (N)	D.M. SECA	
07	0.1"	125.36	56	51.60	2.25	
08	0.1"	94.85	25	18.99	1.95	
15	0.1"	69.59	12	13.92	1.84	

EMBEUDO	EXPANSIÓN	PENET. PULG.	OPT. HUM. %	MAX. DENS. 100%	MAX. DENS. 95%	C.B.R 100%	C.B.R. 95%
04 Dax	0.78%	0.1"	11.29	2.25 Gr/cc	2.24 Gr/cc	51.60	48.90



CALCULO DE CBR AL 95% MDS= 2.24 Gr/cc

CALCULO DE CBR AL 95% 48.90

*Yanet Elizabeth Chávez González*  
 Yanet Elizabeth Chávez González  
 ING. QUILASACAY  
 REG. CP N° 208713



# Anexo 19: Resultados de la C-03 más 5.5% polietileno de tereftalato



## LABORATORIO DE SUELOS, ASFALTO Y CONCRETO

### ENSAYO DE COMPACTACIÓN (PROCTOR MODIFICADO ASTM D - 1557)

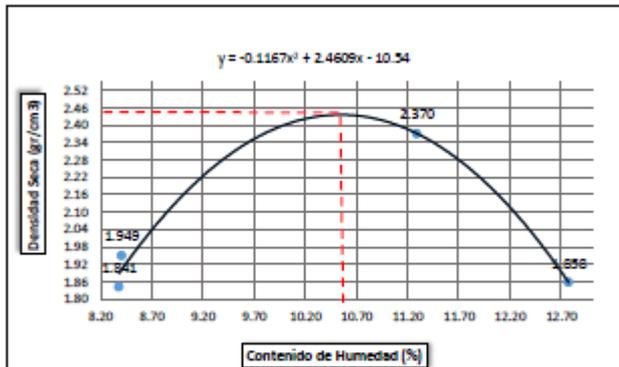
POLIETILENO DE  
TEREFTALATO  
5.5%

PROYECTO: INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DE POLIETILENO (LDPE) Y TEREFTALATO DE POLIETILENO (PET) EN LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE, TRAMO CHOTA-PALMA 2019".  
 SOLICITANTE: Yanet Elizabeth Chávez Gonzalez  
 MUESTRA: CALICATA 03 LOCALIZACIÓN: Tramo de la carretera Chota- Palmas (Prog. 6+000)  
 FECHA: OCTUBRE 2020  
 NORMA: ASTM D - 1557

Volumen del Molde = 2130 cm <sup>3</sup>					
PRUEBA N°		9	10	11	12
1	Peso de molde + Suelo húmedo compactado (g)	9407.5	8892.03	8412.38	8625.6
2	Peso del molde (g)	4272	4365	4136	4136
3	Peso del Suelo húmedo compactado (1-2) (g)	5135.5	4527.03	4276.38	4489.6
4	Densidad húmeda (g)	2.396	2.112	1.996	2.095
5	Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	2.37	1.95	1.84	1.86

### ENSAYO CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM - D2216

CONTENIDO DE HUMEDAD					
DEPOSITO N°		900	1000	1100	1200
1	PESO DEPOSITO + MUESTRA HUMEDA (g)	493.22	476.08	530.70	483.82
2	PESO DEPOSITO + MUESTRA SECA (g)	474.33	461.11	517.04	459.83
3	PESO DE AGUA CONTENIDA (1-2) (g)	18.89	14.97	13.66	23.99
4	PESO DEPOSITO (g)	307.00	283.00	354.00	272.00
5	PESO MUESTRA SECA (2-4) (g)	167.33	178.11	163.04	187.83
6	CONTENIDO DE HUMEDAD (3/5)x100 (%)	11.29	8.40	8.38	12.77



