



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

“Mejoramiento con polímeros reciclados PET fundido en subrasante de suelos arcillosos en la carretera Vilcaniza – Beirut, Amazonas, 2020”

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

AUTORES:

Condori Calongos William Henry (ORCID: 0000-0003-1744-1542)

Rojas Manza Aurelio (ORCID: 0000-0002-4137-993X)

ASESOR:

Mag. Ing. Contreras Velásquez José Antonio (ORCID:0000-0001-5630-1820)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Infraestructura Vial

LIMA - PERÚ

2020

DEDICATORIA

Dedico esta tesis a mis padres por su apoyo incondicional por guiarme siempre a la superación.

Dedico esta tesis a mi esposa a mis hijos por darme esa fuerza y confianza en mí mismo.

William Henry Condori Calongos

Este logro se los dedico a aquellos que no creyeron en mí que esperaban solo mi fracaso y creían que nunca iba a terminar esta carrera y cumplir mi objetivo principal en la vida a todos ellos sin duda se los dedico.

Aurelio rojas Manza

AGRADECIMIENTO

Me van a faltar palabras para agradecer a las personas que se involucraron en la realización de este trabajo gracias a dios por darme la dicha de tener a mi familia y apoyarme en cada peldaño de realización.

William Henry Condori calongos

Agradezco infinitamente a mis hermanos y mis padres por sus consejos y sus motivaciones que me hacían sentir muy orgulloso de lo que soy, sé que algún día me convertiré en esa fuerza de inspiración para ellos y los que me rodean.

Aurelia rojas manza

Índice de Contenidos

DEDICATORIA	2
AGRADECIMIENTO	3
RESUMEN.....	8
ABSTRACT.....	9
I. INTRODUCCIÓN	10
II. MARCO TEÓRICO	13
III. METODOLOGÍA	22
3.1. El Tipo y diseño de investigación.....	22
3.3. La población, muestra, muestreo, unidad de análisis	23
3.4 Técnicas y recolección de datos	24
3.5 El procedimiento.	25
3.6 Método de Análisis de Datos.....	26
3.7 Los aspectos éticos.....	27
IV. RESULTADOS	28
Ensayo de laboratorio en terreno natural - Calicata C-2	31
Resultados del Proctor modificado y CBR-Terreno natural +PET 2%	35
Resultados del Proctor modificado y CBR - Terreno natural + PET 4%.....	37
Resultados del P. Modificado y CBR - Terreno natural + PET 6%	39
V. DISCUSIÓN.....	40
VI. CONCLUSIONES	43
VII. RECOMENDACIONES	45
REFERENCIAS	47
ANEXOS	51
Anexo 1: Declaratoria de autenticidad de los autores	51
Anexo 2: Declaratoria de autenticidad del asesor	52
Anexo 3. Matriz Operacionalización de variables	54
Anexo 4. Información Complementaria	55
Anexo 5: Matriz de consistencia	92
Anexo 6. Resultados del Turnitin.....	93
Anexo 7. Ficha de evaluación	94

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Clasificación de suelos AASHTO	17
Tabla 2: Coordenadas de Ubicación Calicatas	27
Tabla 3: Categorías de la Subrasante	29
Tabla 4: Resultados de la Muestra	29
Tabla 5: Ensayo con Adición al 6%	30
Tabla 6: Resultado Análisis Granulométrico y Propiedades Físicas C1	31
Tabla 7: Ensayo Calicata 2	31
Tabla 8: Resultado Análisis Granulométrico y Propiedades Físicas C2	31
Tabla 9: Granulometría PET	32
Tabla 10: Ensayo Proctor Modificado para CBR.....	33
Tabla 11: Resultado Proctor Modificado y CBR.....	34
Tabla 12: Resultado Proctor M y CBR Terreno Natural + 2% PET	35
Tabla 13: Resultado Proctor y CBR-Terreno N + 4% PET	37
Tabla 14: Resultado Proctor Modificado y CBR-Terreno N + 6% PET	39
Tabla 15: Resultados.....	41
Tabla 16: Operacionalización de variables.....	54
Tabla 17: Ensayos	59
Tabla 18: Matriz de Consistencia.....	92

Índice de figuras

Grafico 1: Curva Valor de Soporte CBR Terreno Natural	34
Grafico 2: Proctor para CBR + 2% PET.....	35
Grafico 3: Valor de Soporte CBR + 2% PET	35
Grafico 4: Curva Ensayo Proctor para CBR Terreno Natural + 4% PET	36
Grafico 5: Valor de Soporte CBR + 4% PET	37
Grafica 6: Curva Proctor para CBR-Terreno Natural + 6% PET	38
Grafica 7: Valor de Soporte CBR Terreno Natural + 6% PET	38
Ilustración 1: Vista de la carretera	25
Imagen 1: Muestra Contenido de Humedad T natural	61
Imagen 2: Peso de Muestra T natural.....	61
Imagen 3: ensayo Limite Liquido	63
Imagen 4: Cazuela Casa Grande.....	63
Imagen 5: Proctor modificado con adición.....	65
Imagen 6: Proctor modificado compactación 5 capas a 56 golpes	66
Imagen 7: Lectura Sumergido	68
Imagen 8: Lectura y apunte de Penetracion.....	69

Índice de abreviaturas

MTC	Ministerio de Transportes y Comunicaciones
ASTM	American Society for Testing and Materials
AASHTO	American Association of State Highway and Transportation Officials
SUCS	Unified Soil Classification System
Kg/cm ²	Kilogramo por centímetro cuadrado
G/cm ³	Gramo por centímetro cubico
Kg	kilogramo
Mm	Milímetros
PET	polyethylene terephthalate
Pág	Página
%	Porcentaje
°C	Grados centígrados
R.	Resistencia
Wd	Peso Seco del Espécimen
Ws	Peso del Espécimen Saturado
C1	Calicata uno
C2	Calicata dos
T	Terreno
TN	Terreno Natural

RESUMEN

El informe de la presente investigación se realizó con el objetivo de determinar el efecto que causa la adición de polímeros reciclados (PET) fundido en la estabilización de suelos a nivel subrasante con adición de 2%, 4% y 6% con respecto al peso seco del suelo para aumentar la resistencia del suelo de fundación conocido como subrasante, en este caso la carretera Vilcaniza – Beirut, Amazonas; se realizó pruebas del suelo en su estado natural y post con la adición del polímero PET.

La metodología de este proyecto de investigación es experimental ya que está sujeta a la manipulación de las variables. Para dicho análisis se realizó ensayos a la resistencia al esfuerzo cortante, ensayos de compactación y límites de consistencia. Se analizó el suelo a nivel subrasante de la progresiva km1 + 020 a km1 + 100, donde se determinó que el tramo presenta un alto contenido de finos haciendo que esta responda de forma negativa ante las solicitaciones de carga; el terreno natural analizado, tiene un valor de soporte de CBR de 4.8% al 95% de la máxima densidad seca del ensayo Proctor a 0.1” de penetración, por lo que según este dato podemos deducir que el suelo tiene un bajo valor de CBR, por lo tanto es suelo inestable de baja capacidad portante, sin embargo al haber hecho incorporaciones de polímero PET fundido al 2%, 4% se comprobó que el valor del soporte de CBR, se incrementó hasta en un 1.2% más con relación al suelo natural, así mismo al hacer una adición mayor de 6% de polímero PET al terreno natural se verifico que el valor de soporte de CBR llego alcanzar hasta un 6.6% al 95% de la máxima densidad seca del ensayo Proctor a 0.1” de penetración, haciendo que este si incremente hasta en un 1.8% más con respecto al terreno natural del suelo analizado, por lo que podemos afirmar que el polímero PET fundido si ayuda a estabilizar un suelo arcilloso por lo que eleva su capacidad de soporte haciendo que el suelo sea más resistente a las deformaciones provocadas por el tránsito vehicular.

Palabras claves: Polímero PET, Estabilización de la subrasante, suelos

ABSTRACT

The report of this research was carried out with the aim of determining the effect of the addition of molten recycled polymers (PET) on soil stabilization at the sub-rant level with addition of 2%, 4% and 6% with respect to dry soil weight to increase the resistance of the foundation floor known as subrasante, in this case the Vilcaniza – Beirut highway, Amazon; soil tests were performed in its natural state and post with the addition of pet polymer. The methodology of this research project is experimental as it is subject to manipulation of variables. For this analysis, shear stress resistance tests, compaction tests and consistency limits were performed. The soil was analyzed at the subrasar level of the progressive km1 + 020 to km1 + 100, where it was determined that the section has a high content of fines causing it to respond negatively to load requests; natural terrain analyzed, has a CBR support value of 4.8% to 95% of the máximo dry density of the proctor test at 0.1" penetration, so according to this data we can infer that the soil has a low value of CBR, therefore it is unstable soil of low carrying capacity, however having made incorporations of molten PET polymer to 2% , 4% was found to have increased the value of CBR support by up to 1.2% more relative to natural soil, as well as by adding more than 6% of PET polymer to the natural ground it was verified that the CBR support value reached up to 6.6% to 95% of the maximum dry density of the proctor test at 0.1" of penetration , causing this if it increases by up to 1.8% more with respect to the natural soil of the soil analyzed, so we can say that the molten PET polymer if it helps stabilize a clay soil so it raises its support capacity making the soil more resistant to deformations caused by vehicular transit.

Keywords: PET Polymer, Subgrade Stabilization, Soils

I. INTRODUCCIÓN

En el mundo la realidad problemática sostiene: En el Perú se genera 886 toneladas de residuos plásticos solo en Lima y el Callao, lo cual representa el 46% de dichos residuos y, según el MINAM Ministerio del Ambiente de las 950 mil toneladas de plástico desechadas a nivel nacional solo se recicla el 0.33%. En tanto las oportunidades que generan el comercio, turismo y la industria nos abren las puertas a nuevos mercados es por eso que la construcción y mantenimiento de carreteras es fundamental y muy importante para lograr desarrollo tanto económico como social. Como es de conocimiento de todos los peruanos la infraestructura vial en el Perú es deficiente en cuanto a cantidad y calidad parte de esta responsabilidad es de nuestras autoridades que solo se preocupan al final de su gobierno para una nueva reelección. El CIE (Centro de Investigación Empresarial) sostiene que el 86.6% de la red vial regional o departamental no están pavimentadas y se encuentran en mal estado, para el desarrollo económico es indispensable que estas vías estén en buen estado dado que el transporte sea netamente de calidad a su vez tengan un buen nivel de servicio dando eficiencia al transporte, cabe recalcar que es necesario saber la calidad del terreno en este caso la subrasante de esa manera realizar la construcción de carreteras para su buen desempeño ante las solicitudes de los vehículos ya que existen suelos inestables el cual deberá ser tratado o en todo caso cambiar el material por otro suelo. Los suelos de algunos lugares tienen baja capacidad portante, tal es el caso de la carretera Vilcaniza – Beirut, Amazonas, el suelo de fundación tiene un alto contenido de finos y necesita ser tratado con algún método de estabilización como lo indica el MTC; en esta investigación se plantea utilizar los polímeros reciclados PET fundido. Este nuevo método consiste en el uso de PET para optimizar las características físico-mecánicas del suelo que influyen en la baja capacidad de carga y darle solución al suelo con alto contenido de finos que afectan la estructura del pavimento al entrar al contacto con la humedad, así mismo prolongar su vida útil, dado esta necesidad se generan nuevas maneras de darle uso a las botellas plásticas mejorando el medio ambiente gracias a la utilización de este material, llevando a cabo el desarrollo sostenible en el país.

Por tal razón formulamos el **problema general** de la siguiente manera: ¿Cómo mejorar la inestabilidad de suelos arcillosos de la carretera Vilcaniza – Beirut, Amazonas, 2020 con el uso de polímeros reciclados PET fundido?; así también formulamos los **problemas específicos**: ¿Qué propiedades mecánicas y físicas determinan la baja capacidad portante de la carretera Vilcaniza – Beirut, Amazonas, 2020?, ¿Cómo actúa los polímeros reciclados PET fundido en el mejoramiento de subrasante de suelos arcillosos de la carretera Vilcaniza – Beirut, Amazonas, 2020? y ¿La incorporación de polímeros reciclados PET fundido en proporciones de 2%, 4% y 6% incrementará la resistencia del suelo favorable para la subrasante de la carretera Vilcaniza – Beirut, Amazonas, 2020?

La **justificación de estudio**, se basa en el método de estabilización con polímeros reciclados PET fundido para mejorar la calidad de subrasante y esta tenga buena resistencia ante las repeticiones de cargas producidos por los vehículos y con estos resultados cerrar brechas, así mismo las constructoras utilicen este método, de estabilización de tal modo contribuyan a mejorar las vías en mal estado con el aprovechamiento de este material PET. Se propone el uso de polímeros PET fundido con el objetivo de analizar los efectos que ocasiona a las propiedades como su resistencia, expansión y densidad seca y aplicando las normas del MTC.

En esta investigación formulamos el **objetivo general**, el cual es: Analizar el efecto que causa la adición de polímeros reciclados PET fundido en la estabilización de la subrasante de suelos arcillosos de la carretera Vilcaniza – Beirut, Amazonas, 2020; por ende se despliegan los **objetivos específicos**: Determinar las propiedades mecánicas y físicas que influyen en la baja capacidad portante de la subrasante de la carretera Vilcaniza – Beirut, Amazonas, 2020, Analizar cómo actúa los polímeros reciclados PET fundido en el mejoramiento de la subrasante arcilloso de la carretera Vilcaniza – Beirut, Amazonas, 2020. y Analizar la incorporación de polímeros reciclados PET fundido en proporciones de 2%, 4% y 6% para incrementar la resistencia del suelo favorable para la subrasante de la carretera Vilcaniza – Beirut, Amazonas, 2020.

Con todo lo planteado buscaremos afirmar la **hipótesis general**: La adición de polímeros reciclados PET fundido mejora la estabilidad de la subrasante de suelos arcillosos de la carretera Vilcaniza – Beirut, Amazonas, 2020.y las **hipótesis específicas**: Las propiedades mecánicas y físicas influyen en la baja capacidad portante de la carretera Vilcaniza – Beirut, Amazonas, 2020, Existe una relación directa del polímero reciclado PET fundido con el mejoramiento de la subrasante de la carretera Vilcaniza – Beirut, 2020. Y La incorporación de polímeros reciclados PET fundido en proporciones de 2%, 4% y 6% mejora la resistencia del suelo de la carretera Vilcaniza – Beirut, Amazonas, 2020.

II. MARCO TEÓRICO

Los **antecedentes internacionales** nos dicen según: Zambrano, A. y Casanova, M (2016) “Esta investigación tuvo como objetivo determinar si el empleo de polímeros es recomendable utilizar para estabilizar suelos finos y graba arcillosa, ajustando los volúmenes de tierra para los ensayos y así obtener una óptima relación suelo polímero. Se hicieron ensayos de CBR de 12, 25 y 56 golpes, se inició con el suelo en su estado natural para determinar el porcentaje de CBR para luego realizar 5 ensayos más y así obtener el CBR natural. Luego se realizaron ensayos para la graba arcillosa usando los procedimientos mencionados, también se llevó a cabo ensayos de compresión simple y de esa manera determinar la resistencia del suelo ante las cargas que transmiten los vehículos. Castañeda, Borda (2015) “Revisión del estado del arte del uso de polímeros en la estabilización de suelos En Colombia” En casi todos los países del mundo existen muchos problemas con los suelos en la construcción. Estos suelos que tienen baja capacidad portante, baja resistencia mecánica y cambios volumétricos afectan la estructura de cualquier obra civil que sobre el se levanten, tal es el caso de puentes, pavimentos, etc. Es por eso que se busca a través de las investigaciones encontrar nuevas maneras y métodos distintos a los ya utilizados y dar solución a los suelos con poca resistencia. Feroz Hanif khan. (2016) “Analysis of the influence of waste polymer of soil subgrade” Esta investigación tuvo como objetivo evidenciar el potencial que tiene el uso de polímeros en la subrasante y explicar la variación de la humedad con la aplicación de fibras plásticas de polietileno de alta densidad. Se realizaron pruebas de CBR con la adición de fibras plásticas con medidas de (0 - 6%). Los ensayos demostraron que las fibras de plástico con una adecuada proporción optimizan la resistencia del suelo, así como también mejora sus propiedades. El rendimiento de refuerzo se elevó con un incremento en el contenido de fibra y la longitud. López (2013) “Suelos arcillosos reforzados con materiales de plástico (PET)” Los parámetros que concretan las características mecánicas del terreno son el ángulo de fricción y la cohesión, parámetros que no se adaptan a la exigencia obra civil. En esta investigación el objetivo es hallar la optimización de las propiedades mecánicas del suelo fino con la adición de fibras de 3,0 y 5,0 cm en longitud PET reciclado. Se

prepararon 48 probetas de suelo con 4 porcentajes diferentes de fibra de PET (0,2%, 0,5%, 1,0% y 1,5% del peso del suelo). Mediante ensayos de compresión simple se descubrió la variación que se generó en el suelo por las fibras, así como también estos resultados obtenidos mostraron una alta mejora en los parámetros evaluados con los ensayos; es importante tener en cuenta la cantidad de fibras y su longitud apropiadas para las probetas. López, T., Bosco, J., Horta, J., Coronado, A. y Castaño, V. (2010) "Polímeros para la estabilización volumétrica de arcillas expansivas". Esta investigación tuvo como objetivo investigar las arcillas que cambian de volumen con la presencia de humedad las cuales se adquieren por capilaridad o filtración. Para llegar a buen término en la investigación se hizo uso del poliuretano, este producto se usa en el sellado de grietas en las obras civiles. Se realizaron ensayos del suelo en su estado natural y post adición; en las muestras se calcularon resistencia al esfuerzo cortante, propiedades de índice, consolidación, compactación y expansión. Los resultados de la muestra suelo-polímero reduce la expansión en un 40% en relación al suelo natural, concluyendo que la utilización de polímero es viable. Los **antecedentes nacionales** nos dicen según: Leiva, R. (2016) "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 Orcotuna, Concepción". La tesis utilizó las bolsas de polietileno como un agregado para el mejoramiento de subrasante de suelo. El objetivo fue determinar el efecto que causa las bolsas de polietileno en la subrasante del lugar. Se realizaron 45 ensayos de CBR, para encontrar la cantidad adecuada de bolsas de polietileno fundido y de esa manera tener una proporción viable en porcentaje. Se concluyó que las bolsas de polietileno mejoran las propiedades del suelo a nivel subrasante, muy convenientemente aumenta su CBR hasta un 7.78%, dado que el MTC recomienda un CBR mayor o igual al 6%. Cuipal (2018) "Estabilización de la subrasante de suelo arcilloso con uso de polímero sintético en la carretera Chachapoyas – Huancas, Amazonas, 2018" Esta investigación tuvo como objetivo analizar el efecto que tiene la adición de polímero sintético en la estabilización del suelo a nivel subrasante; se hicieron estudios en 400m de carretera. Se realizó calicatas, extrayendo muestras de los diferentes estratos; la subrasante en estudio se dividió en dos tramos según las características físicas y mecánicas, el estudio de las

muestras indican que el primer tramo tiene un alto contenido de finos de plasticidad media, el segundo tramo presenta contenido limo arcillas de ligera plasticidad y ausencia de grava, para los dos tramos se determinó su CBR al 95% de su M.D.S; el análisis del estudio indica que se puede lograr sustantivos incrementos en la resistencia. Ramos, G. (2014) "Mejoramiento de la subrasante de baja capacidad portante mediante el uso de los polímeros reciclados en carreteras, Paucara Huancavelica 2014" El objetivo de esta tesis fue dar un empleo distinto a los polímeros reciclados para utilizarlo como un aditivo en el tratamiento de la subrasante de suelo con alto contenido de arcillas ya que presentan baja capacidad portante. El tesista utilizó el método experimental, analizando las muestras de suelo en su estado natural y post adición, hizo 22 ensayos de CBR utilizando el polímero reciclado en varias proporciones con respecto al peso seco del suelo, así como también realizó ensayos con cal para luego comparar ambos resultados; llegando a la conclusión que el polímero reciclado mejora algunas propiedades físico mecánicas del suelo. Como recomendación utilizar en porcentaje de 1.5 respecto al peso seco del suelo. Linares (2019) "Estabilización de suelos arcillosos a nivel de subrasante con adición de bolsas de polietileno fundido, Chachapoyas, 2018". Esta investigación tuvo como objetivo determinar el impacto de las bolsas de polietileno fundido en la estabilización de un suelo arcilloso a nivel subrasante. Para la preparación de la muestra se fundieron las bolsas; el resultado de la fundación se mezcló con el material de suelo arcilloso en proporciones de 4%, 8%, y 12% respecto al peso seco de la muestra logrando una disminución del índice de plasticidad en 13.55%, llegando a la conclusión que las bolsas de polietileno sí mejoran la resistencia del suelo a nivel subrasante alcanzando un CBR del 12%, como recomienda el MTC. Romero, R. y Sañac, C. (2016) "Evaluación comparativa mediante la capacidad de soporte y densidad máxima de un suelo adicionado con polímero adhesivo natural en porcentajes de 0.5%, 1%, 2% y 3% frente a un suelo natural para subrasante de pavimento rígido de la Urb. San Judas Chico – Cusco" Esta investigación tuvo como objetivo aumentar la resistencia de los suelos arcillosos la adición de Polímero adhesivo natural. Se realizaron ensayos de Proctor modificado, CBR y compresión no confinada para la muestra de suelo natural y la muestra con el material adhesivo natural en distintos porcentajes. El resultado fue el

incremento de la capacidad de soporte de los suelos con la adición de polímero adhesivo natural. Como **teorías relacionadas al tema** tenemos los conceptos que nos van a permitir definir a nuestra investigación como: **Suelos.-** "Los suelos son materiales no establecidos con una superficie pavimentada con composición de algunas partículas de origen mineral y otros componentes como partículas sólidas. Además, en la actualidad este material ya procesado y alterado es de carácter indispensable en obras de ingeniería civil, siempre y cuando estos suelos tengan características y propiedades físicas y mecánicas de gran magnitud y resistencia". (Das, 2001 pág. 608). **Sistemas de clasificación de suelos.-** (Lorenzo, 2019) La clasificación de suelos es el proceso metódico para diferenciar los tipos de suelos en una secuencia específica de grupos, tal sea sus propiedades geomecánicas y otras propiedades de formas y texturas" Esta clasificación se realiza en dos sistemas que son los más usados en la mecánica de suelos y geotecnia, tal como el sistema de Clasificación para el uso en vías de transporte (AASHTO) y el sistema de Clasificación con propósitos de ingeniería (S.U.C.S.) Ambos establecidos con una relación en sus sistemas para la identificación de suelos. **Clasificación con propósitos de ingeniería (S.U.C.S):** Según (Duque, 2003 pág. 78) "Los suelos granulares o finos, según se distribuye el material que pasa el tamiz de 3" = 75 mm; el suelo es denominado "fino" cuando más del 50% pasa el Tamiz número 200 (T200) [...] Si no ocurre, el material es "granular" y será grava o arena". (Garzón Roca, y otros, 2017) "En la Ingeniería Geotécnica, y más en concreto en la Mecánica de Suelos, la clasificación de los suelos de acuerdo con el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S.) es el sistema más empleado para definir y caracterizar cualitativamente un suelo. Esta clasificación tiene en cuenta tanto la granulometría del suelo como su plasticidad (límites de Atterberg). De acuerdo con esta clasificación, los suelos pueden ser de dos tipos: grano grueso (gravas y arenas) o grano fino (limos y arcillas)" (Das, 2001 pág. 82)" Este sistema fue planteado por Arthur Casagrande en el año 1942 con fines de ser empleado por un grupo de ingenieros militares en construcciones de aeropuertos. Este sistema no ha tenido variación alguna hasta la actualidad, sigue siendo empleado por la ingeniería moderna y clasifica los suelos en dos grupos por sus tamaños de partículas" Para suelos de partículas gruesas como gravas y con menos del 50 %

pasante por el tamiz N°200. Las nomenclaturas de suelos comienzan con la inicial G indicando que predomina la grava en la muestra o S indicando que es una arena con grava en global de la muestra Según (Juárez E, y Rico A, 2005 pág. 159)[...] El criterio para identificar en campo los suelos finos es una de las grandes ventajas del Sistema Unificado, claro previamente a esto contando con algo de experiencia[...] la investigación de las características de dilatancia, de tenacidad y de resistencia en estado seco son las principales bases de criterio para identificar suelos finos en el campo. **Clasificación para el uso en vías de transporte (AASHTO):** Para (Cuipal, 2018 pág. 24) La asociación americana de oficiales de carreteras estatales y transporte (AASHTO) fue planteado para clasificar los suelos en siete grupos básicos que van desde A-1 hasta A-7. según estas nomenclaturas se puede determinar que suelos es el óptimo en las capas que actúan en un pavimento. Además, cuenta cada nomenclatura con un Índice de grupo el cual depende su valor de los Límites de Atterberg y el material más fino que pasa por el tamiz N°200[...] El índice del grupo muestra la capacidad de un suelo definitivo para asentar explanaciones. Las partículas de suelo tendrán mejor calidad cuando el índice de grupo sea bajo. Como se muestra en la tabla N°1.

Tabla 1: Clasificación de suelos AASHTO

Clasificación General	Suelos Granulares ($\leq 35\%$ pasa 0,08 mm)						Suelos Finos ($> 35\%$ Bajo 0,08 mm)				
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7
Sub-Grupo	A-1a	A-1b		A-2-4	A-2-5	A-2-6*	A-2-7*				A-7-5** A-7-6**
2 mm	≤ 50										
0,5 mm	≤ 30	≤ 50	≥ 51								
0,08 mm	≤ 15	≤ 25	≤ 10	≤ 35				36			
W_L				≤ 40	≥ 41	≤ 40	≥ 41	≤ 40	≥ 41	≤ 40	≥ 41
IP	≤ 6		NP	≤ 10	≤ 10	≥ 11	≥ 11	≤ 10	≤ 10	≥ 11	≥ 11
Descripción	Gravas y Arenas		Arena Fina	Gravas y Arenas Limosas Arcillosas				Suelos Limosos		Suelos Arcillosos	
	** A-7-5: $IP \leq (W_L - 30)$						** A-7-6: $IP > (W_L - 30)$				
	Si el suelo es NP $\rightarrow IG = 0$; Si $IG < 0 \rightarrow IG = 0$										

Fuente: MTC. 2016

Textura de los suelos.- Para (Blanquer, J., Asensio, S., Ramón, H. 2010 pág. 4) Dependiendo del tamaño de los granos de suelo se clasifican en gruesos y finos. En los suelos estos se utilizan para definir su textura. **Análisis Granulométrico de suelos.-** Para (Crespo Villalaz, 2005 pág. 45) Este análisis determina el porcentaje de las diversas cantidades de partículas que componen el suelo. Para el entendimiento de la constitución granulométrica del suelo existen una serie de procedimientos. (Juárez E, y Rico A, 2005 pág. 102)” para separar las fracciones según sea su tamaño se comprenden métodos. Son dos los métodos de mayor importancia: el tamizado mediante y la observación de la interrupción del suelo con densímetro. “El análisis de granulometría de suelos considera la gradación de los tamaños de partículas existentes en un agregado mediante un método de ensayo según sea la especificación, de esa manera conocer con certeza propiedades como coeficientes de curvatura y uniformidad” (MTC, 2014 pág. 30). **Estabilización de suelos.-** Según (Mohamed, M. 1954 pág. 1) “[...] Un suelo estabilizado es aquel que recibe un tipo de tratamiento para aumentar su capacidad contra deformaciones. Técnicamente es el suelo tratado de manera que sus propiedades no se vean afectadas de manera apreciable por el agua o al aumento” (Montejo Fonseca, 2002 pág. 75)”muy a menudo los ingenieros se topan con suelos cuya particularidad le exigen tomar decisiones como: Aceptar el material o abstenerse de usarlo. (MTC, 2014 pág. 93) “una estabilización de suelo se procede a realizar cuando a nivel de la subrasante el suelo tiene una capacidad de soporte del suelo $\leq 6\%$ por lo que por clasificación se le nombra subrasante de mala calidad, esto se debe a que son suelos de alto contenido de humedad como los suelos finos. Como solución a esto se realizará un análisis para realizar el tipo de estabilización del material, que podría ser química, física o mecánica”. Cualquier subrasante que este compuesto en su mayoría de finos, debemos elegir cuidadosamente el tipo de material para estabilizar, básicamente controlando los finos y haciendo una evaluación costo beneficio para saber si es viable la estabilización. Borja, sostiene que el mejor método para identificar un suelo con baja capacidad portante es mediante la observación. En los estudios científicos previos y basándonos en información que presenta la realidad problemática podemos plantear una solución con material reciclado PET fundido **Tipos de estabilización.-** A

continuación se detalla las diversas metodologías de estabilización: **Estabilización Química.-** Según (Gutiérrez, C. 2010 pág. 39) [...] la estabilización química tiene por objeto guiar una conveniente disposición del suelo como también el correcto equilibrio de este (Chávez, E., 2019 pág. 17) Es una técnica que aplica un agente químico para lo cual se mezcla uniformemente con el suelo esto acorde a las especificaciones del producto. **Estabilización Mecánica.-** (Afrin, 2017 pág. 4)“Es el proceso de mejorar las propiedades del suelo al cambiar su gradación. Este proceso incluye compactación y densificación del suelo aplicando fuerza mecánica usando varios tipos de rodillos, apisonadores, técnicas de vibración y a veces voladuras” (Castillo, P. 2018 Pág. 32) “Consiste en someter a una acción mecánica repetitiva de corta duración sobre determinado suelo, sin cambiar su composición y estructura **Estabilización Física.-** Para (Pérez Collante, 2014), “el mejoramiento de suelos bajo la metodología física es una aplicación con la finalidad de ocasionar que el suelo mejore su capacidad portante y sus propiedades físicas y mecánicas, y entre ella tenemos la mezcla de suelo de préstamo. Este método consiste en ubicar mediante la observación un suelo de mala calidad como una subrasante de CBR menor a lo normado, como consecuencia mejorar sus propiedades físicas agregando material de préstamo para lograr una mezcla física que mejorara la granulometría y características de soporte. **Subrasante de Suelo Arcilloso.-** los suelos con alto contenido de arcilla son sensibles a la humedad en su estado natural, debiendo su resistencia a la cohesión, en cambio el ángulo de fricción determina la resistencia en suelos granulares (Díaz y Mejía, 2004, p. 8) “La expansión y contracción debido al cambio de humedad generan problemas de deformación lo que conlleva a problemas delicados en obras viales, con el pasar del tiempo se llegó a soluciones para evitar cambios de volumen de los suelos a consecuencia de la humedad (Aguilar, C. y Borda, 2015, p. 22). “[...] debemos tener en cuenta los cambios de volumen del suelo y prevenir alteraciones de humedad (Hernández, J., Mejía, D. Zelaya, C. 2016, p. 14) **La capacidad portante.-** según (Hernández, J., Mejía, D. Zelaya, C. 2016, p. 17) las capas que conforman el paquete estructural del pavimento debe estar preparado para soportar las sollicitaciones de carga durante el tiempo de diseño por el cual se elaboró. El grado de compactación y su óptimo contenido de humedad determinara la capacidad de carga del suelo.

Contenido de humedad.- Cuanto mayor sea el contenido de humedad de un suelo menor será su resistencia (Montejo Fonseca, 2002 pág. 77) **Contracción y/o expansión.-** A mayor plasticidad y humedad los suelos se expanden o contraen. Toda obra vial construido en estos suelos deben tomar medidas para evitar su deterioro y/o deformación. (Montejo Fonseca, 2002 pág. 76)”. La contracción y expansión de los suelos causados por las variaciones de humedad se presentan de forma acelerada en muchos suelos, si no encontramos la forma de controlar este problema pueden causar alteraciones y roturas en el pavimento. El suelo de fundación con un elevado porcentaje de arcillas como es la carretera afirmada de tercera clase Vilcaniza – Beirut, se encuentra en mal estado haciendo que esta responda con ineficiencia a las necesidades de los distritos generando retrasos en el desarrollo; el turismo y el comercio se ve seriamente afectado por el mal estado de la carretera, el afirmado tiene baja resistencia ante las sollicitaciones de carga haciendo que empeore más con con las variaciones climáticas; el MTC recomienda tratar el suelo o caso contrario cambiar de suelo, haciendo grandes movimientos de tierra lo cual generaría un costo elevado. En esta investigación se propone un nuevo método para estabilizar el suelo de la subrasante aplicando polímeros reciclados PET fundido (botellas, bandejas, juguetes plásticas) **Polímeros.-** El polímero es un material de fácil plasticidad, impermeable y resistente al corte, por lo que su aplicación en la mejora de un suelo tendría resultados significativos con respecto a su resistencia y permeabilidad de un suelo. Para esta investigación el mayor porcentaje de polímeros a utilizar es el tereftalato (PET), no sin antes dar un concepto científico. Se llama polímeros a un conjunto de macromoléculas usualmente orgánicas, que resultan de la unión de moléculas más simples llamadas monómeros mediante enlaces químicos de tipo covalente. Así se constituyen largas estructuras moleculares unidas entre sí por distintas fuerzas (puentes de hidrógeno, fuerzas de Van der Waals o interacciones hidrofóbicas).los polímeros generalmente son de origen sintético o natural y resultan de la polimerización en el cual el tiempo de reacción la temperatura establecen el largo de la cadena **Tereftalato (PET).-** Para (TextosCientificos.com, 2009) Macromoléculas integrados por moléculas pequeñas conocidos como monómeros unidos por enlaces de tipo covalente producto de la polimerización. El PET es un derivado del petróleo, el

nombre técnico es tereftalato. Este tipo de materia plástica empezó a ser utilizado en fibras para las industrias textiles (Flores, C. 2009 pág. 56) **La extrusión** es un proceso muy utilizado o generalmente denominado proceso de soplado, con este proceso se fabrican terminaciones de productos como pelotas, esta transformación al igual que el proceso de inyección inicia con la ingestión de PET reciclado para luego mediante el tornillo ser llevado hasta el final del cañón y en la salida tendremos diferentes moldes para darle forma al material fundido. **Características del PET.-** las características según (Tecnología de los plásticos, 2011) “**Biorientacion** Puede lograr propiedades de barrera y mecánicas con perfeccionamiento de espesor. **Cristalización.** Puede facilitar el aumento sustancial molecular y densidad. **Resistencia química.** Gracias a su capacidad de desempeño el PET es un material de alta producción de fibras como las textiles y en diversos tipos de envases, como las botellas, fletes, bandejas, etc. **Estabilización de suelos con polímeros.-** Según (López, 2010, p. 36) El empleo de polímeros para tratar un suelo con alto contenido de finos, tiene como finalidad construir una estructura inaccesible al agua aumentando su compactación, así como también es un material que actúa como un agente mejorando la compactación de un suelo inestable por la presencia de arcilla. Para (Nesterenko, 2017, pág. 3) “Si queremos que la estabilización permanezca en el tiempo es necesario dotarlos de fuerza mecánica. Los métodos son variados como son la incorporación de agentes estabilizantes o la adición de nuevos suelos; cualquiera sea el método de estabilización es seguido de procesos de compactación. Los polímeros operan como un agente catalítico de intercambio iónico sobre la fracción activa de las partículas de arcillas reduciendo el potencial electrostático de las partículas, quitándoles la capacidad para absorber agua. Esta reacción logra que el suelo tenga mayor capacidad de resistencia ante las cargas expuestas de los vehículos y tenga una estabilidad permanente. Con la adición de polímeros reciclados en proporciones de 2%.4% y 6% para aumentar la resistencia del suelo de fundación conocido como subrasante, en este caso la carretera Vilcaniza – Beirut, creemos dar solución al problema de la subrasante mencionado, así como también reutilizar las botellas de plástico PET reduciendo la contaminación y evitar costosos movimientos de tierra que a la vez genera la explotación de las canteras próximas afectando el ambiente.

III. METODOLOGÍA

El método científico es el proceso que seguimos para dar respuestas a las preguntas que surgen sobre diversos problemas que se presentan en la naturaleza y que afectan a la sociedad (Borja, 2012, pág. 8) Este proyecto de investigación se basa principalmente en fenómenos que se observan en la realidad, como es la inestabilidad de la subrasante de suelos con alto contenido de arcilla.

3.1. El Tipo y diseño de investigación

Enfoque cuantitativo.- Según Gómez (2006) Es aquel que tiene la peculiaridad de recolectar para comparar la información de las variables que estudiamos, para darnos respuesta a las preguntas que surgen en la investigación y demostrar la hipótesis (p. 60). Es la razón por lo cual nuestra investigación es de enfoque cuantitativo porque manipularemos las variables obteniendo datos y probar la hipótesis.

Tipo aplicada.- “Busca conocer, actuar, construir y modificar una realidad problemática” (Borja, 2012, pág. 10) El desarrollo de esta investigación es del tipo aplicada por que busca dar soluciones prácticas a problemas específicos mediante el conocimiento adquirido y controlar situaciones que se dan en el transcurso del tiempo.

Nivel explicativa.- “Hernández (2012) “El nivel de investigación explicativa es la que pretende explicar la causa efecto entre dos o más variables” (p. 72). Esta investigación es de nivel explicativo porque daremos a conocer el por qué el aditivo en este caso los polímeros reciclados PET fundido mejora la resistencia de la subrasante.

Diseño experimental.- (Borja, 2012, pág. 14) nos menciona que “La investigación experimental es aquella investigación en que la hipótesis se verifica mediante la manipulación deliberada de las variables independientes para examinar las consecuencias en las variables dependientes por parte del investigador. De tal modo esta investigación es experimental porque manipularemos de modo intencional la variable independiente para ver su efecto en la variable dependiente. Se obtendrá resultados mediante ensayos de laboratorio a la subrasante arcilloso en su estado

natural luego con la adición del polímero reciclado PET fundido y triturado en proporciones de 2%, 4% y 6%. Se identificará el tramo crítico para la adición para luego con calicatas obtener muestras lo cual serán analizados en el laboratorio.

3.2. Las variables y operacionalización

La finalidad en esta etapa de la investigación es el planteamiento claro de las variables y observar cómo interactúan entre sí, definiendo claramente cuáles serían sus indicadores, medición y rango de variabilidad. **Variable.-** “Una variable es una característica atributo, propiedad o cualidad que puede estar presente o no en el objeto de estudio, se puede medir y su contenido puede variar” (Borja, 2012, pág. 23) **Variable Independiente.-** La variable independiente es la que produce causa efecto en la variable dependiente (Borja, 2012, pág. 23) En esta investigación la variable independiente vendría a ser el Polímero Reciclado PET fundido **Variable Dependiente.-** Es el que recibe el efecto producido por la variable independiente” (Borja, 2012, pág. 23) El efecto que produce la variable independiente modificara sus aspectos naturales a la resistencia del suelo que vendría a ser nuestra variable dependiente

Operacionalización (ver anexo).

3.3. La población, muestra, muestreo, unidad de análisis

Población: “Es un fenómeno de estudio, incluye la totalidad de unidades de análisis o entidades de población que forman dicho fenómeno y que debe cuantificarse para un determinado estudio” (Rangel y Giler, 2010, p. 176). La población viene a ser el tramo a nivel subrasante de la carretera Vilcaniza - Beirut. **Muestra** Es un subconjunto representativo de la población que obtenemos con la finalidad de estudiar las características o propiedades de la población (Tamayo, 2012, p. 176). La muestra que se analiza es la subrasante de la carreta Vilcaniza – Beirut, Amazonas, cuenta con tramos que a nivel de subrasante tiene un alto contenido de arcilla por lo que se puede decir que tiene baja capacidad portante; el tramo de muestra se determinó mediante la técnica de observación y está ubicado en el km 1+020 – km 1+100, de la carreta Vilcaniza – Beirut.

Muestreo (Borja, 2012, pág. 32) En toda muestra no pro balística la selección no es al azar si no por conveniencia o criterio por parte del investigador. Nuestra muestra que se analizara es la subrasante de la carreta Vilcaniza – Beirut, Amazonas, cuya carretera cuenta con tramos que a nivel de subrasante tiene un alto contenido de arcilla por lo que se puede decir que tiene baja capacidad portante. El tramo más crítico será objeto de estudio en esta investigación. En la presente investigación la muestra será no probalístico, ya que no será designada al azar. Se realizará la elección de muestra buscando el tramo más crítico.

Tamaño de la muestra: Según el MTC recomienda realizar 2 calicatas en un tramo de 500 a 1000 metros, así como también todos los valores obtenidos en los ensayos serán válidos para dicho tramo.

En esta investigación se realizó dos calicatas en diferentes puntos para hallar uno que si cumpliera con las características y propiedades geotécnicas acorde a nuestro estudio.

3.4 Técnicas y recolección de datos

Borja (2012) La Observación es el procedimiento más eficiente en investigaciones de ingeniería, Como primer paso se realizará una visita de campo, ubicando los tramos que estén en mal estado, luego estableceremos el tramo de estudio seleccionando los puntos para las calicatas. Se ubicarán 2 puntos para las calicatas. Como segundo paso se realizarán las excavaciones de las calicatas en los puntos señalados previamente; las longitudes de la excavación serán de una profundidad de 1.50 m, ancho 0.80 m y largo 1.60 m. luego se realizara el traslado de las muestras de suelo al laboratorio para su estudio básico y específico que ayuden con el desarrollo de la investigación. Estas muestras se moverán con cuidado para no variar su humedad por que podrían arrojar datos imprecisos. Nuestro proyecto de investigación se encuentra enmarcado en el ámbito de Observación y recolección de muestras puesto que se demostrará resultados mediante ensayos de CBR y PROCTOR MODIFICADO

“En lo que respecta, a **la confiabilidad** Rangel y Giler (2018), Al utilizar instrumentos y/o equipos deben arrojarnos medidas precisas y resultados de coherencia consientes

y confiables (p. 163) para llevar por buen término la investigación en lo que respecta a confiabilidad todos los instrumentos a utilizar estarán previamente calibrados los cuales se probaran con sus respectivos certificados y sus fichas técnicas “En lo referente a **la validez**, Para la obtención de datos, todos los instrumentos a utilizar en esta investigación contara con la certificación de validez que será firmado por un especialista o técnico experto en el tema

3.5 El procedimiento.

La observación es el método que se utilizara para recolectar datos, este método está relacionado con la realidad del problema que afecta a la resistencia de suelo

Primer paso: se realizó la inspección a campo ubicando los tramos que estén en mal estado, como baches, presencia de charcos y que presenten suelos con alto porcentaje de finos



Ilustración 1: Vista de la carretera

Fuente: Elaboración Propia

Segundo paso se realizará las excavaciones de las calicatas en los puntos señalados previamente; longitudes de la excavación 1.50 m, ancho 0.80 m y largo 1.60 m.

ercer paso Se hará los respectivos registros para las excavaciones, después de la toma de muestras se efectuará un registro visual de cada una de las excavaciones,

anotándose las características de los tipos de suelo encontrados, como su humedad, su forma, textura, tamaño máximo de las partículas de suelo, color, permeabilidad, etc.

Cuarto paso se efectuará tomas fotográficas como estratos el suelo y tomas panorámicas de la carretera en estudio.

Quinto paso para el traslado de la muestra al laboratorio se colocará en bolsas especiales para que conserve su humedad natural,

Instrumentos a utilizar. Bolsas herméticas, wincha, pico y palana.

Instrumentos a utilizar en laboratorio: equipos para estudio de suelo, manuales, equipos, computadora para procesar datos, cámara fotográfica, EPP y cuaderno de apunte.

3.6 Método de Análisis de Datos.

Esta investigación tendrá un nivel adecuado de validez acorde a las características del estudio, porque se analizarán los datos mediante mediciones y procedimientos apropiados de los ensayos a realizar y a la vez se ajustarán a la normativa del MTC de esa manera nuestros resultados tendrán veracidad.

Método a Emplear:

Método de Observación: Proceso de selección del tramo crítico de la carretera, se ubicaron 2 puntos acorde a la necesidad del suelo de ser mejorado

Método inductivo: Se empieza la investigación de casos particulares a casos generales que se aplican en laboratorios con adiciones de polímeros reciclados PET para mejorar el suelo a nivel subrasante de la carretera Vilcaniza – Beirut.

Método de Comparativo: Este método compara las muestras en su estado natural y post adición con polímeros reciclados PET fundido en proporciones de 2%, 4% y 6%, el cual será el aditivo en esta investigación.

PROCEDIMIENTO METODOLÓGICO.

Esta investigación tiene los siguientes pasos a seguir: en primer lugar se realiza la localización y ubicación de la muestra, segundo se selecciona el tramo más crítico delimitando la zona, se extraer la muestra de cada calicata y se colocara en bolsas especiales para que conserve su humedad natural, luego se llevara al laboratorio INGEOCONTROL S.A.C.

REALIZACIÓN DE LAS CALICATAS.

Para este estudio se realizaron dos calicatas de dimensiones 1.60 de profundidad 1.80m de largo y 0.80m de ancho, previamente identificamos el tramo con baches y alto contenido de arcilla.

Tabla 2: Coordenadas de Ubicación Calicatas

PROG. (KM)	COORDENADAS		CALICATA	PROF. (m)
	SUR	OESTE		
Km 1+020	5°46'59"	77°53'11"	C - 1	1.5
Km 1+080	5°47'01"	77°53'09"	C - 2	1.5

Fuente: elaboración propia

3.7 Los aspectos éticos.

La ética es fundamental en nuestra sociedad, sin ética somos vacíos y a la vez pesados, acostados en la incertidumbre nutriendo al leviatán.

Esta investigación está basada en la normativa de la universidad cesar vallejo. No se alteraron documentos tampoco plagios que al fin y al cavo nos perjudicaría en un futuro. A medida que se desarrolla la investigación los que lo conformamos somos honestos y sinceros en los contenidos citando cada información que nos sirva para el éxito de esta investigación, en el transcurso de nuestra investigación nos nutrimos de mucho conocimiento el cual ignorábamos y nos sirve para desarrollarnos profesionalmente; faltan palabras para describir cómo nos sirve este desarrollo de tesis, estamos agradecidos a los que nos guiaron y nos mostraron el camino. Para terminar, este informe ha sido elaborado bajo las normas institucionales de trabajo académico el cual garantiza su veracidad.

IV. RESULTADOS

A continuación, se presenta los resultados obtenidos en el laboratorio que se hicieron a la muestra del tramo km 1 + 20 – km 1 + 80 de la carretera Vilcaniza - Beirut con adición de polímeros reciclados PET fundido; de esta manera probar la hipótesis planteada.

Efecto del polímero reciclado PET fundido en la subrasante.

Según el ministerio de transportes y comunicaciones, el CBR para suelos a nivel subrasante, como se muestra en la tabla.

Tabla 3: Categorías de la Subrasante

CATEGORIAS DE LA SUBRASANTE	CBR
So: Subrasante Inadecuada	CBR < 3%
S1: Subrasante Pobre	De CBR ≥ 3% A CBR < 6%
S2: Subrasante Regular	De CBR ≥ 6% A CBR < 10%
S3: Subrasante Buena	De CBR ≥ 10% A CBR < 20%
S4: Subrasante Muy Buena	De CBR ≥ 20% A CBR < 30%
S5: Subrasante Excelente	De CBR ≥ 30%

Fuente: MTC, 2013

Los resultados obtenidos de la muestra de la carretera Vilcaniza – Beirut km 1+020 - km 1+100 se observa en la tabla el alto contenido de finos de mediana a baja plasticidad

Tabla 4: Resultados de la Muestra

CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM D2216	CALICATA	
	C.01	C.02
Contenido de Humedad	33%	32,4 %
LIMITES DE CONSISTENCIA ASTM D4318		
Limite liquido	42	42
Limite Plastico	24	24
Indice de Plasticidad	18	18
Indice de Consistencia	0,5	0,5
Indice de Liquidez	0,5	0,5
COMPOSICION FISICA DEL SUELO EN FUNCION AL TAMAÑO DE PARTICULAS		
Contenido de grava presente en el suelo %	0,0	0,0
Contenido de arena presente en el suelo %	39,9	38,5
Contenido de finos presentes en el suelo %	60,1	61,5
CLASIFICACION DEL SUELO		
Clasificacion SUCS ASTM D2487	CL	CL
Clasificacion AASHTO ASTM D3282	A-7-6 (5)	A-7-6 (5)
Nombre del Grupo	Arcilla arenosa de baja plasticidad	Arcilla arenosa de baja plasticidad
ENSAYOS		
Proctor Modificado ASTM D1557	1.452 gr/cm3	1.452 gr/cm3
Optimo Contenido de Humedad	16,7%	16,7%
CBR al 95% Maxima Densidad Seca a 0,1" ASTM D1883	4,8%	4,8%
Expansión	1,14%	1,14%

Fuente: Elaboración Propia

Los polímeros reciclados PET fundido en proporción del 6% influyen en la resistencia del suelo, incrementando el CBR tal como vemos en la tabla.