*Jhony Cruzado Ruiz*  
 ING. CIVIL LABORATORISTA  
 REG. CIP N° 258074

Maxima Densidad Seca	2.37 gr/cm <sup>3</sup>
Optimo Contenido de Humedad	10.70 %



## Anexo 20: Resultados de la C-03 más 7.5% polietileno de tereftalato



### LABORATORIO DE SUELOS, ASFALTO Y CONCRETO

#### ENSAYO CALIFORNIA BEARING RATIO ASTM - D1883

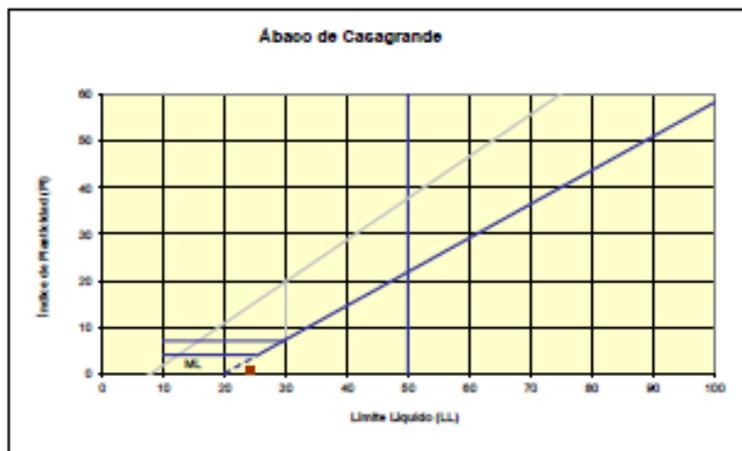
POBLIUNO DE  
TEREFTALATO 7.5%

**PROYECTO:** INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DE POLIETILENO (LDPE) Y TEREFTALATO DE POLIETILENO (PET) EN LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE, TRAMO CHOTA-PALMA 2023".  
**SOLICITANTE:** Yanet Elizabeth Chávez González  
**MUESTRA:** CALICATA 03 LOCALIZACIÓN: Tramo de la carretera Chota-Palmas (Prog. 6+000)  
**FECHA:** OCTUBRE 2020

Ubicación	Tramo de la carretera Chota-Palmas (Prog. 6+000)
Profundidad	0.20 - 1.50

CALIFORNIA BEARING RATIO = C.B.R. (%)					
MOLDE N°	PENETRACIÓN	LBS/PULG <sup>2</sup>	N° DE GOLPES	C.B.R (%)	D.M. SECA
07	0.1"	123.02	56	69.80	2.37
09	0.1"	94.95	25	18.99	1.95
15	0.1"	68.42	12	13.68	1.84

EMBEUDO	EXPANSIÓN	FENET. PULG.	OPT. HUM. %	MAX. DENS. 100%	MAX. DENS. 95%	C.B.R. 100%	C.B.R. 95%
04 Días	0.88%	0.1"	11.29	2.37 Gr/cc	2.33 Gr/cc	69.80	64.70



CALCULO DE CBR AL 95 %      MOD=      2.33 Gr/cc

CALCULO DE CBR AL 95 %      64.70

*Yanet Chávez*  
**Yanet Elizabeth Chávez**  
 ING. CIVIL LABORATORISTA  
 REG. COP N° 258712



## Anexo 21: Resultados de la C-03 más 7.5% polietileno de tereftalato



### LABORATORIO DE SUELOS, ASFALTO Y CONCRETO

#### ENSAYO DE COMPACTACIÓN (PROCTOR MODIFICADO ASTM D - 1557)

POLIETILENO DE  
TEREFTALATO  
7.5%

**PROYECTO:** "INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DE POLIETILENO (LDPE) Y TEREFTALATO DE POLIETILENO (PET) EN LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE, TRAMO CHOTA-PALMA 2019".

**SOLICITANTE:** Yanet Elizabeth Chávez González

**MUESTRA:** CALICATA 03 **LOCALIZACIÓN:** Tramo de la carretera Chota- Palmes (Prog. 61000)

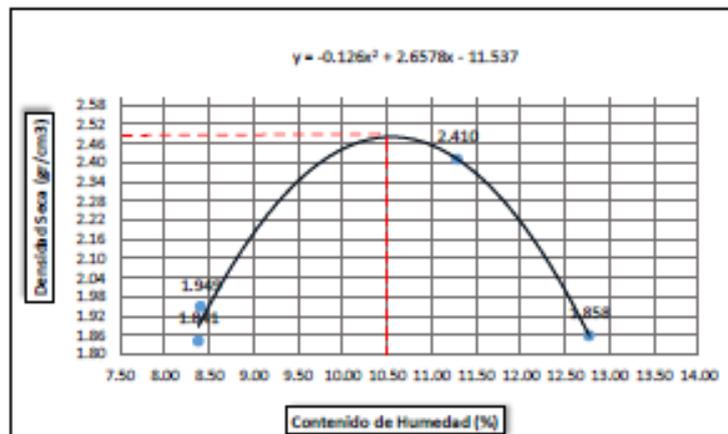
**FECHA:** OCTUBRE 2020

**NORMA:** ASTM D - 1557

Volumen del Molde = 2130 cm <sup>3</sup>						
	PRUEBA N°		9	10	11	12
1	Peso de molde + Suelo húmedo compactado	(g)	9407.5	8832.03	8412.38	8625.6
2	Peso del molde	(g)	4272	4365	4136	4136
3	Peso del Suelo húmedo compactado (1-2)	(g)	5135.5	4527.03	4276.38	4489.6
4	Densidad húmeda	(g)	2.396	2.112	1.996	2.095
5	Densidad seca	(g/cm <sup>3</sup> )	2.41	1.95	1.84	1.86

#### ENSAYO CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM - D2216

CONTENIDO DE HUMEDAD						
	DEPOSITO N°		900	1000	1100	1200
1	PESO DEPOSITO + MUESTRA HUMEDA	(g)	493.22	476.08	530.70	483.82
2	PESO DEPOSITO + MUESTRA SECA	(g)	474.33	461.11	517.04	459.83
3	PESO DE AGUA CONTENIDA (1-2)	(g)	18.89	14.97	13.66	23.99
4	PESO DEPOSITO	(g)	307.00	283.00	354.00	272.00
5	PESO MUESTRA SECA (2-4)	(g)	167.33	178.11	163.04	187.83
6	CONTENIDO DE HUMEDAD (3/5)x100	(%)	11.29	8.40	8.38	12.77