Tabla 5: Ensayo con Adición al 6%

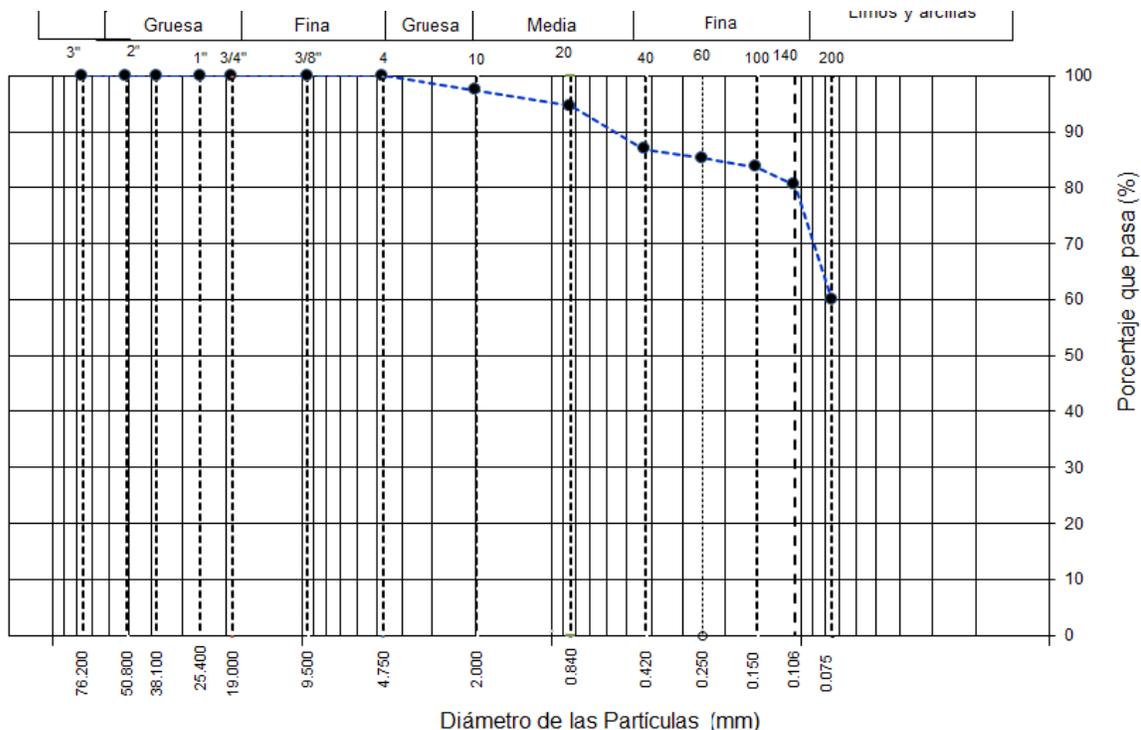
ENSAYOS	NORMAS	C-01
C.B.R. para el 95% de la M.D.S a 0.1"	ASTM 1883	6.6%
Humedad	ASTM D2216	12.2%

Fuente: Elaboración Propia

Propiedades mecánicas y físicas que influyen en la baja capacidad portante de la subrasante.

Análisis granulométrico, límites de consistencia, óptimo contenido de humedad máxima densidad seca (Proctor modificado) y CBR. Estos ensayos son de suma importancia ya que nos darán a conocer la clasificación del suelo, la energía de compactación y la decisión del tipo de estabilización a utilizar.

Ensayo de laboratorio en terreno natural - Calicata C-1



Resultado de Análisis granulométrico – Características Físicas

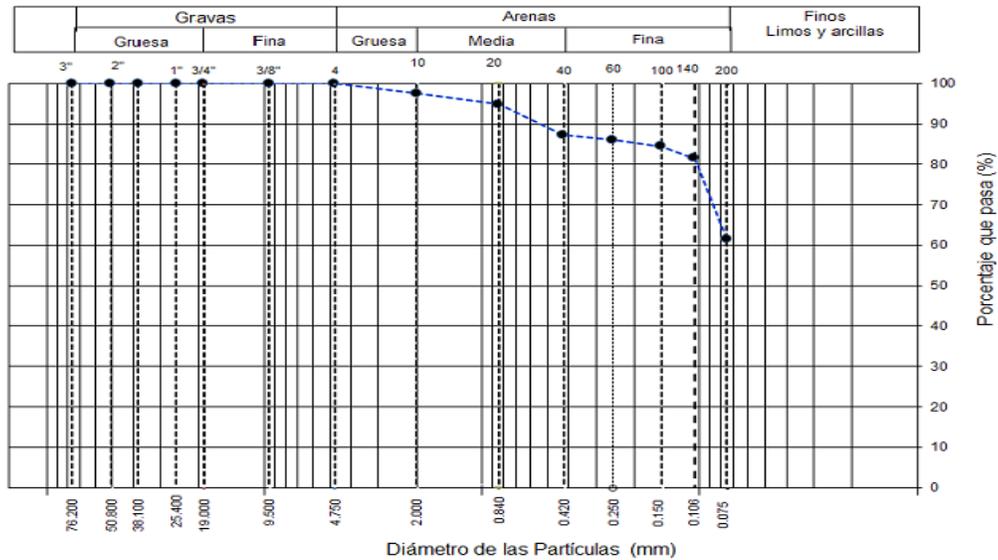
Tabla 6: Resultado Análisis Granulométrico y Propiedades Físicas C1

Calicata	Resultados de la Granulometría Composición física (ASTM D 6913)			Contenido De humedad (ASTM D 2216)	Límites de consistencia (ASTM D 4318)			Clasificación del suelo		
	% Grava	% Arena	% Fino		%	LL (%)	LP (%)	IP (%)	SUCS (ASTM D 2487)	AASHTO (ASTM D 3282)
C-1	0.0	39.9	60.1	33.0	42	24	18	CL	A-7-6 (5)	Arcilla arenosa de baja plasticidad

Fuente: INGEOCONTROL

Ensayo de laboratorio en terreno natural - Calicata C-2

Tabla 7: Ensayo Calicata 2



Fuente: Elaboracion Propia

Resultado de Análisis granulométrico – Características Físicas

Tabla 8: Resultado Análisis Granulométrico y Propiedades Físicas C2

Calicata	Resultados de la Granulometría Composición física (ASTM D 6913)			Contenido De humedad (ASTM D 2216)	Límites de consistencia (ASTM D 4318)			Clasificación del suelo		
	% Grava	% Arena	% Fino		%	LL (%)	LP (%)	IP (%)	SUCS (ASTM D 2487)	AASHTO (ASTM D 3282)
C-2	0.0	38.5	61.5	32.4	42	24	18	CL	A-7-6 (5)	Arcilla arenosa de baja plasticidad

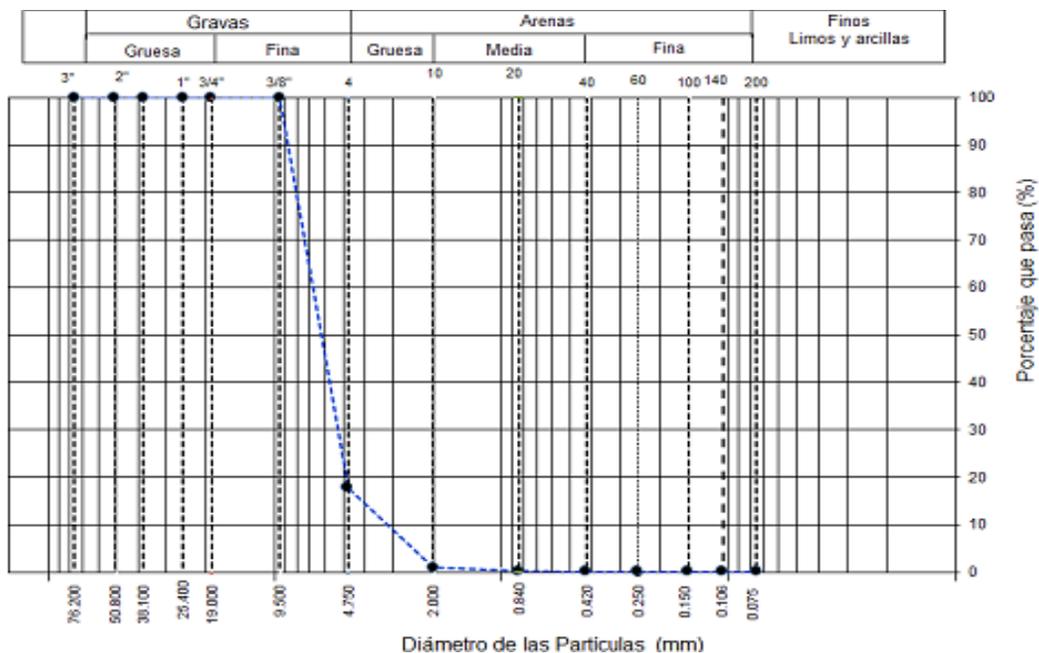
Fuente: Elaboracion Propia.

Interpretación de los resultados de calicatas:

para las calicatas C-1 y C-2, en terreno natural (Prof. 1.50 m), en ambos casos se obtuvo una clasificación SUCS de tipo CL, con un índice plástico (IP) de 18%, lo cual significa que el material de suelo analizado es una arcilla arenosa de baja plasticidad, sin presencia de gravas y con alto contenido de finos pasantes en la malla N° 200, los cuales el promedio de ambas calicatas es de 60.8 %; además el material de suelo analizado presenta alto contenido de humedad con un promedio de 32.7%, por lo que esto hace que el material sea susceptible a sufrir daños como ahuellamientos o hundimientos a nivel de la fundación de la subrasante. Por ello es necesario plantear un mejoramiento del suelo natural a fin de mejorar sus propiedades físicas-mecánicas. Para este mejoramiento se empleará PET (Tereftalato de polietileno) fundido, este material fue debidamente analizado y se llegó a obtener el siguiente resultado:

Resultado del análisis granulométrico del material PET fundido.

Tabla 9: Granulometría PET



Fuente: Elaboración Propia

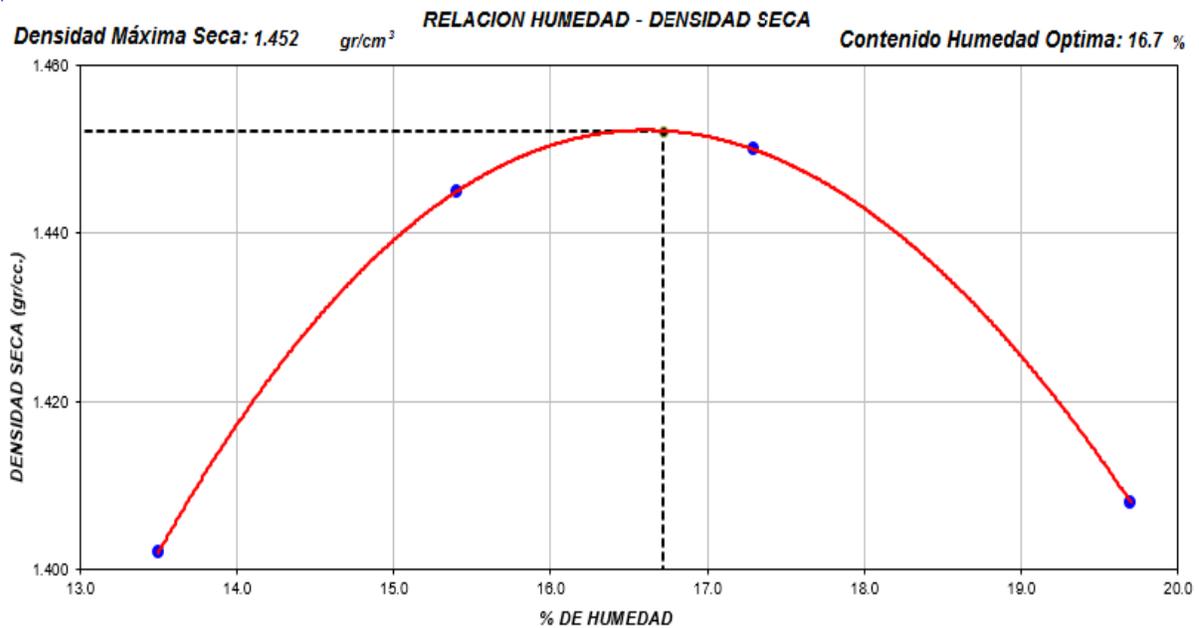
Según la granulometría realizada al material PET – Tereftalato de polietileno, se puede verificar que presenta partículas medianas de 4.75 mm, el cual retiene un porcentaje acumulado de 82.2% y pasa un porcentaje de 17.8%, lo cual significa que es un material granulado de forma sintética resistente de buen aspecto físico-mecánico.

Por otro lado, también se analizó el comportamiento mecánico del material - terreno natural, mediante el ensayo de compactación, Proctor modificado para CBR, de acuerdo a norma (ASTM D 1557 / ASTM D 1883),

En la que se obtuvo el siguiente resultado:

Tabla 10: Ensayo Proctor Modificado para CBR

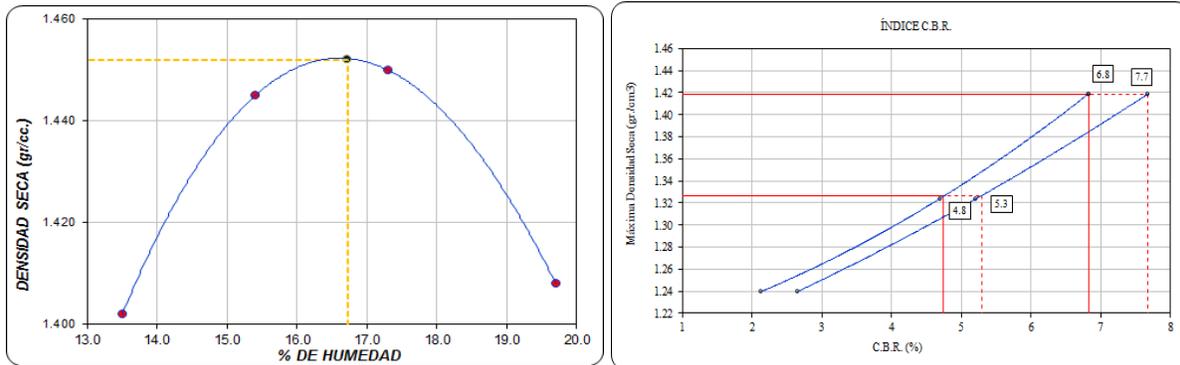
NUMERO DE ENSAYOS		1	2	3	4
Peso Volumetrico Humedo	gr.	1.591	1.668	1.701	1.685
Contenido de agua	%	13.5	15.4	17.3	19.7
Densidad Seca	gr/cc	1.402	1.445	1.450	1.408



Fuente: Ingeocontrol

Ensayo valor de soporte CBR – Terreno Natural

Gráfico 1: Curva Valor de Soporte CBR Terreno Natural



Fuente: elaboración Propia.

Resultados del Proctor modificado y CBR – Terreno natural

Tabla 11: Resultado Proctor Modificado y CBR

Muestra	Máxima Densidad Seca (g/cm ³)	Contenido de humedad (%)	Valor de soporte CBR		
			Expansión (mm) CBR (0.1") – 56 golpes	(Al 95 % M.D.S.) 0.1"	(Al 100 % M.D.S.) 0.1"
Terreno natural	1.452	16.7	1.32	4.8	6.8

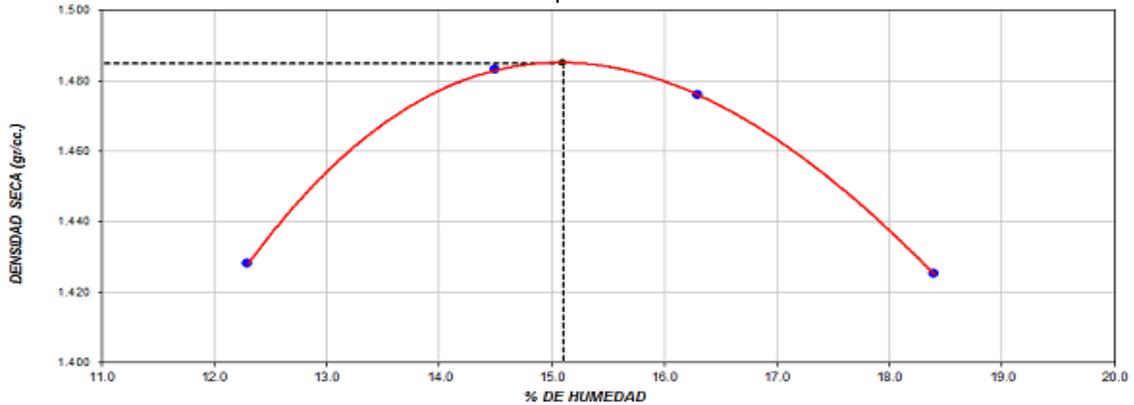
Fuente: Elaboración Propia.

Interpretación de resultado: de los ensayos realizados en el material de terreno natural se obtuvo una máxima densidad seca de 1.452 g/cm³ con un óptimo contenido de humedad de 16.7%, además en el ensayo de valor de soporte CBR a una penetración de 0.1" al 95 % de la máxima densidad seca del ensayo Proctor modificado se obtuvo un valor 4.8%. De los resultados obtenidos se puede deducir que el material tiene un comportamiento mecánico regular e inestable debido al alto contenido de humedad de 16.7%, además de tener una expansión de 1.32 mm, esta expansión se debe al 18 % de índice de plasticidad que presenta por ser una Arcilla arenosa de baja plasticidad.

Además, también se analizó el comportamiento mecánico del material - terreno natural del suelo mejorado con la incorporación de un 2%, 4% y 6% de PET, mediante el ensayo de compactación y valor de soporte CBR, de acuerdo a las normas (ASTM D 1557 / ASTM D 1883), en la que se obtuvo los siguientes resultados:

Ensayo de Proctor modificado para CBR – Terreno Natural + 2% PET fundido

Gráfico 2: Proctor para CBR + 2% PET

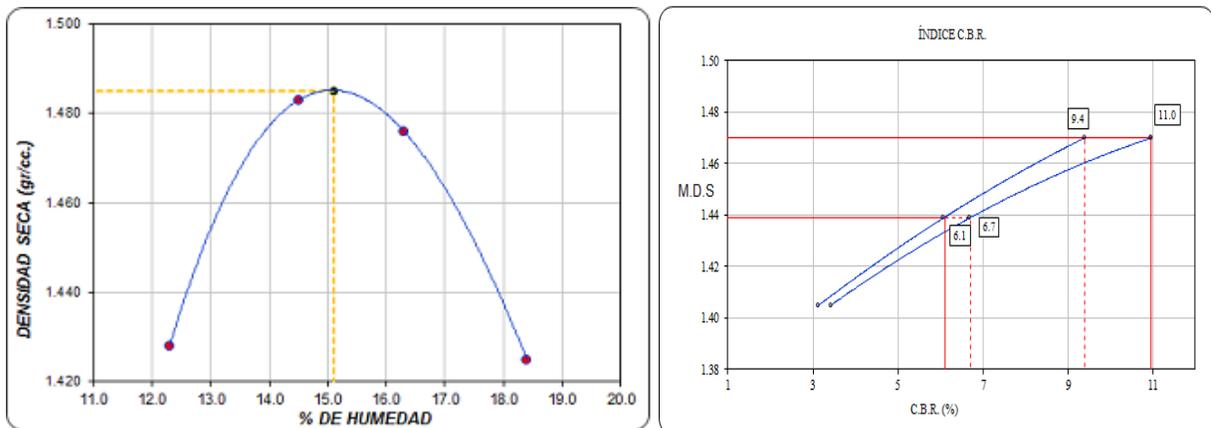


Densidad Maxima Seca = 1.485 gm/cm³

Contenido Humedad Optima: 15.1%

Ensayo Valor de Soporte CBR – Terreno Natural + 2% PET fundido

Gráfico 3: Valor de Soporte CBR + 2% PET



CBR. (100% M.D.S) 0.1"

11%

CBR. (95% M.D.S) 0.1"

6.1%

CBR. (100% MDS) 0.2"

9.4%

CBR. (95 % MDS) 0.2"

6.7%

Fuente: Elaboración Propia.

Resultados del Proctor modificado y CBR-Terreno natural +PET 2%

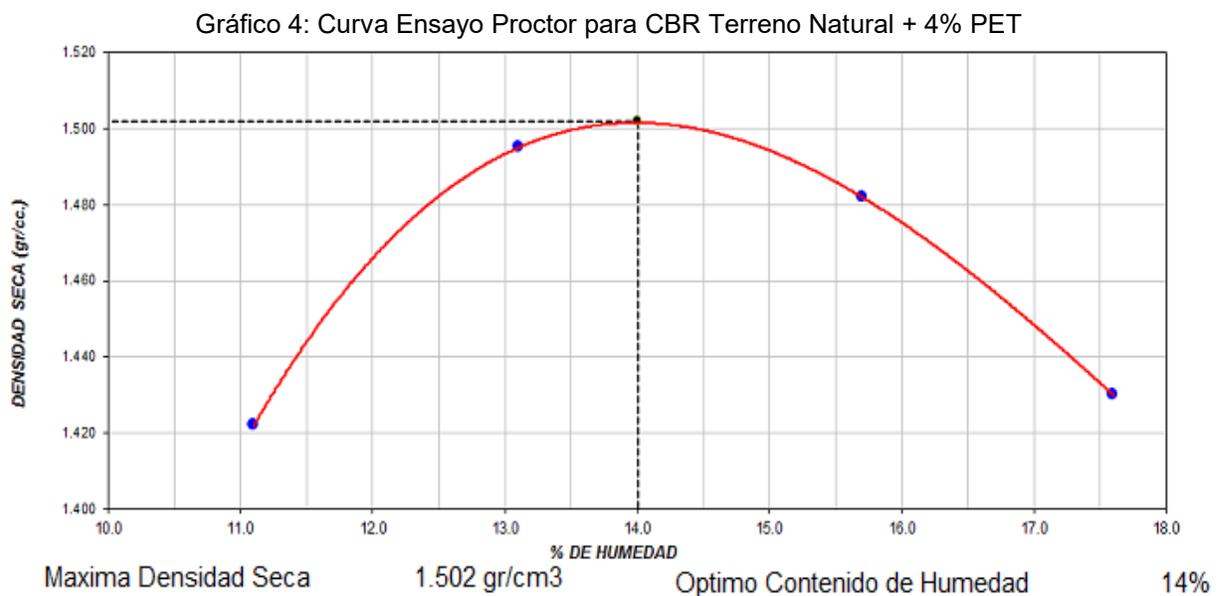
Tabla 12: Resultado Proctor M y CBR Terreno Natural + 2% PET

Muestra	Máxima Densidad Seca (g/cm ³)	Contenido de humedad (%)	Valor de soporte CBR		
			Expansión (mm) CBR (0.1") – 56 golpes	(Al 95 % M.D.S.) 0.1"	(Al 100 % M.D.S.) 0.1"
Terreno natural	1.485	15.1	1.52	6.1	11.0

Fuente: Elaboración Propia.

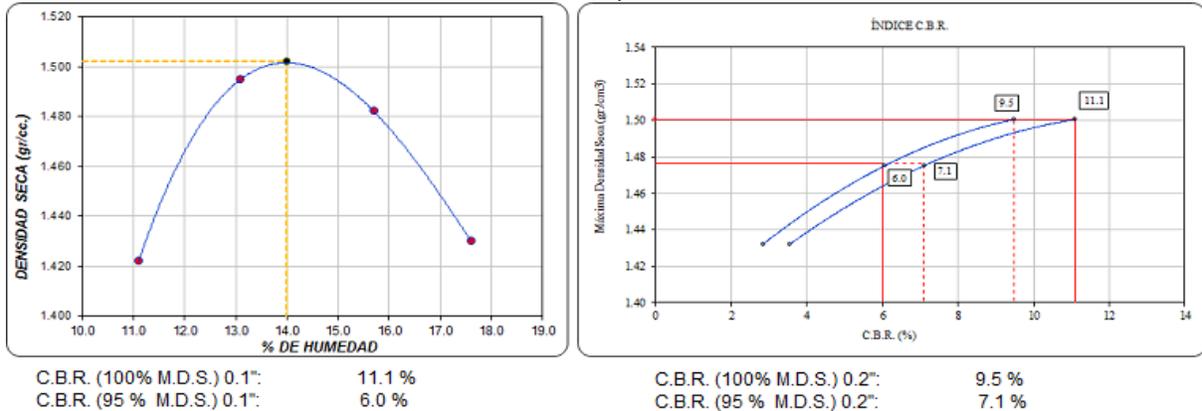
Interpretación de resultados: de los ensayos realizados en el material de terreno natural mezclado con 2 % de Tereftalato de polietileno - PET, se obtuvo una máxima densidad seca de 1.485 g/cm³ con un óptimo contenido de humedad de 15.1%, además en el ensayo de valor de soporte CBR a una penetración de 0.1” al 95 % de la máxima densidad seca del ensayo Proctor modificado se obtuvo un valor 6.1%. De los resultados obtenidos se puede deducir que el material tiene un mejor comportamiento mecánico debido a que el PET ha influenciado en la reducción del contenido de humedad y por ende ha elevado la máxima densidad seca del material en un 0.033 g/cm³ con respecto al material en su estado natural sin mejorar, a su vez se puede verificar que la expansión del suelo con el PET es de 1.52 mm, lo cual significa que esta característica ha aumentado en un 0.2 mm con respecto a los 1.32 mm obtenida en terreno natural.

Ensayo de Proctor Modificado para CBR – Terreno Natural + PET 4%



Ensayo Valor de Soporte CBR – Terreno Natural + 4% PET fundido

Gráfico 5: Valor de Soporte CBR + 4% PET



Fuente: Elaboración Propia.

Resultados del Proctor modificado y CBR - Terreno natural + PET 4%

Tabla 13: Resultado Proctor y CBR-Terreno N + 4% PET

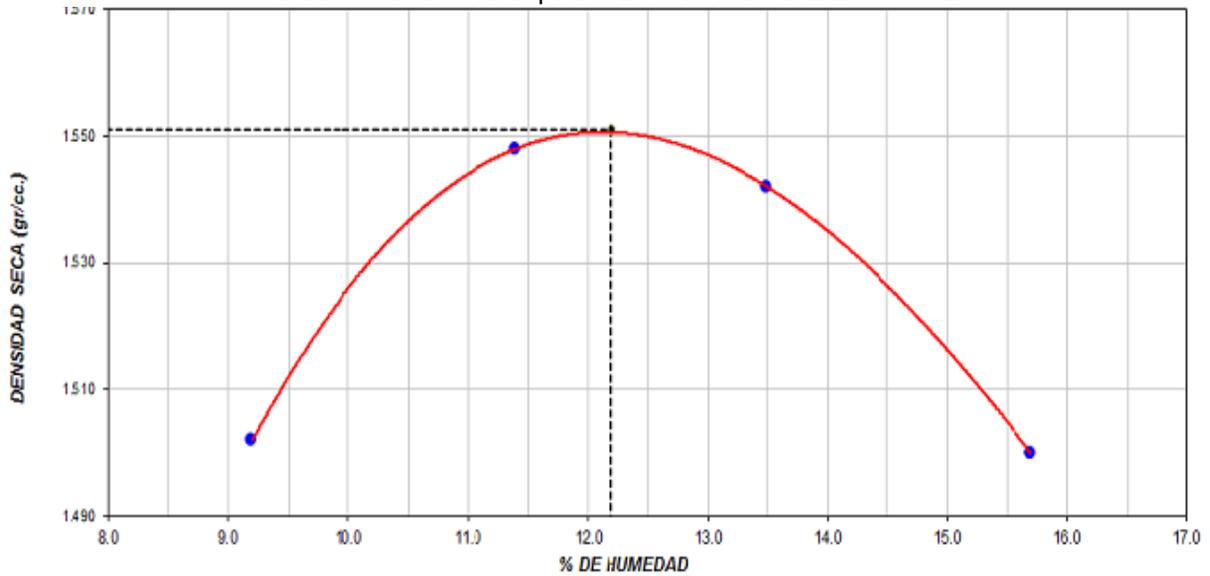
Muestra	Máxima Densidad Seca (g/cm ³)	Contenido de humedad (%)	Valor de soporte CBR		
			Expansión (mm) CBR (0.1") – 56 golpes	(Al 95 % M.D.S.) 0.1"	(Al 100 % M.D.S.) 0.1"
Terreno N	1.502	14.0	1.52	6.0	11.0

Fuente: Elaboración Propia.

Interpretación de resultado: de los ensayos realizados en el material de terreno natural mezclado con 4 % de Tereftalato de polietileno - PET, se obtuvo una máxima densidad seca de 1.502 g/cm³ con un óptimo contenido de humedad de 14.0%, además en el ensayo de valor de soporte CBR a una penetración de 0.1" al 95 % de la máxima densidad seca del ensayo Proctor modificado se obtuvo un valor 6.0%. De los resultados obtenidos se puede deducir que el material tiene un mejor comportamiento mecánico debido a que el PET, ha influenciado en la reducción del contenido de humedad y por ende ha elevado la máxima densidad seca del material en un 0.05 g/cm³ con respecto al material en su estado natural sin mejorar, a su vez se puede verificar que la expansión del suelo con el PET es de 1.52 mm, lo cual significa que esta característica ha aumentado en un 0.2 mm con respecto a los 1.32 mm obtenida en terreno natural, además se ha mantenido por el momento con respecto al suelo mejorado con 2% de PET.

Ensayo de Proctor Modificado para CBR – Terreno Natural + 6% PET fundido (ASTM D1557 / ASTM 1883)

Grafica 6: Curva Proctor para CBR-Terreno Natural + 6% PET



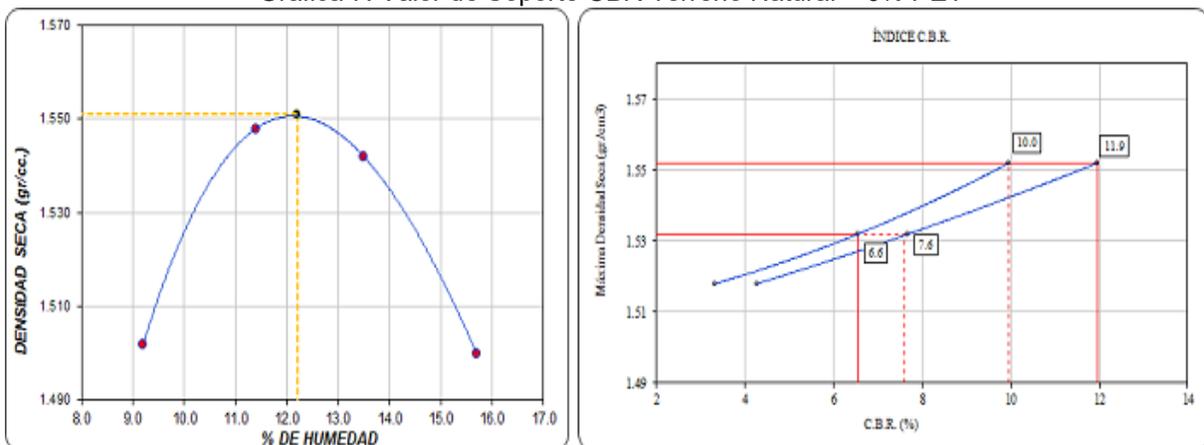
Maxma Densidad Seca: 1.551 gr/cm3

Optimo Contenido de Humedad: 12.2 %

Fuente: Elaboración Propia.

Ensayo Valor de Soporte CBR – Terreno Natural + 6% PET fundido (ASTM 1883)

Grafica 7: Valor de Soporte CBR Terreno Natural + 6% PET



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1": 11.9 %
C.B.R. (96% M.D.S.) 0.1": 6.6 %

C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2": 10.0 %
C.B.R. (96% M.D.S.) 0.2": 7.6 %

Fuente: Elaboración Propia.

Resultados del P. Modificado y CBR - Terreno natural + PET 6%

Tabla 14: Resultado Proctor Modificado y CBR-Terreno N + 6% PET

Muestra	Máxima Densidad Seca (g/cm ³)	Contenido de humedad (%)	Valor de soporte CBR		
			Expansión (mm) CBR (0.1") – 56 golpes	(AI 95 % M.D.S.) 0.1"	(AI 100 % M.D.S.) 0.1"
Terreno natural	1.551	12.2	1.52	6.6	11.9

Fuente: Elaboración Propia.

Interpretación de resultado: de los ensayos realizados en el material de terreno natural mezclado con 6 % de Tereftalato de polietileno - PET, se obtuvo una máxima densidad seca de 1.551 g/cm³ con un óptimo contenido de humedad de 12.2%, además en el ensayo de valor de soporte CBR a una penetración de 0.1" al 95 % de la máxima densidad seca del ensayo Proctor modificado se obtuvo un valor 6.6%. De los resultados obtenidos se puede deducir que el material tiene un mejor comportamiento mecánico debido a que el PET, ha influenciado en la reducción del contenido de humedad y por ende ha elevado la máxima densidad seca del material en un 0.099 g/cm³ con respecto al material en su estado natural sin mejorar, a su vez se puede verificar que la expansión del suelo con el PET se mantiene con el valor de 1.52 mm con respecto a las mezcla de suelo con 2% y 4% de PET, lo cual significa que esta característica en ambos casos solo ha aumentado en un 0.2 mm con respecto a los 1.32 mm obtenida en terreno natural.

V. DISCUSIÓN

La presente investigación acepta la hipótesis planteada donde la adición de polímeros PET fundido influye en la resistencia de la sub rasante de la carretera Vilcaniza – Beirut, puesto que la humedad y el índice de plasticidad disminuye y el CBR aumenta a medida que se va incrementando la adición de polímeros PET fundido.

Según Feroz Hanif khan. (2016) “Analysis of the influence of waste polymer of soil subgrade” Esta investigación tuvo como objetivo demostrar su alto potencial en la resistencia de la subrasante, así como su variación de contenido de humedad, con la incorporación de las fibras plásticas de polietileno de alta densidad (HDPE). Para ello se realizaron una serie de pruebas de CBR de suelo reforzado con las fibras plásticas en proporciones de (0 - 6%). Los resultados mostraron que el uso de las fibras de plástico en proporciones adecuadas ayuda a optimizar su resistencia del suelo y en la modificación de sus propiedades. De la investigación de Feroz, hemos llegado a la conclusión que nos permite discutir de alguna manera que la fibras de plástico influyen considerablemente en mejorar y modificar las propiedades físicas y mecánicas de un suelo, en nuestra investigación pudimos corroborar que el PET fundido incorporado en el suelo terreno natural con dosis de 2%, 4% y hasta el 6 %, ayudan a disminuir la humedad del suelo y por ende contribuyen en incrementar la máxima densidad seca, así como también eleva el valor de soporte del CBR, por lo que concordamos con la investigación de Feroz, lo cual se demostró que el PET optimiza la resistencia del suelo.

Zambrano, A. y Casanova, M (2016) hicieron una investigación que tuvo como objetivo determinar si el uso de polímeros logra estabilizar un suelo arcilloso y una graba arcillosa, controlando volúmenes de tierra en los ensayos para obtener una relación optima suelo polímero, para ello elaboraron testigos de suelos para valor de CBR a 12, 25 y 56 golpes, en la que comprobaron que el polímero influye en mejorar y estabilizar un suelo, frente a estas determinaciones, nosotros en nuestra investigación también pudimos comprobar que el polímero PET, ayuda considerablemente en mejorar las condiciones físicas y mecánicas del suelo, por ejemplo en el siguiente cuadro que

mostramos sobre los valores de soporte del CBR, podemos discutir que el terreno natural analizado, tiene un valor de soporte de CBR de 4.8% al 95% de la máxima densidad seca del ensayo proctor a 0.1" de penetración, por lo que según este dato podemos deducir que el suelo tiene un bajo valor de CBR, por lo tanto es suelo inestable de baja capacidad portante, sin embargo al haber hecho incorporaciones de polímero PET al 2%, 4% se comprobó que el valor del soporte de CBR, se incrementó hasta en un 1.2% más con relación al suelo natural, así mismo al hacer una adición mayor de 6% de polímero PET al terreno natural se verifico que el valor de soporte de CBR llego alcanzar hasta un 6.6% al 95% de la máxima densidad seca del ensayo proctor a 0.1" de penetración, haciendo que este si incremente hasta en un 1.8% más con respecto al terreno natural del suelo analizado, por lo que podemos afirmar que el polímero PET si ayuda a estabilizar un suelo arcilloso por lo que eleva su capacidad de soporte haciendo que el suelo sea más resistente a las deformaciones provocadas por el tránsito vehicular.

Tabla 15: Resultados

MATERIAL	DATOS DEL PROCTOR		DATOS DEL VALOR DE SOPORTE C.B.R.		
	M.D.S. (g/cm ³)	O.C.H. (%)	Expansión(mm) CBR (0.1") – 56 golpes	(Al 95 % M.D.S.) 0.1"	(Al 100 % M.D.S.) 0.1"
Terreno natural	1.452	16.7	1.32	4.8	6.8
Terreno natural + 2% de PET	1.485	15.1	1.52	6.1	11.0
Terreno natural + 4% de PET	1.502	14.0	1.52	6.0	11.0
Terreno natural + 6% de PET	1.551	12.2	1.52	6.6	11.9

Fuente: Elaboración Propia

La presente investigación tiene relación con la determinación en los ensayos del tesista Leiva, 2016 en donde concluye que a sus propiedades mecánicas y físicas las bolsas de polietileno fundido en forma de grumos en proporción de 6% logra un aumento promedio del CBR de 7.98%, y en el resultado de los ensayos de nuestro estudio se logra un aumento favorable del 6.6% aumentando su densidad y reduciendo satisfactoriamente la humedad con un tratamiento de 6% de adición de polímero

reciclado PET fundido, lo cual asegura el aumento de la resistencia en un 1.8% logrando un CBR 6.6% por lo que según el ministerio de transportes y comunicaciones se necesita al menos un 6% de CBR para los suelos a nivel sub rasante , caso contrario darle un tratamiento o cambiar el terreno.

Se encuentra diferencia entre la presente investigación y lo que sostiene (Cuipal, 2018) donde tuvo como objetivo mejorar un suelo arcilloso a nivel subrasante con adición de polímero sintético en proporciones de 3%, 6% y 9% donde demuestra que a mayor adición de polímero sintético la resistencia se ve afectado; esto se debe a la trituración donde el resultado del material terminado tiene forma de escamas lo cual hace que tenga menor fricción con el suelo y por ende menor resistencia ante las cargas, caso contrario sucede en la presente investigación donde el resultado de nuestro material tiene forma geométrica con alta rugosidad debido a la trituración de la extrusora don el dispositivo terminal del cabezal actúa de forma violenta en el corte haciendo que el PET tenga una superficie irregular de formas micro geométricas, lo cual le da mayor fricción y mejora la resistencia al corte.

VI. CONCLUSIONES

La adición de polímeros reciclados PET fundido en proporciones de 2%, 4% y 6 %, ayudan a mejorar la estabilidad de la subrasante de suelos arcillosos de la carretera Vilcaniza – Beirut, Amazonas, por lo que se concluye que la incorporación de polímeros reciclados PET mejora las propiedades mecánicas y físicas de un suelo dado que disminuye el contenido de humedad del suelo y por ende aumenta la máxima densidad seca.

Habiendo analizado el terreno natural de la carretera Vilcaniza – Beirut, Amazonas, pudimos corroborar que el suelo pertenece al grupo de las arcillas arenosas de baja plasticidad por lo que se concluye que las propiedades mecánicas y físicas influyen en la baja capacidad portante de la carretera Vilcaniza – Beirut; se propone incorporar polímeros reciclados PET fundido en proporciones de 2%, 4% y 6% a fin de mejorar la resistencia del suelo.

Existe una relación directa del polímero reciclado PET fundido con el mejoramiento de la subrasante de la carretera Vilcaniza – Beirut, Amazonas, 2020. Esto se debe a la trituración, donde el resultado de nuestro material tiene forma geométrica con alta rugosidad debido a la trituración de la extrusora, donde el dispositivo terminal actúa de forma violenta en el corte haciendo que el PET tenga una superficie irregular de formas micro geométricas, lo cual le da mayor fricción y mejora la resistencia al corte.

La incorporación de polímeros reciclados PET fundido en proporciones de 2%, 4% y 6% si mejora la resistencia del suelo de la carretera Vilcaniza – Beirut, Amazonas; esto se pudo corroborar mediante el ensayo de valor de soporte de CBR en la que se verifico que a una penetración de 0.1” del 95% de la máxima densidad seca del Proctor modificado se obtuvieron valores de 6.1%, 6.0 % y 6.6%, por lo que se concluye que la incorporación de polímeros reciclado PET si mejoran la resistencia de un suelo.

VII. RECOMENDACIONES

Antes de mejorar un suelo natural cuyas características sea arenoso con arcilla de plasticidad baja, se debe conocer sus características físicas y mecánicas a fin de poder adicionar el porcentaje de PET adecuado para definir el valor óptimo que asegure la mejora en cuanto al valor del soporte de CBR, dado que un subrasante con un buen valor de CBR, permite que el pavimento tenga trabajabilidad y funcionalidad estructural para soportar los múltiples esfuerzos que origina el tránsito vehicular.

Se recomienda usar PET en adiciones de 4% a 6%, los cuales ayudan a mejorar el valor de soporte del CBR de un suelo, además contribuye en reducir el contenido de humedad de un suelo y por ende incrementa la máxima densidad seca del suelo mejorado con PET.

Los suelos con alto contenido de finos tienden a ser inestables ya que al entrar en contacto con la humedad presentan cambios volumétricos por lo que sus partículas entran en relajo haciendo que sean susceptibles al corte, presentando deslizamientos y ahuellamiento afectando seriamente al pavimento o cualquier obra civil, por lo que se recomienda realizar estudios al suelo en sus propiedades físico y/o mecánicas a fin de garantizar un buen aditivo para su tratamiento.

Se recomienda realizar más estudios con el fin de adicionar más de 6% PET fundido para optimizar la capacidad portante, así como también reducir la humedad y aumentar la densidad.

REFERENCIAS

ZAMBRANO, Alejandra, CASANOVA Manuel. Uso de polímeros como estabilizador de suelos aplicado en vías de arcillas (CL) y grava arcillosa (GC). Universidad de especialidades Espíritu Santo 2016. Samborondon, Ecuador.

CASTAÑEDA, Borda. Revisión del estado del arte del uso de polímeros en la estabilización de suelos En Colombia. Universidad Santo Tomas. Bogotá 2015, Colombia.

FEROZ Hanif khan. Analysis of the influence of waste polymer of soil subgrade” International Research Journal of Engineering and Technology, 2016 India.

LOPEZ, Jose. Suelos arcillosos reforzados con materiales de plástico PET. Escuela de ingeniería de Antioquia 2013, Colombia.

REYES, Cristian Modelación del intercambio iónico de arcillas en un flujo turbulento de una pulpa con agua de mar dentro de una tubería 2017. Chile

MOHAMED Abd-El-Salam Mohamed Fahmy. A Study of Soil-Cement Stabilization of Heavy Clays With A Particular Reference to London Clay” (Doctorado) The University of London. London, 1954. Inglaterra.

HERNANDEZ, J., MEJIA, D. ZELAYA, C. Propuesta de Estabilización de Suelos Arcillosos para su Aplicación en Pavimentos Rígidos en la Facultad Multidisciplinaria Oriental de la Universidad de el Salvador. Universidad de el salvador 2016. San Miguel, el Salvador.

LOPEZ, T., BOSCO, J., HORTA, J, et al. Polímeros para la estabilización volumétricas de arcillas expansivas 2010.

FLORES, C. Polímeros vs. Plásticos Facultad de Ingeniería - Universidad Rafael Landívar. 2009 vol.14. Disponible en: http://fgsalazar.net/LANDIVAR/ING-PRIMERO/boletin14/URL_14_MEC01.pdf

ISSN: 2076-3166

TEXTOS CIENTIFICOS.COM. SAN: Copolímero de estireno y acrilonitrilo. 2009
Consultado en: <http://www.textoscientificos.com/polimeros/san>.

LEYVA, 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 Orcotuna, Concepción. Universidad nacional del centro del Perú. 2016 Huancayo, Perú

CUIPAL, Betty. Estabilización de la subrasante de suelo arcilloso con uso de polímero sintético en la carretera Chachapoyas – Huancas, Amazonas. Universidad Cesar Vallejo 2018. Lima, Perú.

RAMOS, Gabriel. Mejoramiento de la subrasante de baja capacidad portante mediante el uso de los polímeros reciclados en carreteras, Paucara Huancavelica Universidad Nacional del Centro del Perú 2014. Huancayo, Perú.

LINARES, Roiser. Estabilización de suelos arcillosos a nivel de subrasante con adición de bolsas de polietileno fundido, Chachapoyas. Universidad Toribio Rodríguez de Mendoza 2018. Chachapoyas, Perú.

ROMERO, Roció., SAÑAC, Cynthia. Evaluación comparativa mediante la capacidad de soporte y densidad máxima de un suelo adicionado con polímero adhesivo natural en porcentajes de 0.5%, 1%, 2% y 3% frente a un suelo natural para subrasante de pavimento rígido de la Urb. San Judas Chico – Cusco Universidad Andina del Cusco 2016. Cusco, Perú.

GUTIERREZ, Carlos. Estabilización Química de Carreteras no Pavimentadas en el Perú y Ventajas Comparativas del Cloruro de Magnesio (Bischofita) frente al Cloruro de Calcio. Universidad Ricardo Palma 2010. Lima, Perú.

CHAVEZ, Erick. Comparación del Cloruro de Magnesio (Bischofita) frente al Cloruro de Sodio como Estabilizante Químico para Mejorar la Subrasante en la vía a la Cantera Santa Rita, Distrito de Pariñas-Talara-Piura, 2018” Universidad Privada Antenor Orrego 2018. Trujillo, Perú.

CASTILLO, Paola. Influencia de la aplicación de aditivos químicos en la estabilización de suelos cohesivos para uso como subrasante mejorada de pavimentos entre los sectores Cajamarca – Huaso, La Libertad, 2018 Universidad Privada del Norte, 2018. Trujillo, Perú.

PALLI, Edwin. Guía básica para estabilización de suelos con cal en caminos de baja intensidad vehicular en la provincia de San Román. Universidad Nacional del Altiplano 2015, Puno, Perú.

CRESPO, Carlos. Mecánica de Suelos y Cimentaciones. 5ª Ed. México: Limusa, 2004, 652 pp. Disponible en: <https://stehven.files.wordpress.com/2015/06/mecanica-desuelos-y-cimentacionescrespo-villalaz.pdf>

BRAGA M. Das. Fundamentos de la ingeniería geotecnia. 4ta Ed. México: 2015, Disponible en: <http://latinoamerica.cengage.com>

ISBN: 978-607-519-373-1

JUAREZ, E., Rico A. Mecánica de Suelos – Fundamentos de la Mecánica de Suelos. México: Limusa 2005.

ISBN 968-18-0069-9

AFRIN, Habiba. 2017. International Journal of Transportation Engineering and. A Review on Different Types Soil Stabilization Techniques. Rajshahi, Bangladesh : s.n., 27 de julio de 2017. Vol. Vol. 3, N ° 2.

BLANQUER, Juan Manuel, Ibañes, Sara y Ramon, Hector Moreno. 2010. ResearchGate. ResearchGate GmbH. [En línea] 01 de 01 de 2010. [Citado el: 01 de 07 de 2020.] https://www.researchgate.net/publication/50839531_La_textura_del_suelo.

GARZON, Roca, J., Garrido De La Torre, ME. y Hidalgo Signes, C. 2017. RIUNET. [En línea] 2017. [Citado el: 12 de 5 de 2020.] <http://hdl.handle.net/10251/84314>.