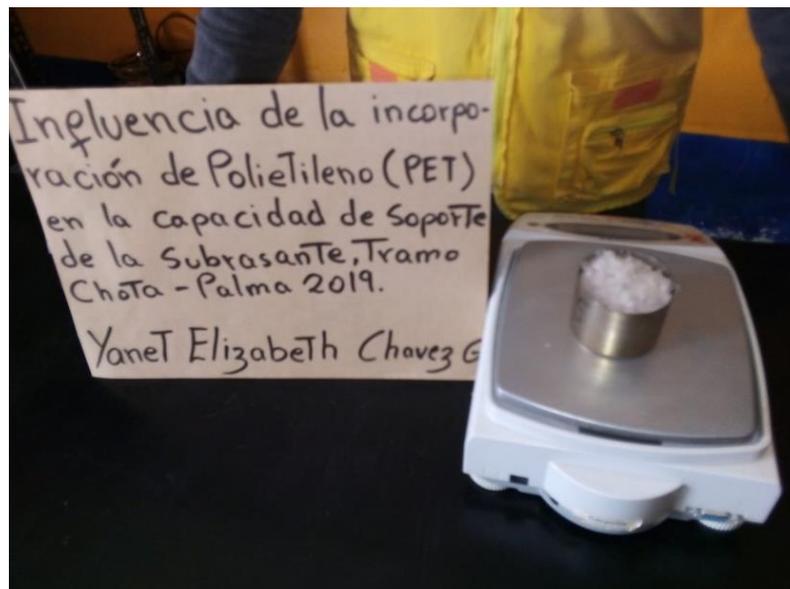
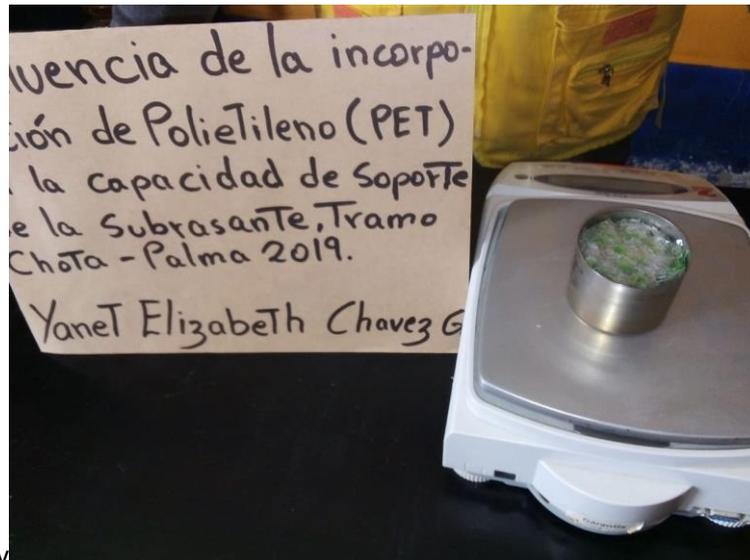
*Johny Cruzado Ruiz*  
ING. CIVIL LABORATORISTA  
REG. CIP N° 208274

Maxima Densidad Seca	2.41 gr/cm <sup>3</sup>
Óptimo Contenido de Humedad	9.05 %



## Anexo 22: Fotos









**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA  
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

### **Declaratoria de Autenticidad del Asesor**

Yo, MINAYA ROSARIO CARLOS DANILO, docente de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA de la escuela profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO SAC - LIMA NORTE, asesor de Tesis titulada: "INFLUENCIA DE LA INCORPORACIÓN DE POLIETILENO Y POLIETILENO DE TEREFTALATO (PET) EN LA CAPACIDAD DE SOPORTE DE LA SUBRASANTE, TRAMO CHOTA-PALMA 2019", cuyo autor es CHAVEZ GONZALES YANET ELIZABETH, constato que la investigación cumple con el índice de similitud establecido, y verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin, el cual ha sido realizado sin filtros, ni exclusiones.

He revisado dicho reporte y concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la Tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

En tal sentido, asumo la responsabilidad que corresponda ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como de información aportada, por lo cual me someto a lo dispuesto en las normas académicas vigentes de la Universidad César Vallejo.

LIMA, 19 de Diciembre del 2020

<b>Apellidos y Nombres del Asesor:</b>	<b>Firma</b>
MINAYA ROSARIO CARLOS DANILO <b>DNI:</b> 06249794 <b>ORCID</b> 0000-0002-0655-523X	Firmado digitalmente por: CMINAYARO el 26-12- 2020 11:17:55

Código documento Trilce: TRI - 0088719