LORENZO, BORSELLI. 2019. geotecnia I. <http://www.lorenzo-borselli.eu/>. [En línea] 03 de 09 de 2019. https://www.lorenzo-borselli.eu/geotecnia1/Geotecnia_1_parte_II.pdf.

MONTEJO Fonseca, Alfonso. 2002. Ingeniería de Pavimentos para Carreteras. Bogota DC : s.n., 2002. 958-96036-2-9.

DUQUE, Gonzalo (2003) Manual de geología para ingenieros. Universidad Nacional de Colombia, Disponible en <http://www.bdigital.unal.edu.co/1572/>

AFRIN, Habiba. 2017. International Journal of Transportation Engineering and. A Review on Different Types Soil Stabilization Techniques. Rajshahi, Bangladesh : s.n., 27 de julio de 2017. Vol. Vol. 3, N ° 2.

DIAZ, Jesús., MEJIA, Julio. Estabilización de suelos mediante el uso de un aditivo químico a base de compuestos inorgánicos. 2004 disponible en

<http://docplayer.es/11977568-Estabilizacion-de-suelos-mediante-el-uso-de-un-aditivo-quimico-a-base-de-compuestos-inorganicos.html>

Dirección General de Caminos y Ferrocarriles - Manual de Carreteras. Mantenimiento o Conservación Vial. MTC. Marzo 2014. Recuperado de:

http://www.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/documentos/manuales/Manual%20de%20Carreteras%20Conservacion%20Vial%20a%20marzo%202014_digit_original_def.pdf

DELGADO, Ronald. Estabilización de suelos para atenuar efectos de plasticidad del material de subrasante de la carretera Montecristi. Universidad técnica de manabi. 2011. Ecuador. Disponible en:

<http://hdl.handle.net/123456789/11751>

(RAMON, B. Artículo de investigación Mejoramiento de subrasante de baja capacidad portante por medio de la aplicación de correlación deflectométrica 2103. Disponible en:

https://issuu.com/construccionyvivienda/docs/proyecta_21/42

BADILLO, Juárez y RODRÍGUEZ, Rico. Fundamentos de la mecánica de suelos. Mecánica de suelos. 1º Tomo, México: 2011, 642 pp.

BORJA, Manuel. Metodología de la investigación científica para ingenieros. Chiclayo, 2012, 38pp. Disponible en: <https://es.slideshare.net/manborja/metodologia-de-investigacion-cientifica-para-ing-civil>

CARRASCO, Sebastián. Metodología de la investigación científica: 5ta Edición: Editorial: San marcos. 2012.

Centro de Investigación Empresarial. Estadísticas del estado de infraestructura vial. Lima – 2010.

GOMEZ, Marcelo M. Introducción a la metodología de la investigación científica – 1a ed.- Córdoba: Brujas 2006.

ISBN 987-591-026-0

Disponible en:
<https://books.google.com.pe/books?hl=es&lr=&id=9UDXP4U7aMC&oi=fnd&pg=PA9&dq=gomez+2006+enfoque+cuantitativo&ots=b8qIJXpKzO&sig=sU700AknQD-THrUpiEw2eCg62fM#v=onepage&q=gomez%202006%20enfoque%20cuantitativo&f=false>

ANEXOS

Anexo 1: Declaratoria de autenticidad de los autores

Anexo 3. Matriz Operacionalización de variables

Tabla 16: Operacionalización de variables

Variable	Definición Conceptual	Definición Operacional	Indicador	Medición	Rango
Variable I Polímeros (PET) fundido	Son macromoléculas formados por moléculas más simples llamados monómeros unidas entre sí por enlaces covalentes	La extrusión de polímeros es un proceso industrial en donde se realiza una acción de moldeado de plástico que por flujo con presión y empuje se hace pasar por un molde para darle la forma deseada	Proporción PET	Kg	2% 4% 6%
			Espesor PET	Mm	%
			Longitud PET	Cm	Mn
Variable D Resistencia del Suelo	La resistencia del suelo a nivel subrasante debe tener la capacidad de resistir las solicitaciones de carga vehicular	Todo suelo a nivel subrasante con alto contenido de finos y tenga capacidad de soporte CBR menor a 6% debe ser tratado o caso contrario cambiado.	Optimo Contenido de Humedad	Humedad = $\frac{\text{Peso de agua} \times 100}{\text{Peso del Suelo Secado al Horno}}$	%
			Índice de Plasticidad	LL - LP	%
			Máxima Densidad Seca	Gr/cm3	%
			Capacidad de Soporte	CBR	>= 6%

Fuente: Elaboración Propia

Anexo 4. Información Complementaria.

PANEL FOTOGRÁFICO

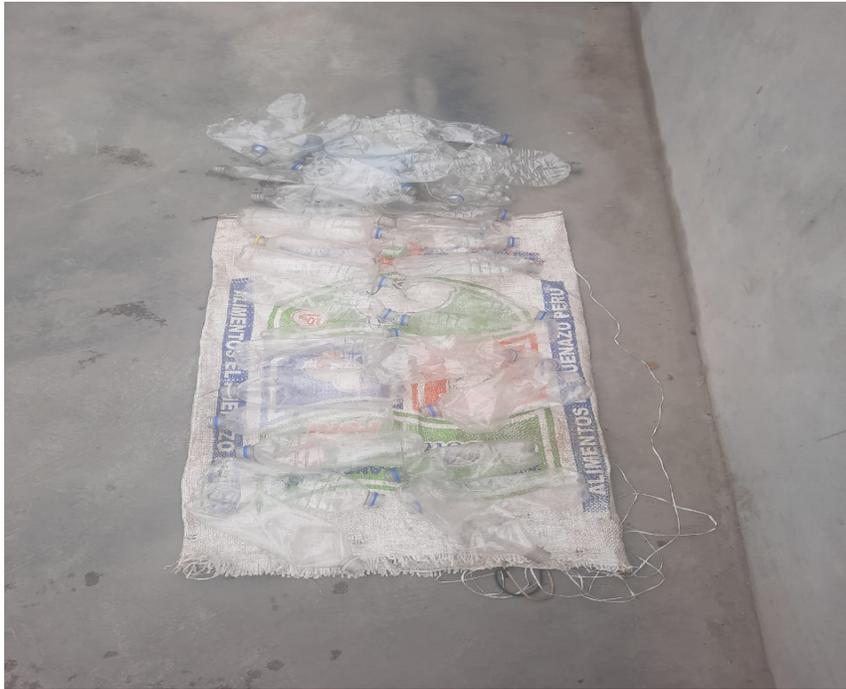
Procedimiento de reciclaje PET



Se recicla las botellas



Lavado de PET



Secado



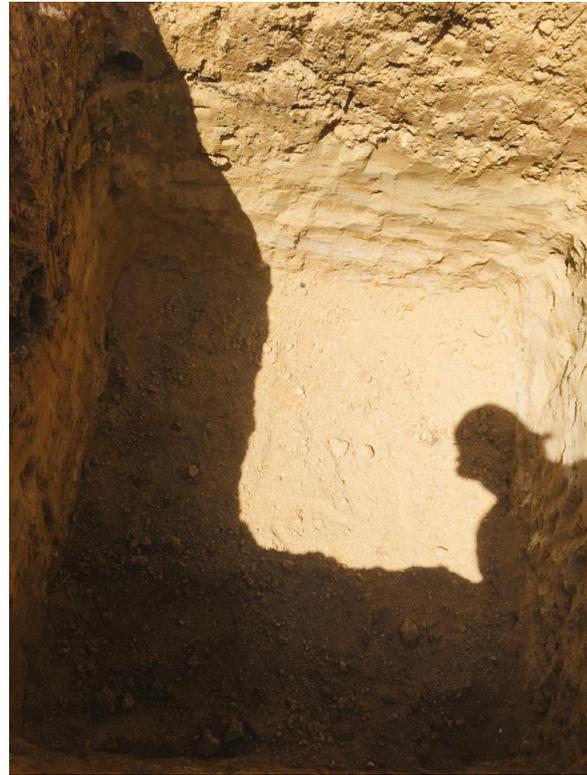
Vaciado al extrusor



Extrusora



Producto final



Suelo a nivel subrasante carretera vilcaniza – Beirut



Calicata 01



Calicata 02

DESARROLLO DE LOS ENSAYOS DE LABORATORIO

En la tabla nos muestra los ensayos que se realizara para el estudio de suelo; estos ensayos nos permiten conocer las propiedades tanto físicas como mecánicas del suelo a nivel subrasante, así como conocer y predecir su comportamiento.

Tabla 17: Ensayos

ENSAYOS	NORMA
PROPIEDADES FÍSICAS	
Granulometría por tamizado	MTC E - 107
Contenido de Humedad	MTC E - 108
Limite líquido	MTC E - 110
Limite plástico	MTC E - 111
PROPIEDADES MECÁNICAS	
Proctor Modificado	MTC E - 115
Ensayo de Soporte (CBR)	MTC E - 132

Fuente: Elaboración Propia

CONTENIDO DE HUMEDAD (MTC E - 108)

El concepto del contenido de humedad es la cantidad de agua que la muestra de suelo puede retener en su estructura y que esta depende de las características de sus partículas (textura y estructura), y se expresa en la relación de porcentaje del peso de agua entre la muestra de suelo seco; la fórmula de cálculo es:

$$W = \frac{W_w}{W_s} \times 100\%$$

Dónde:

W_w = Peso de agua presente en la muestra de suelo

W_s = Peso de la muestra de suelo seco

Materiales para el ensayo:

Dentro de los materiales para el ensayo de contenido natural se consideran los siguientes:

1. Recipiente de muestreo: el recipiente de muestreo debe ser de porcelana o aluminio ya que será sometido a altas temperaturas de (105° C) y debe ser un material resistente a la corrosión.
2. Para su reconocimiento el recipiente debe estar marcado por un código de identificación.
3. Horno de secado: el horno de secado debe tener una temperatura de variación de 110° ± 5° C. y no debe estar expuesta a la luz del sol.
4. Balanza de precisión: esta balanza debe tener una sensibilidad de 0.1 gramos, y bien calibradas.

Herramientas menores: como guantes que soporten altas temperaturas, trapo de limpieza, espátula, notas de apuntes, entre otros.

Procedimiento del Ensayo:

El procedimiento del ensayo se realiza de acuerdo a la norma MTC E - 108.

1. se cuarteo la muestra para obtener pequeñas porciones luego se pesa el recipiente más la muestra de suelo y se toma apunte (peso del suelo húmedo)
2. Después de pesar la muestra de suelo más recipiente se llevada al horno de secado a una temperatura de 105 °C y se deja por un tiempo de 16 horas. Se deja enfriar por un tiempo de 10 a 15 min, por último, se pesa la muestra ya fría y se toma apunte. (Peso de la muestra seca).
3. Para encontrar el contenido de humedad de suelo se hace un cálculo con los datos obtenidos; estos datos se remplazan en la siguiente formula:

$$W = \frac{W_{Humedo} - W_{seco}}{W_{seco}} \times 100\%$$



Imagen 1: Muestra Contenido de Humedad T natural



Imagen 2: Peso de Muestra T natural

GRANULOMETRÍA POR TAMIZADO (MTC E - 107)

La granulometría es la distribución de las partículas del suelo de acuerdo a su tamaño; El análisis granulométrico deriva en una curva granulométrica, donde se encuentra el diámetro del tamiz con respecto al porcentaje acumulado que pasa o

que retiene el mismo, esto dependerá del uso que se quiera dar al agregado de suelo.

Materiales para el ensayo:

- 1 Recipientes de muestreo: debe ser de material de aluminio, ser resistente a la corrosión.
- 2 Balanza de precisión: la cual debe tener una sensibilidad de 0.1 gramos, se utilizara para pesar la muestra de suelo retenido en cada malla.
- 3 Tamices de malla cuadrada: 3", 2", 1/2", 3/4", 3/8", n°4, n°10, n°20, n°40, n°60, n°140, n°200.
- 4 brocha.
- 5 Cuaderno de apuntes.

Procedimiento de Ensayo.

- 1 se cuarteo la muestra para obtener un peso de 15kg. Aprox.
- 2 Separar con el tamiz n°4 grava y finos
- 3 Tamizar con las mallas 3", 2", 1/2", 3/4", 3/8", n°4, n°10, n°20, n°40, n°60, n°140, n°200

LIMITE LÍQUIDO (ASTDM D – 4318)

El límite líquido se define al contenido de humedad por cual el suelo tiene un comportamiento plástico. Para determinar el límite líquido se realiza mediante el ensayo de la copa Casagrande (D- 4318 ASTM) y se define como el contenido de agua por el cual cierra la ranura de 13 mm a 25 golpes.

Materiales para el ensayo:

- 1 Horno con capacidad de temperaturas de $110^{\circ} \pm 5^{\circ} \text{C}$.
- 2 Recipientes de muestreo
- 3 Espátula y cuchara
- 4 Frasco lavador
- 5 Balanza de sensibilidad de 0.1 gramos.
- 6 Cazuela de casa grande.
- 7 Cuaderno de apuntes

Procedimiento del Ensayo:

- 1 se toma 100gms de muestra que pase por el tamiz n°40

2 colocamos la muestra en la placa de vidrio y se mezcla adicionando chorros de agua amasándola con la espátula, realizar adiciones de agua las veces que sea necesario

3 luego se coloca una cantidad en la cazuela hacer una abertura en el medio con el ranurador para luego realizar el conteo de 15 – 20, 20 – 25, 25 – 30, 30 – 35 golpes

4 luego cortamos en 6 porciones se pesa y se pone al horno a secar

5 una vez seca la muestra se pesa de nuevo



Imagen 3: ensayo Limite Liquido



Imagen 4: Cazuela Casa Grande

LIMITE PLÁSTICO (NORMA MTC E – 111)

Humedad mínima con la cual puede moldearse cilindros de suelo de 3mm de diámetro sin que estos se fisuren.

Materiales para el ensayo:

- 1 Horno de secado con temperatura de $110^{\circ} \pm 5^{\circ}$ C.
- 2 Recipientes de muestreo: de material de aluminio o porcelana.
- 3 Espátula y cuchara
- 4 Balanza de precisión: debe tener una sensibilidad de 0.1 gramos.
- 5 Placa de vidrio acrílico para hacer rollitos de 3mm de diámetro
- 6 Cuaderno de apuntes.

Procedimiento del Ensayo

- 1 Se toma una cantidad de muestra con un peso de 20g
- 2 Agregamos agua y se amasa hasta obtener una masa homogénea
- 1 Utilizamos la placa de vidrio para hacer rollitos de 3mm de diámetro en toda su longitud

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO (NORMA MTC E – 115)

Ensayo de Proctor tiene como objetivo determinar la humedad óptima de suelo por la cual este alcanza su densidad máxima seca.

Este ensayo está en relación entre el contenido de humedad de suelo seco y el peso unitario de suelo compactado a una determinada humedad y a una energía de compactación determinada.

Equipos y accesorios:

- 1 Balanza de precisión con una aproximación de 1 gr.
- 2 Molde de 6 pulgadas con una altura de 4.584 pulg (116.4mm) y un volumen de (944 cm³) y (2124 cm³) respectivamente.
- 3 Un plato base y un collar de extensión de 2”.
- 4 Pisón de 44.5 N (10 lb), este debe caer de una altura de 18 pulg
- 5 Horno de secado: instrumento con la capacidad de mantener una temperatura constantes de $110^{\circ} \pm 5^{\circ}$ C.

6 Regla metálica para retirar los excesos de suelo

7 malla N°4. Guantes y cuaderno de apuntes

Procedimiento del ensayo:

Este procedimiento se realiza con el objetivo de identificar su humedad óptima del suelo. Este proceso se debe realizar de acuerdo a la norma MTC E – 115.

1 En este caso se aplicara el método C

2 Se cuartea la muestra de 6kg c/u. agregamos agua se mezcla uniformemente

3 Colocamos en el molde (5 capas de 56 golpes en espiral con un pison de 44.5N)

4 Luego enrazamos en molde con una regla metálica para quitar el excedente

5 después de pesado extraer un aprox. De 500g. De muestra para el contenido de humedad

6 Repetir el procedimientos con las otras tres muestras, una vez determinado el contenido de humedad encontramos la densidad seca.



Imagen 5: Proctor modificado con adición



Imagen 6: Proctor modificado compactación 5 capas a 56 golpes

Ensayo de CBR relación de soporte california (Norma ASTM D 1883)

El CBR es un ensayo para determinar el índice de calidad de un material de suelo orientado a utilizar en relleno para estructura de carretera, llámese subrasante, sub base y base. Dado la normativa ASTM este método de ensayo se utiliza para evaluar el potencial de resistencia de materiales de Subrasante, sub base y base incluyendo materiales reciclados para el uso de carreteras y aeropistas. Según La norma que rige el ensayo los niveles preestablecidos de penetración son: 0.1” y 0.2” centésimas de pulgada (tomándose como CBR el que resulte menor de estos valores).

Equipos y accesorios.

- 1 recipientes de muestreo y tamiz n°4
- 2 prensa con capacidad de carga de 44 N

3 Molde de 6”

4 pistón de compactación, trípode dial de medición para expansión

5 Trípode para medida de expansión

6 Prensa de CBR con pistón de penetración de base circular de 49.63 de diámetro, etc.

Se debe seguir tres procesos para el ensayo de CBR,

Determinación de humedad y densidad.- Se cuartea la muestra y se toma 6kg para cada molde, la muestra se mezcla con el porcentaje de agua obtenido en el ensayo proctor, para la compactación se divide en cinco capas el cual se dará 12, 25, 56 golpes previo a esto separamos una pequeña muestra de la división de capas para encontrar el contenido de humedad. Separamos el molde con la muestra y se determina el contenido de humedad y densidad.





Determinación de expansión.- colocamos papel filtro en la superficie de la muestra montando una placa de metal luego se colocan pesas de plomo; sobre carga igual a 101 libras, luego se sumerge el molde dentro de un tanque de agua y se toma medidas cada 24 horas, cumplido las 96 horas se saca del tanque y se inclina sobre una superficie plana para retirar el agua durante 10 minutos, para el calculo del porcentaje de inchamiento se resta la letura final menos la lectura inicial y se divide entre la altura inicial multiplicando por cien.



Imagen 7: Lectura Sumergido

Determinación de resistencia. - Después de escurrido la muestra por el tiempo mencionado líneas arriba se coloca el molde con la muestra en la prensa y se asienta con el pistón de 10lb. Para el ensayo de penetración se pone en cero el dial del extensómetro aplicando la carga sobre el pistón de penetración a una velocidad uniforme anotando las lecturas.

El objetivo de este ensayo de penetración es determinar la resistencia del suelo pasado las 96 horas de sumergido en el agua.



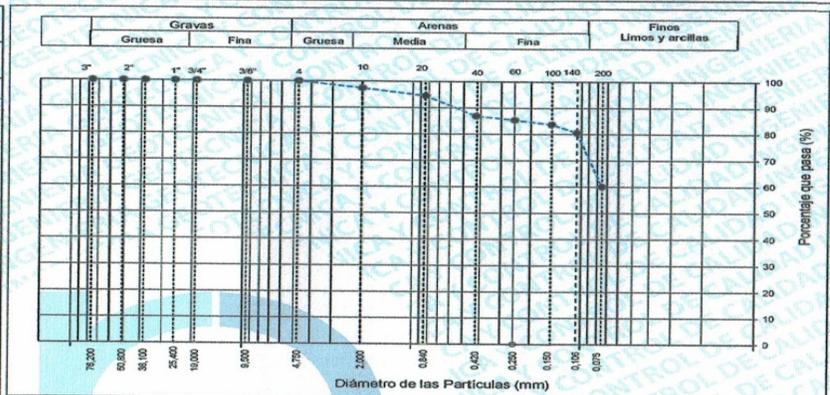
Imagen 8: Lectura y apunte de Penetración

Resultados de ensayos clasificación de suelo C- 01

	INFORME	Código	AE-FO-01
	ENSAYOS PARA LA CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS	Versión	01
		Fecha	07-05-2018
		Página	1 de 1

Proyecto	: Mejoramiento con polímero reciclado PET para subrasante de suelo arcilloso	Registro N°:	IGC20-LEM-150-01
Solicitante	: William Henry Condori Calombos / Aurelio Rojas Manza	Muestreado por :	Solicitante
Cliente	: Universidad Cesar Vallejo	Ensayado por :	J.P
Ubicación de Proyecto	: Lima	Fecha de Ensayo:	25/6/2020
Material	: Terreno natural	Turno:	Diurno
Código de Muestra	: ---	Profundidad:	1,50 m
Sondaje / Calicata	: C-1	Norte:	---
N° de Muestra	: ---	Este:	---
Progresiva	: ---	Cota:	---

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFIC. GRAD "B"
3"	76,200	100,0	
2"	50,800	100,0	
1 1/2"	38,100	100,0	
1"	25,400	100,0	
3/4"	19,000	100,0	
3/8"	9,500	100,0	
N° 4	4,750	100,0	
N° 10	2,000	97,4	
N° 20	0,840	94,6	
N° 40	0,425	86,8	
N° 60	0,250	85,3	
N° 100	0,150	83,7	
N° 140	0,106	80,5	
N° 200	0,075	60,1	



CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	33,0
MÉTODO DE SECADO	Horno a 110 +/- 5°C
MÉTODO DE REPORTE	"B"
MATERIALES EXCLUIDOS	Ninguno

CLASIFICACIÓN VISUAL - MANUAL	CL - Arcilla arenosa de baja plasticidad, de color marrón claro condición húmeda
NOTAS SOBRE LA MUESTRA	Muestra ensayada en laboratorio de INGEOCONTROL

PROCEDIMIENTO DE OBTENCIÓN DE MUESTRA	"Secada al horno a 110 +/- 5°C"
PROCEDIMIENTO DE TAMIZADO	tamizado integral
TAMIZ SEPARADOR	Ninguno
MÉTODO DE REPORTE DE RESULTADOS	"B"



LÍMITE LÍQUIDO	42
LÍMITE PLÁSTICO	24
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	18
ÍNDICE DE CONSISTENCIA (Ic)	0,5
ÍNDICE DE LIQUEZ (IL)	0,5
MÉTODO DE ENSAYO DE LÍMITE LÍQUIDO	Multipunto

CLASIFICACIÓN SUCS (ASTM D2487)	CL
CLASIFICACIÓN AASHTO (ASTM D3282)	A-7-6 (5)
NOMBRE DEL GRUPO	Arcilla arenosa de baja plasticidad

CONTENIDO DE GRAVA PRESENTE EN EL SUELO %	0,0
CONTENIDO DE ARENA PRESENTE EN EL SUELO %	39,9
CONTENIDO DE FINOS PRESENTES EN EL SUELO %	60,1

INGEOCONTROL SAC		
TECNICO LEM Nombre y firma: 	JEFE LEM Nombre y firma:  Noemí C. Sánchez Huamán INGENIERA CIVIL - CIP N°: 196029 INGENIERIA GEOTÉCNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C	CQC - LEM Nombre y firma:  Jony C. Gutiérrez Abanto GERENTE GENERAL INGENIERIA GEOTÉCNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.

	INFORME	Código	AE-FO-15
	ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO PARA CBR	Versión	01
		Fecha	30-04-2018
		Página	1 de 3

Proyecto	: Mejoramiento con polímero reciclado PET para subrasante	Registro N°:	IGC20-LEM-149-03
Propietario	: William Henry Condori Calombos / Aurelio Rojas Manza	Muestreado por :	J. Gutiérrez
Código del Proyecto	: ---	Ensayado por :	L. Melgar
Ubicación de Proyecto	: Lima	Fecha de Ensayo:	26/6/2020
Material	: Terreno natural	Turno:	Diurno
Identificación	: ---	Profundidad:	---
Procedencia	: ---	Norte:	---
N° de Muestra	: ---	Este:	---
Progresiva	: ---	Cota:	---

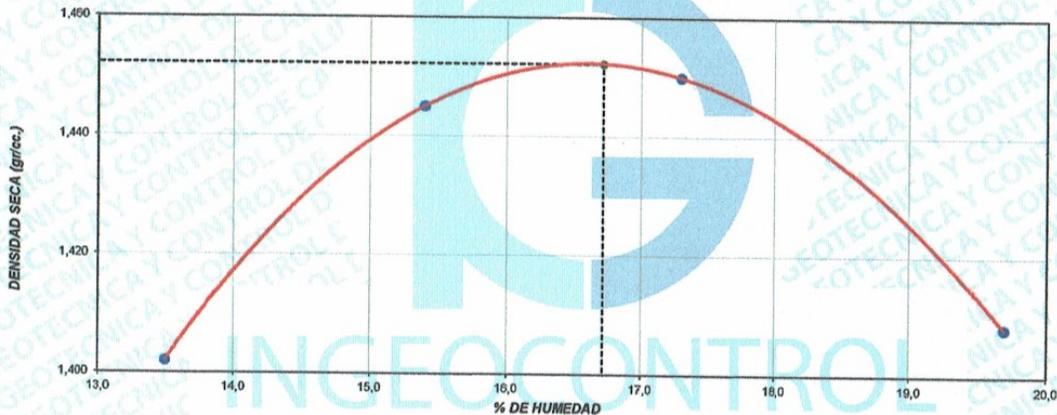
**ENSAYO DE COMPACTACIÓN - PROCTOR MODIFICADO PARA CBR
ASTM D1557 / ASTM D1883**

Volumen Molde	2127	cm ³
Peso Molde	6282	gr.

NUMERO DE ENSAYOS		1	2	3	4
Peso Volumetrico Humedo	gr.	1,591	1,668	1,701	1,685
Contenido de agua	%	13,5	15,4	17,3	19,7
Densidad Seca	gr/cc	1,402	1,445	1,450	1,408

Densidad Máxima Seca:	1,452	gr/cm³	Contenido Humedad Optima:	16,7	%
------------------------------	--------------	--------------------------	----------------------------------	-------------	----------

RELACION HUMEDAD - DENSIDAD SECA



INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD

OBSERVACIONES:

- * Muestra tomada en campo y ensayada por personal de INGEOCONTROL
- * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de INGEOCONTROL
-
-

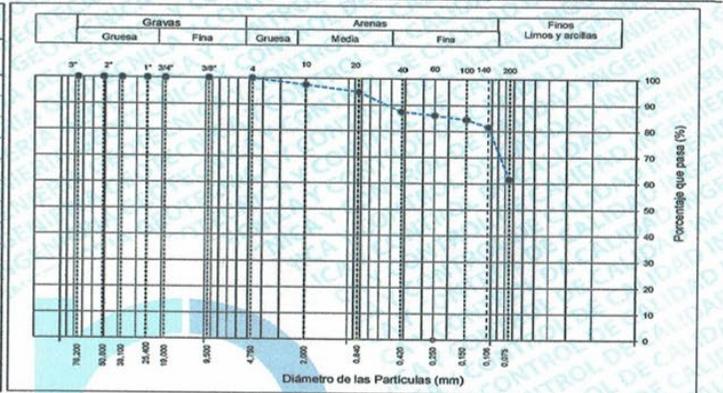
INGEOCONTROL SAC

TECNICO LEM	JEFE LEM	CQC - LEM
Nombre y firma: 	Nombre y firma:  Noemi C. Sanchez Huaman INGENIERA CIVIL - CIP N°: 196029 INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	Nombre y firma:  Jony C. Gutierrez Abanto GERENTE GENERAL INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.

	INFORME	Código	AE-FO-01
	ENSAYOS PARA LA CLASIFICACIÓN DE LOS SUELOS	Versión	01
		Fecha	07-05-2018
		Página	1 de 1

Proyecto : Mejoramiento con polímero reciclado PET para subrasante de suelo arcilloso **Registro N°:** IGC20-LEM-160-01A
Solicitante : William Henry Condori Calombos / Aurelio Rojas Manza **Muestreado por :** Solicitante
Cliente : Universidad Cesar Vallejo **Ensayado por :** J.P.
Ubicación de Proyecto : Lima **Fecha de Ensayo:** 25/6/2020
Material : Terreno natural **Turno:** Diurno
Código de Muestra : --- **Profundidad:** 1,50 m
Sondeo / Calicata : C-2 **Norte:** ---
N° de Muestra : --- **Este:** ---
Progresiva : --- **Cota:** ---

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFIC. GRAD "B"
3"	76,200	100,0	
2"	50,800	100,0	
1 1/2"	38,100	100,0	
1"	25,400	100,0	
3/4"	19,000	100,0	
3/8"	9,500	100,0	
N° 4	4,750	100,0	
N° 10	2,000	97,5	
N° 20	0,840	94,9	
N° 40	0,425	87,3	
N° 60	0,250	86,0	
N° 100	0,150	84,4	
N° 140	0,106	81,5	
N° 200	0,075	61,5	



CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	32,4
MÉTODO DE SECADO	Horno a 110 +/- 5°C
MÉTODO DE REPORTE	"B"
MATERIALES EXCLUIDOS	Ninguno

CLASIFICACIÓN VISUAL - MANUAL	CL - Arcilla arenosa de baja plasticidad, de color marrón claro condición húmeda
NOTAS SOBRE LA MUESTRA	Muestra ensayada en laboratorio de INGEOCONTROL

PROCEDIMIENTO DE OBTENCIÓN DE MUESTRA	"Secada al horno a 110 +/- 5°C"
PROCEDIMIENTO DE TAMIZADO	tamizado integral
TAMIZ SEPARADOR	Ninguno
MÉTODO DE REPORTE DE RESULTADOS	"B"



LÍMITE LÍQUIDO	42
LÍMITE PLÁSTICO	24
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	18
ÍNDICE DE CONSISTENCIA (Ic)	0,5
ÍNDICE DE LIQUEZ (IL)	0,5
MÉTODO DE ENSAYO DE LÍMITE LÍQUIDO	Multipunto

CONTENIDO DE GRAVA PRESENTE EN EL SUELO %	0,0
CONTENIDO DE ARENA PRESENTE EN EL SUELO %	38,5
CONTENIDO DE FINOS PRESENTES EN EL SUELO %	61,5

CLASIFICACIÓN SUCS (ASTM D2487)	CL
CLASIFICACIÓN AASHTO (ASTM D3282)	A-7-6 (5)
NOMBRE DEL GRUPO	Arcilla arenosa de baja plasticidad

INGEOCONTROL SAC		
TECNICO LEM Nombre y firma: 	JEFE LEM Nombre y firma:  Noemi C. Sanchez Guaman INGENIERA CIVIL - CIP N°: 196029 INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C	CQC - LEM Nombre y firma:  Jony C. Gutierrez Abanto GERENTE GENERAL INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C



INFORME

ENSAYOS PARA LA CLASIFICACIÓN

Código	AE-FO-01
Versión	01
Fecha	07-05-2018
Página	1 de 1

Proyecto : Mejoramiento con polímero reciclado PET para subrasante de suelo limoso

Registro N°: IGC20-LEM-150-02

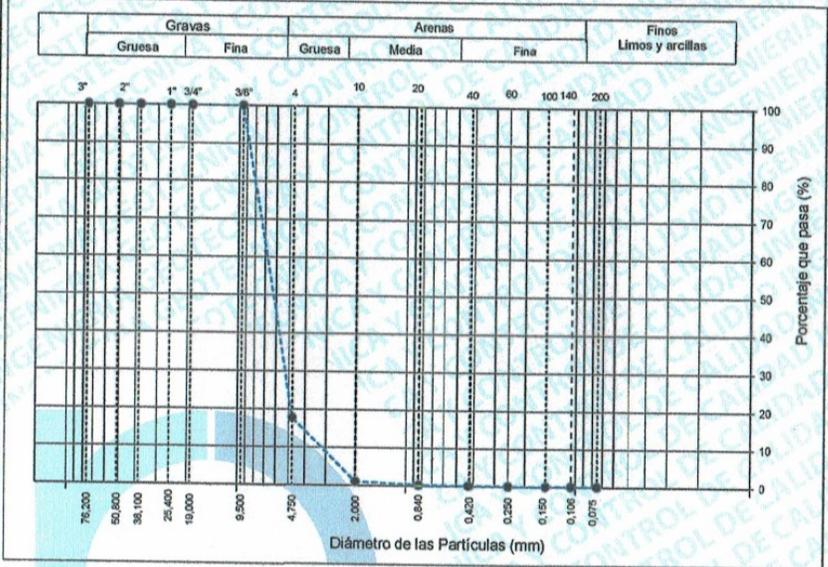
Solicitante : William Henry Condori Calombos / Aurelio Rojas Manza
 Cliente : Universidad Cesar Vallejo
 Ubicación de Proyecto : Lima
 Material : PET (Tereftalato de Polietileno)

Muestreado por : Solicitante
 Ensayado por : J.P
 Fecha de Ensayo: 25/6/2020
 Turno: Diurno

Código de Muestra : ---
 Sondaje / Calicata : ---
 N° de Muestra : ---
 Progresiva : ---

Profundidad: ---
 Norte: ---
 Este: ---
 Cota: ---

TAMIZ	ABERTURA (mm)	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFIC. GRAD "B"
3"	76,200	100,0	
2"	50,800	100,0	
1 1/2"	38,100	100,0	
1"	25,400	100,0	
3/4"	19,000	100,0	
3/8"	9,500	100,0	
N° 4	4,750	17,8	
N° 10	2,000	0,9	
N° 20	0,840	0,2	
N° 40	0,425	0,1	
N° 60	0,250	0,1	
N° 100	0,150	0,1	
N° 140	0,106	0,1	
N° 200	0,075	0,1	



CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	0,0
MÉTODO DE SECADO	Horno a 110 +/- 5°C
MÉTODO DE REPORTE	"B"
MATERIALES EXCLUIDOS	Ninguno

CLASIFICACIÓN VISUAL - MANUAL	PET Polímero termoplástico
NOTAS SOBRE LA MUESTRA	Muestra ensayada en laboratorio de INGENCOCONTROL

PROCEDIMIENTO DE OBTENCIÓN DE MUESTRA	"Secada al horno a 110 +/- 5°C"
PROCEDIMIENTO DE TAMIZADO	tamizado integral
TAMIZ SEPARADOR	Ninguno
MÉTODO DE REPORTE DE RESULTADOS	"B"



LÍMITE LÍQUIDO	N.P
LÍMITE PLÁSTICO	N.P
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	-
ÍNDICE DE CONSISTENCIA (Ic)	-
ÍNDICE DE LIQUIDEZ (IL)	-
MÉTODO DE ENSAYO DE LÍMITE LÍQUIDO	Multipunto

CLASIFICACIÓN	PET
---------------	-----

INGEOCONTROL SAC

TECNICO LEM
 Nombre y firma:

JEFE LEM
 Nombre y firma:

 Noemi Sánchez Huamán
 INGENIERA CIVIL - CIP N°: 196029
 INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.

CQC - LEM
 Nombre y firma:

 Jony C. Gutiérrez Abanto
 GERENTE GENERAL
 INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.

	INFORME	Código	AE-FO-15
	VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA - CBR	Versión	01
		Fecha	30-04-2018
		Página	2 de 3

Proyecto	: Mejoramiento con polímero reciclado PET para subrasante	Registro N°:	IGC20-LEM-149-03
Propietario	: William Henry Condori Calombos / Aurelio Rojas Manza	Muestreado por :	J. Gutiérrez
Código del Proyecto	: ---	Ensayado por :	L. Melgar
Ubicación de Proyecto	: Lima	Fecha de Ensayo:	30/6/2020
Material	: Terreno natural	Turno:	Diurno
Identificación	: ---	Profundidad:	--- m
Procedencia	: ---	Norte:	---
N° de Muestra	: ---	Este:	---
Progresiva	: ---	Cota:	---

**ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA
ASTM D1883**

CALCULO DE LA RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)						
Molde N°	7		4		1	
Número de capas	5		5		5	
Número de golpes	56		25		10	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso suelo + molde (gr.)	8 325		8 016		7 898	
Peso molde (gr.)	4 812		4 732		4 827	
Peso suelo compactado (gr.)	3 513		3 284		3 071	
Volumen del molde (cm³)	2 127		2 131		2 128	
Densidad húmeda (gr./cm³)	1,652		1,541		1,443	
Densidad Seca (gr./cm³)	1,419		1,324		1,240	

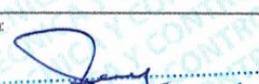
CONTENIDO DE HUMEDAD						
Peso de tara (gr.)	91,4		86,3		86,7	
Tara + suelo húmedo (gr.)	381,8		421,5		368,0	
Tara + suelo seco (gr.)	340,9		374,3		328,4	
Peso de agua (gr.)	40,9		47,2		39,6	
Peso de suelo seco (gr.)	249,5		288,0		241,7	
Humedad (%)	16,4		16,4		16,4	

EXPANSIÓN											
Fecha	Hora	Tiempo Hr	Dial 0.01"	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión	
				mm	%		mm	%		mm	%
26-Jun	14:00	0	10	0,00	0,00	10	0,00	0,00	10	0,00	0,00
27-Jun	14:00	24	21	0,28	0,24	18	0,20	0,17	16	0,15	0,13
28-Jun	14:00	48	41	0,79	0,68	38	0,71	0,61	35	0,64	0,55
29-Jun	14:00	72	50	1,02	0,87	44	0,86	0,74	41	0,79	0,68
30-Jun	14:00	96	62	1,32	1,14	51	1,04	0,89	47	0,94	0,81

PENETRACIÓN													
Penetración (pulg.)	Carga Standard (kg/cm²)	Molde N° 7				Molde N° 4				Molde N° 1			
		Carga		Corrección		Carga		Corrección		Carga		Corrección	
		kg	kg/cm²	kg/cm²	CBR %	kg	kg/cm²	kg/cm²	CBR %	kg	kg/cm²	kg/cm²	CBR %
0,025		21	1,0			15	0,7			6	0,3		
0,050		58	2,9			40	2,0			17	0,8		
0,075		78	3,9			54	2,7			23	1,1		
0,100	70,307	102	5,1	4,8	6,8	69	3,4	3,3	4,7	31	1,5	1,5	2,1
0,150		136	6,7			92	4,6			45	2,2		
0,200	105,460	159	7,9	8,1	7,7	108	5,3	5,5	5,2	57	2,8	2,8	2,7
0,300		210	10,4			144	7,1			69	3,4		
0,400		225	11,1			153	7,6			75	3,7		
0,500		241	11,9			165	8,2			80	4,0		

OBSERVACIONES:
 * Muestra tomada en campo y ensayada por personal de INGEOCONTROL
 * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de INGEOCONTROL
 * ---

INGEOCONTROL SAC

TECNICO LEM	JEFE LEM	CQC - LEM
Nombre y firma:	Nombre y firma:	Nombre y firma:
		

Proyecto : Mejoramiento con polímero reciclado PET para subrasante

Registro N°: IGC20-LEM-149-03

Propietario : William Henry Condori Calombos / Aurelio Rojas Manza
 Código del Proyecto : ---
 Ubicación de Proyecto : Lima
 Material : Terreno natural

Muestreado por : J. Gutiérrez
 Ensayado por : L. Melgar
 Fecha de Ensayo: 30/6/2020
 Turno: Diurno

Identificación : ---
 Procedencia : ---
 N° de Muestra : ---
 Progresiva : ---

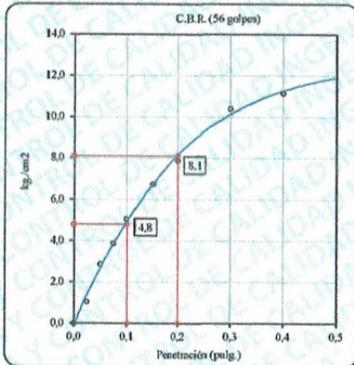
Profundidad: --- m
 Este: ---
 Cota: ---

**ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA
ASTM D1883**

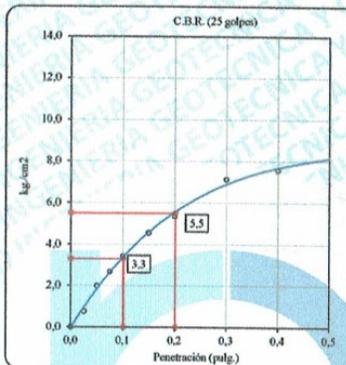
Datos de muestra

Máxima Densidad Seca : 1,452 gr/cm³
 Máxima Densidad Seca al 95% : 1,379 gr/cm³

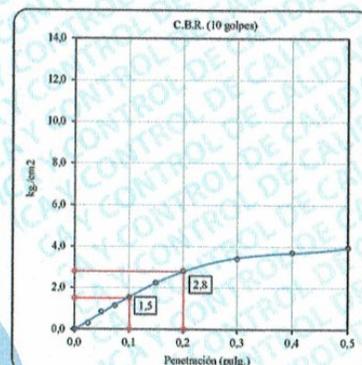
Óptimo Contenido de Humedad : 16,7 %



C.B.R. (0.1") 56 GOLPES : 6,8 %

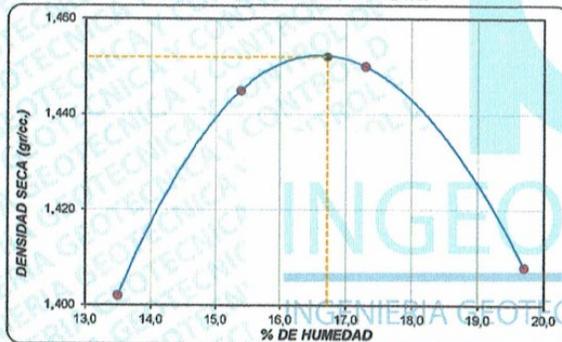


C.B.R. (0.1") 25 GOLPES : 4,7 %



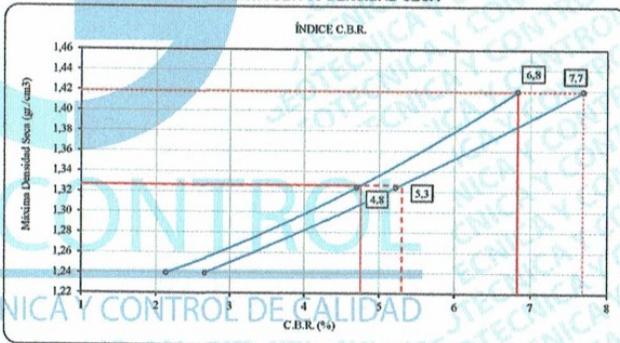
C.B.R. (0.1") 12 GOLPES : 2,1 %

CURVA DE COMPACTACIÓN - ASTM D1557



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1": 6,8 %
 C.B.R. (95% M.D.S.) 0.1": 4,8 %

CURVA CBR Vs DENSIDAD SECA



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2": 7,7 %
 C.B.R. (95% M.D.S.) 0.2": 5,3 %

OBSERVACIONES:

- * Muestra tomada en campo y ensayada por personal de INGEOCONTROL
- * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de INGEOCONTROL
-

INGEOCONTROL SAC

TECNICO LEM	JEFE LEM	CQC - LEM
Nombre y firma: 	Nombre y firma: 	Nombre y firma:



INFORME

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO PARA CBR

Código	AE-FO-15
Versión	01
Fecha	30-04-2018
Página	1 de 3

Proyecto	: Mejoramiento con polímero reciclado PET para subrasante	Registro N°:	IGC20-LEM-149-04
Propietario	: William Henry Condori Calombos / Aurelio Rojas Manza	Muestreado por :	J. Gutiérrez
Código del Proyecto	: ---	Ensayado por :	L. Melgar
Ubicación de Proyecto	: Lima	Fecha de Ensayo:	26/6/2020
Material	: Terreno natural + PET 2%	Turno:	Díurno
Identificación	: ---	Profundidad:	---
Procedencia	: ---	Norte:	---
N° de Muestra	: ---	Este:	---
Progresiva	: ---	Cota:	---

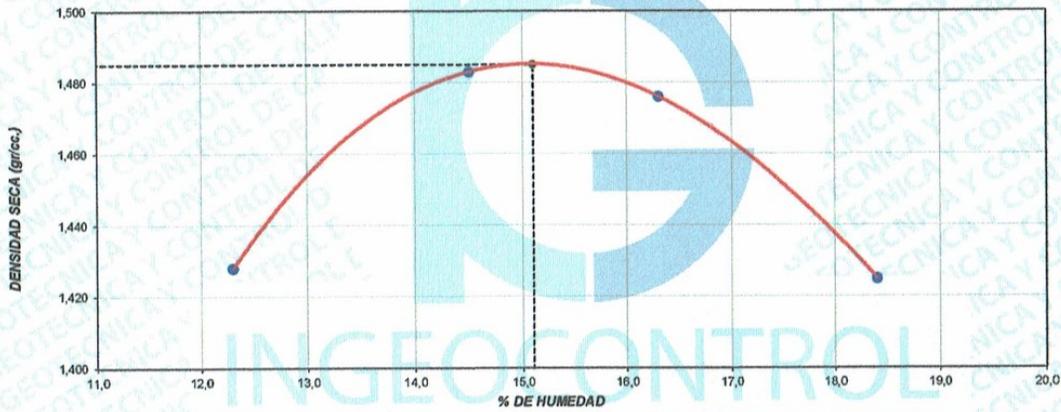
**ENSAYO DE COMPACTACIÓN - PROCTOR MODIFICADO PARA CBR
ASTM D1557 / ASTM D1883**

Volumen Molde	2127	cm ³
Peso Molde	6282	gr.

NUMERO DE ENSAYOS		1	2	3	4
Peso Volumetrico Humedo	gr.	1,604	1,698	1,717	1,687
Contenido de agua	%	12,3	14,5	16,3	18,4
Densidad Seca	gr/cc	1,428	1,483	1,476	1,425

Densidad Máxima Seca:	1,485	gr/cm³	Contenido Humedad Optima:	15,1	%
------------------------------	--------------	--------------------------	----------------------------------	-------------	----------

RELACION HUMEDAD - DENSIDAD SECA



INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD

OBSERVACIONES:

- * Muestra tomada en campo y ensayada por personal de INGENEOCONTROL
- * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de INGENEOCONTROL
- * ---
-

INGEOCONTROL SAC		
TECNICO LEM	JEFE LEM	CQC - LEM
Nombre y firma:	Nombre y firma:	Nombre y firma:
	<p>Noemi C. Sanchez Huaman INGENIERA CIVIL - CIP N°: 196029 INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.</p>	<p>Jony C. Gutierrez Abanto GERENTE GENERAL INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.</p>

	INFORME		Código	AE-FO-15
	VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA - CBR		Versión	01
			Fecha	30-04-2018
			Página	2 de 3

Proyecto	: Mejoramiento con polímero reciclado PET para subrasante	Registro N°:	IGC20-LEM-149-04
Propietario	: William Henry Condori Calombos / Aurelio Rojas Manza	Muestreado por :	J. Gutiérrez
Código del Proyecto	: ---	Ensayado por :	L. Melgar
Ubicación de Proyecto	: Lima	Fecha de Ensayo:	30/6/2020
Material	: Terreno natural + PET 2%	Turno:	Diuño
Identificación	: ---	Profundidad:	--- m
Procedencia	: ---	Norte:	---
N° de Muestra	: ---	Este:	---
Progresiva	: ---	Cota:	---

**ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA
ASTM D1883**

CALCULO DE LA RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)						
Molde N°	3		4		1	
Número de capas	5		5		5	
Número de golpes	56		25		10	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso suelo + molde (gr.)	8 451		8 290		8 291	
Peso molde (gr.)	4 827		4 746		4 842	
Peso suelo compactado (gr.)	3 624		3 544		3 449	
Volumen del molde (cm³)	2 142		2 140		2 133	
Densidad húmeda (gr./cm³)	1,692		1,656		1,617	
Densidad Seca (gr./cm³)	1,470		1,439		1,405	

CONTENIDO DE HUMEDAD						
Peso de tara (gr.)	91,4		86,3		86,7	
Tara + suelo húmedo (gr.)	378,6		417,8		364,9	
Tara + suelo seco (gr.)	340,9		374,3		328,4	
Peso de agua (gr.)	37,7		43,5		36,5	
Peso de suelo seco (gr.)	249,5		288,0		241,7	
Humedad (%)	15,1		15,1		15,1	

EXPANSIÓN											
Fecha	Hora	Tiempo Hr	Dial 0.01"	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión	
				mm	%		mm	%		mm	%
26-jun	15:00	0	22	0,00	0,00	22	0,00	0,00	22	0,00	0,00
27-jun	15:00	24	48	0,66	0,57	41	0,48	0,41	38	0,41	0,35
28-jun	15:00	48	68	1,17	1,00	58	0,91	0,78	45	0,58	0,50
29-jun	15:00	72	77	1,40	1,20	64	1,07	0,91	54	0,81	0,70
30-jun	15:00	96	82	1,52	1,31	70	1,22	1,05	66	1,12	0,96

PENETRACIÓN													
Penetración (pulg.)	Carga Standard (kg/cm²)	Molde N° 3				Molde N° 4				Molde N° 1			
		Carga		Corrección		Carga		Corrección		Carga		Corrección	
		kg	kg/cm²	kg/cm²	CBR %	kg	kg/cm²	kg/cm²	CBR %	kg	kg/cm²	kg/cm²	CBR %
0,025		25	1,2			19	0,9			10	0,5		
0,050		62	3,1			44	2,2			21	1,0		
0,075		82	4,1			58	2,9			27	1,3		
0,100	70,307	106	5,2	7,7	11,0	73	3,6	4,7	6,7	35	1,7	2,4	3,4
0,150		140	6,9			96	4,8			49	2,4		
0,200	105,460	163	8,1	9,9	9,4	112	5,5	6,4	6,1	61	3,0	3,3	3,1
0,300		214	10,6			148	7,3			73	3,6		
0,400		229	11,3			157	7,8			79	3,9		
0,500		245	12,1			169	8,4			84	4,2		

OBSERVACIONES:

- * Muestra tomada en campo y ensayada por personal de INGEOCONTROL
- * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de INGEOCONTROL
- * ---
- * ---

INGEOCONTROL SAC		
TECNICO LEM	JEFE LEM	CQC - LEM
Nombre y firma: 	Nombre y firma:  Noemi C. Sanchez Huaman INGENIERA CIVIL - CIP N°: 196029 INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	Nombre y firma:  Jony C. Gutierrez Abanto GERENTE GENERAL INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.

	INFORME	Código	AE-FO-15
	VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA - CBR	Versión	01
		Fecha	30-04-2018
		Página	3 de 3

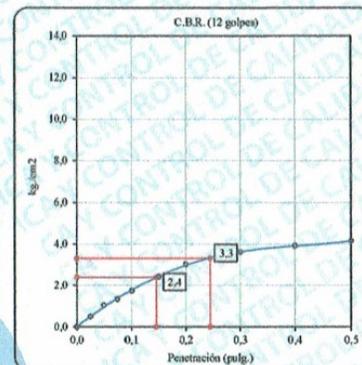
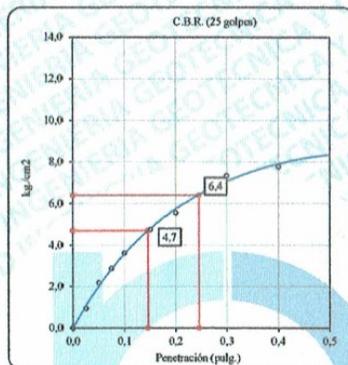
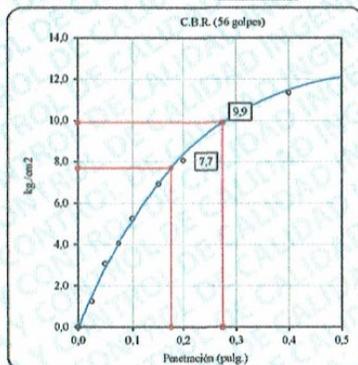
Proyecto	: Mejoramiento con polímero reciclado PET para subrasante	Registro N°:	IGC20-LEM-149-04
Propietario	: William Henry Condori Calombos / Aurelio Rojas Manza	Muestreado por :	J. Gutiérrez
Código del Proyecto	: ---	Ensayado por :	L. Melgar
Ubicación de Proyecto	: Lima	Fecha de Ensayo:	30/6/2020
Material	: Terreno natural + PET 2%	Turno:	Diurno
Identificación	: ---	Profundidad:	--- m
Procedencia	: ---	Norte:	---
N° de Muestra	: ---	Este:	---
Progresiva	: ---	Cota:	---

**ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA
ASTM D1883**

Datos de muestra

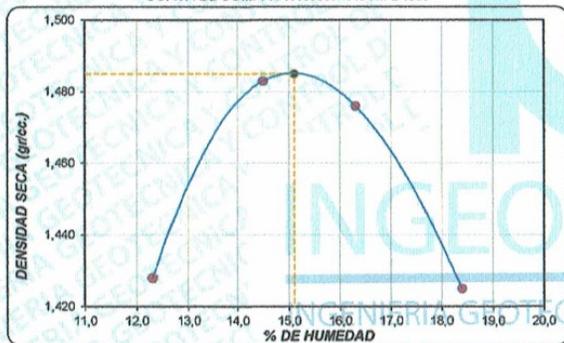
Máxima Densidad Seca : 1,485 gr./cm³
Máxima Densidad Seca al 95% : 1,411 gr./cm³

Optimo Contenido de Humedad : 15,1 %



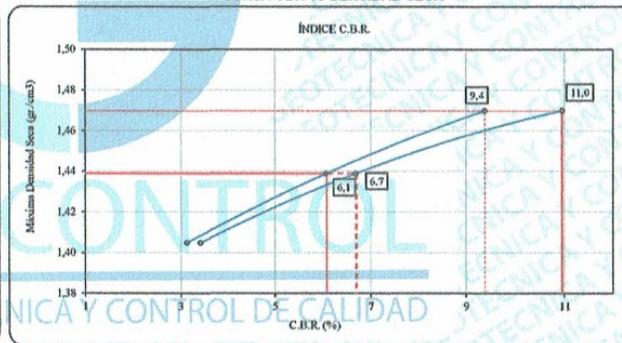
C.B.R. (0.1") 56 GOLPES : 11,0 % C.B.R. (0.1") 25 GOLPES : 6,7 % C.B.R. (0.1") 12 GOLPES : 3,4 %

CURVA DE COMPACTACIÓN - ASTM D1557



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1": 11,0 %
C.B.R. (95% M.D.S.) 0.1": 6,1 %

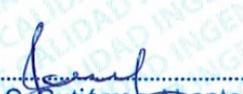
CURVA CBR Vs DENSIDAD SECA



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2": 9,4 %
C.B.R. (95% M.D.S.) 0.2": 6,7 %

OBSERVACIONES:

- * Muestra tomada en campo y ensayada por personal de INGEOCONTROL
- * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de INGEOCONTROL
- * ---

INGEOCONTROL SAC		
TECNICO LEM	JEFE LEM	CQC - LEM
Nombre y firma:	Nombre y firma:	Nombre y firma:
	 Noemi C. Sanchez Huaman INGENIERA CIVIL - CIP N°: 196029 INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	 Jony C. Gutierrez Abanto GERENTE GENERAL INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.

	INFORME	Código	AE-FO-15
	ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO PARA CBR	Versión	01
		Fecha	30-04-2018
		Página	1 de 3

Proyecto : Mejoramiento con polimero reciclado PET para subrasante Registro N°: IGC20-LEM-149-05

Propietario : William Henry Condori Calombos / Aurelio Rojas Manza Muestreado por : J. Gutiérrez
 Código del Proyecto : --- Ensayado por : L. Melgar
 Ubicación de Proyecto : Lima Fecha de Ensayo: 26/6/2020
 Material : Terreno natural + PET al 4% Tumo: Diurno

Identificación : --- Profundidad: ---
 Procedencia : --- Norte: ---
 N° de Muestra : --- Este: ---
 Progresiva : --- Cota: ---

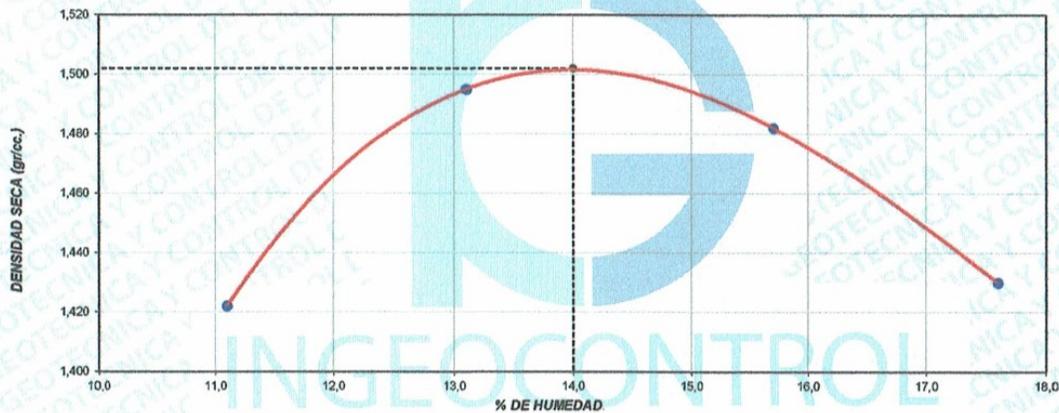
**ENSAYO DE COMPACTACIÓN - PROCTOR MODIFICADO PARA CBR
 ASTM D1557 / ASTM D1883**

Volumen Molde	2127	cm ³
Peso Molde	6282	gr.

NUMERO DE ENSAYOS	1	2	3	4
Peso Volumetrico Humedo	gr. 1,580	1,691	1,715	1,682
Contenido de agua	% 11,1	13,1	15,7	17,6
Densidad Seca	gr/cc 1,422	1,495	1,482	1,430

Densidad Máxima Seca:	1,502	gr/cm³	Contenido Humedad Óptima:	14,0	%
------------------------------	--------------	--------------------------	----------------------------------	-------------	----------

RELACION HUMEDAD - DENSIDAD SECA



INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD

OBSERVACIONES:

- * Muestra tomada en campo y ensayada por personal de INGEOCONTROL
- * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de INGEOCONTROL
- * ---
- * ---

INGEOCONTROL SAC

TECNICO LEM	JEFE LEM	CQC - LEM
Nombre y firma: 	Nombre y firma:  Noemi C. Sanchez Huaman INGENIERA CIVIL - CIP N°: 196029 INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	Nombre y firma:  Jony C. Gutierrez Abanto GERENTE GENERAL INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.

	INFORME	Código	AE-FO-15
	VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA - CBR	Versión	01
		Fecha	30-04-2018
		Página	2 de 3

Proyecto : Mejoramiento con polímero reciclado PET para subrasante Registro N°: IGC20-LEM-149-05

Propietario : William Henry Condori Calombos / Aurelio Rojas Manza Muestreado por : J. Gutiérrez
 Código del Proyecto : --- Ensayado por : L. Melgar
 Ubicación de Proyecto : Lima Fecha de Ensayo: 30/6/2020
 Material : Terreno natural + PET al 4% Turno: Diurno

Identificación : --- Profundidad: --- m
 Procedencia : --- Norte: ---
 N° de Muestra : --- Este: ---
 Progresiva : --- Cota: ---

**ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA
ASTM D1883**

CALCULO DE LA RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)

Molde N°	2		4		1	
	56		25		10	
Número de capas	5		5		5	
Número de golpes	56		25		10	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso suelo + molde (gr.)	8 449		8 315		8 301	
Peso molde (gr.)	4 812		4 732		4 827	
Peso suelo compactado (gr.)	3 637		3 583		3 474	
Volumen del molde (cm ³)	2 127		2 131		2 128	
Densidad húmeda (gr./cm ³)	1,710		1,681		1,633	
Densidad Seca (gr./cm ³)	1,500		1,475		1,432	

CONTENIDO DE HUMEDAD

Peso de tara (gr.)	102,2	112,2	91,5
Tara + suelo húmedo (gr.)	360,1	400,8	342,9
Tara + suelo seco (gr.)	328,5	365,4	312,0
Peso de agua (gr.)	31,6	35,4	30,9
Peso de suelo seco (gr.)	226,3	253,2	220,5
Humedad (%)	14,0	14,0	14,0

EXPANSIÓN

Fecha	Hora	Tiempo Hr	Dial 0.01"	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión	
				mm	%		mm	%		mm	%
26-Jun	14:00	0	27	0,00	0,00	27	0,00	0,00	27	0,00	0,00
27-Jun	14:00	24	53	0,66	0,57	46	0,48	0,41	43	0,41	0,35
28-Jun	14:00	48	73	1,17	1,00	63	0,91	0,78	50	0,58	0,50
29-Jun	14:00	72	82	1,40	1,20	69	1,07	0,91	59	0,81	0,70
30-Jun	14:00	96	87	1,52	1,31	75	1,22	1,05	71	1,12	0,96

PENETRACIÓN

Penetración (pulg.)	Carga Standard (kg/cm ²)	Molde N° 2				Molde N° 4				Molde N° 1			
		Carga		Corrección		Carga		Corrección		Carga		Corrección	
		kg	kg/cm ²	kg/cm ²	CBR %	kg	kg/cm ²	kg/cm ²	CBR %	kg	kg/cm ²	kg/cm ²	CBR %
0,025		29	1,4			23	1,1			14	0,7		
0,050		66	3,3			48	2,4			25	1,2		
0,075		86	4,3			62	3,1			32	1,6		
0,100	70,307	110	5,4	7,8	11,1	77	3,8	5,0	7,1	41	2,0	2,5	3,6
0,150		144	7,1			100	5,0			49	2,4		
0,200	105,460	167	8,3	10,0	9,5	116	5,7	6,4	6,1	54	2,7	3,0	2,8
0,300		218	10,8			145	7,2			67	3,3		
0,400		233	11,5			161	8,0			72	3,6		
0,500		249	12,3			173	8,6			79	3,9		

OBSERVACIONES:

- * Muestra tomada en campo y ensayada por personal de INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD
- * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD
- * ---
- * ---

INGEOCONTROL SAC		
TECNICO LEM	JEFE LEM	CQC - LEM
Nombre y firma:	Nombre y firma:	Nombre y firma:
	 Noemi C. Sanchez Huaman INGENIERA CIVIL - CIP N°: 196029 INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	 Jony C. Gutierrez Abanto GERENTE GENERAL INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.



INFORME

VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA - CBR

Código	AE-FO-15
Versión	01
Fecha	30-04-2018
Página	3 de 3

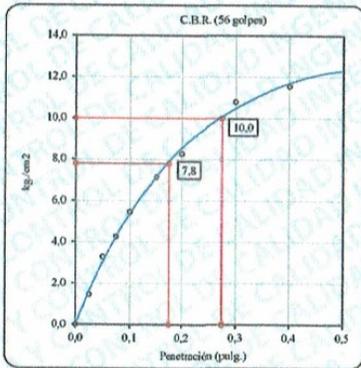
Proyecto	: Mejoramiento con polímero reciclado PET para subrasante	Registro N°:	IGC20-LEM-149-05
Propietario	: William Henry Condori Calombos / Aurelio Rojas Manza	Muestreado por :	J. Gutiérrez
Código del Proyecto	: ---	Ensayado por :	L. Melgar
Ubicación de Proyecto	: Lima	Fecha de Ensayo:	30/6/2020
Material	: Terreno natural + PET al 4%	Turno:	Diurno
Identificación	: ---	Profundidad:	--- m
Procedencia	: ---	Norte:	---
N° de Muestra	: ---	Este:	---
Progresiva	: ---	Cota:	---

ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA
ASTM D1883

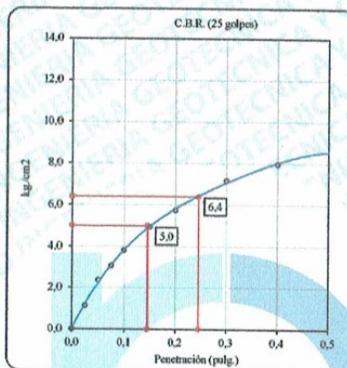
Datos de muestra

Máxima Densidad Seca _____ 1,502 gr/cm³
Máxima Densidad Seca al 95% _____ 1,427 gr/cm³

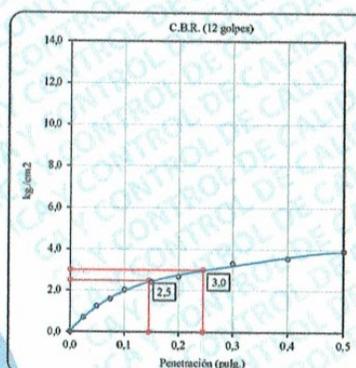
Óptimo Contenido de Humedad _____ 14,0 %



C.B.R. (0.1") 56 GOLPES : 11,1 %

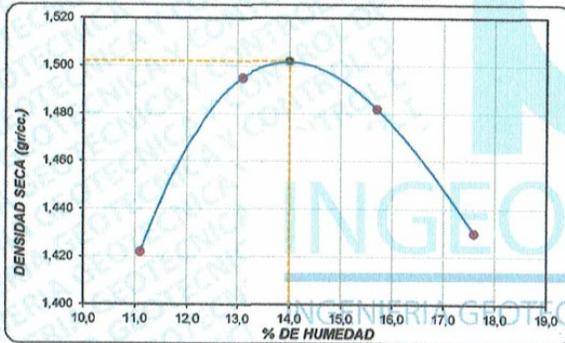


C.B.R. (0.1") 25 GOLPES : 7,1 %



C.B.R. (0.1") 12 GOLPES : 3,6 %

CURVA DE COMPACTACIÓN - ASTM D1557



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1": 11,1 %
C.B.R. (95% M.D.S.) 0.1": 6,0 %

CURVA CBR Vs DENSIDAD SECA



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2": 9,5 %
C.B.R. (95% M.D.S.) 0.2": 7,1 %

OBSERVACIONES:

- * Muestra tomada en campo y ensayada por personal de INGEOCONTROL
- * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de INGEOCONTROL
- * ---
- * ---

INGEOCONTROL SAC

TECNICO LEM	JEFE LEM	CQC - LEM
Nombre y firma: 	Nombre y firma: 	Nombre y firma:
	<p>Noemi C. Sanchez Huaman INGENIERA CIVIL - CIP N°: 196029 INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.</p>	<p>Jony C. Gutierrez Abanto GERENTE GENERAL INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.</p>



INFORME

Código AE-FO-15

ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO PARA CBR

Versión 01

Fecha 30-04-2018

Página 1 de 3

Proyecto : Mejoramiento con polimero reciclado PET para subrasante

Registro N°: IGC20-LEM-149-06

Propietario : William Henry Condori Calombos / Aurelio Rojas Manza

Muestreado por : J. Gutiérrez

Código del Proyecto : ---

Ensayado por : L. Melgar

Ubicación de Proyecto : Lima

Fecha de Ensayo: 26/6/2020

Material : Terreno natural + PET al 6%

Turno: Diurno

Identificación : ---

Profundidad: ---

Procedencia : ---

Norte: ---

N° de Muestra : ---

Este: ---

Progresiva : ---

Cota: ---

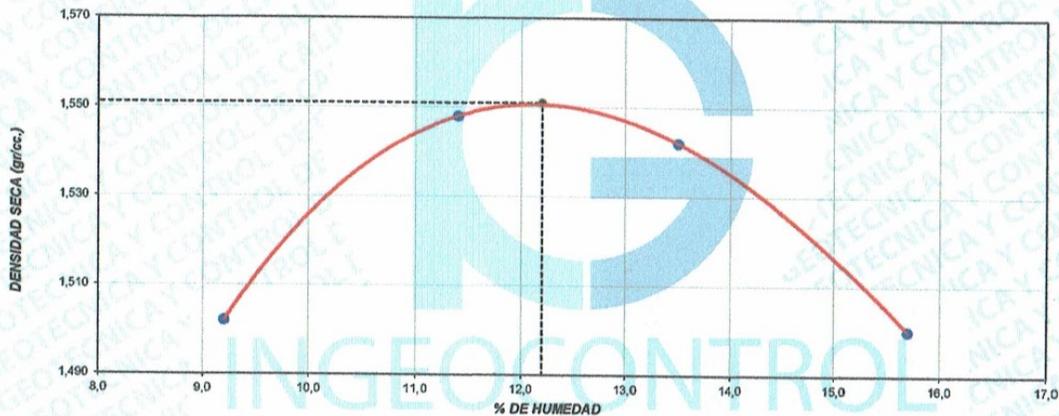
ENSAYO DE COMPACTACIÓN - PROCTOR MODIFICADO PARA CBR
ASTM D1557 / ASTM D1883

Volumen Molde 2127 cm³
Peso Molde 6282 gr.

NUMERO DE ENSAYOS		1	2	3	4
Peso Volumetrico Humedo	gr.	1,640	1,724	1,750	1,736
Contenido de agua	%	9,2	11,4	13,5	15,7
Densidad Seca	gr/cc	1,502	1,548	1,542	1,500

Densidad Máxima Seca: 1,551 gr/cm³ Contenido Humedad Óptima: 12,2 %

RELACION HUMEDAD - DENSIDAD SECA



INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD

OBSERVACIONES:

- * Muestra tomada en campo y ensayada por personal de INGEOCONTROL
- * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de INGEOCONTROL

INGEOCONTROL SAC		
TECNICO LEM	JEFE LEM	CQC - LEM
Nombre y firma:	Nombre y firma:	Nombre y firma:
	 Noemi C. Sanchez Huaman INGENIERA CIVIL - CIP N°: 196029 INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	 Jony C. Gutierrez Abanto GERENTE GENERAL

	INFORME	Código	AE-FO-15
	VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA - CBR	Versión	01
		Fecha	30-04-2018
		Página	2 de 3

Proyecto	: Mejoramiento con polímero reciclado PET para subrasante	Registro N°:	IGC20-LEM-149-06
Propietario	: William Henry Condori Calombos / Aurelio Rojas Manza	Muestreado por :	J. Gutiérrez
Código del Proyecto	: ---	Ensayado por :	L. Melgar
Ubicación de Proyecto	: Lima	Fecha de Ensayo:	30/6/2020
Material	: Terreno natural + PET al 6%	Turno:	Diurno
Identificación	: ---	Profundidad:	--- m
Procedencia	: ---	Norte:	---
N° de Muestra	: ---	Este:	---
Progresiva	: ---	Cota:	---

**ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA
ASTM D1883**

CALCULO DE LA RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)						
Molde N°	3		4		1	
Número de capas	5		5		5	
Número de golpes	56		25		10	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso suelo + molde (gr.)	8 542		8 434		8 468	
Peso molde (gr.)	4 833		4 762		4 850	
Peso suelo compactado (gr.)	3 709		3 672		3 618	
Volumen del molde (cm³)	2 130		2 136		2 124	
Densidad húmeda (gr./cm³)	1,741		1,719		1,703	
Densidad Seca (gr./cm³)	1,552		1,532		1,518	

CONTENIDO DE HUMEDAD				
Peso de tara (gr.)	122,4	93,4	114,7	
Tara + suelo húmedo (gr.)	370,9	394,9	462,9	
Tara + suelo seco (gr.)	343,9	362,1	425,0	
Peso de agua (gr.)	27,0	32,8	37,9	
Peso de suelo seco (gr.)	221,5	268,7	310,3	
Humedad (%)	12,2	12,2	12,2	

EXPANSIÓN											
Fecha	Hora	Tiempo Hr	Dial 0.01"	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión	
				mm	%		mm	%		mm	%
26-Jun	14:00	0	36	0,00	0,00	36	0,00	0,00	36	0,00	0,00
27-Jun	14:00	24	62	0,66	0,57	55	0,48	0,41	52	0,41	0,35
28-Jun	14:00	48	62	1,17	1,00	72	0,91	0,78	59	0,58	0,50
29-Jun	14:00	72	91	1,40	1,20	78	1,07	0,91	68	0,81	0,70
30-Jun	14:00	96	96	1,52	1,31	84	1,22	1,05	80	1,12	0,96

PENETRACIÓN													
Penetración (pulg.)	Carga Standard (kg/cm²)	Molde N° 3				Molde N° 4				Molde N° 1			
		Carga		Corrección		Carga		Corrección		Carga		Corrección	
		kg	kg/cm²	kg/cm²	CBR %	kg	kg/cm²	kg/cm²	CBR %	kg	kg/cm²	kg/cm²	CBR %
0,025	40	2,0				34	1,7			25	1,2		
0,050	77	3,8				59	2,9			36	1,8		
0,075		97	4,8			73	3,6			43	2,1		
0,100	70,307	121	6,0	8,4	11,9	88	4,4	5,4	7,7	52	2,6	3,0	4,3
0,150		155	7,7			111	5,5			60	3,0		
0,200	105,460	178	8,8	10,5	10,0	127	6,3	6,9	6,5	65	3,2	3,5	3,3
0,300		229	11,3			156	7,7			78	3,9		
0,400		244	12,1			172	8,5			83	4,1		
0,500		280	12,9			184	9,1			90	4,5		

OBSERVACIONES:

- * Muestra tomada en campo y ensayada por personal de INGEOCONTROL
- * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de INGEOCONTROL
- * ---
- * ---

INGEOCONTROL SAC		
TECNICO LEM	JEFE LEM	CQC - LEM
Nombre y firma:	Nombre y firma:	Nombre y firma:
	 Noemi C. Sanchez Huaman INGENIERA CIVIL - CIP N°: 196029 INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	 Jony C. Gutierrez Abanto GERENTE GENERAL INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.



INFORME

VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA - CBR

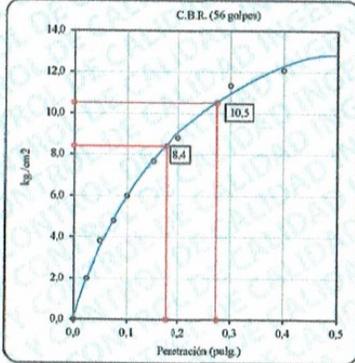
Código	AE-FO-15
Versión	01
Fecha	30-04-2018
Página	3 de 3

Proyecto	: Mejoramiento con polímero reciclado PET para subrasante	Registro N°:	IGC20-LEM-149-06
Propietario	: William Henry Condori Calombos / Aurelio Rojas Manza	Muestreado por :	J. Gutiérrez
Código del Proyecto	: ---	Ensayado por :	L. Melgar
Ubicación de Proyecto	: Lima	Fecha de Ensayo:	30/6/2020
Material	: Terreno natural + PET al 6%	Turno:	Diurno
Identificación	: ---	Profundidad:	--- m
Procedencia	: ---	Norte:	---
N° de Muestra	: ---	Este:	---
Progresiva	: ---	Cota:	---

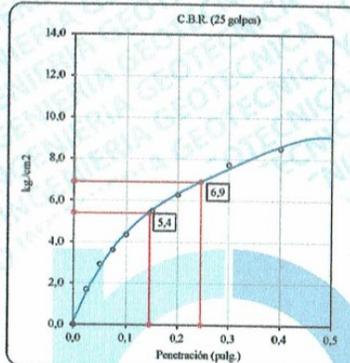
**ENSAYO DE VALOR DE SOPORTE DE CALIFORNIA
ASTM D1883**

Datos de muestra

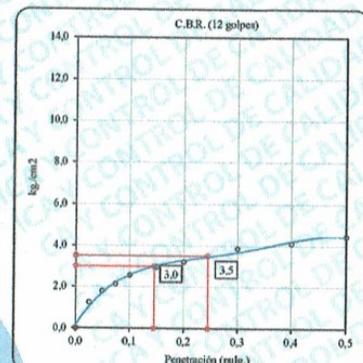
Máxima Densidad Seca 1,551 gr/cm³ Optimo Contenido de Humedad 12.2 %
 Máxima Densidad Seca al 95% 1,473 gr/cm³



C.B.R. (0.1") 56 GOLPES : 11,9 %

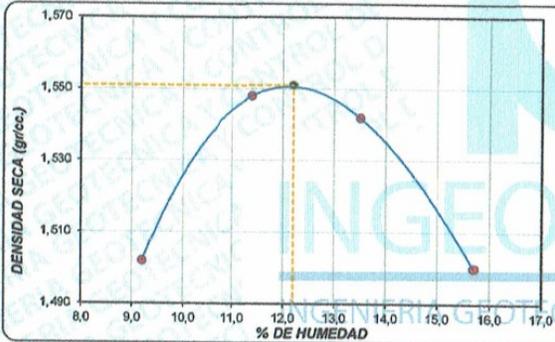


C.B.R. (0.1") 25 GOLPES : 7,7 %



C.B.R. (0.1") 12 GOLPES : 4,3 %

CURVA DE COMPACTACIÓN - ASTM D1557



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.1": 11,9 %
 C.B.R. (95% M.D.S.) 0.1": 6,6 %

CURVA CBR Vs DENSIDAD SECA



C.B.R. (100% M.D.S.) 0.2": 10,0 %
 C.B.R. (95% M.D.S.) 0.2": 7,6 %

OBSERVACIONES:

- Muestra tomada en campo y ensayada por personal de INGENEOCONTROL
- Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita de INGENEOCONTROL
- ---
- ---

INGEOCONTROL SAC

TECNICO LEM	JEFE LEM	CQC - LEM
Nombre y firma: 	Nombre y firma: 	Nombre y firma:
	Noemí C. Sánchez Huamán INGENIERA CIVIL - CIP N°: 196029 INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	Jony E. Gutiérrez Abanto GERENTE GENERAL INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.



PERUTEST S.A.C.

CALIBRACIÓN, MANTENIMIENTO Y VENTAS DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO

SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FÍSICA - QUÍMICA

RUC N° 20602182721

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PT - LM - 0166 - 2019

Página 1 de 4

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

1. Expediente	976-2019
2. Solicitante	INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.
3. Dirección	MZ.B LT.11 URB AMPLIACION LOS PORTALES DE CHAVIN 4TA ETAPA LIMA-LIMA- SAN MARTIN DE PORRES
4. Equipo de medición	BALANZA ELECTRÓNICA
Capacidad Máxima	30000 g
División de escala (d)	1 g
Div. de verificación (e)	1 g
Clase de exactitud	II
Marca	WALTOX
Modelo	LDC30N2
Número de Serie	NO INDICA
Capacidad mínima	20 g
Procedencia	CHINA
Identificación	LM-166
5. Fecha de Calibración	2019-07-30

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.

PERUTEST S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

Fecha de Emisión

2019-07-30

Jefe del Laboratorio de Metrología

MANUEL ALEJANDRO ALIAGA TORRES

Sello





PERUTEST S.A.C.
EQUIPOS E INSTRUMENTOS

PERUTEST S.A.C.

CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO

SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FÍSICA - QUÍMICA

RUC N° 20602182721

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PT - LM - 066 - 2020

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

Página 1 de 4

1. Expediente	0386-2020
2. Solicitante	INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.
3. Dirección	MZA. A LOTE. 24 INT. 1 URB. MAYORAZGO NARANJAL 2DA ETAPA LIMA - LIMA - SAN MARTIN DE PORRES
4. Equipo de medición	BALANZA ELECTRÓNICA
Capacidad Máxima	600 g
División de escala (d)	0.01 g
Div. de verificación (e)	0.1 g
Clase de exactitud	III
Marca	OHAUS
Modelo	SE602F
Número de Serie	B824537017
Capacidad mínima	0.2 g
Procedencia	CHINA
Identificación	LS-01
5. Fecha de Calibración	2020-03-05

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.

PERUTEST S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

Fecha de Emisión

2020-03-06

Jefe del Laboratorio de Metrología

MANUEL ALEJANDRO ALIAGA TORRES

Sello





PERUTEST S.A.C.
EQUIPOS E INSTRUMENTOS

PERUTEST S.A.C.

CALIBRACIÓN, MANTENIMIENTO Y VENTAS DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO

SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FÍSICA - QUÍMICA

RUC N° 20602182721

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN

PT - LL - 026 - 2020

Área de Metrología

Laboratorio de Longitud

Página 1 de 3

- | | |
|--|--|
| 1. Expediente | 0386-2020 |
| 2. Solicitante | INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C. |
| 3. Dirección | MZA. A LOTE. 24 INT. 1 URB. MAYORAZGO NARANJAL 2DA ETAPA LIMA - LIMA - SAN MARTIN DE PORRES |
| 4. Instrumento de Medición | VERNIER |
| Alcance de Indicación | (PIE DE REY) 0 mm a 150 mm / 0 pulg. a 6 pulg. |
| División de Escala / Resolución | 0.01 mm / 0.0005 pulg. |
| Marca | UBERMAN |
| Modelo | NO INDICA |
| Número de Serie | NO INDICA (*) |
| Procedencia | NO INDICA |
| Identificación | NO INDICA |
| Tipo de indicación | DIGITAL |
| 5. Fecha de Calibración | 2020-06-17 |

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.

PERUTEST S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

Fecha de Emisión

2020-06-17

Jefe del Laboratorio de Metrología

MANUEL ALEJANDRO ALIAGA TORRES

Sello





PERUTEST S.A.C.
EQUIPOS E INSTRUMENTOS

PERUTEST S.A.C.

CALIBRACION, MANTENIMIENTO Y VENTAS DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO
SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FISICA - QUIMICA

RUC N° 20602182721

INFORME DE VERIFICACIÓN PT - IV - 036 - 2020

Área de Metrología
Laboratorio de Longitud

Página 1 de 3

1. Expediente 0369-2020

Este informe de verificación documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

2. Solicitante

INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.

3. Dirección

MZA: A LOTE. 24 INT. 1 URB. MAYORAZGO NARANJAL 2DA ETAPA LIMA - LIMA - SAN MARTIN DE PORRES

4. Instrumento de medición

EQUIPO LÍMITE LÍQUIDO (CAZUELA CASAGRANDE)

Los resultados son válidos en el momento de la verificación. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una reevaluación, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.

Marca

PERUTEST

Modelo

PT-CC

Procedencia

PERÚ

Número de Serie

NO INDICA

PERUTEST S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Código de Identificación

IV-036

Tipo de contador

ANALÓGICO

Este informe de verificación no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

Ubicación

NO INDICA

5. Fecha de Verificación

2020-06-17

El informe de verificación sin firma y sello carece de validez.

Fecha de Emisión

2020-06-17

Jefe del Laboratorio de Metrología

MANUEL ALEJANDRO ALIAGA TORRES

Sello





PERUTEST S.A.C.
EQUIPOS E INSTRUMENTOS

PERUTEST S.A.C.

CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO

SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FÍSICA - QUÍMICA

RUC N° 20602182721

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PT - LF - 030 - 2020

Área de Metrología

Laboratorio de Fuerza

Página 1 de 3

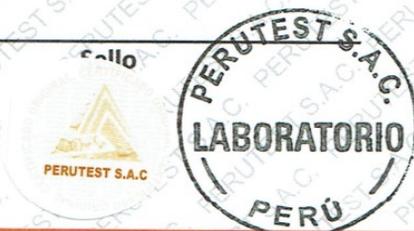
1. Expediente	0386-2020	Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).
2. Solicitante	INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.	
3. Dirección	MZA. A LOTE. 24 INT. 1 URB. MAYORAZGO NARANJAL 2DA ETAPA LIMA - LIMA - SAN MARTIN DE PORRES	Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.
4. Equipo	PRENSA DE ENSAYO CBR	
Capacidad	5000 kgf	PERUTEST S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados. Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite. El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.
Marca	RUMISTONE	
Modelo	NO INDICA	
Número de Serie	NO INDICA	
Procedencia	PERU	
Identificación	202052-6	
Indicación	DIGITAL	
Marca	HIGH WEIGHT	
Modelo	315-X5	
Número de Serie	215463	
Resolución	1 kgf	
Ubicación	NO INDICA	
5. Fecha de Calibración	2020-03-05	

Fecha de Emisión

2020-03-06

Jefe del Laboratorio de Metrología

MANUEL ALEJANDRO ALIAGA TORRES





PERUTEST S.A.C.

CALIBRACIÓN, MANTENIMIENTO Y VENTAS DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO

SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FÍSICA - QUÍMICA

PERUTEST S.A.C.
EQUIPOS E INSTRUMENTOS

RUC N° 20602182721

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN PT - LT - 026 - 2020

Área de Metrología
Laboratorio de Temperatura

Página 1 de 5

1. Expediente 0386-2020
2. Solicitante INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.
3. Dirección MZA. A LOTE 24 INT. 1 URB. MAYORAZGO NARANJAL 2DA ETAPA LIMA - LIMA - SAN MARTIN DE PORRES
4. Equipo HORNO
- Alcance Máximo 300 °C
- Marca PERUTEST
- Modelo PT-H76
- Número de Serie 0135
- Procedencia PERÚ
- Identificación NO INDICA
- Ubicación NO INDICA

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados son válidos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.

PERUTEST S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente, sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

Descripción	Controlador / Selector	Instrumento de medición
Alcance	30 °C a 300 °C	30 °C a 300 °C
División de escala / Resolución	0.1 °C	0.1 °C
Tipo	CONTROLADOR ELECTRONICO	TERMOMETRO DIGITAL

5. Fecha de Calibración 2020-06-17

Fecha de Emisión

Jefe del Laboratorio de Metrología

Sello

2020-06-17

MANUEL ALEJANDRO ALIAGA TORRES



Principal: Jr. La Madrid Mz. E Lt. 14 Urb. Los Olivos - San Martín de Porres - Lima

Sucursal: Calle Sinchi Roca Nro. 1320 - La Victoria - Chiclayo - Lambayeque

Teléfono: 913028621 - 913028623 - 913028624 Oficina: (511) 764 5730



PERUTEST S.A.C.
EQUIPOS E INSTRUMENTOS

PERUTEST S.A.C.

CALIBRACIÓN Y MANTENIMIENTO DE EQUIPOS E INSTRUMENTOS DE LABORATORIO

SUELOS - MATERIALES - CONCRETOS - ASFALTOS - ROCAS - FÍSICA - QUÍMICA

RUC N° 20602182721

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
PT - LM - 052 - 2020

Área de Metrología
Laboratorio de Masas

Página 1 de 4

1. Expediente	0317-2020
2. Solicitante	INGENIERIA GEOTECNICA Y CONTROL DE CALIDAD S.A.C.
3. Dirección	MZA. A LOTE. 24 INT. 1 URB. MAYORAZGO NARANJAL 2DA ETAPA LIMA - LIMA - SAN MARTIN DE PORRES
4. Equipo de medición	BALANZA ELECTRÓNICA
Capacidad Máxima	6000 g
División de escala (d)	0.10 g
Div. de verificación (e)	0.10 g
Clase de exactitud	II
Marca	WT
Modelo	WT60001GF
Número de Serie	150921077
Capacidad mínima	2.0 g
Procedencia	CHINA
Identificación	NO INDICA
5. Fecha de Calibración	2020-03-02

Este certificado de calibración documenta la trazabilidad a los patrones nacionales o internacionales, que realizan las unidades de la medición de acuerdo con el Sistema Internacional de Unidades (SI).

Los resultados son validos en el momento de la calibración. Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamento vigente.

PERUTEST S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que pueda ocasionar el uso inadecuado de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración aquí declarados.

Este certificado de calibración no podrá ser reproducido parcialmente sin la aprobación por escrito del laboratorio que lo emite.

El certificado de calibración sin firma y sello carece de validez.

Fecha de Emisión

2020-03-02

Jefe del Laboratorio de Metrología

MANUEL ALEJANDRO ALIAGA TORRES

Sello



Anexo 5: Matriz de consistencia

Tabla 18: Matriz de Consistencia

TÍTULO: “Mejoramiento con polímeros reciclados PET en subrasante de suelos arcillosos en la carretera Vilcaniza – Beirut, Amazonas, 2020”

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES
PROBLEMA GENERAL	OBJETIVO GENERAL	HIPÓTESIS GENERAL	V.
<p>¿Cómo mejorar la inestabilidad de suelos arcillosos en la subrasante de la carretera Vilcaniza – Beirut, Amazonas 2020 con el uso de polímeros reciclados PET fundido?</p> <p>PROBLEMAS ESPECÍFICOS:</p> <p>¿Qué propiedades mecánicas y físicas determinan la baja capacidad portante de la subrasante de la carretera Vilcaniza – Beirut, Amazonas 2020?</p> <p>¿Cómo actúa los polímeros reciclados PET fundido en el mejoramiento de subrasante de suelos arcillosos de la carretera Vilcaniza – Beirut, Amazonas 2020?</p>	<p>Analizar el efecto que causa la adición de polímeros reciclados (PET) fundido en la estabilización de la subrasante de suelos arcillosos de la carretera Vilcaniza – Beirut, Amazonas 2020</p> <p>OBJETIVOS ESPECÍFICOS:</p> <p>Determinar las propiedades mecánicas y físicas que influyen en la baja capacidad portante de la subrasante de la carretera Vilcaniza – Beirut, Amazonas 2020</p> <p>Existe una relación directa del polímero reciclado PET fundido con el mejoramiento de la subrasante de la carretera Vilcaniza – Beirut, Amazonas 2020</p>	<p>La adición de polímeros reciclados (PET) fundido mejora la estabilidad de la subrasante de suelos arcillosos de la carretera Vilcaniza – Beirut, Amazonas 2020</p> <p>HIPÓTESIS ESPECÍFICAS:</p> <p>Las propiedades mecánicas y físicas influyen en la baja capacidad portante de la subrasante de la carretera Vilcaniza – Beirut, Amazonas 2020</p> <p>La incorporación de polímeros reciclados PET fundido en proporciones de 2%, 4% y 6% incrementa la resistencia del suelo para la carretera Vilcaniza – Beirut, Amazonas 2020</p>	<p>V. INDEPENDIENTE</p> <p>POLIMEROS RECICLADOS PET</p> <p>V. DEPENDIENTE</p> <p>RESISTENCIA DEL SUELO</p>

Anexo 7. Ficha de evaluación

ESCUELA PROFESIONAL:	<u>INGENIERIA CIVIL</u>	CICLO:	<u>X</u>
DOCENTE:	<u>ING.CONTRERAS V. JOSE A.</u>		
TÍTULO:	<u>“Mejoramiento con polímeros reciclados PET en subrasante de suelos arcillosos en la carretera Vilcaniza – Beirut, Amazonas, 2020”</u>		
ESTUDIANTE(S):	<ul style="list-style-type: none"> ● William Henry Condori Calongos ● Aurelio Rojas Manza 		
LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:	<u>Infraestructura</u>		
	<u>Vial</u>		

INDICADORES	PUNTAJE MÁXIMO	J1	J2
TÍTULO			
El tema de investigación es innovador.	3		
El título se refiere al objetivo de la investigación, contiene la(s) variable(s) y los límites espaciales y temporales cuando corresponda.	1		
La redacción del título no excede las 20 palabras.			
RESUMEN			
Contiene los elementos necesarios mínimos.	2		
No excede las 200 palabras.			
Contiene el abstract.	2		
Presenta las palabras claves y keywords.	1		
INTRODUCCIÓN			
Está redactada en prosa y sin subtítulos.			
Describe la realidad problemática de manera precisa y concisa.	3		
Justifica porqué y para qué realiza la investigación apoyándose en referencias actualizadas.	2		
Los objetivos y las hipótesis se relacionan directamente con la formulación del problema/preguntas de investigación.	2		
Tiene de 2 a 3 páginas.			
MARCO TEÓRICO			
Se redacta en prosa y sin subtítulos.			
Presenta una síntesis de los antecedentes investigados a nivel nacional e internacional.	4		
Incluye las teorías y enfoques conceptuales donde se enmarca la investigación.	4		
Tiene entre 5 a 7 páginas (pregrado) / 7 a 10 páginas (maestría) / 10 a 15 páginas (doctorado).			
METODOLOGÍA			
Está redactada en tiempo pasado.			
Determina adecuadamente el tipo de investigación.	2		
Selecciona adecuadamente el diseño de investigación.	2		

Identifica y operacionaliza/categoriza adecuadamente las variables/categorías de estudio, según corresponda.	3		
Establece la población y justifica la determinación de la muestra/escenarios y participantes, según corresponda.	3		
Propone la(s) técnica(s) e instrumento(s) de recolección de datos, de ser necesario presenta evidencia de la validez y confiabilidad.	3		
Describe detalladamente los procedimientos de obtención de los datos/información.	3		
Describe el método de análisis de datos/información.	3		
Describe los aspectos éticos aplicados en su investigación.	3		
Tiene mínimo 4 páginas.			
RESULTADOS			
Redacta en tiempo pasado.			
Presenta los resultados en función a los objetivos, aplicando los métodos de análisis pertinentes.	7		
Tiene mínimo 3 páginas (pregrado), 5 páginas (maestría) y 7 páginas (doctorado).			
DISCUSIÓN			
Sintetiza los principales hallazgos.	6		
Apoya y compara los resultados encontrados con las teorías y literatura científica actual.	6		
Describe las fortalezas y debilidades la metodología utilizada.	6		
Describe la relevancia de la investigación en relación con el contexto científico social en el que se desarrolla.	7		
Tiene mínimo 4 páginas (pregrado), 6 páginas (maestría) y 8 páginas (doctorado).			
CONCLUSIONES			
Presenta los principales hallazgos como síntesis de la investigación respondiendo los objetivos de la investigación.	5		
Tiene mínimo 1 página.			
RECOMENDACIONES			
Las recomendaciones son pertinentes relacionándose con los hallazgos de la investigación y con el planteamiento de futuras investigaciones.	3		
Tiene mínimo 1 página.			
REFERENCIAS			
Utiliza citas en el interior del documento de acuerdo a Normas Internacionales (ISO 690, APA y VANCOUVER).	5		
Incluye como mínimo 30 referencias (pregrado), 40 referencias (maestría) y 50 referencias (doctorado) de los últimos 5 años, en coherencia con las citas utilizadas en el documento.	5		
Tiene mínimo 4 páginas (pregrado), 5 páginas (maestría) y 6 páginas (doctorado).			
FORMATO			
Emplea el tipo y tamaño de fuente adecuado.			
Numera las páginas adecuadamente.			
El documento respeta las normas de redacción y ortografía.	4		
Los márgenes están configurados de acuerdo a la guía de investigación de fin de programa.			
TOTAL	100		
SUSTENTACIÓN DEL INFORME DE INVESTIGACIÓN			
Sobre la investigación			
Demuestra que el tema es innovador y aporta nuevos enfoques a la ciencia.	10		
Explica la relevancia de la investigación.	8		
Demuestra dominio temático.	8		

Demuestra conocimiento en la aplicación del método científico.	8		
Interpreta claramente sus resultados.	8		
Justifica y analiza los hallazgos.	10		
Sintetiza las ideas principales en sus conclusiones.	8		
Organización de la exposición			
Explica en forma clara y coherente.	8		
Utiliza adecuadamente el material de apoyo audiovisual.	8		
Realiza la presentación dentro del tiempo estipulado.	8		
Responde adecuadamente las preguntas formuladas.	8		
Presentación personal y modales adecuados	8		
TOTAL	100		

OBSERVACIONES INFORME DE INVESTIGACIÓN					
		JORNADA DE INVESTIGACIÓN 1 (J1) Fecha:	FIRMAS	JORNADA DE INVESTIGACIÓN 2 (J2) Fecha:	FIRMAS
I N F O R M E	<u>Jurado 1</u>				
	<u>Jurado 2</u>				
	<u>Jurado 3</u>				
S U S T E N T A C I Ó N	<u>Jurado 1</u>				
	<u>Jurado 2</u>				
	<u>Jurado 3</u>				



Declaratoria de Originalidad del Autor / Autores

Yo (Nosotros), ROJAS MANZA AURELIO, CONDORI CALONGOS WILLIAM HENRY estudiante(s) de la FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA y Escuela Profesional de INGENIERÍA CIVIL de la UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO, declaro (declaramos) bajo juramento que todos los datos e información que acompañan al Trabajo de Investigación / Tesis titulado: "MEJORAMIENTO CON POLÍMEROS RECICLADOS PET FUNDIDO EN SUBRASANTE DE SUELOS ARCILLOSOS EN LA CARRETERA VILCANIZA – BEIRUT, AMAZONAS, 2020", es de mi (nuestra) autoría, por lo tanto, declaro (declaramos) que el :

1. No ha sido plagiado ni total, ni parcialmente.
2. He (Hemos) mencionado todas las fuentes empleadas, identificando correctamente toda cita textual o de paráfrasis proveniente de otras fuentes.
3. No ha sido publicado ni presentado anteriormente para la obtención de otro grado académico o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados no han sido falseados, ni duplicados, ni copiados.

En tal sentido asumo (asumimos) 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.

Apellidos y Nombres del Autor	Firma
ROJAS MANZA AURELIO DNI: 08886128 ORCID 0000-0002-4137-993X	Firmado digitalmente por: AROJASMA el 09 Ene 2021 09:56:43
CONDORI CALONGOS WILLIAM HENRY DNI: 40989507 ORCID 0000-0003-1744-1542	Firmado digitalmente por: WCONDORIC el 09 Ene 2021 09:28:43

Código documento Trilce: