



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

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

**“Diseño de una sub rasante con adición de fibra PET  
para mejorar la calidad de los suelos arcillosos,  
Tarapoto – 2021”**

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

**AUTORA:**

Pinedo Ramírez, Karen del Pilar (ORCID: 0000-0002-0475-7313)

**ASESOR:**

Msc. Paredes Aguilar, Luis (ORCID: 0000-0002-1375-179X)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de Infraestructura Vial

**TARAPOTO – PERÚ**

**2021**

## **DEDICATORIA**

El presente trabajo de investigación lo dedico principalmente a Dios, por ser el inspirador y darme fuerza para continuar en este proceso de obtener uno de los anhelos más deseados. A mis padres, por su amor, trabajo y sacrificio en todos estos años, gracias a ustedes he logrado llegar hasta aquí. A todas las personas que me apoyaron y han hecho que el trabajo se realice con éxito en especial a aquellos que me abrieron las puertas y compartieron sus conocimientos.

## **AGRADECIMIENTO**

Gracias a mis padres: Rodolfo y Doris, por ser los principales promotores de mis sueños, por confiar y creer en mis expectativas, por los consejos, valores y principios que me inculcado. Agradezco a mis docentes de la Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad Cesar Vallejo, por haber compartido sus conocimientos a lo largo de la preparación de mi profesión, de manera especial. Al magister Luis Paredes Aguilar tutor de mi proyecto de investigación quien ha guiado con su paciencia, y su rectitud como docente.

## Índice de contenidos

Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Índice de Contenidos.....	iv
Índice de Tablas.....	v
Índice de Gráficos y Figuras.....	vi
Resumen.....	viii
Abstract.....	viii
I. INTRODUCCIÓN.....	1
II. MARCOTEÓRICO.....	3
III. METODOLOGÍA.....	9
3.1. Tipo y diseño de investigación.....	9
3.2. Variables y operacionalización.....	11
3.3. Población, muestra y muestreo.....	12
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	13
3.5. Procedimientos.....	14
3.6. Método de análisis de datos.....	15
3.7. Aspectos éticos.....	16
IV. RESULTADOS.....	17
V. DISCUSIÓN.....	25
VI. CONCLUSIONES.....	30
VII. RECOMENDACIONES.....	32
REFERENCIAS.....	33
ANEXOS.....	

## Índice de Tablas

Tabla 01: Diseño Experimental del presente proyecto. ....	10
Tabla 02: Coordenadas UTM 84 .....	12
Tabla 03: Técnicas e instrumentos.....	14
Fuente: elaborado por el autor. ....	14
Tabla 4: Características físicas y químicas de las fibras PET.....	17
Tabla 5: Características físicas y químicas del suelo. ....	18
Tabla 6: Resultados del porcentaje óptimo de contenido de humedad.....	19
Tabla 7: Diseño optimo por gramos (con el 3% de adición de fibra PET) .....	20
Tabla 8: Diseño optimo por gramos (con el 3% de adición de fibra PET) .....	21

## Índice de Gráficos y Figuras

Figura 01: Gráfico del contenido de humedad del suelo en estudio mediante el programa Excel, a diferentes profundidades con la adición de la fibra PET (0%, 1%, 2%, 3%). .....	22
Figura 02 : Grafico del suelo patrón y diseño Optimo con adición de la fibra PET en el Programa Excel. ....	22
Figura 03: Grafico de comparación económica en el programa Excel.....	23
Figura 04: Gráfico de Validación de la hipótesis mediante el programa Excel del suelo a una profundidad de 2.00 metros con la adición de fibra PET. ....	234

## RESUMEN

La presente investigación tiene como Título “Diseño de una sub rasante con adición de fibra PET para mejorar la calidad de los suelos arcillosos, Tarapoto – 2021” tiene como objetivo diseñar una sub rasante con una adición de fibra PET para mejorar la calidad de suelos arcillosos, esta investigación es de diseño experimental, teniendo como variable independiente: fibra PET, y como variable dependiente: calidad de los suelos arcillosos. La población y la muestra se conformó por suelos arcillosos existentes de la carretera sector Ventanilla que se encuentra ubicada en el distrito de la Banda de Shilcayo, provincia San Martín; el procedimiento fue desarrollado por etapas como trabajo de gabinete y como en campo para realizar los ensayos. En conclusión, a través de la adición de la fibra PET al 3% se ve que el índice de CBR aumenta un 90%, la cual, se determinó que la fibra PET influye en la estabilización de un suelo arcilloso de mediana plasticidad incrementando los valores de índice de CBR. Finalmente se comprueba que la fibra PET tiene un potencial suficiente para lograr mejorar suelos arcillosos que puedan ser usado como subrasante en carreteras o trochas.

Palabras clave: Fibra pet, suelo arcilloso, sub rasante

## **ABSTRACT**

The present research is entitled "Design of a subgrade with addition of PET fiber to improve the quality of clay soils, Tarapoto - 2021" aims to design a subgrade with an addition of PET fiber to improve the quality of clay soils. This research is of experimental design, having as an independent variable: PET fiber, and as a dependent variable: quality of clay soils. The population and the sample were made up of existing clay soils from the Ventanilla sector highway, which is located in the Banda de Shilcayo district, San Martín province; The procedure was developed in stages as cabinet work and as in the field to carry out the tests. In conclusion, through the addition of the 3% PET fiber, it is seen that the CBR index increases by 90%, which, it was determined that the PET fiber influences the stabilization of a clay soil of medium plasticity, increasing the values CBR index. Finally, it is found that PET fiber has sufficient potential to improve clay soils that can be used as a subgrade on roads or trails.

Keywords: Pet fiber, clay soil, subgrade.



## I. INTRODUCCIÓN

En la **realidad problemática**, el ámbito **internacional**, el 50% del total en residuos plásticos, son de un solo uso. Para el investigador Errazuriz, M. (2019), indican los resultados que señalaron a China como el estado responsable de contaminar en arrojar más productos de plástico en los océanos, con un total de 8,8 millones de toneladas. La Unión Europea dio una gran zancada en sus tácticas medioambientales al condescender la prohibición del empleo de plásticos de un solo uso, en su mayoría acaban en los mares, dilatando cientos de años en perecer. En el **ámbito nacional** para el investigador MacArthur, E. (2017) indica que en Perú cada ciudadano utiliza un promedio de 30 kilos de plástico. En Lima Metropolitana y el Callao se producen 886 toneladas de residuos plásticos al día, que viene a representar el 46% de residuos a nivel nacional. Nos pone a pensar de qué maneras distintas se podría evaluar a proyectarse para que estos residuos se puedan convertir en una nueva alternativa de solución en los distintos problemas de ingeniería. En el **ámbito local** para el investigador Cáceres, G. (2017) nuestra región San Martín viene atravesando por un problema que cada vez se está haciendo más grande, debido a que no existe un sistema eficiente de recolección de residuos, en este caso como residuos de plástico. Transporte y disposición final de la basura que se producen cada una de nuestras ciudades de nuestra Región San Martín, considerando lo anterior, surge esta investigación con la finalidad de reutilizar materiales reciclables como el plástico en este caso la fibra PET. Las vías, actualmente en su mayoría se encuentran en zona donde existen suelos arcillosos y por ende este material es deficiente, además las vías no pavimentadas presentan un elevado costo al momento de mejorar la calidad de dicho suelo, ya que las pavimentaciones dependen mucho de una buena cimentación a nivel de terreno de fundación, para la elaboración de un diseño de una sub rasante y dar una mejor calidad en un suelo arcilloso, se tuvo en cuenta que existiera la posibilidad de usar el material PET para llegar a dar un mejor uso a nuestros proyectos ingenieriles y así poder resolver porcentualmente los problemas del medio ambiente. Teniendo en cuenta todo este aspecto del plástico reciclable con sus compuestos como

la fibra de PET sería una nueva y buena alternativa para el refuerzo del suelo. Luego de identificar nuestro lugar de estudio con respecto se procedió a la **Formulación del problema** y se concretó en el **problema general**: ¿Es posible mejorar la calidad de la subrasante mediante la aplicación de fibra PET? Para los **problemas específicos** se estableció ¿Cuáles son las propiedades físicas y químicas de la fibra PET? ¿Cuáles son las propiedades físico-mecánicas del suelo que participan en la investigación? ¿Cuál es el porcentaje óptimo del contenido de humedad de la subrasante sin adición de fibra PET y con adición de fibra PET al 0%, 1%, 2% y 3%? ¿Cuál será la diferencia del costo del diseño de una sub rasante en suelos arcillosos con una adición de fibra PET y sin adición de fibra PET? ¿Es posible realizar otras investigaciones cuantitativas sobre la subrasante y la fibra PET? No obstante, posteriormente la **justificación del estudio** se tuvo que priorizar en la **justificación teórica** donde está enfocada el uso de fibra PET para dar una mejor calidad de suelo en un diseño de una sub rasante en suelos arcillosos se sostiene sus bases teóricas en la NTP CE.010, CE.020, CE. O50 Y Manual de Carreteras DG-2018. No obstante, la **justificación práctica** mediante la obtención de los resultados de la investigación se plantea mejorar la calidad de una sub rasante en suelos arcillosos con una adición de fibra PET, y tener una opción clara de cómo influye como un método innovador para generalizar un buen diseño. En cuanto la **justificación por conveniencia** la investigación será de mucha utilidad, y a su vez una nueva alternativa para mejoramientos de obras de infraestructura vial, para así garantizar la mejor transpirabilidad de las vías. En tanto, la **justificación social** se utilizará una adición de la fibra PET para mejorar la calidad de la subrasante, y así evitar los deterioros frecuentes que se nos presentan en los diseños de pavimentos. Finalmente, la **justificación metodológica** dentro del proceso de la preparación de la presente investigación se realizará los estudios de mecánica de suelos en el laboratorio “Wth laboratorio de suelos”, se utilizarán los Microsoft Word, Microsoft Excel y Project Management. De esta manera se procedió a identificar los siguientes **objetivos** y como el principal tenemos el **objetivo general**: Diseñar una sub rasante con una adición de fibra PET para mejorar

la calidad de los suelos arcillosos, **objetivos específicos** Determinar las propiedades físicas-químicas de la fibra PET para realizar un diseño de una sub rasante y mejorar la calidad en el suelo arcilloso. Determinar las características físicas-mecánicas del suelo que participan en la investigación. Determinar el porcentaje óptimo del contenido de humedad adicionando la fibra PET al 0%, 1%, 2% y 3%. Determinar las diferencias de costos entre el diseño de una subrasante en suelo arcilloso con adición de fibra PET y sin adición de fibra PET. Determinar si es posible realizar otras investigaciones cuantitativas sobre la subrasante y la fibra PET. Por último, se establece la **hipótesis general**: la aplicación de la fibra PET mejorará la calidad de los suelos arcillosos para el diseño de una sub rasante. Al mismo tiempo, se presentan las **hipótesis específicas** la investigación bibliográfica nos permitirá reconocer las propiedades físicas y químicas de la fibra PET. Con los estudios correspondientes nos permitirá reconocer las propiedades físicas y mecánicas del suelo a investigar. Con la determinación del porcentaje óptimo del contenido de humedad, con la adición de la fibra PET y sin adición de la fibra PET al 0%, 1%, 2% y 3% nos ayudará a mejorar la calidad del tipo de suelo. Con la obtención de los resultados se observará la diferencia del costo de un diseño de una subrasante en suelos arcillosos con la adición de la fibra PET. Con la investigación culminada se podrán realizar otras investigaciones cuantitativas en un futuro.

## II. MARCO TEÓRICO

Se utilizaron tesis e investigaciones científicas con el fin de obtener los **antecedentes**, en relación a **nivel internacional**: se tiene a, Carvajal, M y Garzón, E. (2019), cuyo tema de su investigación es: “*Evaluación de la resistencia de un suelo arenoso arcilloso con refuerzos de fibras PET*”, Universidad Piloto de Colombia concluyen que Cuando se agrega el suelo modificado por fibra PET a la arcilla plástica baja, su resistencia es de 1.9%. Considerando que el suelo anterior es 0.3% más alto que el suelo natural con 1.6% de resistencia, por lo tanto, considerando los factores anteriores, la fibra de PET Mejorado el suelo, pero se define como el mejor mejoramiento en el

porcentaje de adición de fibra de suelo arenoso es de 0.3%, pero no cumple con los requisitos. Cumple con el artículo 220 de INVE-148, que estipula que el porcentaje mínimo de CBR aplicable al suelo debe ser superior al 5%. En la actualidad, considerar que el área de edificación se ha convertido en un tema importante en el tiempo, considerando las necesidades del nivel de edificación debido al crecimiento social y cultural, y considerando el proceso de reciclaje de la reutilización de materiales inorgánicos es muy importante. Además, atentan contra el medio ambiente, por lo que el uso repetido de estos materiales puede reducir el impacto sobre el medio ambiente, y así traer beneficios sociales, económicos y ambientales a la humanidad. También se tiene a Erika S. y Edgar P. (2019), cuyo artículo de investigación es: “*Análisis de los cambios en las propiedades mecánicas de materiales de subrasante por la adición de materiales poliméricos reciclados*”, Universidad de la Salle, Bogotá, Colombia. Los autores concluyen que la eficacia depende, en su mayoría, del peso unitario del suelo. Con la adición de fibras se logra un aumento de hasta el 67 % con fibras de longitud de 24 mm. Para suelos con arcilla arenosa de grano fino y con material de grano grueso, se puede tener un aumento de la resistencia a la flexión de 0,688 MPa a 0,805 MPa del suelo-cemento en relación con el suelo cementado adicionado con fibras, con un 0,3 % de fibras en porcentaje al volumen del suelo. Para las muestras reforzadas con cuatro contenidos de fibra diferentes (0,5 %, 0,75 %, 1 % y 1,25 %) se identificaron aumentos de la resistencia máxima de 8 %, 15,7 %, 18,5 % y 21 %, respectivamente; estos suelos logran alcanzar un pico de estrés en deformaciones axiales de 2% y 4%. A partir de la revisión realizada se puede afirmar que la inclusión de polímeros en los materiales de subrasante genera una mejora en las propiedades evaluadas. Las investigaciones encontradas, tanto del ámbito nacional como del internacional, revelan que los materiales poliméricos evaluados son muy diversos y, por lo tanto, se considera necesario profundizar en el estudio sobre la aplicación de cada uno de ellos. A este respecto, la recopilación de información presentada es de gran importancia para la comunidad académica, puesto que genera puntos de partida actualizados para próximas investigaciones en el campo. **A nivel nacional** se menciona a Flores, L. y Imelda, P. (2019), cuyo tema de su investigación es: “Evaluación *de la adición*

*de fibras PET provenientes del reciclaje de botellas a la subrasante del suelo, en el área de estacionamiento de la clínica usat, 2018-2019*”, Universidad Católica Santo Toribio de Mogrovejo, su trabajo de investigación se enfoca en evaluar el impacto del plástico PET agregado en el reciclado de botellas, sobre las características físicas-mecánicas en la arcilla ubicada en el aparcamiento de la clínica universitaria USAT utilizada como calzada. La prueba Proctor modificado se procederá a realizar una dosificación y mezcla del terreno natural con fibra PET. También se tiene a Marquez, D. (2019), cuyo tema de su investigación es: *“Mejoramiento de la estabilización en la subrasante de suelos arcillosos usando plásticos reciclados PET en el distrito la encantada, provincia de Morropon – Piura 2019”*, Universidad Nacional de Piura. La autora concluye que se realizaron las pruebas necesarias para determinar el estado y calidad del suelo, y se mezcló plástico PET al 6% en el área seleccionada para el análisis correspondiente, de manera que en el análisis granulométrico el contenido de grava fue 0%, arena 12.30% y El contenido es del 87,70% de los finos que pasan por el tamiz No. 200, y por tanto el mismo que en la muestra M-1, porque este porcentaje de adición en el suelo no mejora este tipo de arcilla. En cuanto a su contenido de agua, obtiene un contenido de agua del 5,0%, una densidad seca máxima de 1593 y un contenido óptimo de agua del 12,3%. Finalmente, en los resultados obtenidos en su prueba CBR de esta muestra M-2% (con la adición de plástico PET), el valor CBR observado es mayor al 6%, demostrando así el importante cambio de esta arcilla, lo que indica que no es necesario. Se estabiliza mediante cualquier método existente, lo que demuestra la eficacia de este nuevo método utilizando materiales totalmente reciclables. Se comparó el desempeño de las muestras de arcilla obtenidas sin la adición de plástico PET (6%), confirmando que existen ligeras diferencias en los valores obtenidos en su tamaño de partícula, límite de Atterberg y contenido de humedad, resultando en el mismo análisis de tamaño de partícula, indicando La diferencia de clasificación entre M-1 y M-2 es la misma que la clasificación del suelo. Finalmente, se suele observar que el CBR es superior al 6% tras incorporar un 6% de plástico PET. También se tiene a Villanueva, R. (2019), cuyo tema de su investigación es: *“Resistencia al Corte de un Suelo arcilloso, adicionando el 3% de Polietileno Tereftalato (PET) a nivel de subrasante en el*

*C.P. Rataquenua – Huaraz – Ancash*". Universidad San Pedro, el autor concluye que la resistencia al corte (CBR) del suelo patrón es de 11.10%, en cambio el suelo mejorado con PET arroja un CBR de 25.30% lo que permite concluir que el PET tiene efecto positivo en la resistencia al corte del suelo aumentándolo en 14.20 %. Con la adición del pet, se obtuvo mejores densidades en dos calicatas y mejores humedades óptimas, el tipo de suelo que presenta la carretera estudiada es un suelo S.C es decir arena arcillosa de plasticidad media, la densidad del suelo sin adición es de 1.834 g/cm<sup>3</sup>, mientras que la densidad del suelo adicionando con PET al 3% arroja 1.851 g/cm<sup>3</sup>, la composición del pet presenta Óxido de Carbono 79.38%, Óxido de Helio 5.59%, Óxido de Hidrógeno 9.01%, Dióxido de Nitrógeno 0.490%, considerándose un polímero de alta cristalinidad, La adición del pet, reduce la cantidad de agua para la compactación, es decir el contenido óptimo de agua, disminuye en gran medida. - El PH del suelo se mantuvo muy fuertemente alcalino al adicionarle la mezcla de 3% de pet y 100% de suelo natural extraído del tramo rataquenua – Huaraz alcanzó un resultado de 11.86. También se tiene a Capia, C. (2020), cuyo tema de investigación es: "*Estabilización de suelos arcillosos mediante el uso de polímeros reciclados PET a nivel de la subrasante de la carretera Juliaca – Caminaca, 2019*". Universidad Peruana Unión, el autor concluye que existe una dosis adecuada de polímero PET reciclado como aditivo para estabilizar la calzada. De acuerdo con los resultados, se puede observar que luego de agregar un 3% de polímero PET reciclado al suelo natural, su capacidad portante CBR se incrementó en 0.58%, alcanzando el 0.87% de la capacidad portante CBR sin agregar tierra, sacando así una conclusión: si logramos Agregar un 3% de polímero de PET reciclado, agregar polímero de PET reciclado tratará de mejorar su resistencia a la deformación de la carga del vehículo, porque el polímero es un material duradero de baja densidad que ayuda a generar una mayor fricción y Resistencia al corte. El uso de polímero PET reciclado reduce el grosor del diseño de la estructura de la acera. En el diseño estructural de un pavimento flexible, depende de la calidad del material del lecho de la carretera y, en gran medida, depende del grosor del pavimento, es decir, lecho de la carretera, capa base y capa de asfalto. La reducción de espesor es mínima, porque cuando se agregan polímeros reciclados, el PET

aumenta el CBR del suelo natural en un 0.87%. Se tiene a Mendez, G. (2020), cuyo tema de investigación es la *“Influencia de la dosificación de fibras de polietileno tereftalato, sobre el índice de CBR y compresión simple de un suelo arcilloso aplicado a sub rasantes”*. Universidad Nacional de Trujillo, el autor concluye que Aplicado a la calzada. El autor de la Universidad Nacional de Trujillo concluyó que el suelo se caracteriza por ensayos de acuerdo con estándares internacionales, y se realiza en 4 capas de suelo con una profundidad de 50 cm cada una. Los principales suelos del estrato obtenido son CL según SUCS y A6 según AASHTO (arcilla plástica media), y sus propiedades mecánicas no son suficientes para su uso como calzada. Con respecto a la prueba de compresión simple, se concluyó que cuando se utilizó 1,5% de fibra de PET, el incremento máximo en la tensión de la arcilla fue de 37,1%. Para el mismo porcentaje de fibra de PET, el índice CBR aumentó en un 80%. Además, se concluyó que el índice CBR de suelos que contienen 0.5% a 1.5% de dichas fibras aumentó en 5.4% (de 74.6% a 80%) en relación a cambios en el porcentaje de fibras plásticas PET, mientras que, en suelos no estabilizados, Hasta un 0,5% de la fibra PET aumentó en un 74,6%. Por lo tanto, se puede determinar que la fibra de PET afecta la estabilización de la arcilla, y el valor del índice CBR y la tensión máxima se incrementan hasta un 1,5% de la fibra a través de la prueba de compresión. **A nivel local** se tiene a Mores, S. y Ydrogo, E. (2019), cuyo tema de investigación es *“Estabilización de la subrasante en suelos adicionando la resina de plátano en el tramo Cacatachi – Chirapa, 2019”*. Universidad Cesar Vallejo. Las autoras concluyeron de acuerdo con las pruebas realizadas, se determinaron las propiedades físicas y mecánicas del suelo en la mina No. 02 como grupo de control (GC). La conclusión es que a través de esta prueba se calcularon los tipos de suelo más críticos en las muestras de mina mencionadas. El análisis del tamaño de partícula de tamizado y el límite de Atterberg se basan en realidad en AASHTO y SUCS suelo A-4 (1) dando como resultado SC del suelo. Por lo tanto, las muestras se clasifican según el tamiz que retiene grava, arena y arcilla, con arena arcillosa  $\geq 36,07\%$  y  $\leq 43,52\%$ , contenido de humedad  $\geq 11,67\%$  y  $\leq 16,31\%$ , límite líquido  $\geq 24,41$  y  $\leq 31,55\%$ , plasticidad El límite es  $\geq 16,16$  y  $\leq 22,10\%$ , el índice de plasticidad es  $\geq 7,72$  y  $\leq 9,45\%$ , la densidad seca máxima

es 1,960 gr / cm<sup>3</sup>, el contenido óptimo de agua es 11,00% y el 95% CBR es 6,60. La conclusión es que la resina de plátano de la variedad bellaco en la selva peruana se puede utilizar como un sustituto parcial de representar parte del agua para estabilizar el suelo, siempre que su contenido no supere el 5,2%. Para esta investigación se emplearon las **teorías relacionadas** a la variable independiente, fibra PET. Según **Definición conceptual**. Según López, C. (2016). El Tereftalato de Polietileno (PET) es un Poliéster Termoplástico y se produce a partir de dos compuestos principalmente: Ácido tereftálico y Etilenglicol, aunque también puede obtenerse también utilizando dimetil tereftalato en lugar de ácido tereftálico, los cuales al polimerizar en presencia de Tereftálico, catalizadores y aditivos producen los distintos tipos de PET. Un kilo de PET está compuesto por 64% de petróleo, 23% de derivados líquidos del gas natural y 13% de aire. A partir del petróleo crudo, se extrae el paraxileno y se oxida con el aire para dar ácido tereftálico. El etileno, que se obtiene a partir de derivados del gas natural, es oxidado con aire para formar etilenglicol.

**Definición Operacional**. Según Méndez, G. (2020). se agrega al suelo extraído de la calicata de una profundidad de 1.50 m, se determinan en porcentajes que se determinaron según antecedentes estudiados. Se menciona que se adiciono un 0.50% al porcentaje óptimo de humedad debido a que existen pérdidas por evaporación. Las mezclas suelos – fibras PET, se realizaron para 1.0 kg, para que de esa manera obtener una mezcla más homogénea.

**Dimensiones**. Según Ramos, Y. (2019). como características del PET tenemos una alta solidez al desgaste, además buen coeficiente de deslizamiento, tiene buena resistencia química y térmica, muy buena barrera al dióxido de carbono, aceptable barrera a O<sub>2</sub> y humedad, es compatible con otros materiales de barrera que mejoran en su conjunto la calidad de los envases y por lo tanto permiten su uso en mercados específicos, reciclable, cristalinidad y transparencia, buena resistencia al desgaste y corrosión, buen coeficiente de deslizamiento, resistencia química y térmica, actúa como barrera de CO<sub>2</sub>, aceptables como barrera al O<sub>2</sub>, es reciclable.

**Indicadores**. Según Suasnavas, D. (2017). Ensayos químicos (Envejecimiento acelerado, calor húmedo, biodegradabilidad); Ensayo Proctor, CBR. Se tiene las siguientes teorías relacionadas con respecto a la **variable dependiente**, calidad de los suelos

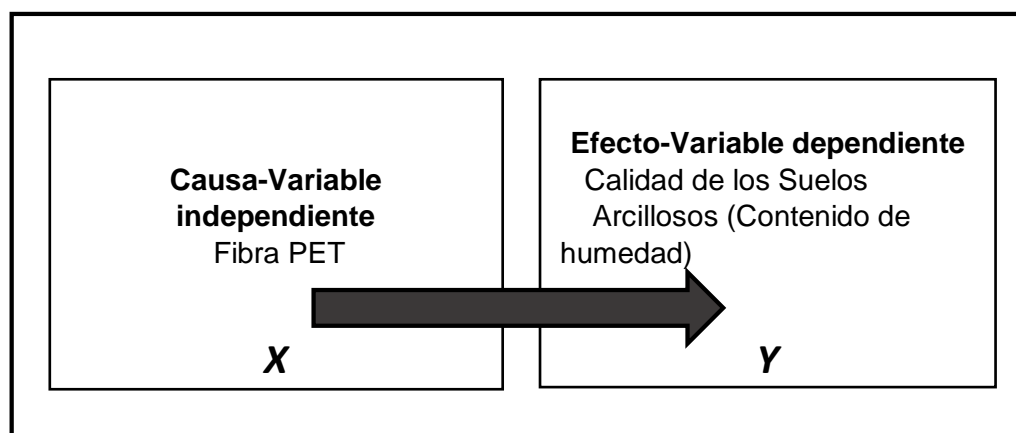


arcillosos. **Definición conceptual.** Según Gaspar, C. (2017). Los suelos arcillosos se presentan como uno de los tipos de suelos más problemáticos para el proceso constructivo de vías de comunicación, por sus bajos valores de soporte y su inestabilidad, esto se puede observar en la expansión y contracción de las mismas ante la presencia de agua. **Definición Operacional.** Según Reyes, C. (2017). Para realizar el ensayo, previamente se hace una mezcla de muestra de suelo con la cantidad de agua requerida para adquirir la humedad óptima, conseguida en el ensayo de proctor, luego se compactó la máxima densidad seca, después se realizó el ensayo de CBR donde se colocó el pisón metálico encima de la muestra y se penetra hasta el fondo manteniendo una velocidad. Se someten a una compactación de 12, 25 y 56 golpes. **Dimensiones.** Según Ponce, D. (2017). Las características de un suelo arcilloso es que son pequeñas y sus espacios son muy menudos. El suelo arcilloso tiene más áreas porosas, el suelo arcilloso tiene un área total poroso más grande que el suelo arenoso, esto se debe a que el suelo succiona y guarda más agua. Debido a eso el suelo siempre está mal ventilado y el drenaje sea pobre, inclusive este cuando se seca, la textura del suelo se agriete. **Indicadores.** Según Delgado, C. (2018) Compactación Proctor modificado con 0%, 1%, 2% y 3% con y sin adición de la fibra PET; Metrados y análisis de Costos Unitarios.

### III. METODOLOGÍA

#### 3.1. Tipo y diseño de investigación.

El tipo de investigación es cuantitativo correlacional. En el presente trabajo de investigación se empleará el diseño experimental debido a que el objetivo es examinar, investigar y analizar el tema que hasta la fecha es poco estudiado, para la cual se buscará la solución de un problema real y se utilizará antecedentes de uso de la fibra PET para realizar el diseño de una subrasante en suelos arcillosos. George (2020).



**Dónde:**

**Tabla 01:** Diseño Experimental del presente proyecto.

GE (1)	X1 subrasante aplicando el 1% fibra PET.	O1(1D)	X1 subrasante aplicando el 1% de fibra PET.	O2(3D)	X1 subrasante aplicando el 1% de fibra PET.	O3(5D)
GE (2)	X2 subrasante aplicando el 2% de fibra PET)	O1(1D)	X2 subrasante aplicando el 2% de fibra PET.	O2(3D)	X2 subrasante aplicando el 2% de fibra PET.	O3(5D)
GE (3)	X3 subrasante aplicando el 3% de fibra PET.	O1(1D)	X3 subrasante aplicando el 3% de fibra PET	O2(3D)	X3 subrasante aplicando el 3% de fibra PET	O3(5D)
GC (4)	X0 subrasante sin aplicación de fibra PET)	O1(1D)	X0 subrasante sin aplicación de fibra PET)	O2(3D)	X0 subrasante sin aplicación de fibra PET)	O3(5D)

**Fuente:** Elaboración propia del tesista.

C = Grupo control (suelo arcilloso sin utilizar Fibra PET)

X = Adición de Fibra PET

Y = Máximo contenido de humedad.

A continuación, se presenta, el diseño experimental para la mezcla del suelo arcilloso, donde:

GE: Grupo experimental con aplicación de Fibra PET

GC: Grupo de control (mezcla del suelo arcilloso sin aplicación de Fibra PET).

Y1: (mezcla del suelo arcilloso con aplicación del 0% de Fibra PET)

Y2: (mezcla del suelo arcilloso con aplicación del 1% de Fibra PET)

Y3: (mezcla del suelo arcilloso con aplicación del 2% de Fibra PET)

Y4: (mezcla del suelo arcilloso con aplicación del 3% de Fibra PET)

O1, O2, O3: Observación (1días, 3 días y 5 días).

- 3.2. **Variables y operacionalización.** La variable independiente cuantitativa que se empleo es el diseño de una subrasante con adición de fibra PET, la variable dependiente es la calidad de los suelos arcillosos. **Variable Independiente.** Fibra PET. **Definición conceptual:** Según Martínez, D. (2019). La Fibra PET posee la capacidad de ser un buen impermeabilizante. En sus fases de sólida y en una fase líquida); **Definición operacional:** Según Suasnavas, D. (2017). La fibra PET, se basó en el método cuantitativo que se aplicó para el diseño de una subrasante la cual ayudó a dar una mejor calidad de suelos arcillosos; **Dimensiones:** Según Mendez, G. (2020). Propiedades físicas y químicas de la fibra PET; Propiedades físicas y mecánicas del suelo que participaron en la investigación; **Indicadores:** Ensayos químicos (Envejecimiento acelerado, calor húmedo, biodegradabilidad); Ensayo Proctor, CBR; **Escala de medición:** Intervalo. **Variable Dependiente.** Calidad de los suelos arcillosos. **Definición conceptual:** Según Gomez A. (2017). La calidad de los suelos arcillosos dependió mucho de un buen estudio y diseño de una subrasante y al aplicar el aditivo tendría a mejorar en un porcentaje muy alto índice de resistencia; **Definición operacional:** Según Reyes, S. (2017). Para realizar el ensayo, previamente se hace

una mezcla de muestra de suelo con la cantidad de agua requerida para adquirir la humedad óptima, conseguida en el ensayo de proctor, luego se compactó la máxima densidad seca, después se realizó el ensayo de CBR donde se colocó el pisón metálico encima de la muestra y se penetra hasta el fondo manteniendo una velocidad. Se someten a una compactación de 12, 25 y 56 golpes; **Dimensiones.** Según Dávila, J. (2016). El Porcentaje óptimo del contenido de humedad de la subrasante con y sin adición de la fibra PET al 0%, 1%, 2%, 3%; Investigaciones cuantitativas sobre la subrasante y la fibra PET; **Indicadores:** Compactación Proctor modificado con 0%, 1%, 2% y 3% con y sin adición de la fibra PET; Metrados y análisis de Costos Unitarios; **Escala de medición:** Intervalo.

### 3.3. Población, muestra y muestreo.

**Población** En esta investigación la población fue el suelo de tipo arcilloso, en el sector ventanilla, distrito de la Banda de Shilcayo, provincia de San Martín, Perú. El cuál se usará como subrasante para soportar la estructura del pavimento.

#### Características de la trocha

La trocha se encuentra en una zona accesible, de libre tránsito, lo cual cuenta con un ancho de 5.30 metros.

*Tabla 02: Coordenadas UTM 84*

INICIO	FIN
E: 9283109.46 m	E: 9284000.41 m
N: 350928.22 m	N: 332187.55 m
Zona: 18 M	Zona: 18 M
Altitud: 733 msnm	Altitud: 915 msnm

*Fuente: Elaborado por el propio autor.*

Para la obtención de los resultados del ensayo de Compresión Simple, se planteará una población muestral que estará conformada por 12 probetas cilíndricas de suelo tipo arcilloso.

**Muestra:**

En este estudio, la muestra es no probabilística e intencional, esto se debe a que las muestras extraídas no fueron seleccionadas de forma fortuita, si no fueron seleccionadas arbitrariamente de acuerdo a los que indica el Manual de Carreteras: Diseño Geométrico 2018.

**Descripción de la muestra:**

Para poder realizar la investigación solo se realizará una calicata con 4 diferentes profundidades (0.5m, 1m, 1.5m y 2m), este proceso se realizará de acuerdo al Manual de Carreteras: Diseño Geométrico 2018, en el cual detalla que es un estudio de factibilidad. En la cual señala que se realizan calicatas cada 2 kilómetros de longitud de la trocha, en este sentido la trocha cuenta con una longitud de 1 541m, por ende, solo se realizó una calicata.

**3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.****Técnica.**

El procedimiento que se desarrollará en la investigación se aplicará los siguientes criterios:

La observación directa, puesto que esto se refiere, es un método de recopilación de datos que consiste básicamente en vigilar el objeto de estudio, dentro de las variables en su estado natural, es decir sin tener la necesidad de intervenir o alterar el ambiente de estudio.

Método de experimentación la cual se manejará y manipulará las variables independientes, modificando así su manera como se comportan las variables dependientes, con el fin de poder realizar una medición adecuada a sus propiedades. Esas variables, se obtendrán a través del procedimiento de los datos de las muestras experimentales que se obtendrá en el laboratorio. En los ensayos en donde se pueden manipular las variables son el ensayo de CBR y la comprensión simple ya que se podrá observar un cambio al adicionar la fibra PET.

Un análisis de contenidos, la cual se puede enfocar a estudios de contenidos de comunicación, como fuentes bibliográficas para poder llegar a realizar un informe para saber su significado e información y en este caso poder

determinar la confiabilidad después de haber alterado físicamente a las muestras. Los ensayos que se aplicara en el trabajo de investigación es la granulometría por tamizado, límite líquido, límite plástico, contenido de humedad, gravedad específica, compactación Proctor modificado, CBR y compresión simple.

### **Instrumentos.**

Para el presente trabajo de investigación el instrumento de recolección de datos se obtuvo mediante fichas, que estos formatos están basados en las normas de MTC, NTP y la ASTM.

*Tabla 03: Técnicas e instrumentos*

<b>TÉCNICAS</b>	<b>INSTRUMENTOS</b>	<b>FUENTES</b>
Granulometría por tamizado		E 107-MTC
Clasificación de suelos SUCS, AASHTO	Formato de ensayo de Laboratorio estandarizados y validados	NTP 339.134-339.135
Límite Líquido		E 110, NTP 339.129
Límite Plástico		E 111, ASTM D 424.59
Contenido de Humedad		E 108, NTP 339.127
Gravedad específica		E 113, NTP 339.131
Compactación Proctor Modificado	Equipos y materiales de mecánica de suelo	N.T.P 339.141
CBR		E 132- MTC, N.T.P 339.145
Compresión Simple		ASTM D 2166

*Fuente: elaborado por el autor.*

### **3.5. Procedimientos**

Se realizará una formulación práctica sobre las acciones a realizar mediante esta investigación, para poder desarrollar cada uno de los objetivos específicos. El primer procedimiento, consiste en conocer la localización, ubicación, coordenadas UTM 84, accesibilidad y características del terreno. De la cual se realizará la calicata para poder obtener la muestra de suelo, la cual se situó en el sector Ventanilla perteneciente al distrito de la Banda de Shilcayo, Provincia de San Martín, Región San Martín. Luego se procederá a la extracción de muestra de suelo de la calicata de diferentes profundidades a partir del nivel del terreno natural, las cuales son de 0.5 metros ,1 metro, 1.5 metros

y 2 metros. Una vez que se obtenga esta muestra se procederá a transportar al laboratorio para así poder realizar los respectivos estudios. Para la obtención de nuestra fibra PET, se hizo mediante las botellas de plástico reciclable, seguidamente se pasará a obtener las características físicas y químicas tanto de nuestro suelo y nuestra fibra PET. Inmediatamente se determinará la clasificación de suelos para así poder obtener y establecer la humedad óptima que se obtendrá mediante el ensayo de Proctor modificado, seguidamente se procederá a realizar una dosificación y mezcla del suelo con la fibra PET, mediante ensayos CBR (ASTM D1883) y comprensión simple (ASTM D 2166), para así poder obtener los resultados finales

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

Los datos obtenidos, mediante ensayos de laboratorio permitirá determinar las propiedades, se utilizó programas informáticos como el Microsoft Word, Microsoft Excel, Project Management y google earth pro de donde se extrajo las coordenadas. Con los datos y referencias obtenidos se procederá a la realización de cuadros y gráficos para así poder tener un mejor entendimiento.

**Las propiedades físico-químicas de la fibra PET** se obtendrán a base de estudios realizados en el laboratorio establecidos en la N.T.P 339.129, N.T.P 339.127 y N.T.P 339.131.

**Ensayo de laboratorio para obtener nuestra humedad óptima** mediante los parámetros establecidos en la N.T.P 339.141 (ASTM D1557).

**Ensayo de laboratorio que determinar la capacidad portante** mediante el parámetro establecido en la N.T.P 339.145 (ASTM D 1883).

**Ensayo de laboratorio para determina la resistencia del suelo a la comprensión** mediante los parámetros establecidos en la ASTM D 2166.

### **3.7. Aspectos éticos**

El proyecto de investigación cumplirá rigurosamente en venerar licitud en los resultados obtenidos, la certeza en los datos de laboratorio establecida según las normas y discernimiento se reservará con toda prudencia la información proporcionada por los especialistas que están presentes en nuestra dicha investigación y respetar la guía de productos observables establecida por la Universidad.



#### IV. RESULTADOS

##### 4.1. Determinar las características de la fibra PET para realizar un diseño de una sub rasante y mejorar la calidad en el suelo arcilloso

**Tabla 4:** Características físicas y químicas de las fibras PET

Propiedad	Descripción	Unidad	Valor
Resistencia al ataque químico	Resistente a: Combustible, alcoholes, grasas, éter ácido y bases diluidas.	-	-
Solubilidad	Insoluble: Solventes orgánicos Solubilidad en menor grado: Solventes halogenados, aromáticos, cetonas ácidas y bases fuertes.	-	-
Resistencia al envejecimiento	Buena resistencia: Temperatura ambiental, radiaciones solares, humedad.	-	-
Estabilidad térmica	Estable a temperatura $\leq 71^{\circ}\text{C}$ Cristalizado estable a temperatura $\leq 230^{\circ}\text{C}$	-	-
Permeabilidad	Excelente barrera al $\text{CO}_2$ y $\text{O}_2$	-	-
Densidad	Estados amorfo	g/cm <sup>3</sup>	1.33 - 1.37
	Estado cristalino	g/cm <sup>3</sup>	1.45 - 1.51
Conductividad térmica	Buen aislamiento térmico	W/m x k	0.24
Absorción de agua	durante 24 horas	-	<0.7 %
Propiedades ópticas	Transmisión de luz	-	89%
	Índice de refracción	-	1.576
Propiedades biológicas	No Presenta vulnerabilidad al ataque microbiológico	-	-

*Fuente: Grupo de investigación de la pontificia universidad católica del Ecuador.*

**Interpretación:** Las propiedades físicas y químicas de la fibra PET, se obtuvo del grupo de investigación de la pontificia universidad católica del Ecuador, pudiéndose notar que es un polímero que se obtiene entre el ácido tereftálico y el etilenglicol con una densidad amorfica de 1.33 – 1.37 g/cm<sup>3</sup> y una densidad cristalina de 1.45 – 1.51 g/cm<sup>3</sup>, con una resistencia a combustibles, grasas, alcoholes, etc. Como permeabilidad tiene una excelente barrera al  $\text{CO}_2$  y  $\text{O}_2$ .

**4.2. Determinar las características físicas-mecánicas del suelo que participan en la investigación.**

**Tabla 5:** Características físicas y químicas del suelo.

Características físicas del suelo arcilloso	Profundidad			
	0.5	1.0	1.5	2.0
Tipo de suelo	arcilla inorgánica de mediana plasticidad de color amarillento	arcilla inorgánica de mediana plasticidad de color amarillento	arcilla inorgánica de mediana plasticidad de color amarillento	arcilla inorgánica de mediana plasticidad de color amarillento
% que pasa la malla N° 200	65.65%	66.83%	68.36%	72.26%
Limite Líquido	39.78%	37.49%	40.65%	41.75%
Índice Plástico	18.55	15.23	17.15	18.55
Densidad máxima	1.794 gr/cm <sup>3</sup>	1.820 gr/cm <sup>3</sup>	1.759	1.779gr/cm <sup>3</sup>
Contenido de humedad	12.70%	12%	12.95%	13.21%

*Fuente: Laboratorio Wth laboratorio de suelos*

**Interpretación:** Los ensayos y pruebas se realizaron en el Laboratorio Wth laboratorio de suelos de la ciudad de Tarapoto, este laboratorio cuenta con todos los equipos necesarios para la realización de los ensayos, estando sus equipos debidamente calibrados, para la realización de los ensayos se tuvo en cuenta el uso de las normativas correspondientes para cada ensayo; la N.T.P 339.129 (Limite líquido y Limite plástico), N.T.P 339.127 (contenido de humedad) y N.T.P 339.131 (peso específico de los suelos). De esta manera se pudo obtener los resultados del suelo estudiado (de la calicata de cuatro profundidades) obteniendo como resultado el tipo de suelo, arcilla inorgánica de mediana plasticidad de color amarillento, se obtuvieron cuatro resultados de las

diferentes profundidades; profundidad 0.5 metros obteniendo los resultados del porcentaje que pasa la malla N° 200 65.65%, Límite Líquido = 39.78%, Índice Plástico = 18.55, Densidad Máxima 1.794 gr/cm<sup>3</sup>, *optimo contenido de humedad 12.70%*. profundidad 1.0 metros obteniendo los resultados del porcentaje que pasa la malla N° 200 66.83%, Límite Líquido = 37.49%, Índice Plástico = 15.23, Densidad Máxima 1.820 gr/cm<sup>3</sup>, *optimo contenido de humedad 12%*. profundidad 1.5 metros obteniendo los resultados del porcentaje que pasa la malla N° 200 68.36%, Límite Líquido = 40.69%, Índice Plástico = 17.15, Densidad Máxima 1.759 gr/cm<sup>3</sup>, *optimo contenido de humedad 12.95%*. profundidad 2.0 metros obteniendo los resultados del porcentaje que pasa la malla N° 200 72.26%, Límite Líquido = 41.75%, Índice Plástico = 18.55, Densidad Máxima 1.779 gr/cm<sup>3</sup>, *optimo contenido de humedad 13.21%*, *la cual, las características Físicas del suelo muestran las condiciones necesarias para ser utilizadas en el diseño de la subrasante aplicando la fibra PET.*

#### **4.3. Determinar el porcentaje óptimo del contenido de humedad adicionando la fibra PET al 0%, 1%, 2% y 3%.**

**Tabla 6:** Resultados del porcentaje óptimo de contenido de humedad

% Fibra PET	Calicata 01			
	0.5	1.0	1.5	2.0
0%	12.70	12.00	12.45	13.21
1%	11.80	11.70	11.95	12.85
2%	11.25	11.35	11.65	12.30
3%	11.15	10.95	11.35	11.88

*Fuente: Elaboración propia de la tesista*

**Interpretación:** Para poder llegar a los resultados, se tuvo que realizar el ensayo Proctor en el laboratorio *Wth laboratorio de suelos, que cuenta con los equipos debidamente calibrados, llegando de esta manera a obtener los siguientes resultados; se puede observar que en el porcentaje al 0% el óptimo contenido de humedad es de 13.21% en la profundidad de 2.00 metros, seguidamente al adicionar la Fibra PET al 1% el óptimo contenido de humedad va descendiendo a 12.85%, como también se*

puede observar que al 2% va descendiendo a 12.30% y finalmente al 3% el óptimo contenido de humedad desciende hasta un 11.88%; esto quiere decir que al agregar más porcentaje de fibra PET al suelo arcilloso de mediana plasticidad la humedad del suelo va bajando y se puede trabajar mejor con el aditivo.

#### **4.4. Diseño óptimo con adición de la fibra PET aplicando al 0%, 1%, 2% y 3% para mejorar la calidad del suelo arcilloso**

**Tabla 7:** Diseño optimo por gramos (con el 3% de adición de fibra PET)

<b>MATERIAL</b>	<b>Unidad</b>	<b>Suelo patrón</b>	<b>3% fibra PET</b>
Suelo	Kl	23.280	23.280
Fibra PET	Kl	0.00	15.00
Agua	Lt	10.00	10.00

*Fuente: Resultados del laboratorio Wth laboratorio de suelos*

**Interpretación:** la presente investigación tiene cuatro grupos experimentales. En el primer grupo se tomó los valores de los resultados del suelo patrón y los otros tres grupos experimentales fueron elaborados adicionando la Fibra PET al 1%, 2% y 3%. Mediante el ensayo de CBR, se pudo llegar a la conclusión de que el diseño óptimo de la mezcla al adicionar la Fibra PET es la que está conformada por el 3% de este aditivo, consiguiendo mejorar el suelo arcilloso con un contenido de humedad del 11.88%, cuyo diseño de mezcla por gramos presentada en la tabla 8 es la siguiente, 23.280 Kilo gramos de arcilla, 15 kilos de la fibra PET y 10 Litros de agua. Cabe mencionar que se llegó a esta conclusión del diseño optimo con una adición del 3% de Fibra PET, se debe a que a los ensayos de laboratorio se pudo apreciar que al añadir la Fibra al 3%, el contenido de humedad va disminuyendo y eso hace que el suelo tenga una mejor calidad.

#### 4.5. Costo óptimo del suelo con adición de la Fibra PET al 3%.

**Tabla 8:** Diseño optimo por gramos (con el 3% de adición de fibra PET)

Material	Und.	P.u	Suelo Patrón		3% Fibra PET	
			Cantidad	Costo (S/.)	Cantidad	Costo (S/.)
Suelo	Kg	0	23.280	0	23.280	0
Fibra PET	Kg	1.50	0	0	15	22.50
Agua	Lt	1.00	10.00	10.00	10	10.00
Costo total				10.00	32.50	

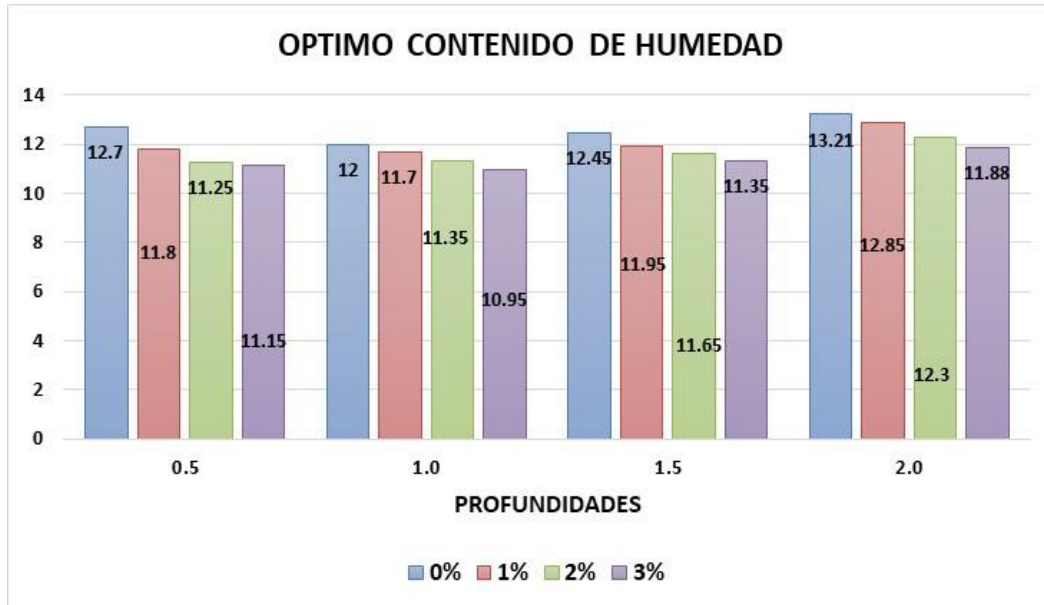
*Fuente: Elaboración propia de la tesista*

**Interpretación:** En la tabla se puede apreciar un cuadro comparativo entre los costos de un suelo patrón y un diseño optimo adicionando el 3% de la Fibra PET, en la cual se puede observar que la diferencia de costos no varía mucho ya que el suelo se obtiene mediante excavación de calicata, la fibra PET lo podemos reciclar, pero si se utiliza en grandes proporciones se compra por kilos, el costo del suelo patrón es de S/: 10.00 y con adición de la fibra su costo es de S/. 32.50, cuya diferencia entre los dos es de S/. 22.50. Llegando a la conclusión de que la aplicación de la fibra PET al 3% resulta económico y también ayuda mucho al medio ambiente.

## VALIDACIÓN DE HIPÓTESIS

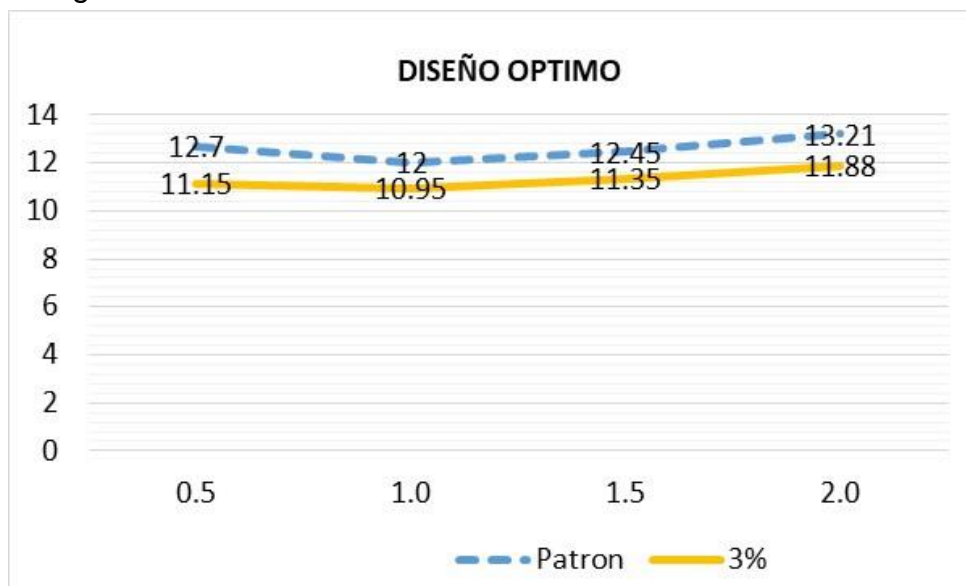
Resultados obtenidos mediante el programa Excel para poder apreciar mediante barras la diferencia del contenido de humedad del suelo en estudio a diferentes profundidades.

**Figura 01:** Gráfico del contenido de humedad del suelo en estudio mediante el programa Excel, a diferentes profundidades con la adición de la fibra PET (0%, 1%, 2%, 3%).



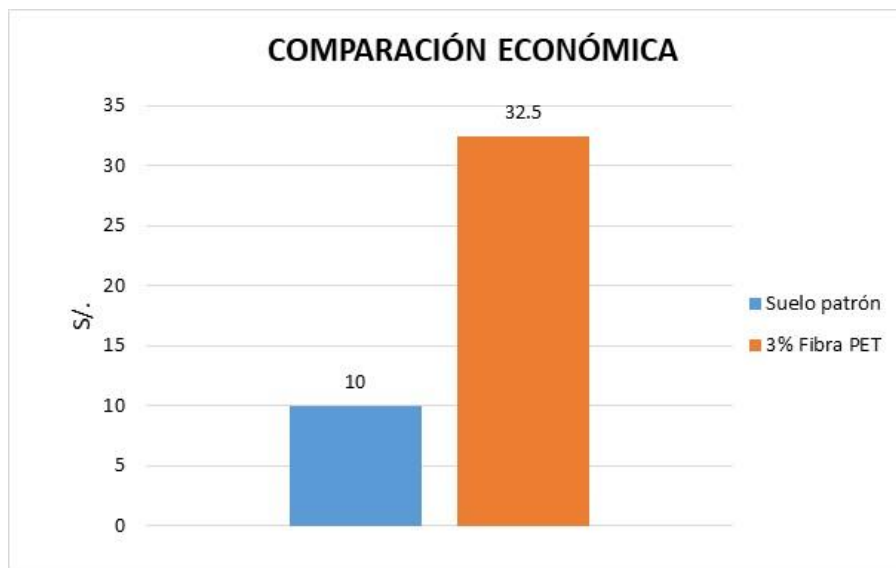
Fuente: Elaboración propia de la tesista

**Figura 2:** Gráfico del suelo patrón y diseño Optimo con adición de la fibra PET en el Programa Excel.



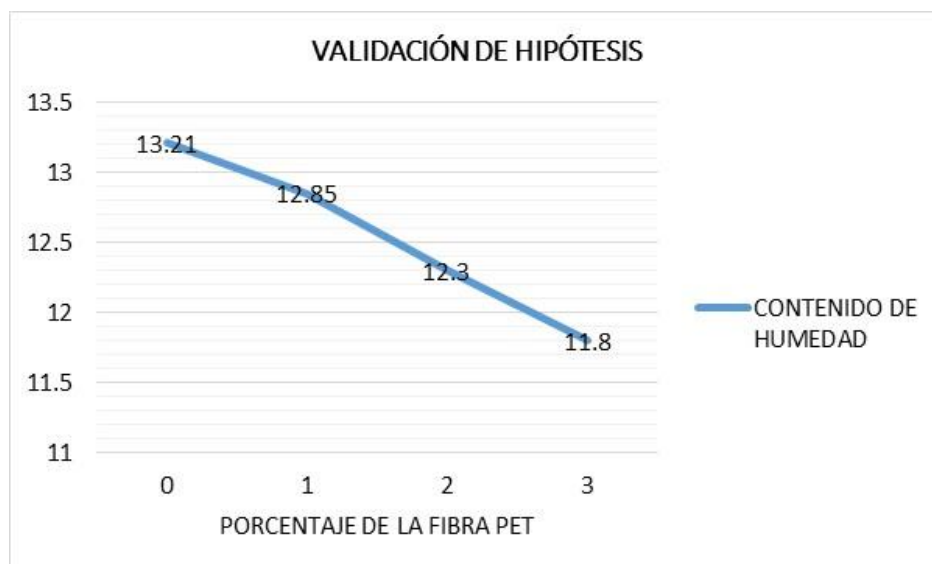
Fuente: Elaboración propia de la tesista

**Figura 3:** Grafico de comparación económica en el programa Excel.

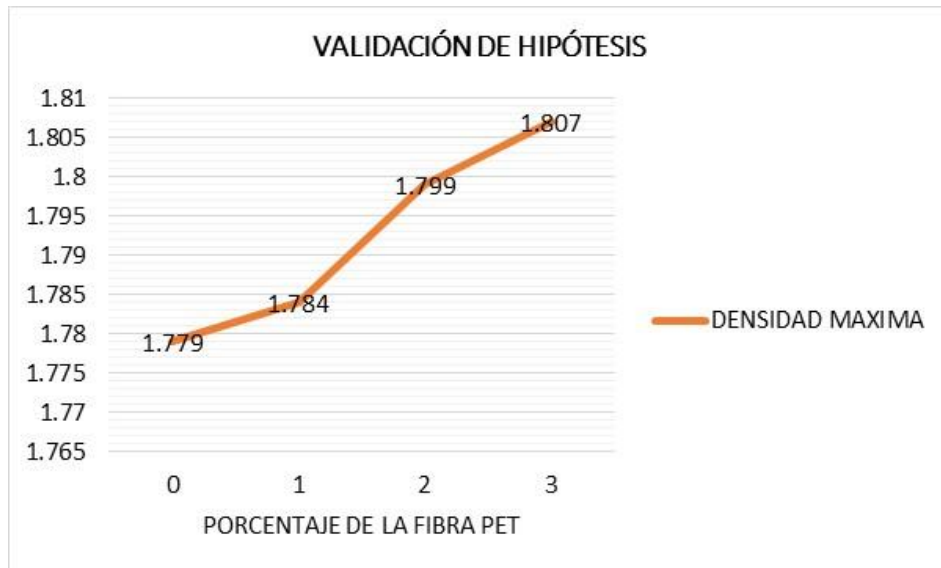


*Fuente: Elaboración propia de la tesista*

**Figura 4:** Gráfico de Validación de la hipótesis mediante el programa Excel del suelo a una profundidad de 2.00 metros con la adición de fibra PET.



*Fuente: Elaboración propia de la tesista*



*Fuente: Elaboración propia de la tesista.*

### **Prueba de hipótesis.**

De acuerdo con los resultados de la investigación como se muestra en la figura 7, se acepta la hipótesis de estudio en relación a las variables con la adición al 1%, 2% y 3% de la fibra PET, que indica la hipótesis general. El uso de la Fibra PET mejora la calidad de los suelos arcillosos para el diseño de una sub rasante, ya que al aumentar los porcentajes de adición de la fibra PET al suelo este va disminuyendo su contenido de humedad y su densidad máxima aumenta, esto quiere decir que el suelo entre menor humedad mayor capacidad de soporte y menor desgaste a la tracción.



## V. DISCUSIÓN

Diseño de una sub rasante con adición de fibra PET para mejorar la calidad de los suelos arcillosos, Por tanto, los ensayos de granulometría, ensayo proctor y CBR se hicieron en el laboratorio Wth laboratorio de suelos y el ensayo de comprensión simple se realizó en el laboratorio de la Universidad Nacional de San Martín, considerando las normas que avalan a la investigación, N.T.P 339.129 que es (límite líquido, límite plástico, e índice de plasticidad), N.T.P 339.127 que es (contenido de humedad), N.T.P 339.131. que es (peso específico), N.T.P 339.141 (ASTM D1557) que es (ensayo proctor), N.T.P 339.145 (ASTM D 1883) que es (ensayo CBR), ASTM D 2166 que es (ensayo de comprensión simple). Por ello se los resultados de la calicata de 04 profundidades que fue extraído del sector Ventanilla, distrito de la Banda de Shilcayo, Profundidad 0.5 metros teniendo como resultado Arcilla inorgánica de mediana plasticidad de color amarillento, húmedo medianamente compacto, con 65.65% de finos (Que pasa la malla N° 200), Límite Líquido = 39.78%, Índice Plástico = 18.55, Densidad Máxima 1.794 gr/cm<sup>3</sup>, optimo contenido de humedad 12.70%, CBR al 95% = 7.98 %, profundidad 1.00 metro teniendo como resultado Arcilla inorgánica de mediana plasticidad de color amarillento, húmedo medianamente compacto, con 66.83% de finos (Que pasa la malla N° 200), Límite Líquido = 37.49%, Índice Plástico = 15.23, Densidad Máxima 1.820 gr/cm<sup>3</sup>, optimo contenido de humedad 12.00%, CBR al 95% = 8.56 %, profundidad 1.50 metros teniendo como resultado Arcilla inorgánica de mediana plasticidad de color amarillento, húmedo medianamente compacto, con 72.26% de finos (Que pasa la malla N° 200), Límite Líquido = 41.75%, Índice Plástico = 18.55, Densidad Máxima 1.779 gr/cm<sup>3</sup>, optimo contenido de humedad 13.21%, CBR al 95% = 7.90%, profundidad 2.00 metros teniendo como resultado Arcilla inorgánica de mediana plasticidad de color amarillento, húmedo medianamente compacto, con 72.26% de finos (Que pasa la malla N° 200), Límite Líquido = 41.75%, Índice Plástico = 18.55, Densidad Máxima 1.779 gr/cm<sup>3</sup>, optimo contenido de humedad 13.21%, CBR al 95% = 7.90%.La investigación presentada por Marcela C. y Esteban G. (2019), teniendo como título su investigación “Evaluación de

la resistencia de un suelo arenoso arcilloso con refuerzos de fibras PET”, concluyeron que cuando se agrega el suelo modificado por fibra PET a la arcilla plástica baja, su resistencia es de 1.9%. Considerando que el suelo anterior es 0.3% más alto que el suelo natural con 1.6% de resistencia, por lo tanto, considerando los factores anteriores, la fibra de PET Mejoró el suelo, pero se define como el mejor mejoramiento en el porcentaje de adición de fibra de suelo arenoso es de 0.3%, pero no cumple con los requisitos. En cambio, en suelos arcilloso de mediana plasticidad si se da el mejoramiento en todos los porcentajes que se presentó en la investigación dando un resultado positivo. Por otro lado, en la investigación de Erika S. y Edgar P. (2019), cuyo tema de investigación es “Análisis de los cambios en las propiedades mecánicas de materiales de subrasante por la adición de materiales poliméricos reciclados”, llegando a la conclusión de que la eficacia depende, en su mayoría, del peso unitario del suelo. Con la adición de fibras se logra un aumento de hasta el 67 % con fibras de longitud de 24 mm. Para suelos con arcilla arenosa de grano fino y con material de grano grueso, se puede tener un aumento de la resistencia a la flexión de 0,688 MPa a 0,805 MPa del suelo-cemento en relación con el suelo cementado adicionado con fibras, con un 0,3 % de fibras en porcentaje al volumen del suelo. Para las muestras reforzadas con cuatro contenidos de fibra diferentes (0,5 %, 0,75 %, 1 % y 1,25 %) se identificaron aumentos de la resistencia máxima de 8 %, 15,7 %, 18,5 % y 21 %, respectivamente; estos suelos logran alcanzar un pico de estrés en deformaciones axiales de 2% y 4%. A partir de la revisión realizada se puede afirmar que la inclusión de polímeros en los materiales de subrasante genera una mejora en las propiedades evaluadas. Lo cual estimo la similitud de los resultados obtenidos por la investigación de Diana M. (2019), cuyo tema de investigación es “Mejoramiento de la estabilización en la subrasante de suelos arcillosos usando plásticos reciclados PET en el distrito la encantada, provincia de Morropon – Piura 2019”, donde llega a la conclusión de que mezcló plástico PET al 6% en el área seleccionada para el análisis correspondiente, de manera que en el análisis granulométrico el contenido de grava fue 0%, arena 12.30% y El contenido es del 87,70% de

los finos que pasan por el tamiz N° 200, y por tanto el mismo que en la muestra M-1, porque este porcentaje de adición en el suelo no mejora este tipo de arcilla. En cuanto a su contenido de agua, obtiene un contenido de agua del 5,0%, una densidad seca máxima de 1593 y un contenido óptimo de agua del 12,3%. Finalmente, en los resultados obtenidos en su prueba CBR de esta muestra M-2% (con la adición de plástico PET), el valor CBR observado es mayor al 6%, demostrando así el importante cambio de esta arcilla, lo que indica que no es necesario. Se estabiliza mediante cualquier método existente, lo que demuestra la eficacia de este nuevo método utilizando materiales totalmente reciclables. Se comparó el desempeño de las muestras de arcilla obtenidas sin la adición de plástico PET (6%), confirmando que existen ligeras diferencias en los valores obtenidos en su tamaño de partícula, límite de Atterberg y contenido de humedad, resultando en el mismo análisis de tamaño de partícula, indicando La diferencia de clasificación entre M-1 y M-2 es la misma que la clasificación del suelo. También tenemos la investigación de Robert V. (2019) cuyo tema de investigación es “Resistencia al Corte de un Suelo arcilloso, adicionando el 3% de Polietileno Tereftalato (PET) a nivel de subrasante en el C.P. Rataquenua – Huaraz – Ancash”; el autor concluye que la resistencia al corte (CBR) del suelo patrón es de 11.10%, en cambio el suelo mejorado con PET arroja un CBR de 25.30% lo que permite concluir que el PET tiene efecto positivo en la resistencia al corte del suelo aumentándolo en 14.20 %. Con la adición del pet, se obtuvo mejores densidades en dos calicatas y mejores humedades óptimas, el tipo de suelo que presenta la carretera estudiada es un suelo S.C es decir arena arcillosa de plasticidad media, la densidad del suelo sin adición es de 1.834 g/cm<sup>3</sup>, mientras que la densidad del suelo adicionando con PET al 3% arroja 1.851 g/cm<sup>3</sup>, la composición del pet presenta Óxido de Carbono 79.38%, Óxido de Helio 5.59%, Óxido de Hidrógeno 9.01%, Dióxido de Nitrógeno 0.490%, considerándose un polímero de alta cristalinidad, La adición del pet, reduce la cantidad de agua para la compactación, es decir el contenido óptimo de agua, disminuye en gran medida. - El PH del suelo se mantuvo muy fuertemente alcalino al adicionarle la mezcla de 3% de pet y 100% de suelo natural extraído del

tramo rataquenua – Huaraz alcanzó un resultado de 11.86, Esto determina que ambas investigaciones en donde se adicione la Fibra PET, se usó materiales de sus respectivas zonas, siempre y cuando cumplan con los estándares de calidad de acuerdo a las normativas, y da un buen indicio que de que la fibra PET es un buen aditivo para mejorar la calidad de suelos arcillosos. Tenemos a Clever c. (2020) cuya investigación tiene como título “Estabilización de suelos arcillosos mediante el uso de polímeros reciclados PET a nivel de la subrasante de la carretera Juliaca – Caminaca, 2019”, el autor concluye que existe una dosis adecuada de polímero PET reciclado como aditivo para estabilizar la calzada. De acuerdo con los resultados, se puede observar que luego de agregar un 3% de polímero PET reciclado al suelo natural, su capacidad portante CBR se incrementó en 0.58%, alcanzando el 0.87% de la capacidad portante CBR sin agregar tierra, si logramos Agregar un 3% de polímero de PET reciclado, agregar polímero de PET reciclado tratará de mejorar su resistencia a la deformación de la carga del vehículo, porque el polímero es un material duradero de baja densidad que ayuda a generar una mayor fricción y Resistencia al corte. El uso de polímero PET reciclado reduce el grosor del diseño de la estructura de la acera. En el diseño estructural de un pavimento flexible, depende de la calidad del material del lecho de la carretera y, en gran medida, depende del grosor del pavimento, es decir, lecho de la carretera, capa base y capa de asfalto. La reducción de espesor es mínima, porque cuando se agregan polímeros reciclados, el PET aumenta el CBR del suelo natural en un 0.87%. también tenemos George M. (2020) cuyo tema de investigación es “Influencia de la dosificación de fibras de polietileno tereftalato, sobre el índice de CBR y compresión simple de un suelo arcilloso aplicado a sub rasantes”, el autor llega a la conclusión de que el suelo se caracteriza por ensayos de acuerdo con estándares internacionales, y se realiza en 4 capas de suelo con una profundidad de 50 cm cada una. Los principales suelos del estrato obtenido son CL según SUCS y A6 según AASHTO (arcilla plástica media), y sus propiedades mecánicas no son suficientes para su uso como calzada. Con respecto a la prueba de compresión simple, se concluyó que cuando se utilizó 1,5% de fibra de PET, el incremento máximo

en la tensión de la arcilla fue de 37,1%. Para el mismo porcentaje de fibra de PET, el índice CBR aumentó en un 80%. Además, el índice CBR de suelos que contienen 0.5% a 1.5% de dichas fibras aumentó en 5.4% (de 74.6% a 80%) en relación a cambios en el porcentaje de fibras plásticas PET, mientras que, en suelos no estabilizados, Hasta un 0,5% de la fibra PET aumentó en un 74,6%. Por lo tanto, se puede determinar que la fibra de PET afecta la estabilización de la arcilla, y el valor del índice CBR y la tensión máxima se incrementan hasta un 1,5% de la fibra a través de la prueba de compresión.

## VI. CONCLUSIONES

- 6.1.** Se concluye que teniendo como antecedente con respecto a las propiedades físicas y químicas de la fibra PET, se determinó mediante la tabla de especificaciones técnicas las siguientes propiedades, que es un polímero que se obtiene entre el ácido tereftálico y el etilenglicol con una densidad amorfica de 1.33 – 1.37 g/cm<sup>3</sup> y una densidad cristalina de 1.45 – 1.51 g/cm<sup>3</sup>, con una resistencia a combustibles, grasas, alcoholes, etc. Como permeabilidad tiene una excelente barrera al CO<sub>2</sub> y O<sub>2</sub>.
- 6.2.** Se Determinó que a través de los ensayos realizados en el laboratorio Wth laboratorio de suelos se determinó las propiedades físicas del suelo, dando como un suelo arcilloso de mediana plasticidad, pasando por la malla N° 200 más del 50% según la normativa, se realizó 4 estratos de 50 cm de profundidad cada uno, profundidad 0.5 metros obteniendo los resultados, Límite Líquido = 39.78%, Índice Plástico = 18.55, Densidad Máxima 1.794 gr/cm<sup>3</sup>, optimo contenido de humedad 12.70%. profundidad 1.0 metros obteniendo los resultados Límite Líquido = 37.49%, Índice Plástico = 15.23, Densidad Máxima 1.820 gr/cm<sup>3</sup>, optimo contenido de humedad 12%. profundidad 1.5 metros obteniendo los resultados, límite Líquido = 40.69%, Índice Plástico = 17.15, Densidad Máxima 1.759 gr/cm<sup>3</sup>, optimo contenido de humedad 12.95%. profundidad 2.0 metros obteniendo los resultados, Límite Líquido = 41.75%, Índice Plástico = 18.55, Densidad Máxima 1.779 gr/cm<sup>3</sup>, optimo contenido de humedad 13.21%,
- 6.3.** De acuerdo a los ensayos realizados en las tres dosificaciones que se realizó con la adición de la fibra PET el contenido de humedad va disminuyendo y la densidad máxima va aumentado y esto se da en la profundidad de 2.00 metros, cuyos resultados al 1% del contenido de humedad es de 12.85 % y su densidad máxima es de 1.784 gr/cm<sup>2</sup>, al 2% el contenido de humedad es de 12.3 % y su densidad máxima es de 1.779 gr/cm<sup>2</sup> y finalmente al 3% su contenido de humedad es 11.8% y su densidad máxima es de 1.807 gr/cm<sup>2</sup>.

- 6.4.** Con respecto al ensayo CBR se concluye que al utilizar el 3% de la fibra PET se obtuvo una mejora del 90%. Además, se concluye con relación a los demás porcentajes adicionando la Fibra PET, los suelos que contengan el 1% de adición de Fibra PET se incrementa un 50% y al 2% de adición de Fibra PET se incrementa en un 75%. Dando como mayor porcentaje de mejora al suelo arcillo al 3%.
- 6.5.** Se determinó que el costo del suelo con la adición de la fibra PET del 3% fue ligeramente mayor que al suelo sin la adición de la fibra PET, llegando a tener un costo total por metro cuadrado de S/. 10.00 y de S/. 32.50, donde se observa una diferencia de S/. 22.50, resultando aun económico ya que la fibra PET en su totalidad es reciclable.

## **VII. RECOMENDACIONES**

- 7.1** Se recomienda a futuras investigaciones que trabajen con este tema, se realicen más estudios a diferentes tipos de suelos con adición de la fibra PET con el objetivo de considerar los efectos de filtración y erosión.
- 7.2** Se recomienda a futuras investigaciones con la fibra PET, a realizar variaciones en el tamaño, la textura y la longitud de la fibra, para poder determinar la influencia para la estabilización de suelos para su uso como subrasante.
- 7.3** Realizar estudios en suelos limosos con adición de la fibra PET en laboratorios y/o centros especializados con el objetivo de relacionar las características con los resultados obtenidos a la aplicación en los suelos, y así evaluar cuál sería su efectividad en este tipo de suelo.
- 7.4** Es recomendable la utilización de la fibra PET en suelos arcillosos de mediana plasticidad con la óptima cantidad de 3%, ya que al adicionar esta fibra aumenta la resistencia del suelo en los parámetros de CBR.
- 7.5** Se recomienda trabajar con la fibra PET ya que es muy económica para la estabilización de suelos y también utilizarlo como objetivo para otros temas relacionados a la ingeniería.



## REFERENCIAS

- Cáceres, G. (2017). *Determinación de los niveles de generación de los residuos sólidos domésticos de la ciudad de moyobamba. moyobamba (Tesis de Pregrado) :Univerdad Nacional de San Martín. s.n., 2017.*  
Disponible en: <http://hdl.handle.net/11458/2670>
- Cardenas, P.(2018). Método de Ensayo para Resistencia a la compresión no confinada de Suelo Cohesivo. (Artículo de Opinión).[https://www.academia.edu/44718476/M%C3%A9todo\\_de\\_Ensayo\\_para\\_Resistencia\\_a\\_la\\_compresi%C3%B3n\\_no\\_confinada\\_de\\_Suelo\\_Cohesivo](https://www.academia.edu/44718476/M%C3%A9todo_de_Ensayo_para_Resistencia_a_la_compresi%C3%B3n_no_confinada_de_Suelo_Cohesivo)
- Camaño, I.(2016). Mejoramiento de un suelo blando de subrasante mediante la adición de cascarilla de arroz y su efecto en el módulo resiliente. (Tesis de Pregrado). Universidad Militar Nueva Granada: s.n., 2016. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10654/15770>
- Capia, C. (2020). *Estabilización de suelos arcillosos mediante el uso de polímeros reciclados PET a nivel de la subrasante de la carretera Juliaca – Caminaca, 2019. JULIACA (Tesis de Pregrado) Universidad Peruana Union: s.n., 2020.* Disponible en: <http://repositorio.upeu.edu.pe/handle/20.500.12840/3156>
- Carvajal, A. (2019). *Evaluación de la resistencia de un suelo arenoso arcilloso con refuerzos de fibras pet. Cundinamarca. Universidad Piloto de Colombia. (Tesis de Pregrado) s.n., 2019.*<http://repository.unipiloto.edu.co/bitstream/handle/20.500.12277/6482/Trabajo%20final%20monografia.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Dávila, J. (2016). *Conceptos metrologicos aplicados a la medicion de contenido de humedad. 2016.* (Artículo de Opinión). Disponible en: <https://www.cenam.mx/eventos/enme/docs>

Delgado, A. (2018). *Ensayo de proctor estandar modificado y ensayo cbr*. Lima : s.n., 2018. [https://kupdf.net/download/ntp-339145-cbr\\_598b9171dc0d60ed58300d1d\\_pdf](https://kupdf.net/download/ntp-339145-cbr_598b9171dc0d60ed58300d1d_pdf)

Errázuris, M. (2019). *8 iniciativas a nivel global contra la contaminación por plásticos. (Artículo de Opinion)*. <https://laderasur.com/articulo/8-iniciativas-a-nivel-global-contra-la-contaminacion-por-plasticos/>.

Espinosa, M. (2013). Suelos arcillosos reforzados con materiales de plástico reciclado (PET). ANTOQUIA : (Artículo de Opinion) s.n., 2013. Disponible en: <https://repository.eia.edu.co/handle/11190/265>

Flores, P. (2019). *Evaluación de la adición de fibras pet provenientes del reciclaje de botellas a la subrasante del suelo, en el área de estacionamiento de la clínica usat, 2018-2019. Universidad Catolica Santo Toribio (Tesis de Pregrado) s.n., 2019.* Disponible en: <https://tesis.usat.edu.pe/handle/20.500.12423/2125>

Gomez, A. (2017). *La calidad de los suelos. Pen nstate extension*. Disponible en: <https://extension.psu.edu/introduccion-a-los-suelos-la-calidad-de-los-suelos>

Guzman, M. (2019). *Evaluacion de resistencia del nivel de subarasante mediante el uso de polimeros reciclados en el distrito de la Victoria – 2019. Universidad Particular de Chiclayo (Tesis de Pregrado)*. Disponibel en: <http://repositorio.udch.edu.pe/bitstream>

Indecopi (2014). *Método de ensayo para determinar el peso específico relativo de las partículas sólidas de un suelo.* [https://www.academia.edu/32864499/NTP339\\_131\\_1999\\_Peso\\_Especifico](https://www.academia.edu/32864499/NTP339_131_1999_Peso_Especifico)

Indecopi (2014). *Metodo de ensayo cbr*.

Disponible en: [https://kupdf.net/download/ntp-339145-cbr\\_598b9171dc0d60ed58300d1d\\_pdf](https://kupdf.net/download/ntp-339145-cbr_598b9171dc0d60ed58300d1d_pdf)

Lanza, G. (1999). *Educación ambiental para el trópico de cochabamba. (Articulo de Opinion)* : s.n., 1999.

Disponible en: <http://www.fao.org/3/ah648s/AH648S00.htm>

Lopez, C. (2016). *Reciclado del plástico pet para la obtención de fibra textil*.

Disponible en: [http://www.edutecne.utn.edu.ar/trabajo\\_final/reciclado\\_PET.pdf](http://www.edutecne.utn.edu.ar/trabajo_final/reciclado_PET.pdf)

Lozana, C. (2017). *Metodo de ensayo para determinar el constenido de humedad del suelo. 2017. (Manual de Ensayo de Materiales)*.

[https://www.cesmec.cl/medios/DIC/normas/ASTMD2166\\_06E.pdf](https://www.cesmec.cl/medios/DIC/normas/ASTMD2166_06E.pdf)

MacArthur, Ellen. 2017. *Ministerio dle ambiente-Perú*

Disponible en: <http://www.minam.gob.pe/menos-plastico-mas-vida/cifras-del-mundo-y-el-peru/>.

Mendez, G. (2020). *influencia de la dosificación de fibras de polietileno tereftalato, sobre el índice de cbr y compresión simple de un suelo arcilloso aplicado a sub rasantes.Universidad Nacional de Trujillo (Tesis de Pregrado)* : s.n., 2020.

<https://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/16168?show=full>

Marques, D. (2019). *Mejoramiento de la estabilización en la subrasante de suelos arcillosos usando plásticos reciclados pet en el distrito la encantada, provincia de Morropon – Piura 2019 . Universidad Nacional de Piura (Tesis de Pregrado)* : s.n., 2019.

<https://repositorio.unp.edu.pe/bitstream/handle>

Ministerio C (2018). *Manual de carreteras, suelos, geología geotécnica y pavimentos*. Lima : s.n., 2013 . Disponible en: [http://transparencia.mtc.gob.pe/idm\\_docs/P\\_recientes/4515.pdf](http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/P_recientes/4515.pdf)

Ministerio E. F. (2016). *Pautas metodológicas para el desarrollo de alternativas de pavimentos en la formulación y evaluación social de proyectos de inversión pública de carreteras* Disponible en: <https://cdn.www.gob.pe/uploads/document/file/259003/232247>

Norma T.P. (2016) . *Manual de ensayo de materiales* . LIMA : s.n., 2016.  
Disponible en:  
<https://vdocuments.mx/ntp-339127-contenido-de-humedad.html>

Núñez, I. (2019). *Influencia de la adición de fibras de pet reciclado sobre la resistencia, cohesión y ángulo de fricción interna de suelos arcillosos aplicado a la estabilidad de taludes*. Universidad Nacional de Trujillo. (Tesis de Pregrado). Disponible en: <https://dspace.unitru.edu.pe/handle/UNITRU/11114>

Ponce, D. (2017). *Uso del cloruro de calcio para estabilización de la subrasante en suelos arcillosos de la avenida Ccoripaccha - Puyhuan Grande – Huancavelica*. (Tesis de Pregrado). Universidad Nacional de Huancavelica. Disponible en: <http://repositorio.unh.edu.pe/handle/UNH/1414>

Palomino, A. (2017). SLIDESHARE.

Disponible en: <https://es.slideshare.net/TooPalomino/clase-01-suelos-de-subrasante>.

Pascual, E. (2020). El block verde.

Disponible en: <https://elblogverde.com/clasificacion-plasticos/>.

Quispe, B. (2014). *Mejoramiento de subrasantes de baja capacidad portante mediante el uso de polímeros reciclados en carreteras, Paucará Huancavelica 2014. s.n., 2014. Universas Nacional del Centro del Peru. (Tesis de Pregrado)* Disponible en:

<https://docplayer.es/93281636-Universidad-nacional-del-centro-del-peru.html>

Ramos, G. (2014). *Mejoramiento de subrasantes de baja capacidad portante mediante el uso de polímeros reciclados en carreteras, Paucará Huancavelica 2014. : s.n., 2014. Universidad Nacional del Centro del Peru. (Tesis de Pregrado).*

Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.12894/416>

Rossel, A. (2014) *Aprueban Normas Técnicas Peruanas sobre suelos*

Disponible en: <https://busquedas.elperuano.pe/download/url/aprueban-normas-tecnicas-peruanas-sobre-suelos-res-n-91-2014cnb-indecopi-1134012-4>.

Reyes, S. (2017). Pasos y procedimiento para determinar el cbr en laboratorio. 2017. Disponible en:

<https://es.slideshare.net/SAMIYIVA/pasos-y-procedimiento-para-determinar-el-cbr-en-laboratorio>

SACSA, G. (2015). Características del suelo arcilloso.

Disponible en: <http://www.gruposacsa.com.mx/caracteristicas-del-suelo-arcilloso/>.

Sanchez, M. (2014). *Estudio de viabilidad técnica de la implementación del polietileno tereftalato como material para estabilización de taludes. s.n., 2014. Universidad Católica de Colombia. (Tesis de Pregrado).*

Disponible en: <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/1703>

Serrano, E. (2019). *Análisis de los cambios en las propiedades mecánicas de materiales de subrasante por la adición de materiales poliméricos reciclados*. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/>

Sistema I. P. (2015). *Pautas metodológicas para el desarrollo de alternativas de pavimentos en la formulación y evaluación social de proyectos de inversión pública de carreteras*. Disponible en: [https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv\\_publica/docs/normas/normasv/2015/RD003-2015](https://www.mef.gob.pe/contenidos/inv_publica/docs/normas/normasv/2015/RD003-2015)

Suasnavas, D. (2017). *Degradación de materiales plásticos "pet", como alternativa para su gestión*. Disponible en: <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/>

Villanueva, R. (2019). *Resistencia al corte de un suelo arcilloso, adicionando el 3% de polietileno tereftalato (pet) a nivel de subrasante en c.p. rataquenua-huaraz-ancash. Universisias San Pedro (Tesis de Pregrado)*. Disponible en: <http://repositorio.usanpedro.edu.pe/handle/USANPEDRO/14282>

Vivar, G. (2016). *NORMA TECNICA ESPECIALIZADO DE LA NTE CE. 0.10 PAVIMNETOS URBANOS. 2016*. Disponible en: [https://cdn-web.construccion.org/normas/files/tecnicas/Pavimentos\\_Urbanos.pdf](https://cdn-web.construccion.org/normas/files/tecnicas/Pavimentos_Urbanos.pdf)

Ydrogo, E. (2019). *Estabilización de la subrasante en suelos adicionando la resina de plátano en el tramo Cacatachi – Chirapa, 2019. Universidad Cesar Vallejo. (Tesis de Pregrado) : s.n., 2019*. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/46162>

Zeballos, M. (2019). *Uso de polímeros pet triturados para mejorar la subrasante del centro poblado la golondrina entre las progresivas 0+000 hasta 1+000 del distrito de marcavelica – sullana – piura. Universidad Cesar Vallejo. (Tesis de Pregrado). Disponible en:*  
<https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/>

## ANEXO 01: Resultados de la densidad máxima

% Fibra PET	<b>Calicata 01</b>			
	<b>0.5</b>	<b>1.0</b>	<b>1.5</b>	<b>2.0</b>
0%	1.794	1.820	1.759	1.779
1%	1.814	1.839	1.756	1.784
2%	1.825	1.853	1.735	1.799
3%	1.835	1.866	1.845	1.807

Fuente: elaboración propia de la tesista

## ANEXO 02: Humedad Natural



**Proyecto:** Diseño de una sub rasante con adición de fibra PET para mejorar la calidad de los suelos arcillosos, Tarapoto – 2020  
**Localización:** sector ventanilla, distrito de la banda de shilcayo  
**Muestra:**  
**Material:** suelo arcilloso  
**Para Uso :**  
**Perforación:** Perforación: Profundidad de Muestra: 0.00 - 0.50  
 Fecha: 22/04/2021

### HUMEDAD NATURAL : ASTM D - 2216

LATA	1	2	3
PESO DE LATA grs	57.60	61.23	59.80
PESO DEL SUELO HUMEDO + LATA grs	255.40	243.20	278.20
PESO DEL SUELO SECO + LATA grs	235.40	224.60	255.65
PESO DEL AGUA grs	20.00	18.60	22.55
PESO DEL SUELO SECO grs	177.80	163.37	195.85
% DE HUMEDAD	11.25	11.39	11.51
<b>PROMEDIO % DE HUMEDAD</b>	11.38		



**Proyecto:** Diseño de una subrasante con adición de fibra PET para mejorar la calidad de los suelos arcillosos Tarapoto 2020

**Localización:** sector ventanilla, distrito de la banda de shilcayo

**Muestra:**

**Material:** suelo arcilloso

**Para Uso :**

**Perforación:** Perforación: Profundidad de Muestra: 0.50 - 1.00 m  
Fecha: 22/04/2021

**HUMEDAD NATURAL : ASTM D - 2216**

LATA	1	2	3
PESO DE LATA grs	66.77	68.70	61.21
PESO DEL SUELO HUMEDO + LATA grs	282.10	302.30	279.20
PESO DEL SUELO SECO + LATA grs	254.30	272.10	251.00
PESO DEL AGUA grs	27.80	30.20	28.20
PESO DEL SUELO SECO grs	187.53	203.40	189.79
% DE HUMEDAD	14.82	14.85	14.86
<b>PROMEDIO % DE HUMEDAD</b>	14.84		

**Proyecto:** Diseño de una sub rasante con adición de fibra PET para mejorar la calidad de los suelos arcillosos, Tarapoto – 2020

**Localización:** sector ventanilla, distrito de la banda de shilcayo

**Muestra:**

**Material:** suelo arcilloso

**Para Uso :**

**Perforación:** Perforación: Profundidad de Muestra: 1.00 - 2.00 m  
Fecha: 22/04/2021

**HUMEDAD NATURAL : ASTM D - 2216**

LATA	1	2	3
PESO DE LATA grs	55.44	65.40	61.23
PESO DEL SUELO HUMEDO + LATA grs	232.30	254.30	243.20
PESO DEL SUELO SECO + LATA grs	213.20	233.70	223.30
PESO DEL AGUA grs	19.10	20.60	19.90
PESO DEL SUELO SECO grs	157.76	168.30	162.07
% DE HUMEDAD	12.11	12.24	12.28
<b>PROMEDIO % DE HUMEDAD</b>	12.21		

# ANEXO 03: Granulometría

Proyecto:	Diseño de una sub rasante con adición de fibra PET para mejorar la calidad de los suelos arcillosos, Tarapoto – 2020		
Localización:	sector ventanilla, distrito de la banda de shilcayo		
Muestra:	0	Perforación:	0.00
Material:	suelo arcilloso	Profundidad de Muestra:	0.00 - 0.50
Para Uso:	0	Fecha:	22/04/2021

## ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO ASTM D - 422

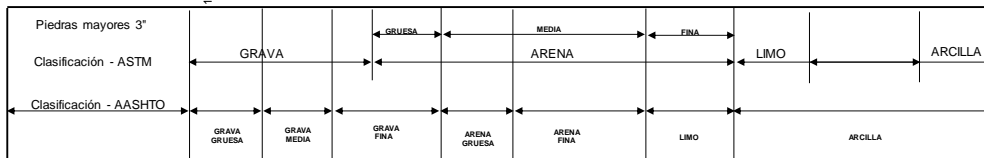
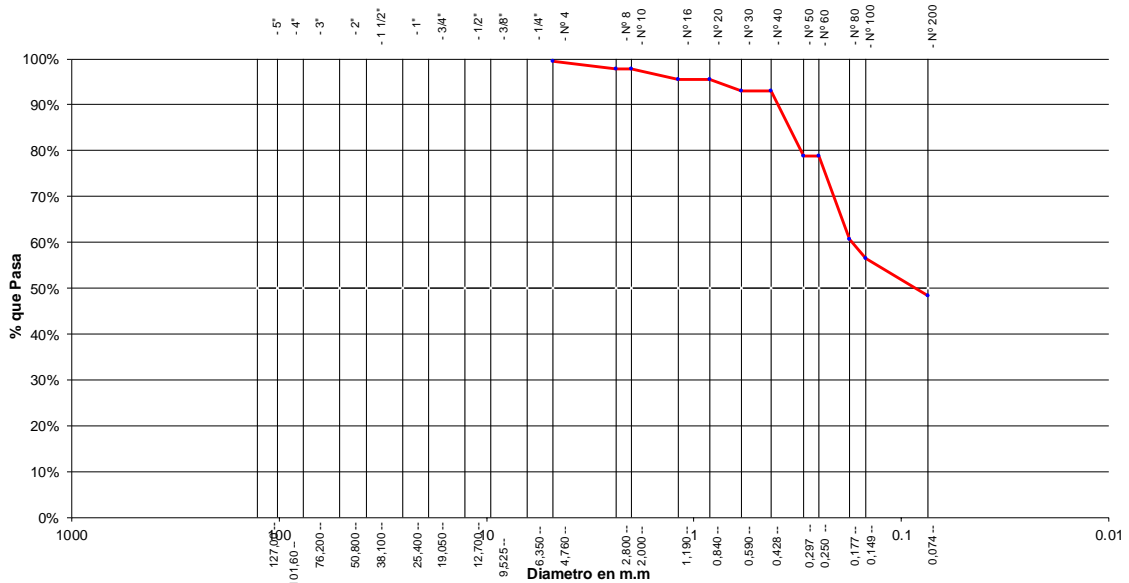
Tamices		Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificaciones	Tamaño Máximo:
Ø	(mm)						
5"	127.00						Modulo de Fineza AF: _____
4"	101.60						Modulo de Fineza AG: _____
3"	76.20						Equivalente de Arena: _____
2"	50.80						Descripción Muestra: Arcilla arenosa con mezcla de gravas
1 1/2"	38.10						
1"	25.40						
3/4"	19.050						
1/2"	12.700						
3/8"	9.525						
1/4"	6.350	0.00					
Nº 4	4.760	2.30	0.59%	0.59%	99.41%		
Nº 8	2.380	3.20	0.82%	1.41%	98.59%		
Nº 10	2.000						
Nº 16	1.190	8.70	2.23%	3.64%	96.36%		
Nº 20	0.840						
Nº 30	0.590	33.40	8.57%	12.21%	87.79%		
Nº 40	0.426						
Nº 50	0.297	14.30	3.67%	15.88%	84.12%		
Nº 60	0.250						
Nº 80	0.177	41.20	10.57%	26.45%	73.55%		
Nº 100	0.149	16.50	4.23%	30.68%	69.32%		
Nº 200	0.074	14.30	3.67%	34.35%	65.65%		
Fondo	0.01	255.90	65.65%	100.00%	0.00%		
PESO INICIAL		389.80					

SUCS =	CL	AASHTO =	A-6(10)
LL =	39.78	WT =	
LP =	22.50	WT+SAL =	
IP =	17.28	WSAL =	
IG =		WT+SDL =	
D 90=		WSDL =	
D 60=		%ARC. =	65.65
D 30=		%ERR. =	
D 10=		Cc =	
		Cu =	

**Observaciones :**  
 Arcilla inorgánica de mediana plasticidad de color amarillento, humedo medianamente compacto, con 65.65% de finos (Que pasa la malla Nº 200), Límite Líquido = 39.78%, Índice Plastico = 18.55, Densidad Maxima 1.794 gr/cm3, optimo contenido de humedad 12.70%, CBR al 95% = 7.98 %.

Gráfico de Análisis Granulométrico por Tamizado

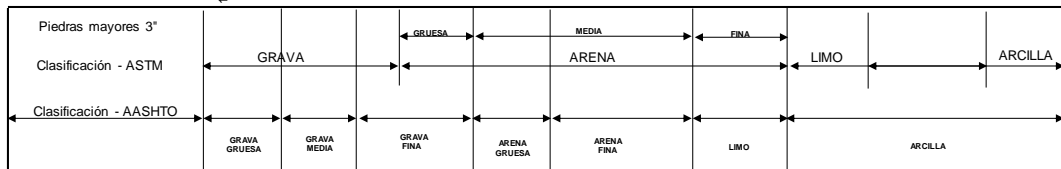
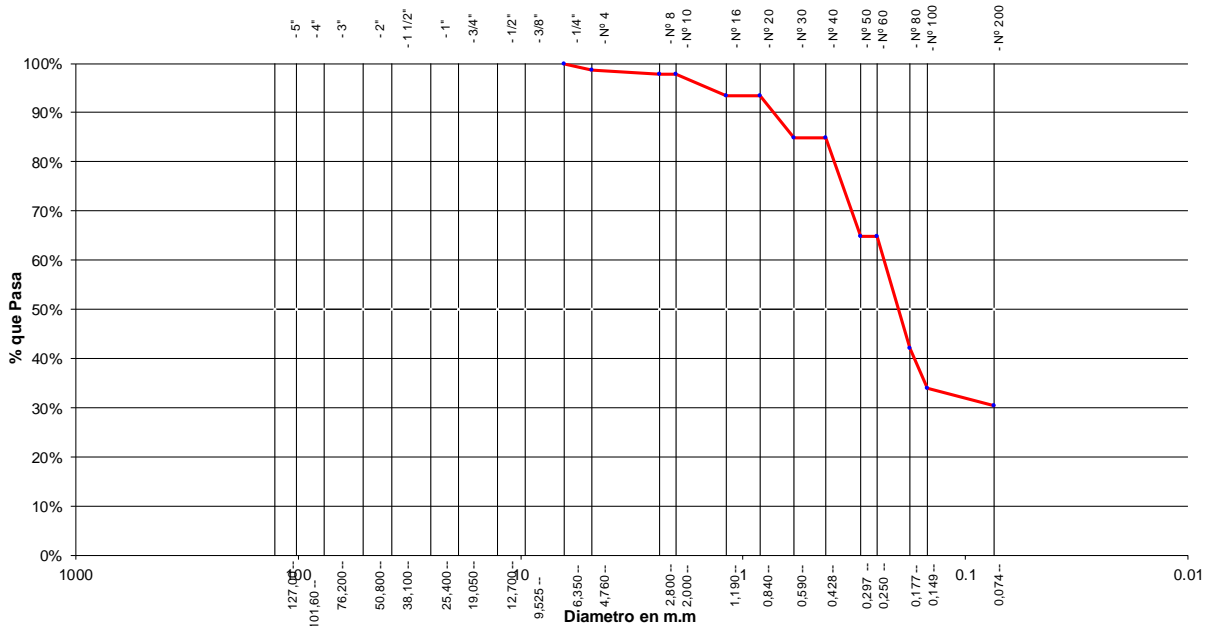


**Proyecto:** Diseño de una subrasante con adición de fibra PET para mejorar la calidad de los suelos arcillosos Tarapoto 2020  
**Localización:** sector ventanilla, distrito de la banda de shilcayo  
**Muestra:** 0 **Perforación:** 0.00  
**Material:** suelo arcilloso **Profundidad de Muestra:** 0.50 - 1.00 m  
**Para Uso:** 0 **Fecha:** 22/04/2021

**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO ASTM D - 422**

Tamices		Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificaciones	Tamaño Máximo:
Ø	(mm)						
5"	127.00						Modulo de Fineza AF: _____
4"	101.60						Modulo de Fineza AG: _____
3"	76.20						Equivalente de Arena: _____
2"	50.80						<b>Descripción Muestra:</b> Arcilla arenosa con mezcla de gravas
1 1/2"	38.10						
1"	25.40						
3/4"	19.050						<b>SUCS =</b> CL <b>AASHTO =</b> A-6(9)
1/2"	12.700						LL = 37.49 WT = _____
3/8"	9.525						LP = 22.26 WT+SAL = _____
1/4"	6.350	0.00	0.00%	0.00%	100.00%		IP = 15.23 WSAL = _____
Nº 4	4.760	4.30	1.11%	1.11%	98.89%		IG = _____ WT+SDL = _____
Nº 8	2.380	2.20	0.57%	1.68%	98.32%		D 90= _____ WSDL = _____
Nº 10	2.000						D 60= _____ %ARC. = 66.83
Nº 16	1.190	16.50	4.27%	5.95%	94.05%		D 30= _____ %ERR. = _____
Nº 20	0.840						D 10= _____ Cc = _____
Nº 30	0.590	33.30	8.62%	14.57%	85.43%		D _____ Cu = _____
Nº 40	0.426						<b>Observaciones :</b>
Nº 50	0.297	13.20	3.42%	17.98%	82.02%		Arcilla inorgánica de mediana plasticidad de color amarillento, humedo medianamente compacto, con 66.83% de finos (Que pasa la malla Nº 200), Limite Líquido = 37.49%, Indice Plástico = 15.23, Densidad Maxima 1.820 gr/cm3, optimo contenido de humedad 12.00%, CBR al 95% = 8.56 %.
Nº 60	0.250						
Nº 80	0.177	31.20	8.07%	26.05%	73.95%		
Nº 100	0.149	11.00	2.85%	28.90%	71.10%		
Nº 200	0.074	16.50	4.27%	33.17%	66.83%		
Fondo	0.01	258.30	66.83%	100.00%	0.00%		
PESO INICIAL		386.50					

**Gráfico de Análisis Granulométrico por Tamizado**



**Proyecto:** Diseño de una sub rasante con adición de fibra PET para mejorar la calidad de los suelos arcillosos, Tarapoto – 2020  
**Localización:** sector ventanilla, distrito de la banda de shilcayo  
**Muestra:** suelo arcilloso **Perforación:** 0.00  
**Material:** 0 **Profundidad de Muestra:** 1.00 - 2.00 m  
**Para Uso:** 0 **Fecha:** 22/04/2021

**ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO ASTM D - 422**

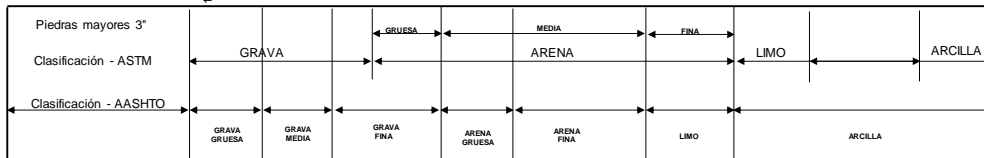
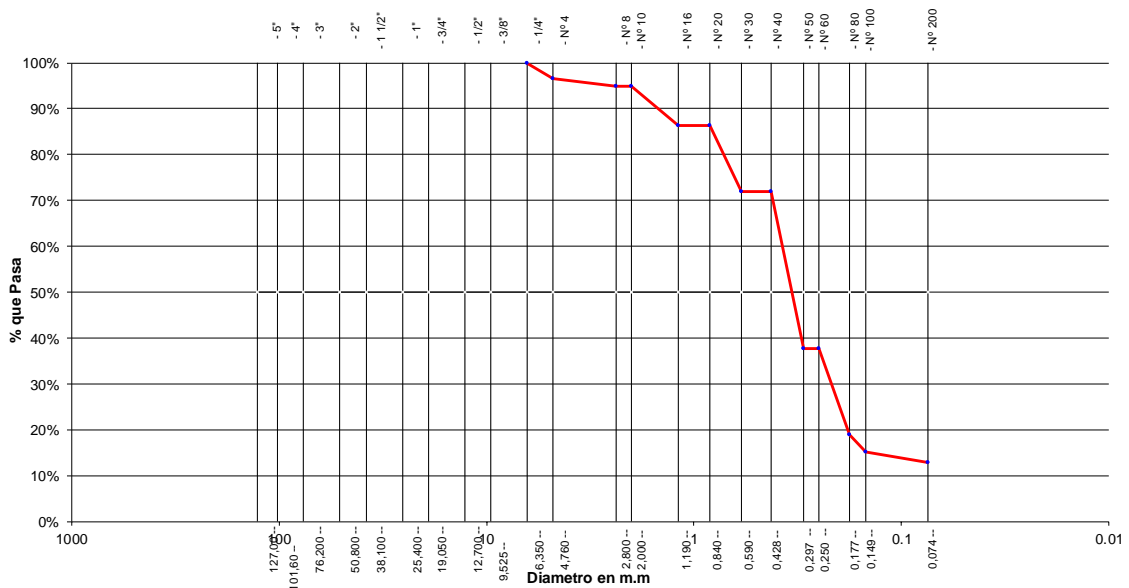
Tamices		Peso Retenido	% Retenido Parcial	% Retenido Acumulado	% Que Pasa	Especificaciones	Tamaño Máximo:
Ø	(mm)						Modulo de Fineza AF:
5"	127.00						Modulo de Fineza AG:
4"	101.60						Equivalente de Arena:
3"	76.20						<b>Descripción Muestra:</b>
2"	50.80						Arcilla arenosa con mezcla de gravas
1 1/2"	38.10						
1"	25.40						
3/4"	19.050						
1/2"	12.700						
3/8"	9.525						
1/4"	6.350	0.00	0.00%	0.00%	100.00%		
Nº 4	4.760	2.20	0.57%	0.57%	99.43%		
Nº 8	2.380	3.20	0.83%	1.40%	98.60%		
Nº 10	2.000						
Nº 16	1.190	9.20	2.38%	3.78%	96.22%		
Nº 20	0.840						
Nº 30	0.590	9.80	2.54%	6.31%	93.69%		
Nº 40	0.426						
Nº 50	0.297	24.40	6.31%	12.63%	87.37%		
Nº 60	0.250						
Nº 80	0.177	15.40	3.98%	16.61%	83.39%		
Nº 100	0.149	35.40	9.16%	25.77%	74.23%		
Nº 200	0.074	7.60	1.97%	27.74%	72.26%		
Fondo	0.01	279.30	72.26%	100.00%	0.00%		
PESO INICIAL		386.50					

SUCS =	CL	AASHTO =	A-7-6(13)
LL =	41.75	WT =	
LP =	23.20	WT+SAL =	
IP =	18.55	WSAL =	
IG =		WT+SDL =	
D 90=		WSDL =	
D 60=		%ARC. =	72.26
D 30=		%ERR. =	
D 10=		Cc =	
		Cu =	

**Observaciones :**  
 Arcilla inorgánica de mediana plasticidad de color amarillento, humedo medianamente compacto, con 72.26% de finos (Que pasa la malla Nº 200), Límite Líquido = 41.75%, Índice Plastico = 18.55, Densidad Maxima 1.779 gr/cm3, optimo contenido de humedad 13.21%, CBR al 95% = 7.90%.

**Gráfico de Análisis Granulométrico por Tamizado**

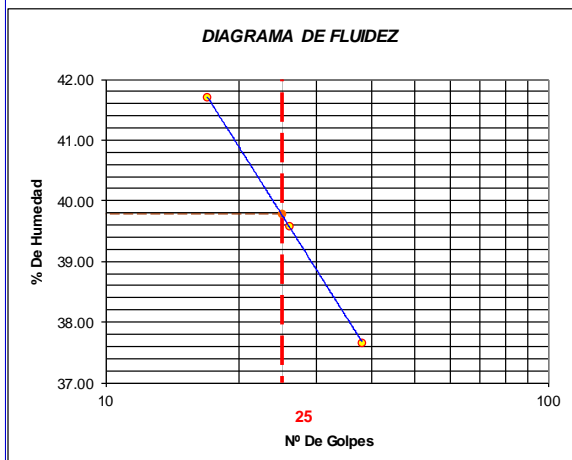


## ANEXO 04: Limites

<b>Proyecto:</b>	Diseño de una sub rasante con adición de fibra PET para mejorar la calidad de los suelos arcillosos, Tarapoto – 2020		
<b>Localización:</b>	sector ventanilla, distrito de la banda de shilcayo		
<b>Muestra:</b>	0	<b>Perforación:</b>	0.00
<b>Material:</b>	suelo arcilloso	<b>Profundidad de la Muestra:</b>	0.00 - 0.50
<b>Para Uso:</b>	0	<b>Fecha:</b>	22/04/2021

### LIMITE LIQUIDO : ASTM D - 4318

LATA	1	2	3
PESO DE LATA grs	18.45	18.77	18.71
PESO DEL SUELO HUMEDO + LATA grs	37.65	38.55	37.90
PESO DEL SUELO SECO + LATA grs	32.00	32.94	32.65
PESO DEL AGUA grs	5.65	5.61	5.25
PESO DEL SUELO SECO grs	13.55	14.17	13.94
% DE HUMEDAD	41.70	39.59	37.66
NUMERO DE GOLPES	17	26	38



Indice de Flujo Fi	
Límite de contracción (%)	
Límite Líquido (%)	39.78
Límite Plástico (%)	22.50
Indice de Plasticidad Ip (%)	17.28
Clasificación SUCS	CL
Clasificación AASHTO	A-6(10)
Indice de consistencia Ic	

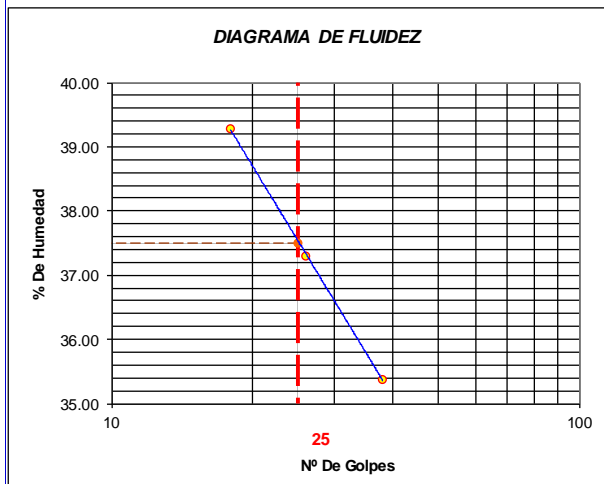
### LIMITE PLASTICO : ASTM D - 4318

LATA	1	2	3
PESO DE LATA grs	16.77	17.12	16.88
PESO DEL SUELO HUMEDO + LATA grs	32.23	33.24	32.78
PESO DEL SUELO SECO + LATA grs	29.40	30.28	29.85
PESO DEL AGUA grs	2.83	2.96	2.93
PESO DEL SUELO SECO grs	12.63	13.16	12.97
% DE HUMEDAD	22.41	22.49	22.59
% PROMEDIO	22.50		

**Proyecto:** Diseño de una subrasante con adición de fibra PET para mejorar la calidad de los suelos arcillosos Tarapoto 2020  
**Localización:** sector ventanilla, distrito de la banda de shilcayo  
**Muestra:** 0 **Perforación:** 0.00  
**Material:** suelo arcilloso **Profundidad de la Muestra:** 0.50 - 1.00 m  
**Para Uso:** 0 **Fecha:** 22/04/2021

**LIMITE LIQUIDO : ASTM D - 4318**

LATA	1	2	3
PESO DE LATA grs	18.90	18.55	18.81
PESO DEL SUELO HUMEDO + LATA grs	36.56	36.40	36.91
PESO DEL SUELO SECO + LATA grs	31.58	31.55	32.18
PESO DEL AGUA grs	4.98	4.85	4.73
PESO DEL SUELO SECO grs	12.68	13.00	13.37
% DE HUMEDAD	39.27	37.31	35.38
NUMERO DE GOLPES	18	26	38



Indice de Flujo Fi	
Limite de contracción (%)	
Limite Líquido (%)	37.49
Limite Plástico (%)	22.26
Indice de Plasticidad Ip (%)	15.23
Clasificación SUCS	CL
Clasificación AASHTO	A-6(9)
Indice de consistencia Ic	

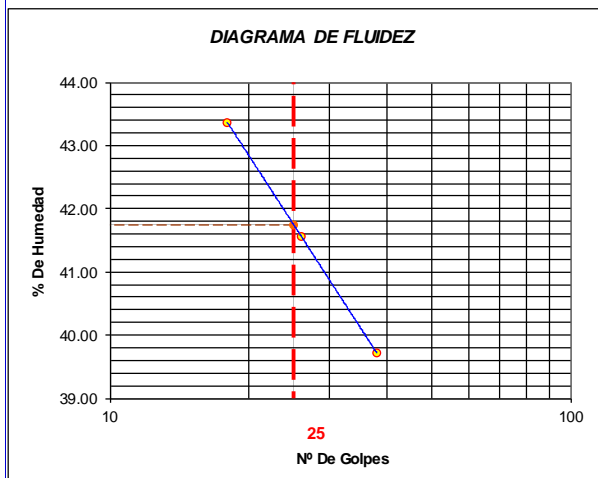
**LIMITE PLASTICO : ASTM D - 4318**

LATA	1	2	3
PESO DE LATA grs	17.55	18.33	17.54
PESO DEL SUELO HUMEDO + LATA grs	31.66	32.55	32.33
PESO DEL SUELO SECO + LATA grs	29.10	29.96	29.63
PESO DEL AGUA grs	2.56	2.59	2.70
PESO DEL SUELO SECO grs	11.55	11.63	12.09
% DE HUMEDAD	22.16	22.27	22.33
% PROMEDIO		22.26	

**Proyecto:** Diseño de una sub rasante con adición de fibra PET para mejorar la calidad de los suelos arcillosos, Tarapoto – 2020  
**Localización:** sector ventanilla, distrito de la banda de shilcayo  
**Muestra:** suelo arcilloso  
**Material:** 0  
**Para Uso:** 0  
**Perforación:** 0.00  
**Profundidad de la Muestra:** 1.00 - 2.00 m  
**Fecha:** 22/04/2021

**LIMITE LIQUIDO : ASTM D - 4318**

LATA	1	2	3
PESO DE LATA grs	19.44	19.12	19.66
PESO DEL SUELO HUMEDO + LATA grs	35.44	35.30	36.30
PESO DEL SUELO SECO + LATA grs	30.60	30.55	31.57
PESO DEL AGUA grs	4.84	4.75	4.73
PESO DEL SUELO SECO grs	11.16	11.43	11.91
% DE HUMEDAD	43.37	41.56	39.71
NUMERO DE GOLPES	18	26	38



Índice de Flujo Fi	
Límite de contracción (%)	
Límite Líquido (%)	41.75
Límite Plástico (%)	23.20
Índice de Plasticidad Ip (%)	18.55
Clasificación SUCS	CL
Clasificación AASHTO	A-7-6(13)
Índice de consistencia Ic	

**LIMITE PLASTICO : ASTM D - 4318**

LATA	1	2	3
PESO DE LATA grs	13.22	13.66	12.55
PESO DEL SUELO HUMEDO + LATA grs	23.66	23.60	23.82
PESO DEL SUELO SECO + LATA grs	21.70	21.73	21.69
PESO DEL AGUA grs	1.96	1.87	2.13
PESO DEL SUELO SECO grs	8.48	8.07	9.14
% DE HUMEDAD	23.11	23.17	23.30
% PROMEDIO	23.20		

# ANEXO 04: Proctor modificado

**Proyecto:** Diseño de una sub rasante con adición de fibra PET para mejorar la calidad de los suelos arcillosos, Tarapoto – 2020  
**Localización:** sector ventanilla, distrito de la banda de shilcayo  
**Muestra:** 0 **Perforación:** 0  
**Material:** suelo arcilloso **Profundidad de Muestra:** 0.00 - 0.50  
**Para Uso:** 0 **Fecha:** 22/04/2021

**Nº Golpes / capa:** 56 **Nº Capas:** 5 **Peso del Martillo:** 10 Lbs.  
**Dimensiones del Molde:** **Diametro:** 15.10 **Altura:** 12.2 **Vol.** 2177  
**Sobrecarga:** 10 Lbs.

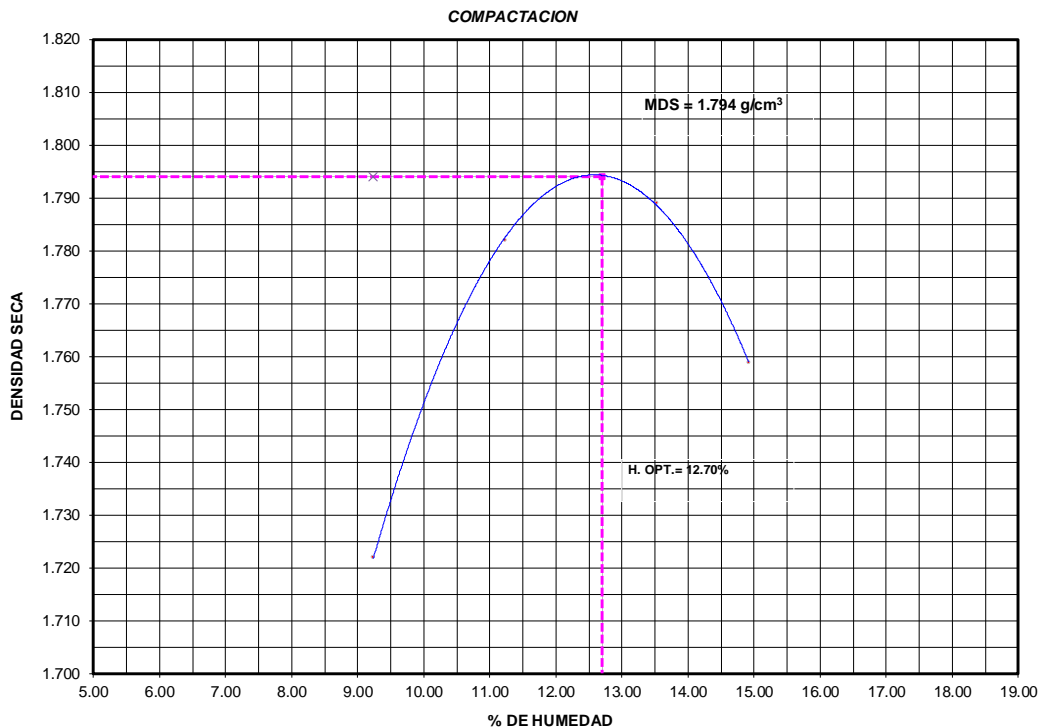
## RELACION DENSIDAD - HUMEDAD (PROCTOR MODIFICADO) ASTM D-1557

### DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

MUESTRA Nº	1	2	3	4
PESO DEL TARRO (grs)	56.78	56.78	55.85	56.60
PESO DEL TARRO+MUESTRA HUMEDA	254.30	287.60	276.50	265.40
PESO DEL TARRO+ MUESTRA SECA (grs)	237.60	264.30	250.20	238.30
PESO DEL AGUA (grs)	16.70	23.30	26.30	27.10
PESO DEL MATERIAL SECO (grs)	180.8	207.5	194.4	181.7
CONTENIDO DE HUMEDAD (grs)	9.24	11.23	13.53	14.91
% PROMEDIO	9.24	11.23	13.53	14.91

### DETERMINACION DE LA DENSIDAD

CONTENIDO DE HUMEDAD %	9.24	11.23	13.53	14.91
PESO DEL SUELO+MOLDE (grs)	10540	10760	10867	10845
PESO DEL MOLDE (grs)	6445	6445	6445	6445
PESO DEL SUELO (grs)	4095	4315	4422	4400
DENSIDAD HUMEDA (grs/cm3)	1.881	1.982	2.031	2.021
DENSIDAD SECA (grs/cm3)	1.722	1.782	1.789	1.759
			Densidad Máxima (grs/cm3)	1.794
			Humedad Óptima%	12.70





**Proyecto:** Diseño de una subrasante con adición de fibra PET para mejorar la calidad de los suelos arcillosos Tarapoto 2020  
**Localización:** sector ventanilla, distrito de la banda de shilcayo  
**Muestra:** 0 **Perforación:** 0  
**Material:** suelo arcilloso **Profundidad de Muestra:** 0.50 - 1.00 m  
**Para Uso:** 0 **Fecha:** 22/04/2021

**Nº Golpes / capa:** 56 **Nº Capas:** 5 **Peso del Martillo:** 10 Lbs.  
**Dimensiones del Molde:** **Diametro:** 15.10 **Altura:** 12.2 **Vol.:** 2177  
**Sobrecarga:** 10 Lbs.

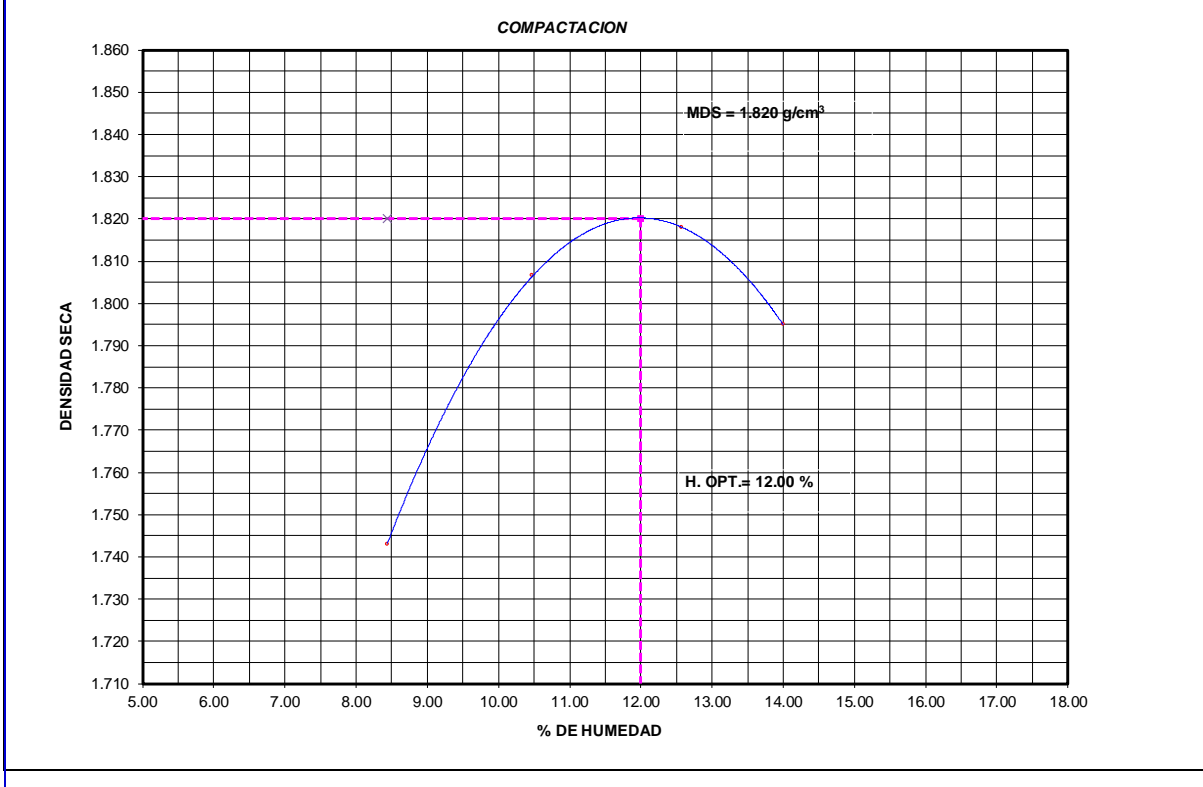
**RELACION DENSIDAD - HUMEDAD (PROCTOR MODIFICADO) ASTM D-1557**

**DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD**

MUESTRA Nº	1	2	3	4
PESO DEL TARRO (grs)	61.43	58.54	59.65	63.20
PESO DEL TARRO+MUESTRA HUMEDA	285.43	303.20	321.20	282.30
PESO DEL TARRO+ MUESTRA SECA (grs)	268.00	280.00	292.00	255.40
PESO DEL AGUA (grs)	17.43	23.20	29.20	26.90
PESO DEL MATERIAL SECO (grs)	206.6	221.5	232.4	192.2
CONTENIDO DE HUMEDAD (grs)	8.44	10.48	12.57	14.00
% PROMEDIO	8.44	10.48	12.57	14.00

**DETERMINACION DE LA DENSIDAD**

CONTENIDO DE HUMEDAD %	8.44	10.48	12.57	14.00
PESO DEL SUELO+MOLDE (grs)	10560	10790	10900	10900
PESO DEL MOLDE (grs)	6445	6445	6445	6445
PESO DEL SUELO (grs)	4115	4345	4455	4455
DENSIDAD HUMEDA (grs/cm3)	1.890	1.996	2.046	2.046
DENSIDAD SECA (grs/cm3)	1.743	1.807	1.818	1.795
			Densidad Máxima (grs/cm3)	<b>1.820</b>
			Humedad Optima%	<b>12.00</b>



**Proyecto:** Diseño de una sub rasante con adición de fibra PET para mejorar la calidad de los suelos arcillosos, Tarapoto – 2020  
**Localización:** sector ventanilla, distrito de la banda de shilcayo  
**Muestra:** suelo arcilloso  
**Material:** 0  
**Para Uso:** 0  
**Perforación:** 0  
**Profundidad de Muestra:** 1.00 - 2.00 m  
**Fecha:** 22/04/2021

**Nº Golpes / capa:** 56      **Nº Capas:** 5      **Peso del Martillo:** 10 Lbs.  
**Dimensiones del Molde**      **Diametro:** 15.10      **Altura:** 12.2      **Vol.** 2177  
**Sobrecarga:** 10 Lbs.

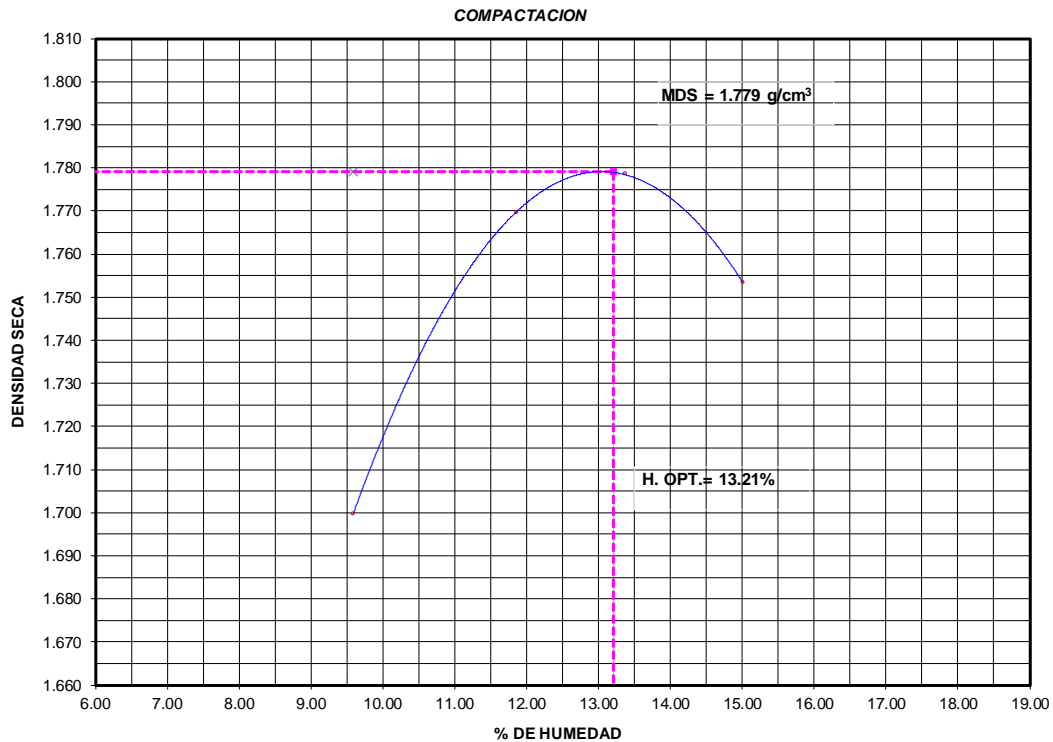
**RELACION DENSIDAD - HUMEDAD (PROCTOR MODIFICADO) ASTM D-1557**

**DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD**

MUESTRA Nº	1	2	3	4
PESO DEL TARRO (grs)	66.75	69.55	65.40	59.30
PESO DEL TARRO+MUESTRA HUMEDA	295.40	267.50	294.30	289.20
PESO DEL TARRO+ MUESTRA SECA (grs)	275.40	246.50	267.30	259.20
PESO DEL AGUA (grs)	20.00	21.00	27.00	30.00
PESO DEL MATERIAL SECO (grs)	208.7	177.0	201.9	199.9
CONTENIDO DE HUMEDAD (grs)	9.59	11.87	13.37	15.01
% PROMEDIO	9.59	11.87	13.37	15.01

**DETERMINACION DE LA DENSIDAD**

CONTENIDO DE HUMEDAD %	9.59	11.87	13.37	15.01
PESO DEL SUELO+MOLDE (grs)	10500	10755	10835	10835
PESO DEL MOLDE (grs)	6445	6445	6445	6445
PESO DEL SUELO (grs)	4055	4310	4390	4390
DENSIDAD HUMEDA (grs/cm3)	1.863	1.980	2.016	2.016
DENSIDAD SECA (grs/cm3)	1.700	1.770	1.779	1.753
			Densidad Máxima (grs/cm3)	1.779
			Humedad Optima%	13.21



# ANEXO 04: Proctor modificado al 1%

**Proyecto:** Diseño de una sub rasante con adición de fibra PET para mejorar la calidad de los suelos arcillosos, Tarapoto – 2020  
**Localización:** sector ventanilla, distrito de la banda de shilcayo  
**Muestra:** suelo arcilloso  
**Material:** 0  
**Para Uso:** 0  
**Perforación:** COMBINACION AL 1% CON FIBRA PET  
**Profundidad de Muestra:** 0.00 - 0.50  
**Fecha:** 22/04/2021

**Nº Golpes / capa:** 56  
**Nº Capas:** 5  
**Dimensiónes del Molde:**  
 Diámetro: 15.10  
 Sobrecarga: 10 Lbs.  
**Altura:** 12.2  
**Peso del Martillo:** 10 Lbs.  
**Vol.:** 2177

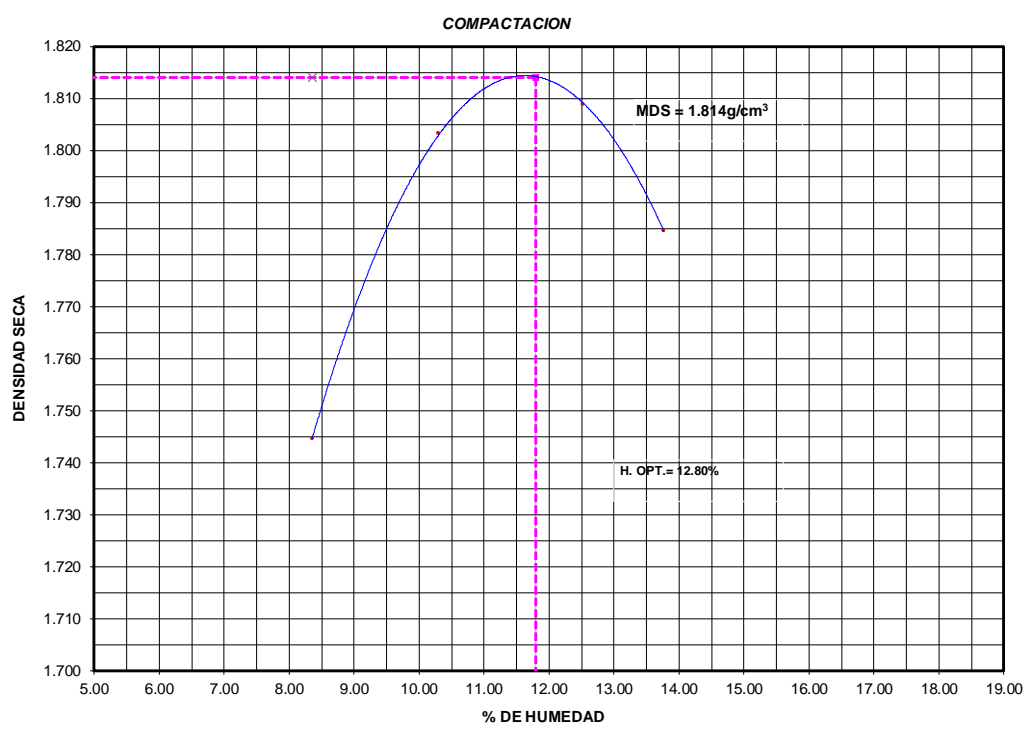
**RELACION DENSIDAD - HUMEDAD (PROCTOR MODIFICADO) ASTM D-1557**

**DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD**

MUESTRA Nº	1	2	3	4
PESO DEL TARRO (grs)	66.54	61.22	71.22	64.32
PESO DEL TARRO+MUESTRA HUMEDA	283.20	274.30	302.20	312.20
PESO DEL TARRO+ MUESTRA SECA (grs)	266.50	254.40	276.50	282.20
PESO DEL AGUA (grs)	16.70	19.90	25.70	30.00
PESO DEL MATERIAL SECO (grs)	200.0	193.2	205.3	217.9
CONTENIDO DE HUMEDAD (grs)	8.35	10.30	12.52	13.77
% PROMEDIO	8.35	10.30	12.52	13.77

**DETERMINACION DE LA DENSIDAD**

	8.35	10.30	12.52	13.77
CONTENIDO DE HUMEDAD %	8.35	10.30	12.52	13.77
PESO DEL SUELO+MOLDE (grs)	10560	10775	10876	10865
PESO DEL MOLDE (grs)	6445	6445	6445	6445
PESO DEL SUELO (grs)	4115	4330	4431	4420
DENSIDAD HUMEDA (grs/cm3)	1.890	1.989	2.035	2.030
DENSIDAD SECA (grs/cm3)	1.744	1.803	1.809	1.785
			Densidad Máxima (grs/cm3)	<b>1.814</b>
			Humedad Óptima%	<b>11.80</b>



**Proyecto:** Diseño de una sub rasante con adición de fibra PET para mejorar la calidad de los suelos arcillosos, Tarapoto – 2020  
**Localización:** sector ventanilla, distrito de la banda de shilcayo  
**Muestra:** suelo arcilloso  
**Material:** 0  
**Para Uso:** 0  
**Perforación:** COMBINACION AL 1% CON FIBRA PET  
**Profundidad de Muestra:** 0.50 - 1.00 m  
**Fecha:** 22/04/2021

**Nº Golpes / capa:** 56      **Nº Capas:** 5      **Peso del Martillo:** 10 Lbs.  
**Dimensiones del Molde**      **Diametro:** 15.10      **Altura:** 12.2      **Vol.** 2177  
**Sobrecarga:** 10 Lbs.

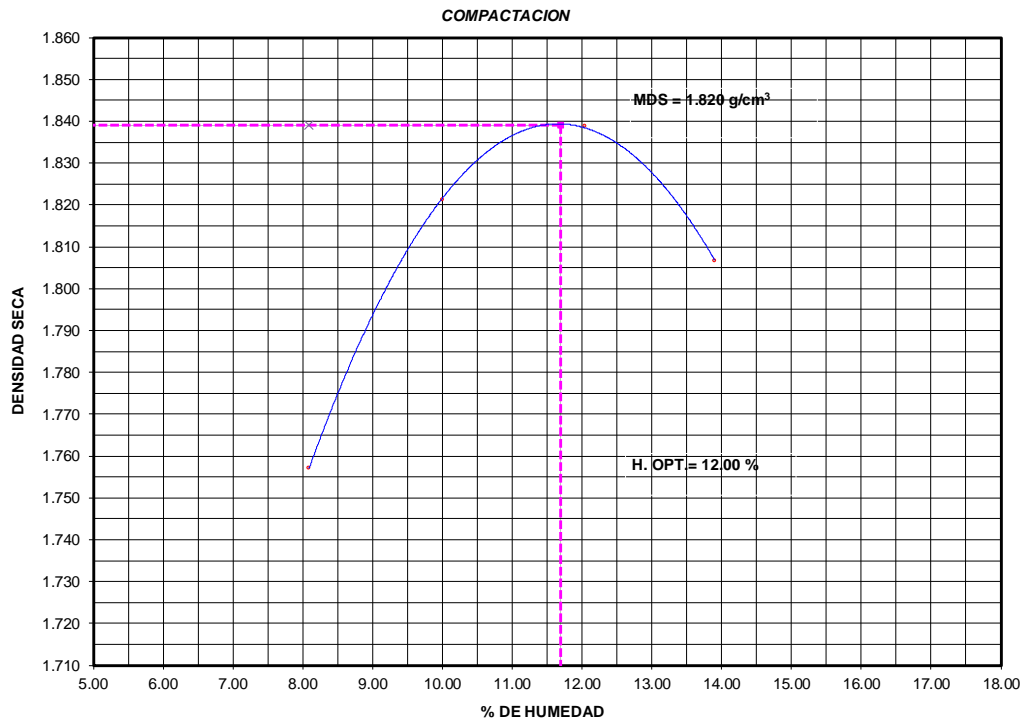
**RELACION DENSIDAD - HUMEDAD (PROCTOR MODIFICADO) ASTM D-1557**

**DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD**

MUESTRA Nº	1	2	3	4
PESO DEL TARRO (grs)	73.20	66.30	61.23	68.50
PESO DEL TARRO+MUESTRA HUMEDA	304.30	273.20	284.30	292.20
PESO DEL TARRO+ MUESTRA SECA (grs)	287.00	254.40	260.33	264.90
PESO DEL AGUA (grs)	17.30	18.80	23.97	27.30
PESO DEL MATERIAL SECO (grs)	213.8	188.1	199.1	196.4
CONTENIDO DE HUMEDAD (grs)	8.09	9.99	12.04	13.90
% PROMEDIO	8.09	9.99	12.04	13.90

**DETERMINACION DE LA DENSIDAD**

CONTENIDO DE HUMEDAD %	8.09	9.99	12.04	13.90
PESO DEL SUELO+MOLDE (grs)	10580	10806	10930	10925
PESO DEL MOLDE (grs)	6445	6445	6445	6445
PESO DEL SUELO (grs)	4135	4361	4485	4480
DENSIDAD HUMEDA (grs/cm3)	1.899	2.003	2.060	2.058
DENSIDAD SECA (grs/cm3)	1.757	1.821	1.839	1.807
			Densidad Máxima (grs/cm3)	1.839
			Humedad Óptima%	11.70



**Proyecto:** Diseño de una sub rasante con adición de fibra PET para mejorar la calidad de los suelos arcillosos, Tarapoto – 2020  
**Localización:** sector ventanilla, distrito de la banda de shilcayo  
**Muestra:** suelo arcilloso  
**Material:** 0  
**Para Uso:** 0  
**Perforación:** COMBINACION AL 1% CON FIBRA PET  
**Profundidad de Muestra:** 1.00 - 2.00 m  
**Fecha:** 22/04/2021

**Nº Golpes / capa:** 56      **Nº Capas:** 5  
**Dimensiones del Molde:**      **Diametro:** 15.10      **Altura:** 12.2  
**Peso del Martillo:** 10 Lbs.      **Vol.:** 2177  
**Sobrecarga:** 10 Lbs.

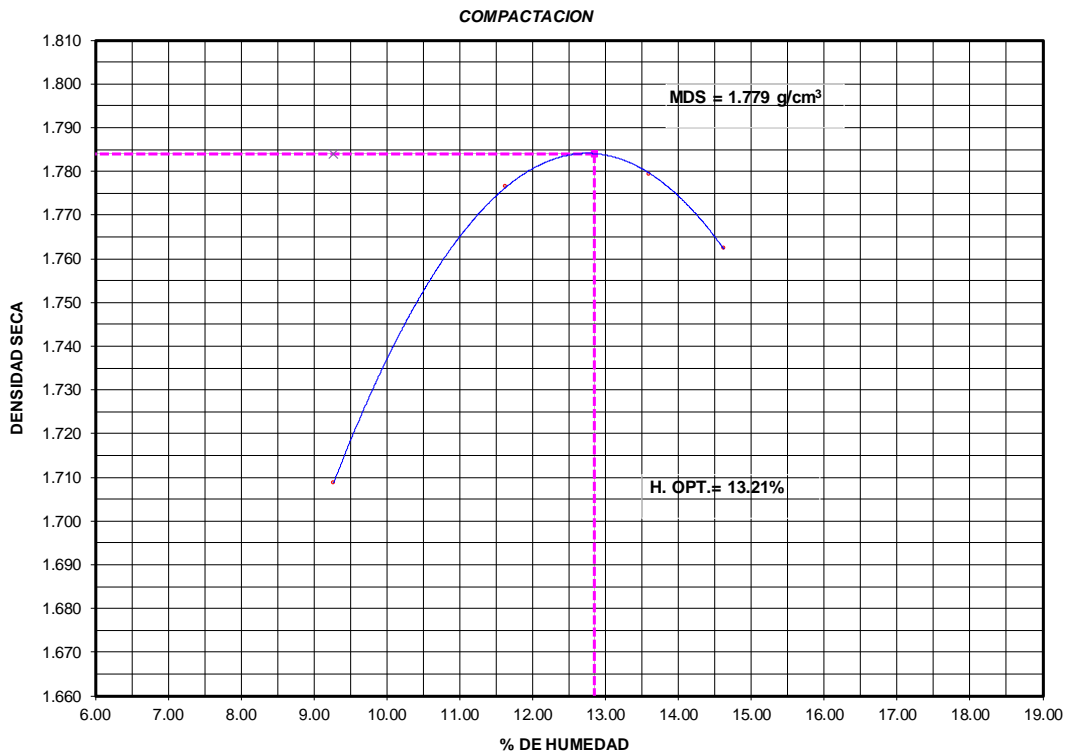
**RELACION DENSIDAD - HUMEDAD (PROCTOR MODIFICADO) ASTM D-1557**

**DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD**

MUESTRA Nº	1	2	3	4
PESO DEL TARRO (grs)	66.75	69.55	65.40	59.30
PESO DEL TARRO+MUESTRA HUMEDA	276.50	245.30	266.00	277.20
PESO DEL TARRO+ MUESTRA SECA (grs)	258.70	227.00	242.00	249.40
PESO DEL AGUA (grs)	17.80	18.30	24.00	27.80
PESO DEL MATERIAL SECO (grs)	192.0	157.5	176.6	190.1
CONTENIDO DE HUMEDAD (grs)	9.27	11.62	13.59	14.62
% PROMEDIO	9.27	11.62	13.59	14.62

**DETERMINACION DE LA DENSIDAD**

CONTENIDO DE HUMEDAD %	9.27	11.62	13.59	14.62
PESO DEL SUELO+MOLDE (grs)	10510	10762	10845	10843
PESO DEL MOLDE (grs)	6445	6445	6445	6445
PESO DEL SUELO (grs)	4065	4317	4400	4398
DENSIDAD HUMEDA (grs/cm3)	1.867	1.983	2.021	2.020
DENSIDAD SECA (grs/cm3)	1.709	1.776	1.779	1.762
			Densidad Máxima (grs/cm3)	1.784
			Humedad Optima%	12.85



## ANEXO 05: Proctor modificado al 2%

**Proyecto:** Diseño de una sub rasante con adición de fibra PET para mejorar la calidad de los suelos arcillosos, Tarapoto – 2020  
**Localización:** sector ventanilla, distrito de la banda de shilcayo  
**Muestra:** suelo arcilloso  
**Material:** 0  
**Para Uso:** 0  
**Perforación:** COMBINACION AL 2% CON FIBRA PET  
**Profundidad de Muestra:** 0.50 - 1.00 m  
**Fecha:** 22/04/2021

**Nº Golpes / capa:** 56      **Nº Capas:** 5      **Peso del Martillo:** 10 Lbs.  
**Dimensiones del Molde:**      **Diametro:** 15.10      **Altura:** 12.2      **Vol.** 2177  
**Sobrecarga:** 10 Lbs.

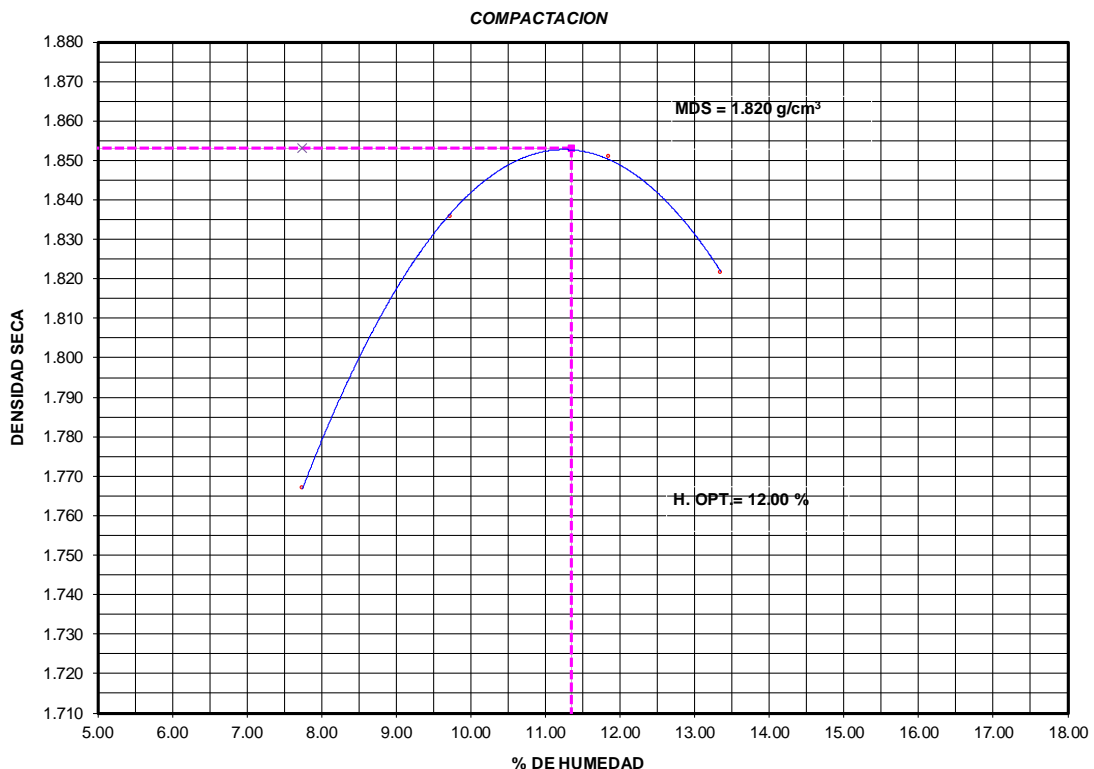
### RELACION DENSIDAD - HUMEDAD (PROCTOR MODIFICADO) ASTM D-1557

#### DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

MUESTRA Nº	1	2	3	4
PESO DEL TARRO (grs)	73.23	55.44	66.77	66.77
PESO DEL TARRO+MUESTRA HUMEDA	281.20	276.70	267.23	289.20
PESO DEL TARRO+ MUESTRA SECA (grs)	266.25	257.10	246.00	263.00
PESO DEL AGUA (grs)	14.95	19.60	21.23	26.20
PESO DEL MATERIAL SECO (grs)	193.0	201.7	179.2	196.2
CONTENIDO DE HUMEDAD (grs)	7.75	9.72	11.85	13.35
% PROMEDIO	7.75	9.72	11.85	13.35

#### DETERMINACION DE LA DENSIDAD

CONTENIDO DE HUMEDAD %	7.75	9.72	11.85	13.35
PESO DEL SUELO+MOLDE (grs)	10590	10830	10952	10940
PESO DEL MOLDE (grs)	6445	6445	6445	6445
PESO DEL SUELO (grs)	4145	4385	4507	4495
DENSIDAD HÚMEDA (grs/cm3)	1.904	2.014	2.070	2.065
DENSIDAD SECA (grs/cm3)	1.767	1.836	1.851	1.822
Densidad Máxima (grs/cm3)				1.853
Humedad Óptima%				11.35



**Proyecto:** Diseño de una sub rasante con adición de fibra PET para mejorar la calidad de los suelos arcillosos, Tarapoto – 2020  
**Localización:** sector ventanilla, distrito de la banda de shilcayo  
**Muestra:** suelo arcilloso  
**Material:** 0  
**Para Uso:** 0  
**Perforación:** COMBINACION AL 2% CON FIBRA PET  
**Profundidad de Muestra:** 0.00 - 0.50  
**Fecha:** 22/04/2021

**Nº Golpes / capa:** 56      **Nº Capas:** 5      **Peso del Martillo:** 10 Lbs.  
**Dimensiones del Molde:**      **Diametro:** 15.10      **Altura:** 12.2      **Vol.** 2177  
**Sobrecarga:** 10 Lbs.

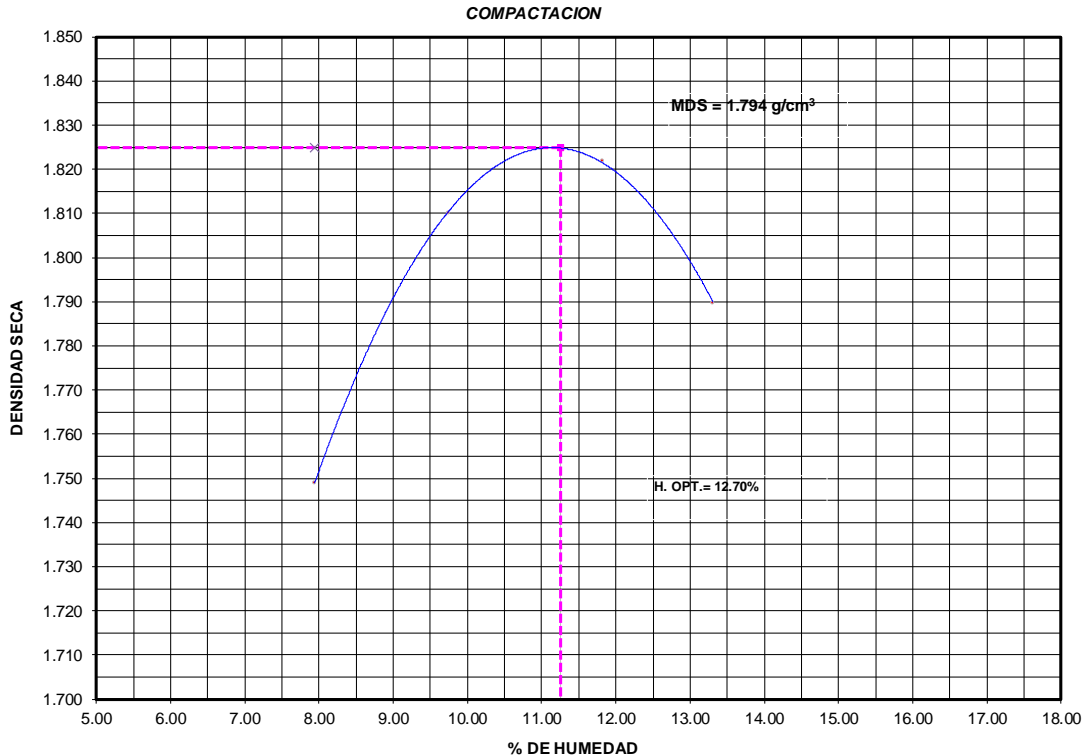
**RELACION DENSIDAD - HUMEDAD (PROCTOR MODIFICADO) ASTM D-1557**

**DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD**

MUESTRA Nº	1	2	3	4
PESO DEL TARRO (grs)	61.33	77.44	65.40	69.20
PESO DEL TARRO+MUESTRA HÚMEDA	289.20	321.20	334.30	309.30
PESO DEL TARRO+ MUESTRA SECA (grs)	272.44	299.55	305.88	281.10
PESO DEL AGUA (grs)	16.76	21.65	28.42	28.20
PESO DEL MATERIAL SECO (grs)	211.1	222.1	240.5	211.9
CONTENIDO DE HUMEDAD (grs)	7.94	9.75	11.82	13.31
% PROMEDIO	7.94	9.75	11.82	13.31

**DETERMINACION DE LA DENSIDAD**

CONTENIDO DE HUMEDAD %	7.94	9.75	11.82	13.31
PESO DEL SUELO+MOLDE (grs)	10555	10770	10880	10860
PESO DEL MOLDE (grs)	6445	6445	6445	6445
PESO DEL SUELO (grs)	4110	4325	4435	4415
DENSIDAD HÚMEDA (grs/cm <sup>3</sup> )	1.888	1.987	2.037	2.028
DENSIDAD SECA (grs/cm <sup>3</sup> )	1.749	1.810	1.822	1.790
			Densidad Máxima (grs/cm <sup>3</sup> )	1.825
			Humedad Óptima%	11.25



**Proyecto:** Diseño de una sub rasante con adición de fibra PET para mejorar la calidad de los suelos arcillosos, Tarapoto – 2020  
**Localización:** sector ventanilla, distrito de la banda de shilcayo  
**Muestra:** suelo arcilloso  
**Material:** 0  
**Para Uso:** 0  
**Perforación:** COMBINACION AL 2% CON FIBRA PET  
**Profundidad de Muestra:** 1.00 - 2.00 m  
**Fecha:** 22/04/2021

**Nº Golpes / capa:** 56      **Nº Capas:** 5      **Peso del Martillo:** 10 Lbs.  
**Dimensiones del Molde:**      **Diametro:** 15.10      **Altura:** 12.2      **Vol.** 2177  
**Sobrecarga:** 10 Lbs.

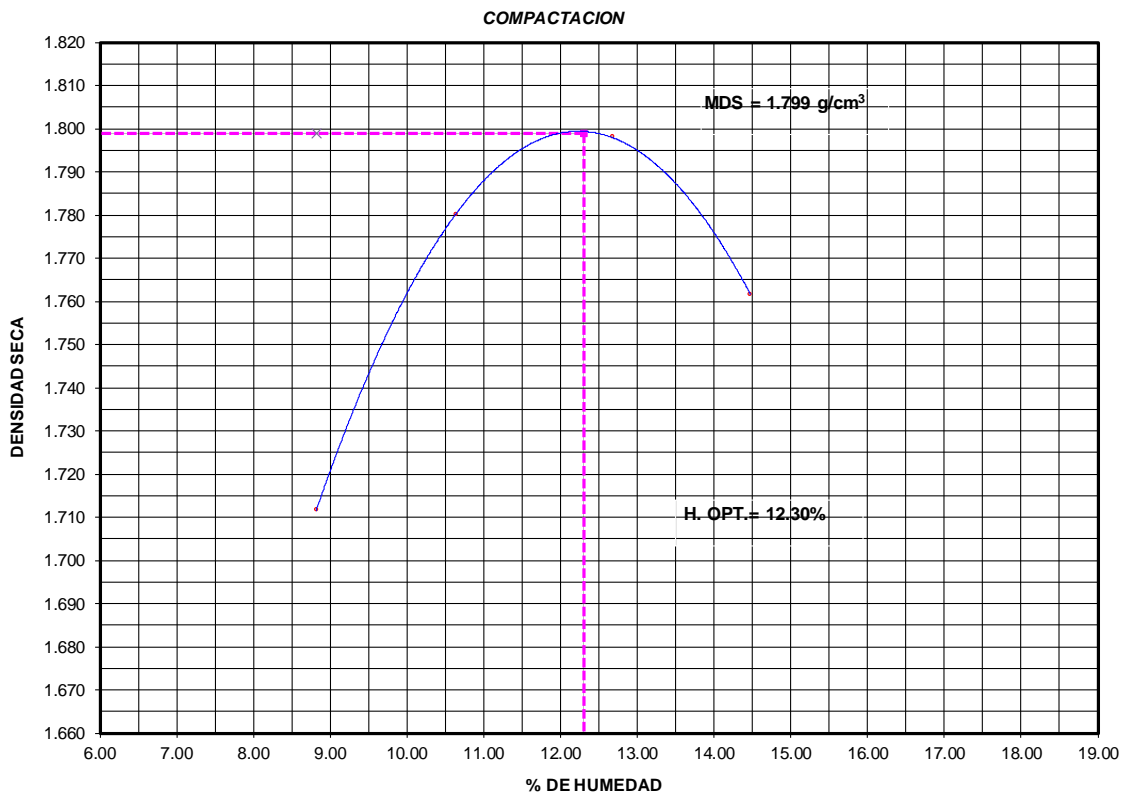
**RELACION DENSIDAD - HUMEDAD (PROCTOR MODIFICADO) ASTM D-1557**

**DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD**

MUESTRA Nº	1	2	3	4
PESO DEL TARRO (grs)	77.00	65.30	72.12	66.87
PESO DEL TARRO+MUESTRA HUMEDA	282.23	302.30	289.23	281.20
PESO DEL TARRO+ MUESTRA SECA (grs)	265.60	279.50	264.80	254.10
PESO DEL AGUA (grs)	16.63	22.80	24.43	27.10
PESO DEL MATERIAL SECO (grs)	188.6	214.2	192.7	187.2
CONTENIDO DE HUMEDAD (grs)	8.82	10.64	12.68	14.47
% PROMEDIO	8.82	10.64	12.68	14.47

**DETERMINACION DE LA DENSIDAD**

CONTENIDO DE HUMEDAD %	8.82	10.64	12.68	14.47
PESO DEL SUELO+MOLDE (grs)	10500	10733	10856	10835
PESO DEL MOLDE (grs)	6445	6445	6445	6445
PESO DEL SUELO (grs)	4055	4288	4411	4390
DENSIDAD HUMEDA (grs/cm3)	1.863	1.970	2.026	2.016
DENSIDAD SECA (grs/cm3)	1.712	1.780	1.798	1.762
			Densidad Máxima (grs/cm3)	1.799
			Humedad Optima%	12.30





## ANEXO 06: Proctor modificado al 3%

<b>Proyecto:</b>	Diseño de una sub rasante con adición de fibra PET para mejorar la calidad de los suelos arcillosos, Tarapoto – 2020		
<b>Localización:</b>	sector ventanilla, distrito de la banda de shilcayo		
<b>Muestra:</b>	suelo arcilloso	<b>Perforación:</b>	COMBINACION AL 3% CON FIBRA PE
<b>Material:</b>	0	<b>Profundidad de Muestra:</b>	0.00 - 0.50
<b>Para Uso:</b>	0	<b>Fecha:</b>	22/04/2021
<b>Nº Golpes / capa:</b>	56	<b>Nº Capas:</b>	5
<b>Dimensiones del Molde</b>		<b>Diametro:</b>	15.10
		<b>Sobrecarga:</b>	10 Lbs.
		<b>Peso del Martillo:</b>	10 Lbs.
		<b>Altura:</b>	12.2
		<b>Vol.</b>	2177

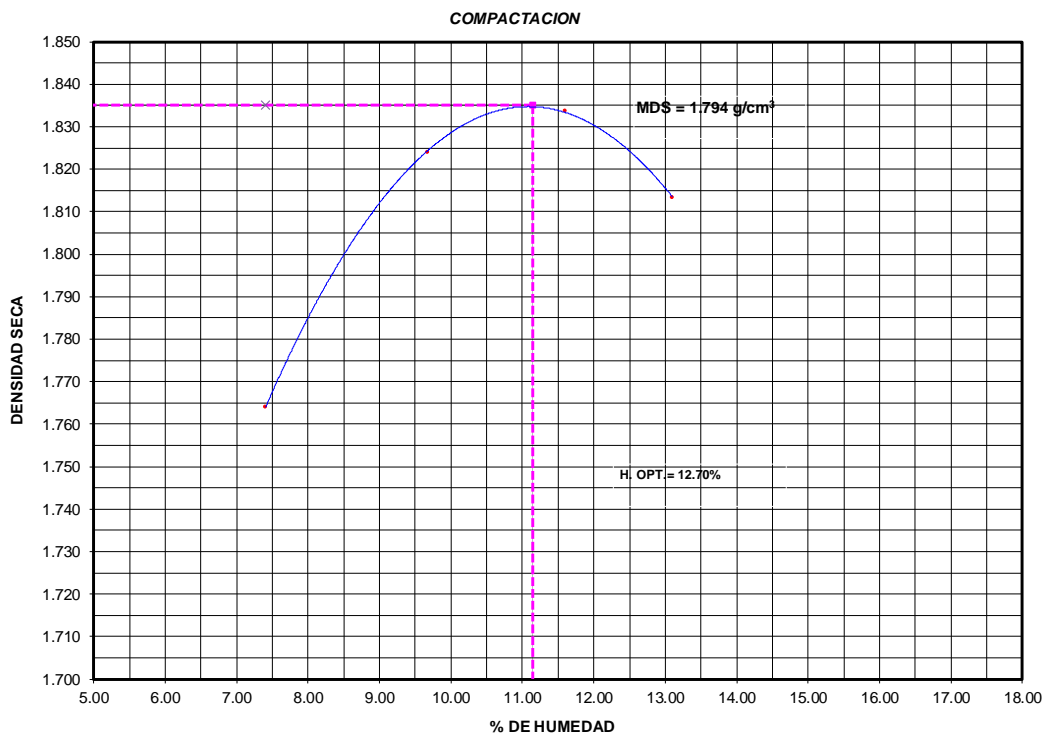
### RELACION DENSIDAD - HUMEDAD (PROCTOR MODIFICADO) ASTM D-1557

#### DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD

MUESTRA Nº	1	2	3	4
PESO DEL TARRO (grs)	77.23	72.23	77.10	78.20
PESO DEL TARRO+MUESTRA HUMEDA	312.20	309.30	296.40	318.20
PESO DEL TARRO+ MUESTRA SECA (grs)	296.00	288.40	273.60	290.40
PESO DEL AGUA (grs)	16.20	20.90	22.80	27.80
PESO DEL MATERIAL SECO (grs)	218.8	216.2	196.5	212.2
CONTENIDO DE HUMEDAD (grs)	7.41	9.67	11.60	13.10
% PROMEDIO	7.41	9.67	11.60	13.10

#### DETERMINACION DE LA DENSIDAD

CONTENIDO DE HUMEDAD %	7.41	9.67	11.60	13.10
PESO DEL SUELO+MOLDE (grs)	10570	10800	10900	10910
PESO DEL MOLDE (grs)	6445	6445	6445	6445
PESO DEL SUELO (grs)	4125	4355	4455	4465
DENSIDAD HUMEDA (grs/cm3)	1.895	2.000	2.046	2.051
DENSIDAD SECA (grs/cm3)	1.764	1.824	1.834	1.813
			Densidad Máxima (grs/cm3)	1.835
			Humedad Óptima%	11.15



**Proyecto:** Diseño de una sub rasante con adición de fibra PET para mejorar la calidad de los suelos arcillosos, Tarapoto – 2020  
**Localización:** sector ventanilla, distrito de la banda de shilcayo  
**Muestra:** suelo arcilloso  
**Material:** 0  
**Para Uso:** 0  
**Perforación:** MBINACION AL 3% CON FIBRA F  
**Profundidad de Muestra:** 0.50 - 1.00 m  
**Fecha:** 22/04/2021

**Nº Golpes / capa:** 56  
**Nº Capas:** 5  
**Peso del Martillo:** 10 Lbs.  
**Dimensiones del Molde:**  
**Diametro:** 15.10  
**Altura:** 12.2  
**Vol.:** 2177  
**Sobrecarga:** 10 Lbs.

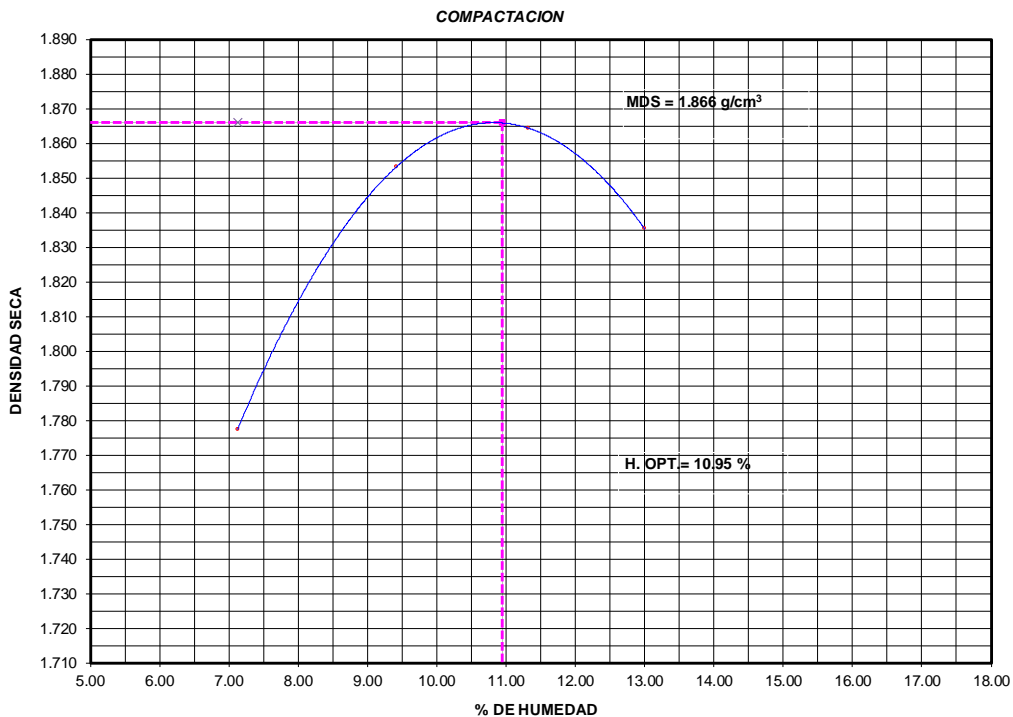
**RELACION DENSIDAD - HUMEDAD (PROCTOR MODIFICADO) ASTM D-1557**

**DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD**

MUESTRA Nº	1	2	3	4
PESO DEL TARRO (grs)	84.30	88.43	74.30	79.30
PESO DEL TARRO+MUESTRA HUMEDA	302.30	289.30	314.30	319.20
PESO DEL TARRO+ MUESTRA SECA (grs)	287.80	272.00	289.90	291.60
PESO DEL AGUA (grs)	14.50	17.30	24.40	27.60
PESO DEL MATERIAL SECO (grs)	203.5	183.6	215.6	212.3
CONTENIDO DE HUMEDAD (grs)	7.13	9.42	11.32	13.00
% PROMEDIO	7.13	9.42	11.32	13.00

**DETERMINACION DE LA DENSIDAD**

CONTENIDO DE HUMEDAD %	7.13	9.42	11.32	13.00
PESO DEL SUELO+MOLDE (grs)	10590	10860	10963	10960
PESO DEL MOLDE (grs)	6445	6445	6445	6445
PESO DEL SUELO (grs)	4145	4415	4518	4515
DENSIDAD HUMEDA (grs/cm <sup>3</sup> )	1.904	2.028	2.075	2.074
DENSIDAD SECA (grs/cm <sup>3</sup> )	1.777	1.853	1.864	1.835
			Densidad Máxima (grs/cm <sup>3</sup> )	1.866
			Humedad Óptima%	10.95



**Proyecto:** Diseño de una sub rasante con adición de fibra PET para mejorar la calidad de los suelos arcillosos, Tarapoto – 2020  
**Localización:** sector ventanilla, distrito de la banda de shilcayo  
**Muestra:** suelo arcilloso  
**Material:** 0  
**Para Uso:** 0  
**Perforación:** COMBINACION AL 3% CON FIBRA PE  
**Profundidad de Muestra:** 1.00 - 2.00 m  
**Fecha:** 22/04/2021

**Nº Golpes / capa:** 56      **Nº Capas:** 5      **Peso del Martillo:** 10 Lbs.  
**Dimensiones del Molde:**      **Diametro:** 15.10      **Altura:** 12.2      **Vol.** 2177  
**Sobrecarga:** 10 Lbs.

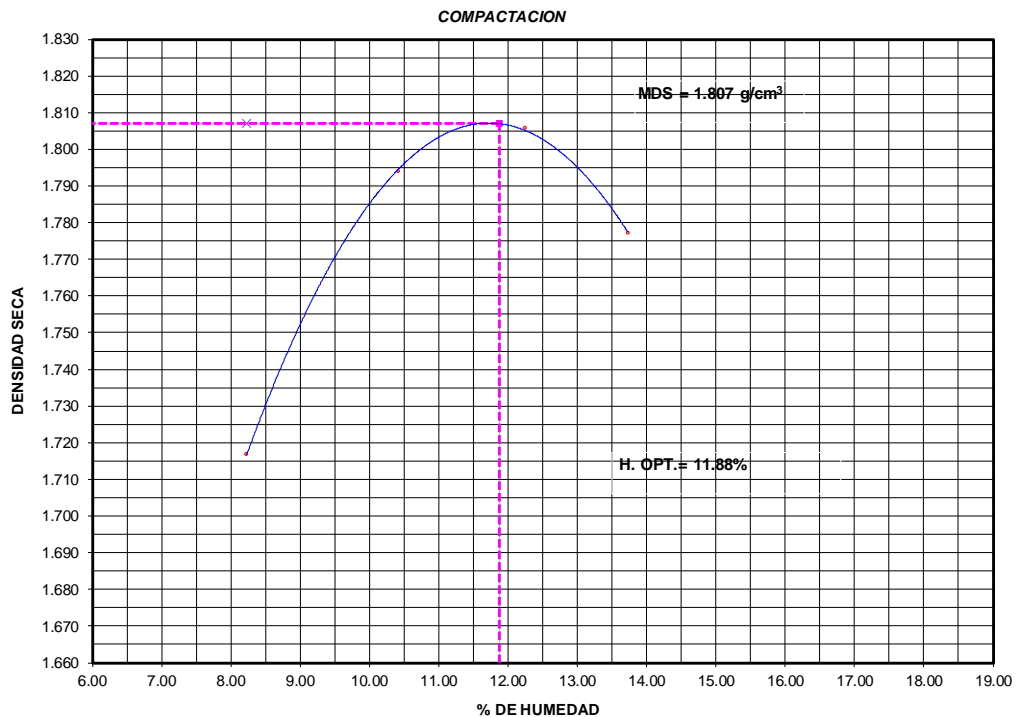
**RELACION DENSIDAD - HUMEDAD (PROCTOR MODIFICADO) ASTM D-1557**

**DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD**

MUESTRA Nº	1	2	3	4
PESO DEL TARRO (grs)	83.20	77.23	68.50	79.30
PESO DEL TARRO+MUESTRA HUMEDA	265.40	254.30	282.20	292.20
PESO DEL TARRO+ MUESTRA SECA (grs)	251.55	237.60	258.88	266.50
PESO DEL AGUA (grs)	13.85	16.70	23.32	25.70
PESO DEL MATERIAL SECO (grs)	168.4	160.4	190.4	187.2
CONTENIDO DE HUMEDAD (grs)	8.23	10.41	12.25	13.73
% PROMEDIO	8.23	10.41	12.25	13.73

**DETERMINACION DE LA DENSIDAD**

CONTENIDO DE HUMEDAD %	8.23	10.41	12.25	13.73
PESO DEL SUELO+MOLDE (grs)	10490	10757	10858	10845
PESO DEL MOLDE (grs)	6445	6445	6445	6445
PESO DEL SUELO (grs)	4045	4312	4413	4400
DENSIDAD HUMEDA (grs/cm <sup>3</sup> )	1.858	1.981	2.027	2.021
DENSIDAD SECA (grs/cm <sup>3</sup> )	1.717	1.794	1.806	1.777
Densidad Máxima (grs/cm <sup>3</sup> )				1.807
Humedad Óptima%				11.88



## ANEXO 07: Valor Soporte Relativo (CBR)



### VALOR SOPORTE RELATIVO (C.B.R.) ASTM - D 1883

PROYECTO : Diseño de una sub rasante con adición de fibra PET para mejorar la calidad de los suelos arcillosos, Tarapoto – 2020

LOCALIZACION: sector ventanilla, distrito de la banda de shilcayo

MUESTRA : 0

MATERIAL : suelo arcilloso

FECHA: 0.00 - 0.50

#### COMPACTACIÓN

Molde N°	04	05	06
N° de golpes por capa	12	25	56
CONDICIONES DE LA MUESTRA	6000	6000	6000
Peso del molde + suelo húmedo (grs)	8230	8490	8648
Peso del molde (gramos)	4282	4300	4270
Peso del suelo húmedo (grs.)	3948	4190	4378
Volumen del molde (cc)	2155	2177	2165
Densidad húmeda (grs./cm3)	1.83	1.92	2.02
Densidad seca (grs./cm3)	<b>1.621</b>	<b>1.706</b>	<b>1.794</b>
Tarro N°	10	12	16
Peso del tarro + suelo húmedo (grs.)	192.10	165.42	176.50
Peso del tarro + suelo seco (grs.)	174.20	152.60	162.27
Peso del agua (grs.)	17.90	12.82	14.23
Peso del tarro (grs.)	36.45	52.62	50.20
Peso del suelo seco (grs.)	137.75	99.98	112.07
% de humedad	<b>12.99</b>	<b>12.82</b>	<b>12.70</b>
PROMEDIO DE HUMEDAD			

#### EXPANSIÓN

FECHA	TIEMPO	LECTURA	EXPANSIÓN		LECTURA	EXPANSIÓN		LECTURA	EXPANSIÓN	
		DIAL	Mm.	%	DIAL	mm	%	DIAL	mm	%
		320	0	0	145	0	0	410	0	0
		320	0	0.00	168	23	0.50	431	21	0.46
		359	39	0.85	182	37	0.81	445	35	0.77
		369	49	1.07	192	47	1.03	453	43	0.93
		570	250	<b>5.47</b>	305	160	<b>3.50</b>	457	47	<b>1.03</b>

#### PENETRACIÓN

PENETRACIÓN	MOLDE N°01-N° de Golpes			MOLDE N°02-N° de Golpes			MOLDE N°03- N° de Golpes		
	LECTURA	CORRECCIÓN		LECTURA	CORRECCIÓN		LECTURA	CORRECCIÓN	
		DIAL	Libras.		Libras./pulg <sup>2</sup>	DIAL		Libras.	Libras./pulg <sup>2</sup>
0.000			0.00			0.00			0.00
0.025	12	34	11	22	59	20	33	86	29
0.050	25	66	22	48	123	41	71	180	60
0.075	38	99	33	72	183	61	108	272	91
0.100	50	128	<b>43</b>	95	239	<b>80</b>	139	348	<b>116</b>
0.150	70	178	59	131	328	109	193	482	161
0.200	86	217	72	159	398	133	243	605	202
0.250	101	254	85	185	462	154	282	702	234
0.300	110	277	92	201	502	167	309	769	256
0.400	122	306	102	222	554	185	348	865	288
0.50	128	321	107	232	578	193	360	895	298

## VALOR SOPORTE RELATIVO (C.B.R.) ASTM - D 1883

**PROYECTO :** Diseño de una subrasante con adición de fibra PET para mejorar la calidad de los suelos arcillosos Tarapoto 2020  
**LOCALIZACIÓN:** sector ventanilla, distrito de la banda de shilcayo  
**MUESTRA :** 0  
**MATERIAL :** suelo arcilloso  
**FECHA:** 0.50 - 1.00 m

### COMPACTACIÓN

Molde N°	04	05	06
N° de golpes por capa	12	25	56
CONDICIONES DE LA MUESTRA	6000	6000	6000
Peso del molde + suelo húmedo (grs)	8555	8760	9085
Peso del molde (gramos)	4265	4240	4350
Peso del suelo húmedo (grs.)	4290	4520	4735
Volumen del molde (cc)	2323	2323	2323
Densidad húmeda (grs./cm3)	1.85	1.95	2.04
Densidad seca (grs./cm3)	<b>1.644</b>	<b>1.734</b>	<b>1.820</b>
Tarro N°	10	12	16
Peso del tarro + suelo húmedo (grs.)	183.20	203.20	193.21
Peso del tarro + suelo seco (grs.)	167.10	186.85	177.88
Peso del agua (grs.)	16.10	16.35	15.33
Peso del tarro (grs.)	36.45	52.62	50.12
Peso del suelo seco (grs.)	130.65	134.23	127.76
% de humedad	<b>12.32</b>	<b>12.18</b>	<b>12.00</b>
PROMEDIO DE HUMEDAD			

### EXPANSIÓN

FECHA	TIEMPO	EXPANSIÓN			EXPANSIÓN			EXPANSIÓN		
		DIAL	Mm.	%	DIAL	mm	%	DIAL	mm	%
		320	0	0	145	0	0	410	0	0
		320	0	0.00	168	23	0.50	431	21	0.46
		359	39	0.85	182	37	0.81	445	35	0.77
		369	49	1.07	192	47	1.03	453	43	0.93
		570	250	<b>5.47</b>	305	160	<b>3.50</b>	457	47	<b>1.03</b>

### PENETRACIÓN

PENETRACIÓN	MOLDE N°01-N° de Golpes			MOLDE N°02-N° de Golpes			MOLDE N°03- N° de Golpes		
	LECTURA DIAL	CORRECCIÓN		LECTURA DIAL	CORRECCIÓN		LECTURA DIAL	CORRECCIÓN	
		Libras.	Libras./pulg <sup>2</sup>		Libras.	Libras./pulg <sup>2</sup>		Libras.	Libras./pulg <sup>2</sup>
0.000			0.00			0.00			0.00
0.025	15	42	14	27	71	24	41	106	35
0.050	29	76	25	55	141	47	79	200	67
0.075	43	111	37	78	197	66	116	291	97
0.100	59	150	<b>50</b>	102	257	<b>86</b>	151	378	<b>126</b>
0.150	76	192	64	139	348	116	208	519	173
0.200	93	235	78	166	415	138	255	635	212
0.250	109	274	91	191	477	159	292	727	242
0.300	119	299	100	209	521	174	321	798	266
0.400	130	326	109	231	576	192	359	892	297
0.50	135	338	113	238	593	198	371	922	307

## VALOR SOPORTE RELATIVO (C.B.R.) ASTM - D 1883

**PROYECTO :** Diseño de una sub rasante con adición de fibra PET para mejorar la calidad de los suelos arcillosos, Tarapoto – 2020  
**LOCALIZACIÓN:** sector ventanilla, distrito de la banda de shilcayo  
**MUESTRA :** suelo arcilloso  
**MATERIAL :** 0  
**FECHA:** 1.00 - 2.00 m

### COMPACTACIÓN

Molde N°	04	05	06
N° de golpes por capa	12	25	56
CONDICIONES DE LA MUESTRA	6000	6000	6000
Peso del molde + suelo húmedo (grs)	8490	8580	8890
Peso del molde (gramos)	4250	4120	4210
Peso del suelo húmedo (grs.)	4240	4460	4680
Volumen del molde (cc)	2323	2323	2323
Densidad húmeda (grs./cm3)	1.83	1.92	2.01
Densidad seca (grs./cm3)	<b>1.607</b>	<b>1.692</b>	<b>1.779</b>
<b>Tarro N°</b>	<b>10</b>	<b>12</b>	<b>16</b>
Peso del tarro + suelo húmedo (grs.)	189.20	173.21	181.20
Peso del tarro + suelo seco (grs.)	170.92	158.90	165.90
Peso del agua (grs.)	18.28	14.31	15.30
Peso del tarro (grs.)	36.45	52.62	50.12
Peso del suelo seco (grs.)	134.47	106.28	115.78
% de humedad	<b>13.59</b>	<b>13.46</b>	<b>13.21</b>
PROMEDIO DE HUMEDAD			

### EXPANSIÓN

FECHA	TIEMPO	EXPANSIÓN			EXPANSIÓN			EXPANSIÓN		
		LECTURA	Mm.	%	LECTURA	mm	%	LECTURA	mm	%
		320	0	0	145	0	0	410	0	0
		320	0	0.00	168	23	0.50	431	21	0.46
		359	39	0.85	182	37	0.81	445	35	0.77
		369	49	1.07	192	47	1.03	453	43	0.93
		570	250	<b>5.47</b>	305	160	<b>3.50</b>	457	47	<b>1.03</b>

### PENETRACIÓN

PENETRACIÓN	MOLDE N°01-N° de Golpes			MOLDE N°02-N° de Golpes			MOLDE N°03- N° de Golpes		
	LECTURA	CORRECCIÓN		LECTURA	CORRECCIÓN		LECTURA	CORRECCIÓN	
		DIAL	Libras.		Libras./pulg <sup>2</sup>	DIAL		Libras.	Libras./pulg <sup>2</sup>
0.000			0.00			0.00			0.00
0.025	9	27	9	20	54	18	34	89	30
0.050	23	61	20	47	121	40	71	180	60
0.075	34	89	30	71	180	60	107	269	90
0.100	46	118	<b>39</b>	94	237	<b>79</b>	140	351	<b>117</b>
0.150	66	168	56	131	328	109	194	484	161
0.200	82	207	69	158	395	132	242	603	201
0.250	99	249	83	184	460	153	281	699	233
0.300	107	269	90	201	502	167	309	769	256
0.400	121	304	101	221	551	184	348	865	288
0.50	126	316	105	229	571	190	359	892	297

## ANEXO 08: Valor Soporte Relativo (CBR) 1%

### VALOR SOPORTE RELATIVO (C.B.R.) ASTM - D 1883

PROYECTO : Diseño de una sub rasante con adición de fibra PET para mejorar la calidad de los suelos arcillosos, Tarapoto – 2020

LOCALIZACION: sector ventanilla, distrito de la banda de shilcayo

MUESTRA : suelo arcilloso

MATERIAL : 0

FECHA: 0.00 - 0.50

#### COMPACTACIÓN

Molde N°	04	05	06
N° de golpes por capa	12	25	56
CONDICIONES DE LA MUESTRA	6000	6000	6000
Peso del molde + suelo húmedo (grs)	8133	8350	8692
Peso del molde (gramos)	4177	4133	4300
Peso del suelo húmedo (grs.)	3956	4217	4392
Volumen del molde (cc)	2155	2177	2165
Densidad húmeda (grs./cm3)	1.84	1.94	2.03
Densidad seca (grs./cm3)	1.634	1.728	1.814
Tarro N°	10	12	16
Peso del tarro + suelo húmedo (grs.)	182.10	194.30	188.12
Peso del tarro + suelo seco (grs.)	166.12	179.00	173.56
Peso del agua (grs.)	15.98	15.30	14.56
Peso del tarro (grs.)	36.45	52.62	50.20
Peso del suelo seco (grs.)	129.67	126.38	123.36
% de humedad	12.33	12.11	11.80
PROMEDIO DE HUMEDAD			

#### EXPANSIÓN

FECHA	TIEMPO	EXPANSIÓN			EXPANSIÓN			EXPANSIÓN		
		LECTURA	Mm.	%	LECTURA	mm	%	LECTURA	mm	%
		DIAL			DIAL			DIAL		
		320	0	0	145	0	0	410	0	0
		320	0	0.00	168	23	0.50	431	21	0.46
		359	39	0.85	182	37	0.81	445	35	0.77
		369	49	1.07	192	47	1.03	453	43	0.93
		570	250	5.47	305	160	3.50	457	47	1.03

#### PENETRACIÓN

PENETRACIÓN	MOLDE N°01-N° de Golpes			MOLDE N°02-N° de Golpes			MOLDE N°03- N° de Golpes		
	LECTURA	CORRECCIÓN		LECTURA	CORRECCIÓN		LECTURA	CORRECCIÓN	
		DIAL	Libras.		Libras./pulg <sup>2</sup>	DIAL		Libras.	Libras./pulg <sup>2</sup>
0.000			0.00			0.00			0.00
0.025	16	44	15	25	66	22	36	94	31
0.050	28	74	25	52	133	44	75	190	63
0.075	41	106	35	75	190	63	112	282	94
0.100	54	138	46	98	247	82	143	358	119
0.150	74	188	63	134	336	112	197	492	164
0.200	90	227	76	163	408	136	247	615	205
0.250	106	267	89	188	469	156	285	709	236
0.300	116	291	97	205	511	170	313	779	260
0.400	126	316	105	228	568	189	352	875	292
0.50	134	336	112	237	591	197	363	902	301

## VALOR SOPORTE RELATIVO (C.B.R.) ASTM - D 1883

**PROYECTO :** Diseño de una sub rasante con adición de fibra PET para mejorar la calidad de los suelos arcillosos, Tarapoto – 2020  
**LOCALIZACIÓN:** sector ventanilla, distrito de la banda de shilcayo  
**MUESTRA :** suelo arcilloso  
**MATERIAL :** 0  
**FECHA:** 0.50 - 1.00 m

### COMPACTACIÓN

Molde Nº	04	05	06
Nº de golpes por capa	12	25	56
CONDICIONES DE LA MUESTRA	6000	6000	6000
Peso del molde + suelo húmedo (grs)	8510	8750	8887
Peso del molde (gramos)	4280	4322	4277
Peso del suelo húmedo (grs.)	4230	4428	4610
Volumen del molde (cc)	2266	2255	2244
Densidad húmeda (grs./cm3)	1.87	1.96	2.05
Densidad seca (grs./cm3)	<b>1.664</b>	<b>1.754</b>	<b>1.839</b>
Tarro Nº	10	12	16
Peso del tarro + suelo húmedo (grs.)	166.12	206.50	185.40
Peso del tarro + suelo seco (grs.)	152.03	190.10	171.23
Peso del agua (grs.)	14.09	16.40	14.17
Peso del tarro (grs.)	36.45	52.62	50.12
Peso del suelo seco (grs.)	115.58	137.48	121.11
% de humedad	<b>12.19</b>	<b>11.93</b>	<b>11.70</b>
PROMEDIO DE HUMEDAD			

### EXPANSIÓN

FECHA	TIEMPO	LECTURA			EXPANSIÓN			LECTURA			EXPANSIÓN		
		DIAL	Mm.	%	DIAL	mm	%	DIAL	mm	%			
		320	0	0	145	0	0	410	0	0			
		320	0	0.00	168	23	0.50	431	21	0.46			
		359	39	0.85	182	37	0.81	445	35	0.77			
		369	49	1.07	192	47	1.03	453	43	0.93			
		570	250	<b>5.47</b>	305	160	<b>3.50</b>	457	47	<b>1.03</b>			

### PENETRACIÓN

PENETRACIÓN	MOLDE N°01-N° de Golpes			MOLDE N°02-N° de Golpes			MOLDE N°03- N° de Golpes		
	LECTURA	CORRECCIÓN		LECTURA	CORRECCIÓN		LECTURA	CORRECCIÓN	
		DIAL	Libras.		Libras./pulg <sup>2</sup>	DIAL		Libras.	Libras./pulg <sup>2</sup>
0.000			0.00			0.00			0.00
0.025	18	49	16	33	86	29	44	113	38
0.050	33	86	29	58	148	49	83	210	70
0.075	46	118	39	84	212	71	119	299	100
0.100	64	163	<b>54</b>	107	269	<b>90</b>	155	388	<b>129</b>
0.150	80	202	67	145	363	121	213	531	177
0.200	98	247	82	171	427	142	259	645	215
0.250	114	286	95	195	487	162	298	741	247
0.300	125	314	105	214	534	178	326	811	270
0.400	135	338	113	236	588	196	364	905	302
0.50	141	353	118	242	603	201	375	932	311



## VALOR SOPORTE RELATIVO (C.B.R.) ASTM - D 1883

PROYECTO : Diseño de una sub rasante con adición de fibra PET para mejorar la calidad de los suelos arcillosos, Tarapoto – 2020

LOCALIZACION: sector ventanilla, distrito de la banda de shilcayo

MUESTRA : suelo arcilloso

MATERIAL : 0

FECHA: 1.00 - 2.00 m

### COMPACTACIÓN

Molde Nº	04	05	06
Nº de golpes por capa	12	25	56
CONDICIONES DE LA MUESTRA	6000	6000	6000
Peso del molde + suelo húmedo (grs)	8465	8740	8920
Peso del molde (gramos)	4278	4188	4200
Peso del suelo húmedo (grs.)	4187	4552	4720
Volumen del molde (cc)	2288	2366	2345
Densidad húmeda (grs./cm3)	1.83	1.92	2.01
Densidad seca (grs./cm3)	<b>1.613</b>	<b>1.700</b>	<b>1.784</b>
Tarro Nº	10	12	16
Peso del tarro + suelo húmedo (grs.)	213.40	195.40	223.20
Peso del tarro + suelo seco (grs.)	192.45	178.80	203.49
Peso del agua (grs.)	20.95	16.60	19.71
Peso del tarro (grs.)	36.45	52.62	50.12
Peso del suelo seco (grs.)	156.00	126.18	153.37
% de humedad	<b>13.43</b>	<b>13.16</b>	<b>12.85</b>
PROMEDIO DE HUMEDAD			

### EXPANSIÓN

FECHA	TIEMPO	EXPANSIÓN			EXPANSIÓN			EXPANSIÓN		
		DIAL	Mm.	%	DIAL	mm	%	DIAL	mm	%
		320	0	0	145	0	0	410	0	0
		320	0	0.00	168	23	0.50	431	21	0.46
		359	39	0.85	182	37	0.81	445	35	0.77
		369	49	1.07	192	47	1.03	453	43	0.93
		570	250	<b>5.47</b>	305	160	<b>3.50</b>	457	47	<b>1.03</b>

### PENETRACIÓN

PENETRACIÓN	MOLDE N°01-N° de Golpes			MOLDE N°02-N° de Golpes			MOLDE N°03- N° de Golpes		
	LECTURA DIAL	CORRECCIÓN		LECTURA DIAL	CORRECCIÓN		LECTURA DIAL	CORRECCIÓN	
		Libras.	Libras./pulg <sup>2</sup>		Libras.	Libras./pulg <sup>2</sup>		Libras.	Libras./pulg <sup>2</sup>
0.000			0.00			0.00			0.00
0.025	11	32	11	22	59	20	35	91	30
0.050	25	66	22	49	126	42	73	185	62
0.075	36	94	31	74	188	63	110	277	92
0.100	48	123	<b>41</b>	96	242	<b>81</b>	142	356	<b>119</b>
0.150	69	175	58	134	336	112	197	492	164
0.200	85	215	72	161	403	134	246	613	204
0.250	103	259	86	187	467	156	285	709	236
0.300	112	282	94	203	507	169	314	781	260
0.400	125	314	105	223	556	185	351	872	291
0.50	130	326	109	233	581	194	363	902	301

## ANEXO 09: Valor Soporte Relativo (CBR) 2%

### VALOR SOPORTE RELATIVO (C.B.R.) ASTM - D 1883

PROYECTO : Diseño de una sub rasante con adición de fibra PET para mejorar la calidad de los suelos arcillosos, Tarapoto – 2020

LOCALIZACION: sector ventanilla, distrito de la banda de shilcayo

MUESTRA : suelo arcilloso

MATERIAL : 0

FECHA: 0.50 - 1.00 m

#### COMPACTACIÓN

Molde Nº	04	05	06
Nº de golpes por capa	12	25	56
CONDICIONES DE LA MUESTRA	6000	6000	6000
Peso del molde + suelo húmedo (grs)	8620	8779	9028
Peso del molde (gramos)	4272	4210	4234
Peso del suelo húmedo (grs.)	4348	4569	4794
Volumen del molde (cc)	2323	2323	2323
Densidad húmeda (grs./cm3)	1.87	1.97	2.06
Densidad seca (grs./cm3)	<b>1.676</b>	<b>1.763</b>	<b>1.853</b>
Tarro Nº	1	2	3
Peso del tarro + suelo húmedo (grs.)	198.20	178.21	187.40
Peso del tarro + suelo seco (grs.)	181.55	165.60	174.54
Peso del agua (grs.)	16.65	12.61	12.86
Peso del tarro (grs.)	39.30	56.54	61.20
Peso del suelo seco (grs.)	142.25	109.06	113.34
% de humedad	<b>11.70</b>	<b>11.56</b>	<b>11.35</b>
PROMEDIO DE HUMEDAD			

#### EXPANSIÓN

FECHA	TIEMPO	EXPANSIÓN			EXPANSIÓN			EXPANSIÓN		
		DIAL	Mm.	%	DIAL	mm	%	DIAL	mm	%
		320	0	0	145	0	0	410	0	0
		320	0	0.00	168	23	0.50	431	21	0.46
		359	39	0.85	182	37	0.81	445	35	0.77
		369	49	1.07	192	47	1.03	453	43	0.93
		570	250	<b>5.47</b>	305	160	<b>3.50</b>	457	47	<b>1.03</b>

#### PENETRACIÓN

PENETRACIÓN	MOLDE N°01-N° de Golpes			MOLDE N°02-N° de Golpes			MOLDE N°03- N° de Golpes		
	LECTURA DIAL	CORRECCIÓN		LECTURA DIAL	CORRECCIÓN		LECTURA DIAL	CORRECCIÓN	
		Libras.	Libras./pulg <sup>2</sup>		Libras.	Libras./pulg <sup>2</sup>		Libras.	Libras./pulg <sup>2</sup>
0.000			0.00			0.00			0.00
0.025	15	42	14	30	79	26	46	118	39
0.050	29	76	25	58	148	49	86	217	72
0.075	43	111	37	81	205	68	121	304	101
0.100	59	150	<b>50</b>	105	264	<b>88</b>	155	388	<b>129</b>
0.150	76	192	64	142	356	119	215	536	179
0.200	93	235	78	169	422	141	262	652	217
0.250	109	274	91	194	484	161	301	749	250
0.300	119	299	100	212	529	176	330	821	274
0.400	130	326	109	234	583	194	370	919	306
0.50	135	338	113	243	605	202	380	944	315

## VALOR SOPORTE RELATIVO (C.B.R.) ASTM - D 1883

**PROYECTO :** Diseño de una sub rasante con adición de fibra PET para mejorar la calidad de los suelos arcillosos, Tarapoto – 2020  
**LOCALIZACION:** sector ventanilla, distrito de la banda de shilcayo  
**MUESTRA :** suelo arcilloso  
**MATERIAL :** 0  
**FECHA:** 0.00 - 0.50

### COMPACTACIÓN

Molde N°	04	05	06
N° de golpes por capa	12	25	56
CONDICIONES DE LA MUESTRA	6000	6000	6000
Peso del molde + suelo húmedo (grs)	8144	8372	8554
Peso del molde (gramos)	4224	4212	4189
Peso del suelo húmedo (grs.)	3920	4160	4365
Volumen del molde (cc)	2133	2144	2150
Densidad húmeda (grs./cm3)	1.84	1.94	2.03
Densidad seca (grs./cm3)	<b>1.647</b>	<b>1.742</b>	<b>1.825</b>
Tarro N°	6	7	8
Peso del tarro + suelo húmedo (grs.)	215.40	234.30	223.20
Peso del tarro + suelo seco (grs.)	196.80	215.70	205.70
Peso del agua (grs.)	18.60	18.60	17.50
Peso del tarro (grs.)	36.45	52.62	50.20
Peso del suelo seco (grs.)	160.35	163.08	155.50
% de humedad	<b>11.60</b>	<b>11.41</b>	<b>11.25</b>
PROMEDIO DE HUMEDAD			

### EXPANSIÓN

FECHA	TIEMPO	LECTURA			EXPANSIÓN			LECTURA			EXPANSIÓN		
		DIAL	Mm.	%	DIAL	mm	%	DIAL	mm	%			
		320	0	0	145	0	0	410	0	0			
		320	0	0.00	168	23	0.50	431	21	0.46			
		359	39	0.85	182	37	0.81	445	35	0.77			
		369	49	1.07	192	47	1.03	453	43	0.93			
		570	250	<b>5.47</b>	305	160	<b>3.50</b>	457	47	<b>1.03</b>			

### PENETRACIÓN

PENETRACIÓN	MOLDE N°01-N° de Golpes			MOLDE N°02-N° de Golpes			MOLDE N°03- N° de Golpes		
	LECTURA	CORRECCIÓN		LECTURA	CORRECCIÓN		LECTURA	CORRECCIÓN	
		DIAL	Libras.		Libras./pulg <sup>2</sup>	DIAL		Libras.	Libras./pulg <sup>2</sup>
0.000			0.00			0.00			0.00
0.025	14	39	13	25	66	22	37	96	32
0.050	27	71	24	51	131	44	75	190	63
0.075	41	106	35	75	190	63	112	282	94
0.100	52	133	<b>44</b>	98	247	<b>82</b>	142	356	<b>119</b>
0.150	73	185	62	135	338	113	196	489	163
0.200	89	225	75	163	408	136	248	618	206
0.250	105	264	88	188	469	156	288	717	239
0.300	114	286	95	206	514	171	314	781	260
0.400	126	316	105	228	568	189	356	885	295
0.50	133	333	111	239	596	199	365	907	302

## VALOR SOPORTE RELATIVO (C.B.R.) ASTM - D 1883

**PROYECTO :** Diseño de una sub rasante con adición de fibra PET para mejorar la calidad de los suelos arcillosos, Tarapoto – 2020  
**LOCALIZACION:** sector ventanilla, distrito de la banda de shilcayo  
**MUESTRA :** suelo arcilloso  
**MATERIAL :** 0  
**FECHA:** 1.00 - 2.00 m

### COMPACTACIÓN

Molde N°	04	05	06
<b>N° de golpes por capa</b>	<b>12</b>	<b>25</b>	<b>56</b>
CONDICIONES DE LA MUESTRA	6000	6000	6000
Peso del molde + suelo húmedo (grs)	8495	8595	8902
Peso del molde (gramos)	4250	4120	4210
Peso del suelo húmedo (grs.)	4245	4475	4692
Volumen del molde (cc)	2323	2323	2323
Densidad húmeda (grs./cm3)	1.83	1.93	2.02
Densidad seca (grs./cm3)	<b>1.622</b>	<b>1.713</b>	<b>1.799</b>
<b>Tarro N°</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>22</b>
Peso del tarro + suelo húmedo (grs.)	221.00	207.66	194.30
Peso del tarro + suelo seco (grs.)	200.30	190.46	178.51
Peso del agua (grs.)	20.70	17.20	15.79
Peso del tarro (grs.)	36.45	52.62	50.12
Peso del suelo seco (grs.)	163.85	137.84	128.39
% de humedad	<b>12.63</b>	<b>12.48</b>	<b>12.30</b>
PROMEDIO DE HUMEDAD			

### EXPANSIÓN

FECHA	TIEMPO	LECTURA			EXPANSIÓN			LECTURA			EXPANSIÓN		
		DIAL	Mm.	%	DIAL	mm	%	DIAL	mm	%			
		320	0	0	145	0	0	410	0	0			
		320	0	0.00	168	23	0.50	431	21	0.46			
		359	39	0.85	182	37	0.81	445	35	0.77			
		369	49	1.07	192	47	1.03	453	43	0.93			
		570	250	<b>5.47</b>	305	160	<b>3.50</b>	457	47	<b>1.03</b>			

### PENETRACIÓN

PENETRACIÓN	MOLDE N°01-N° de Golpes			MOLDE N°02-N° de Golpes			MOLDE N°03- N° de Golpes		
	LECTURA	CORRECCIÓN		LECTURA	CORRECCIÓN		LECTURA	CORRECCIÓN	
		DIAL	Libras.		Libras./pulg <sup>2</sup>	DIAL		Libras.	Libras./pulg <sup>2</sup>
0.000			0.00			0.00			0.00
0.025	12	34	11	22	59	20	37	96	32
0.050	25	66	22	50	128	43	74	188	63
0.075	37	96	32	74	188	63	110	277	92
0.100	49	126	<b>42</b>	97	244	<b>81</b>	143	358	<b>119</b>
0.150	69	175	58	136	341	114	196	489	163
0.200	85	215	72	163	408	136	245	610	203
0.250	105	264	88	188	469	156	285	709	236
0.300	115	289	96	206	514	171	315	783	261
0.400	129	324	108	227	566	189	355	882	294
0.50	134	336	112	235	586	195	366	910	303

## ANEXO 10: Valor Soporte Relativo (CBR) 3%

### VALOR SOPORTE RELATIVO (C.B.R.) ASTM - D 1883

PROYECTO : Diseño de una sub rasante con adición de fibra PET para mejorar la calidad de los suelos arcillosos, Tarapoto – 2020

LOCALIZACION: sector ventanilla, distrito de la banda de shilcayo

MUESTRA : suelo arcilloso

MATERIAL : 0

FECHA: 0.00 - 0.50

#### COMPACTACIÓN

Molde N°	04	05	06
N° de golpes por capa	12	25	56
CONDICIONES DE LA MUESTRA	6000	6000	6000
Peso del molde + suelo húmedo (grs)	8170	8390	8582
Peso del molde (gramos)	4224	4212	4189
Peso del suelo húmedo (grs.)	3946	4178	4393
Volumen del molde (cc)	2133	2144	2150
Densidad húmeda (grs./cm3)	1.85	1.95	2.04
Densidad seca (grs./cm3)	<b>1.655</b>	<b>1.746</b>	<b>1.835</b>
Tarro N°	1	2	3
Peso del tarro + suelo húmedo (grs.)	223.20	236.50	225.40
Peso del tarro + suelo seco (grs.)	203.55	217.37	207.54
Peso del agua (grs.)	19.65	19.13	17.86
Peso del tarro (grs.)	36.45	52.62	50.20
Peso del suelo seco (grs.)	167.10	164.75	157.34
% de humedad	<b>11.76</b>	<b>11.61</b>	<b>11.35</b>
PROMEDIO DE HUMEDAD			

#### EXPANSIÓN

FECHA	TIEMPO	EXPANSIÓN			EXPANSIÓN			EXPANSIÓN		
		DIAL	Mm.	%	DIAL	mm	%	DIAL	mm	%
		320	0	0	145	0	0	410	0	0
		320	0	0.00	168	23	0.50	431	21	0.46
		359	39	0.85	182	37	0.81	445	35	0.77
		369	49	1.07	192	47	1.03	453	43	0.93
		570	250	<b>5.47</b>	305	160	<b>3.50</b>	457	47	<b>1.03</b>

#### PENETRACIÓN

PENETRACIÓN	MOLDE N°01-N° de Golpes			MOLDE N°02-N° de Golpes			MOLDE N°03- N° de Golpes		
	LECTURA DIAL	CORRECCIÓN		LECTURA DIAL	CORRECCIÓN		LECTURA DIAL	CORRECCIÓN	
		Libras.	Libras./pulg <sup>2</sup>		Libras.	Libras./pulg <sup>2</sup>		Libras.	Libras./pulg <sup>2</sup>
0.000			0.00			0.00			0.00
0.025	17	47	16	27	71	24	38	99	33
0.050	30	79	26	54	138	46	77	195	65
0.075	44	113	38	78	197	66	114	286	95
0.100	54	138	<b>46</b>	101	254	<b>85</b>	144	361	<b>120</b>
0.150	78	197	66	138	346	115	198	494	165
0.200	94	237	79	166	415	138	251	625	208
0.250	109	274	91	192	479	160	292	727	242
0.300	118	296	99	209	521	174	317	788	263
0.400	130	326	109	233	581	194	359	892	297
0.50	139	348	116	243	605	202	369	917	306

## VALOR SOPORTE RELATIVO (C.B.R.) ASTM - D 1883

**PROYECTO :** Diseño de una sub rasante con adición de fibra PET para mejorar la calidad de los suelos arcillosos, Tarapoto – 2020  
**LOCALIZACION:** sector ventanilla, distrito de la banda de shilcayo  
**MUESTRA :** suelo arcilloso  
**MATERIAL :** 0  
**FECHA:** 0.50 - 1.00 m

### COMPACTACIÓN

Molde N°	04	05	06
<b>N° de golpes por capa</b>	<b>12</b>	<b>25</b>	<b>56</b>
CONDICIONES DE LA MUESTRA	6000	6000	6000
Peso del molde + suelo húmedo (grs)	8585	8770	9020
Peso del molde (gramos)	4223	4190	4212
Peso del suelo húmedo (grs.)	4362	4580	4808
Volumen del molde (cc)	2323	2323	2323
Densidad húmeda (grs./cm3)	1.88	1.97	2.07
Densidad seca (grs./cm3)	<b>1.685</b>	<b>1.773</b>	<b>1.866</b>
<b>Tarro N°</b>	<b>21</b>	<b>22</b>	<b>20</b>
Peso del tarro + suelo húmedo (grs.)	221.20	205.40	232.20
Peso del tarro + suelo seco (grs.)	202.55	190.40	215.33
Peso del agua (grs.)	18.65	15.00	16.87
Peso del tarro (grs.)	39.30	56.54	61.20
Peso del suelo seco (grs.)	163.25	133.86	154.13
% de humedad	<b>11.42</b>	<b>11.21</b>	<b>10.95</b>
PROMEDIO DE HUMEDAD			

### EXPANSIÓN

FECHA	TIEMPO	LECTURA			EXPANSIÓN			LECTURA			EXPANSIÓN		
		DIAL	Mm.	%	DIAL	mm	%	DIAL	mm	%			
		320	0	0	145	0	0	410	0	0			
		320	0	0.00	168	23	0.50	431	21	0.46			
		359	39	0.85	182	37	0.81	445	35	0.77			
		369	49	1.07	192	47	1.03	453	43	0.93			
		570	250	<b>5.47</b>	305	160	<b>3.50</b>	457	47	<b>1.03</b>			

### PENETRACIÓN

PENETRACIÓN	MOLDE N°01-N° de Golpes			MOLDE N°02-N° de Golpes			MOLDE N°03- N° de Golpes		
	LECTURA	CORRECCIÓN		LECTURA	CORRECCIÓN		LECTURA	CORRECCIÓN	
		DIAL	Libras.		Libras./pulg <sup>2</sup>	DIAL		Libras.	Libras./pulg <sup>2</sup>
0.000			0.00			0.00			0.00
0.025	17	47	16	33	86	29	49	126	42
0.050	32	84	28	61	155	52	90	227	76
0.075	46	118	39	84	212	71	124	311	104
0.100	62	158	<b>53</b>	109	273	<b>91</b>	158	395	<b>132</b>
0.150	79	200	67	146	366	122	218	544	181
0.200	97	244	81	174	435	145	266	662	221
0.250	113	284	95	199	497	166	304	756	252
0.300	125	314	105	218	544	181	335	833	278
0.400	137	343	114	239	596	199	376	934	311
0.50	141	353	118	248	618	206	388	964	321

## VALOR SOPORTE RELATIVO (C.B.R.) ASTM - D 1883

**PROYECTO :** Diseño de una sub rasante con adición de fibra PET para mejorar la calidad de los suelos arcillosos, Tarapoto – 2020  
**LOCALIZACIÓN:** sector ventanilla, distrito de la banda de shilcayo  
**MUESTRA :** suelo arcilloso  
**MATERIAL :** 0  
**FECHA:** 1.00 - 2.00 m

### COMPACTACIÓN

Molde N°	04	05	06
<b>N° de golpes por capa</b>	<b>12</b>	<b>25</b>	<b>56</b>
CONDICIONES DE LA MUESTRA	6000	6000	6000
Peso del molde + suelo húmedo (grs)	8540	8655	8950
Peso del molde (gramos)	4265	4165	4254
Peso del suelo húmedo (grs.)	4275	4490	4696
Volumen del molde (cc)	2323	2323	2323
Densidad húmeda (grs./cm3)	1.84	1.93	2.02
Densidad seca (grs./cm3)	<b>1.637</b>	<b>1.723</b>	<b>1.807</b>
<b>Tarro N°</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>6</b>
Peso del tarro + suelo húmedo (grs.)	181.20	178.10	182.12
Peso del tarro + suelo seco (grs.)	165.20	164.50	168.10
Peso del agua (grs.)	16.00	13.60	14.02
Peso del tarro (grs.)	36.45	52.62	50.12
Peso del suelo seco (grs.)	128.75	111.88	117.98
% de humedad	<b>12.43</b>	<b>12.16</b>	<b>11.88</b>
PROMEDIO DE HUMEDAD			

### EXPANSIÓN

FECHA	TIEMPO	LECTURA			EXPANSIÓN			LECTURA			EXPANSIÓN		
		DIAL	Mm.	%	DIAL	mm	%	DIAL	mm	%			
		320	0	0	145	0	0	410	0	0			
		320	0	0.00	168	23	0.50	431	21	0.46			
		359	39	0.85	182	37	0.81	445	35	0.77			
		369	49	1.07	192	47	1.03	453	43	0.93			
		570	250	<b>5.47</b>	305	160	<b>3.50</b>	457	47	<b>1.03</b>			

### PENETRACIÓN

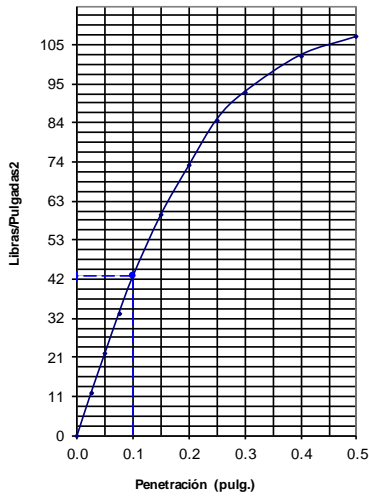
PENETRACIÓN	MOLDE N°01-N° de Golpes			MOLDE N°02-N° de Golpes			MOLDE N°03- N° de Golpes		
	LECTURA	CORRECCIÓN		LECTURA	CORRECCIÓN		LECTURA	CORRECCIÓN	
		DIAL	Libras.		Libras./pulg <sup>2</sup>	DIAL		Libras.	Libras./pulg <sup>2</sup>
0.000			0.00			0.00			0.00
0.025	14	39	13	24	64	21	38	99	33
0.050	27	71	24	52	133	44	76	192	64
0.075	39	101	34	74	188	63	112	282	94
0.100	51	131	<b>44</b>	99	248	<b>83</b>	145	363	<b>121</b>
0.150	73	185	62	138	346	115	198	494	165
0.200	88	222	74	166	415	138	248	618	206
0.250	108	272	91	191	477	159	288	717	239
0.300	119	299	100	209	521	174	319	793	264
0.400	133	333	111	231	576	192	359	892	297
0.50	137	343	114	239	596	199	371	922	307

# ANEXO 11: CBR

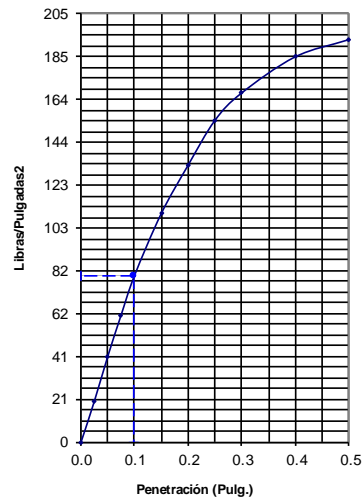


<b>PROYECTO</b>	Diseño de una sub rasante con adición de fibra PET para mejorar la calidad de	<b>ENSAYO:</b>	<b>C.B.R</b>
<b>LOCALIZACION</b>	sector ventanilla, distrito de la banda de shilcayo	Humedad Optima Porct. Mod.:	<b>12.70</b> %
<b>MUESTRA</b>	0	Max. Des. Porct. Mod.:	<b>1.794</b> gr/cm <sup>3</sup>
<b>MATERIAL</b>	suelo arcilloso		
<b>FECHA</b>	0.00 - 0.50		

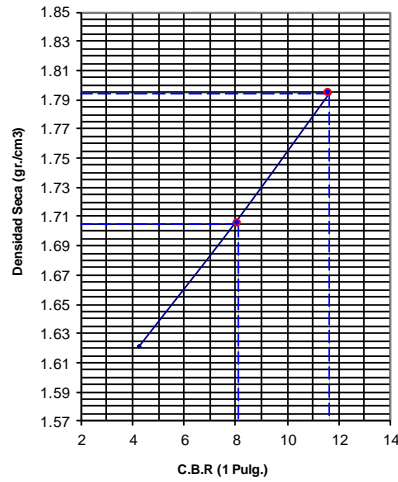
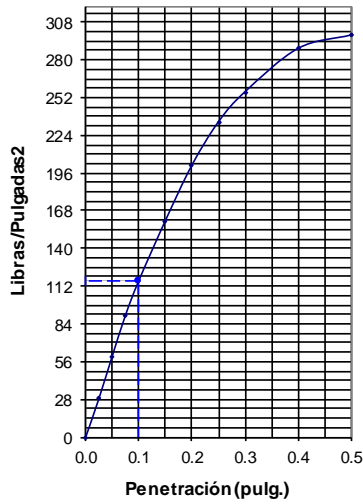
12 Golpes-C.B.R. 0":4.27%=&=1.62 gr/cm3



25 Golpes-C.B.R. 0":7.98%=&=1.71gr/cm3



56 Golpes-C.B.R. 0":11.61%=&=1.79 gr/cm3



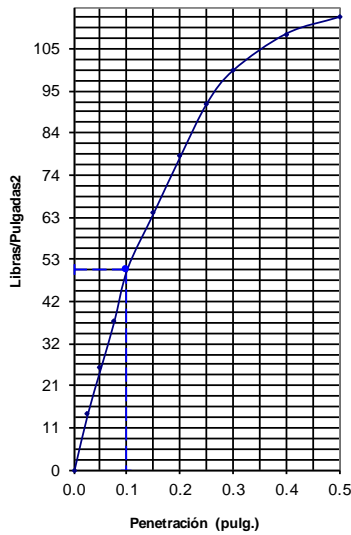
GOLPES	W. %	&.gr./cm3	HINCH. %	COMP. %	CBR-1"	CBR-2"	C.B.R.	C.B.R.
12	12.99	1.62	5.47	90	4.27		95%	100%
25	12.82	1.71	3.50	95	7.98		7.98%	11.61
56	12.70	1.79	1.03	100	11.61			



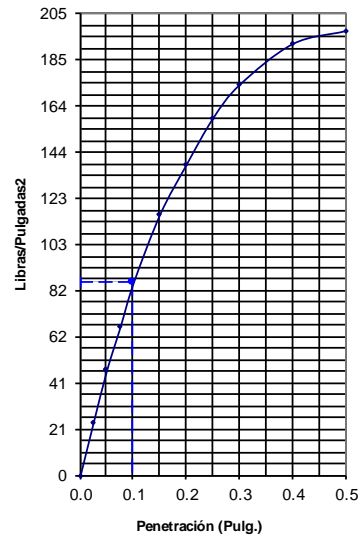
PROYECTO Diseño de una subrasante con adición de fibra PET para mejorar la calidad de los suelos arcillosos Tarapoto 2020  
 LOCALIZACION sector ventanilla, distrito de la banda de shilcayo  
 MUESTRA 0  
 MATERIAL suelo arcilloso  
 FECHA 0.50 - 1.00 m

**ENSAYO: C.B.R**  
 Humedad Optima Porct. Mod.: **12.00** %  
 Max. Des. Porct. Mod.: **1.820** gr/cm<sup>3</sup>

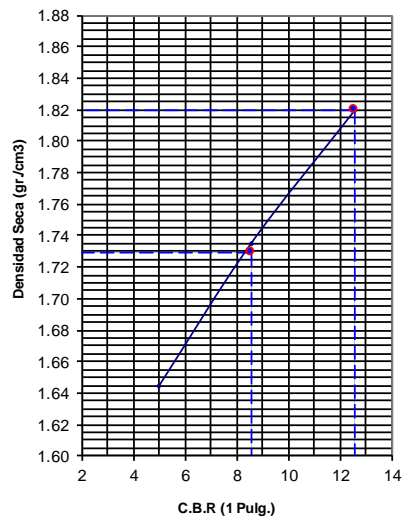
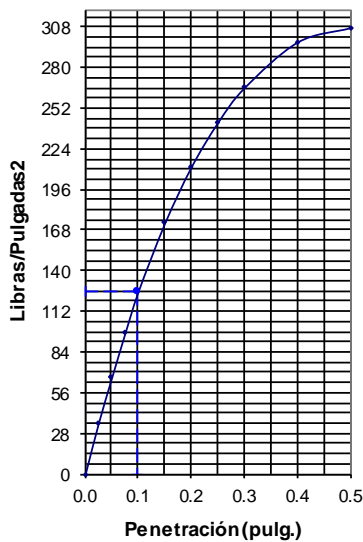
12 Golpes-C.B.R. 0":5.02%=&=1.64 gr/cm<sup>3</sup>



25 Golpes-C.B.R. 0":8.56%=&=1.73 gr/cm<sup>3</sup>



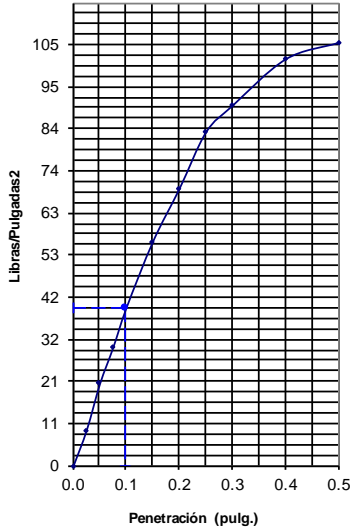
56 Golpes-C.B.R. 0":12.6%=&=1.82 gr/cm<sup>3</sup>



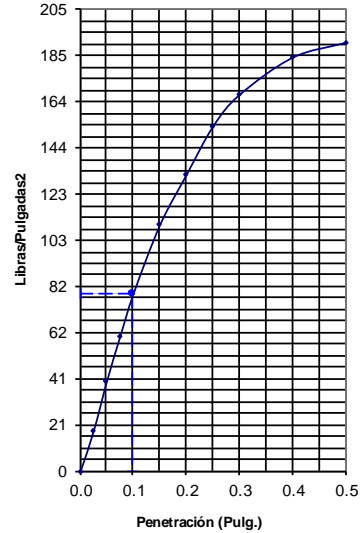
GOLPES	W. %	&.gr/cm <sup>3</sup>	HINCH. %	COMP. %	CBR-1"	CBR-2"	C.B.R.	C.B.R.
12	12.32	1.64	5.47	90	5.02		95%	100%
25	12.18	1.73	3.50	95	8.56		8.56%	12.60
56	12.00	1.82	1.03	100	12.60			

<b>PROYECTO</b>	Diseño de una sub rasante con adición de fibra PET para mejorar la calidad de	<b>ENSAYO:</b>	<b>C.B.R</b>
<b>LOCALIZACION</b>	sector ventanilla, distrito de la banda de shilcayo	Humedad Optima Porct. Mod.:	
<b>MUESTRA</b>	suelo arcilloso	<b>13.21</b>	<b>%</b>
<b>MATERIAL</b>	0	Max. Des. Porct. Mod.:	
<b>FECHA</b>	1.00 - 2.00 m	<b>1.779</b>	<b>gr/cm<sup>3</sup></b>

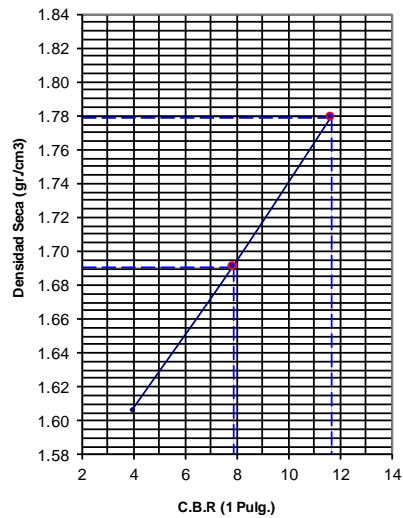
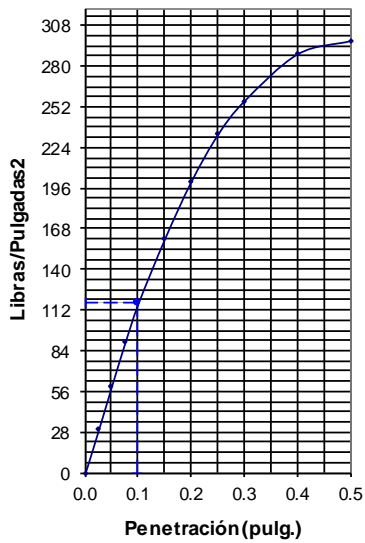
12 Golpes-C.B.R. 0":3.94%=&=1.61gr/cm3



25 Golpes-C.B.R. 0":7.9%=&=1.69 gr/cm3



56 Golpes-C.B.R. 0":11.69%=&=1.78 gr/cm3

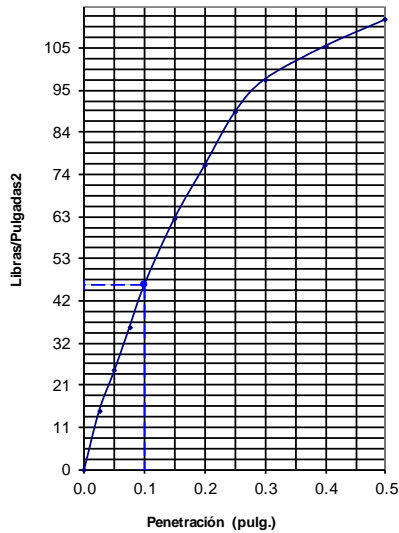


GOLPES	W. %	&.gr./cm3	HINCH. %	COMP. %	CBR-1"	CBR-2"	C.B.R.	C.B.R.
12	13.59	1.61	5.47	90	3.94		95%	100%
25	13.46	1.69	3.50	95	7.90		7.90%	11.69
56	13.21	1.78	1.03	100	11.69			

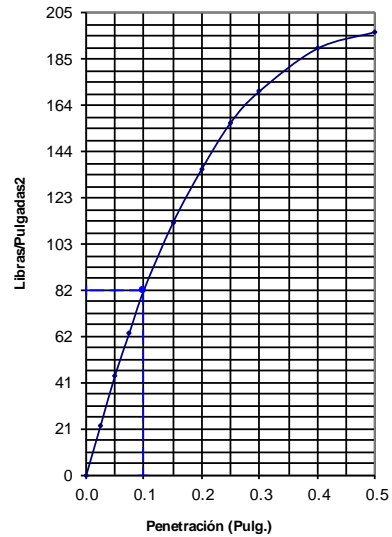
## ANEXO 12: CBR 1%

<b>PROYECTO</b>	Diseño de una sub rasante con adición de fibra PET para mejorar la calidad de	<b>ENSAYO:</b>	<b>C.B.R</b>
<b>LOCALIZACION</b>	sector ventanilla, distrito de la banda de shilcayo	Humedad Optima Porct.. Mod.:	
<b>MUESTRA</b>	suelo arcilloso		<b>11.80</b> %
<b>MATERIAL</b>	0	Max. Des. Porct.. Mod.:	
<b>FECHA</b>	0.00 - 0.50		<b>1.814</b> gr/cm <sup>3</sup>

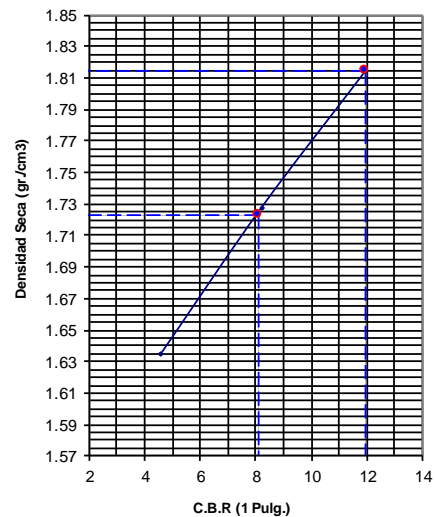
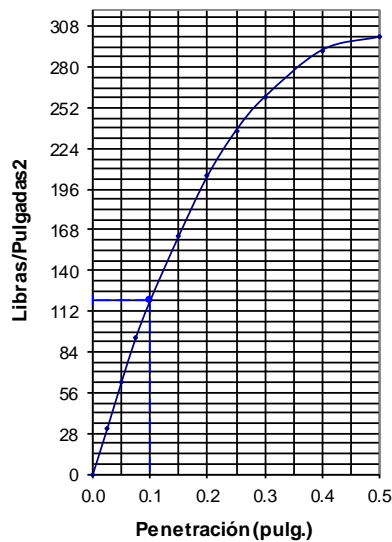
12 Golpes-C.B.R. 1":4.6%=&=1.63gr/cm3



25 Golpes-C.B.R. 1":8.23%=&=1.73gr/cm3



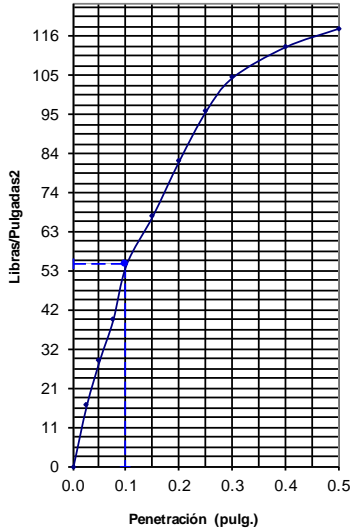
56 Golpes-C.B.R. 1":11.94%=&=1.81gr/cm3



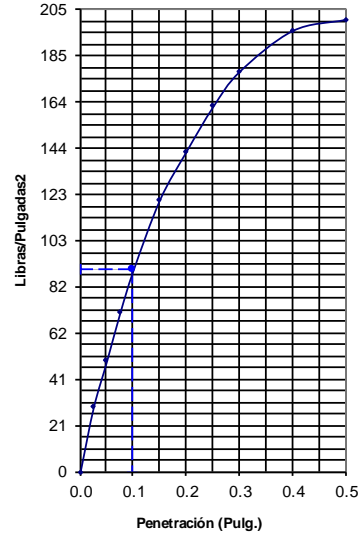
GOLPES	W. %	&.gr./cm3	HINCH. %	COMP. %	CBR-1"	CBR-2"	C.B.R.	C.B.R.
12	12.33	1.63	5.47	90	4.60		95%	100%
25	12.11	1.73	3.50	95	8.23		8.23%	11.94
56	11.80	1.81	1.03	100	11.94			

<b>PROYECTO</b>	Diseño de una sub rasante con adición de fibra PET para mejorar la calidad de	<b>ENSAYO:</b>	<b>C.B.R</b>
<b>LOCALIZACION</b>	sector ventanilla, distrito de la banda de shilcayo	Humedad Optima Porct. Mod.:	11.70 %
<b>MUESTRA</b>	suelo arcilloso	Max. Des. Porct. Mod.:	1.839 gr/cm <sup>3</sup>
<b>MATERIAL</b>	0		
<b>FECHA</b>	0.50 - 1.00 m		

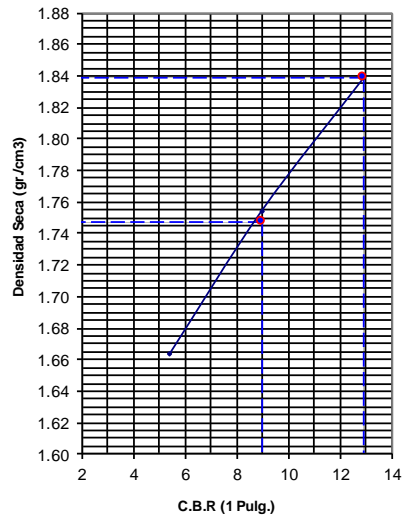
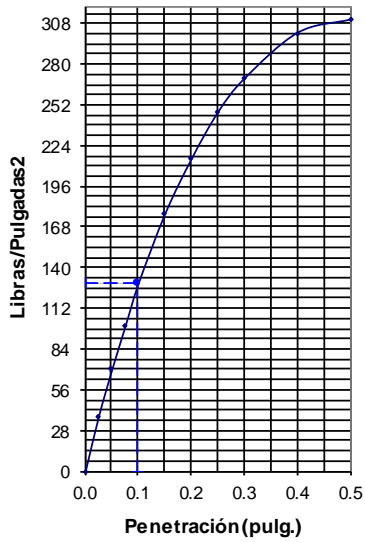
12 Golpes-C.B.R. 1":5.43%=&=1.66gr/cm3



25 Golpes-C.B.R. 1":8.97%=&=1.75gr/cm3



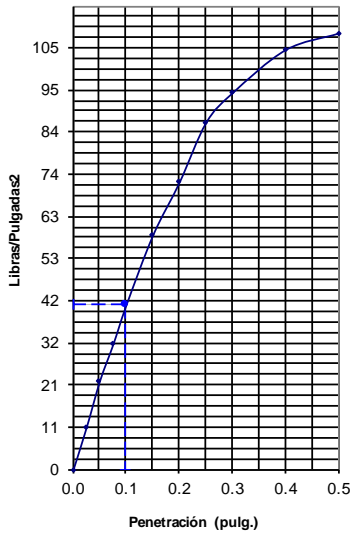
56 Golpes-C.B.R. 1":12.93%=&=1.84 gr/cm3



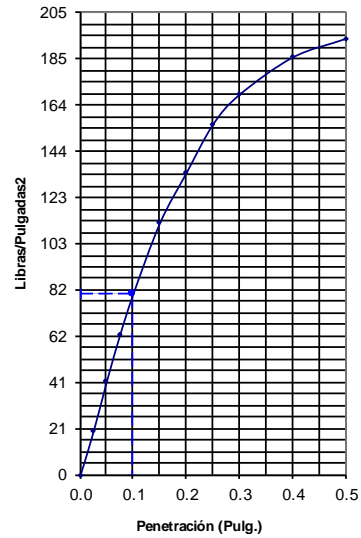
GOLPES	W. %	&.gr./cm3	HINCH. %	COMP. %	CBR-1"	CBR-2"	C.B.R.	C.B.R.
12	12.19	1.66	5.47	90	5.43		95%	100%
25	11.93	1.75	3.50	95	8.97		8.97%	12.93
56	11.70	1.84	1.03	100	12.93			

<b>PROYECTO</b>	Diseño de una sub rasante con adición de fibra PET para mejorar la calidad de	<b>ENSAYO:</b>	<b>C.B.R</b>
<b>LOCALIZACION</b>	sector ventanilla, distrito de la banda de shilcayo	Humedad Optima Porct.. Mod.:	
<b>MUESTRA</b>	suelo arcilloso	<b>12.85</b>	<b>%</b>
<b>MATERIAL</b>	0	Max. Des. Porct.. Mod.:	
<b>FECHA</b>	1.00 - 2.00 m	<b>1.784</b>	<b>gr/cm<sup>3</sup></b>

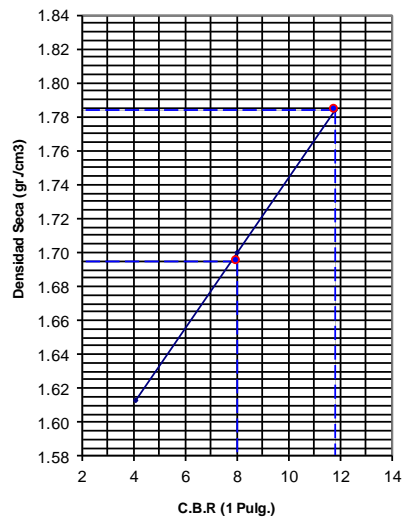
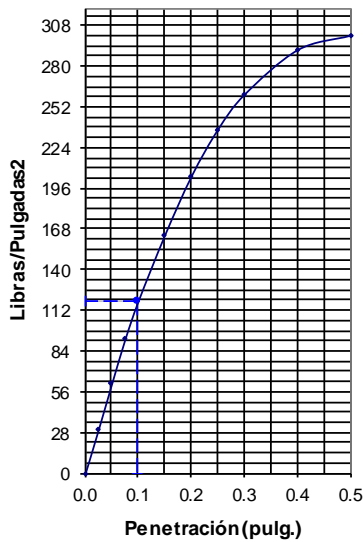
12 Golpes-C.B.R. 1":4.11%=&=1.61gr/cm3



25 Golpes-C.B.R. 1":8.06%=&=1.70gr/cm3



56 Golpes-C.B.R. 1":11.86%=&=1.78gr/cm3

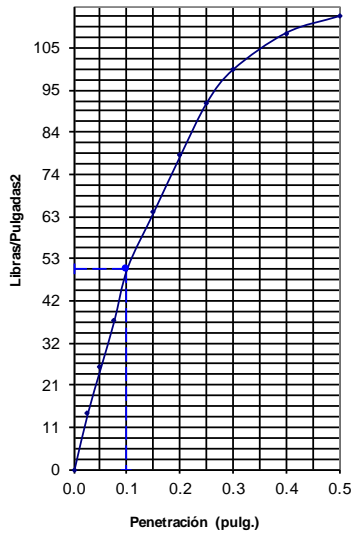


GOLPES	W. %	&.gr./cm3	HINCH. %	COMP. %	CBR-1"	CBR-2"	C.B.R.	C.B.R.
12	13.43	1.61	5.47	90	4.11		95%	100%
25	13.16	1.70	3.50	95	8.06		8.06%	11.86
56	12.85	1.78	1.03	100	11.86			

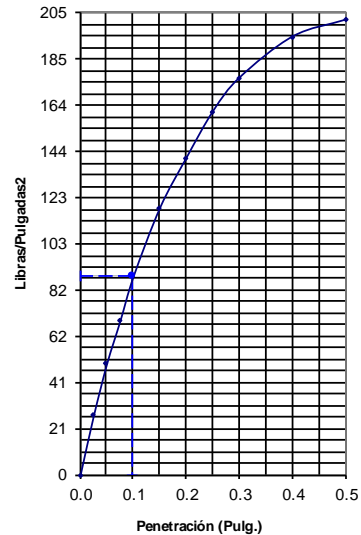
# ANEXO 13: CBR 2%

<b>PROYECTO</b>	Diseño de una sub rasante con adición de fibra PET para mejorar la calidad de	<b>ENSAYO:</b>	<b>C.B.R</b>
<b>LOCALIZACION</b>	sector ventanilla, distrito de la banda de shilcayo	Humedad Optima Porct.. Mod.:	<b>11.35</b> %
<b>MUESTRA</b>	suelo arcilloso	Max. Des. Porct.. Mod.:	<b>1.853</b> gr/cm <sup>3</sup>
<b>MATERIAL</b>	0		
<b>FECHA</b>	0.50 - 1.00 m		

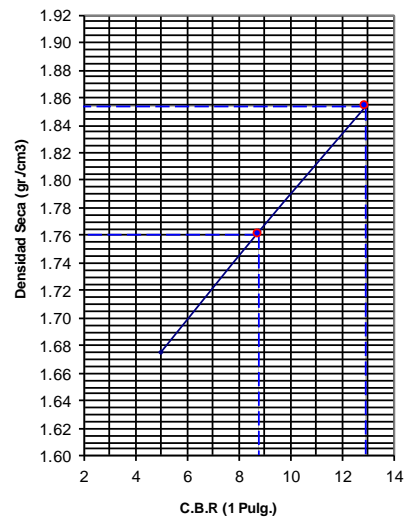
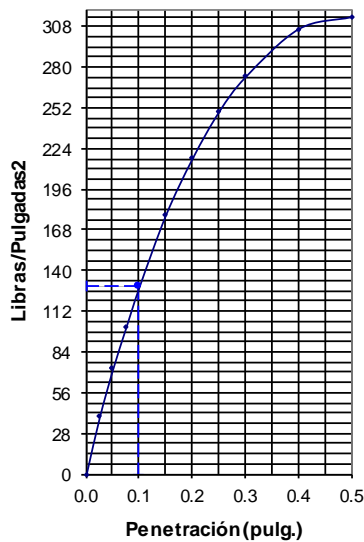
12 Golpes-C.B.R. 2":5.02% &=1.68 gr/cm3



25 Golpes-C.B.R. 2":8.81% &=1.76 gr/cm3



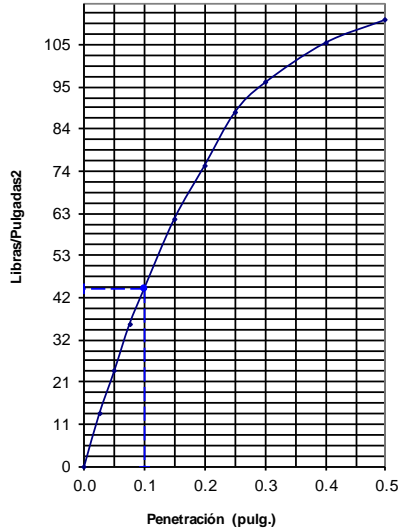
56 Golpes-C.B.R. 2":12.93% &=1.85 gr/cm3



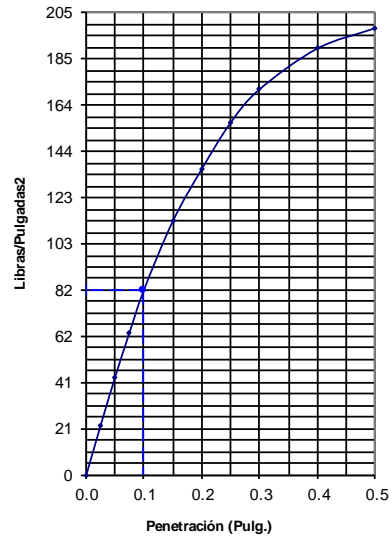
GOLPES	W. %	&.gr./cm3	HINCH. %	COMP. %	CBR-1"	CBR-2"	C.B.R.	C.B.R.
12	11.70	1.68	5.47	90	5.02		95%	100%
25	11.56	1.76	3.50	95	8.81		8.81%	12.93
56	11.35	1.85	1.03	100	12.93			

<b>PROYECTO</b>	Diseño de una sub rasante con adición de fibra PET para mejorar la calidad de	<b>ENSAYO:</b>	<b>C.B.R</b>
<b>LOCALIZACION</b>	sector ventanilla, distrito de la banda de shilcayo	Humedad Optima Porct.. Mod.:	11.25 %
<b>MUESTRA</b>	suelo arcilloso	Max. Des. Porct.. Mod.:	1.825 gr/cm <sup>3</sup>
<b>MATERIAL</b>	0		
<b>FECHA</b>	0.00 - 0.50		

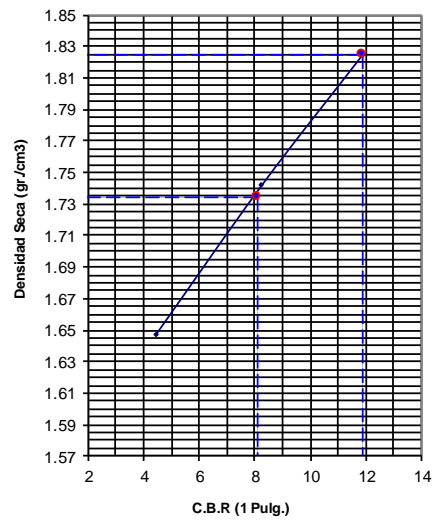
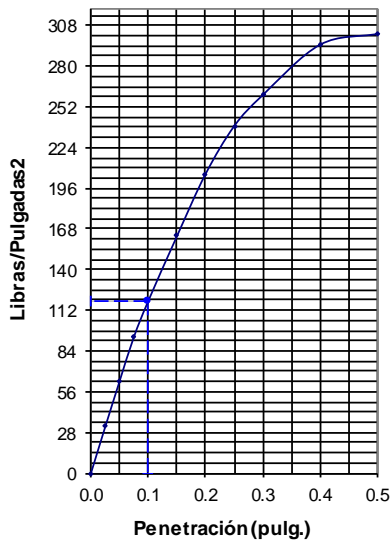
12 Golpes-C.B.R. 2":4.44%=&=1.65gr/cm3



25 Golpes-C.B.R. 2":8.23%=&=1.74gr/cm3



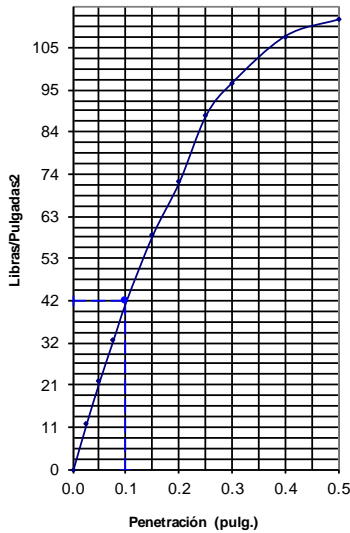
56 Golpes-C.B.R. 2":11.86%=&=1.82 gr/cm3



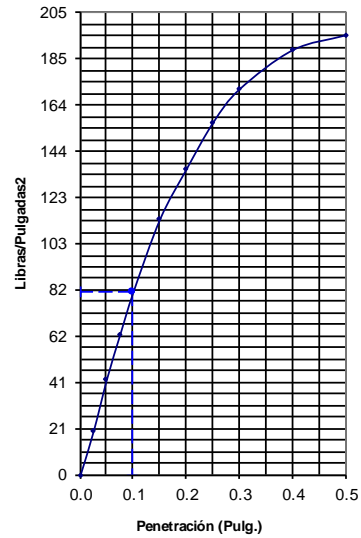
GOLPES	W. %	&.gr./cm3	HINCH. %	COMP. %	CBR-1"	CBR-2"	C.B.R.	C.B.R.
12	11.60	1.65	5.47	90	4.44		95%	100%
25	11.41	1.74	3.50	95	8.23		8.23%	11.86
56	11.25	1.82	1.03	100	11.86			

<b>PROYECTO</b>	Diseño de una sub rasante con adición de fibra PET para mejorar la calidad de	<b>ENSAYO:</b>	<b>C.B.R</b>
<b>LOCALIZACION</b>	sector ventanilla, distrito de la banda de shilcayo	Humedad Optima Porct.. Mod.:	
<b>MUESTRA</b>	suelo arcilloso	<b>12.30</b>	<b>%</b>
<b>MATERIAL</b>	0	Max. Des. Porct.. Mod.:	
<b>FECHA</b>	1.00 - 2.00 m	<b>1.799</b>	<b>gr/cm<sup>3</sup></b>

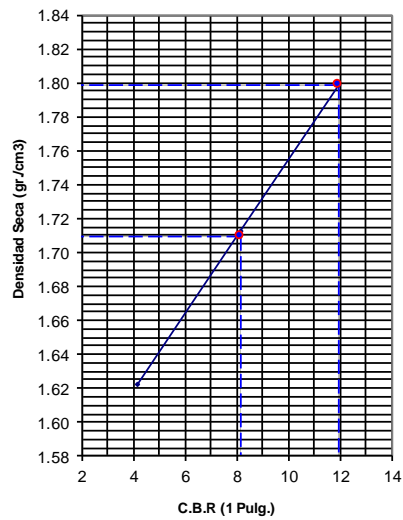
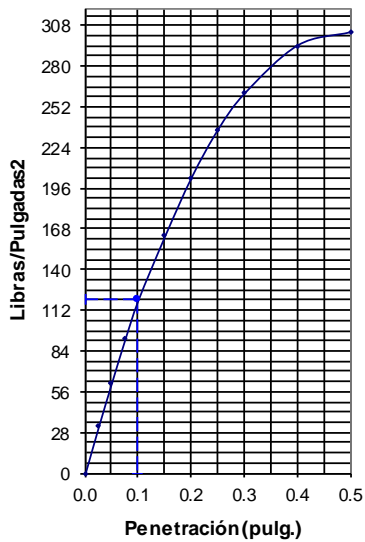
12 Golpes-C.B.R. 2":4.19%=&=1.62gr/cm3



25 Golpes-C.B.R. 2":8.15%=&=1.71gr/cm3



56 Golpes-C.B.R. 2":11.94%=&=1.8gr/cm3



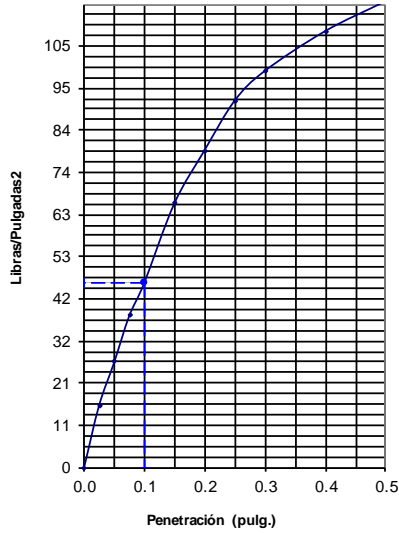
GOLPES	W. %	&.gr./cm3	HINCH. %	COMP. %	CBR-1"	CBR-2"	C.B.R.	C.B.R.
12	12.63	1.62	5.47	90	4.19		95%	100%
25	12.48	1.71	3.50	95	8.15		8.15%	11.94
56	12.30	1.80	1.03	100	11.94			



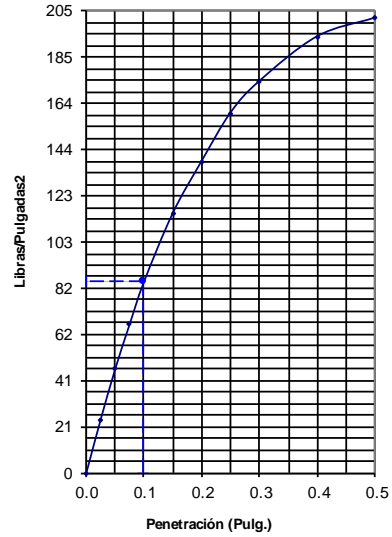
# ANEXO 14: CBR 3%

<b>PROYECTO</b>	Diseño de una sub rasante con adición de fibra PET para mejorar la calidad de	<b>ENSAYO:</b>	<b>C.B.R</b>
<b>LOCALIZACION</b>	sector ventanilla, distrito de la banda de shilcayo	Humedad Optima Porct.. Mod.:	
<b>MUESTRA</b>	suelo arcilloso		<b>11.15</b> %
<b>MATERIAL</b>	0	Max. Des. Porct.. Mod.:	
<b>FECHA</b>	0.00 - 0.50		<b>1.835</b> gr/cm <sup>3</sup>

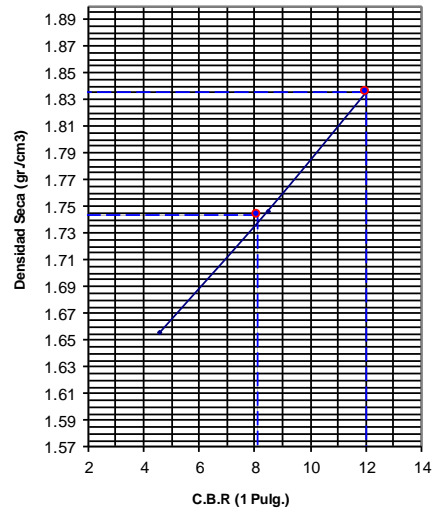
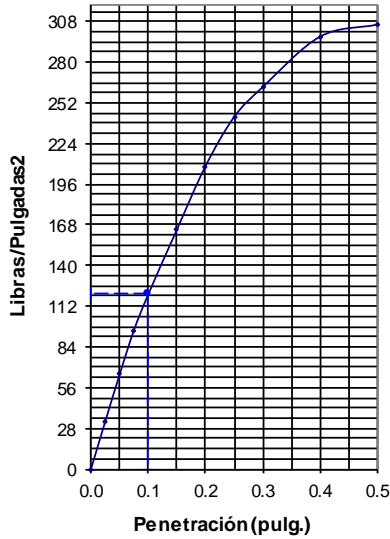
12 Golpes-C.B.R. 3":4.6%=&=1.66 gr/cm3



25 Golpes-C.B.R. 3":8.48%=&=1.75 gr/cm3



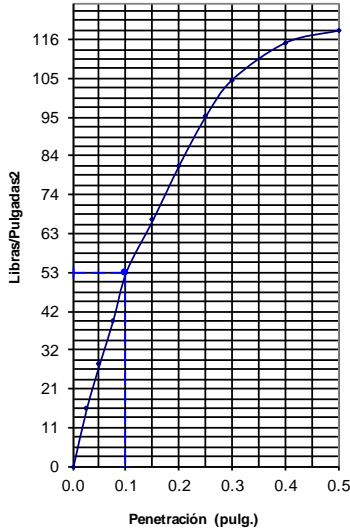
56 Golpes-C.B.R. 3":12.02%=&=1.83 gr/cm3



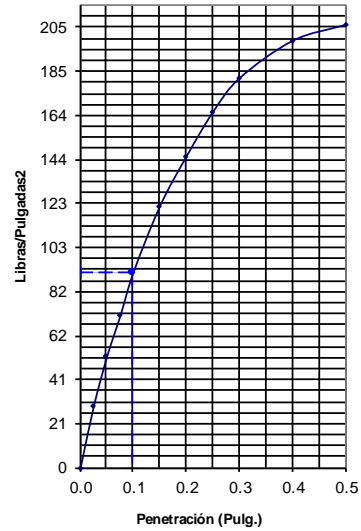
GOLPES	W. %	&.gr./cm3	HINCH. %	COMP. %	CBR-1"	CBR-2"	C.B.R.	C.B.R.
12	11.76	1.66	5.47	90	4.60		95%	100%
25	11.61	1.75	3.50	95	8.48		8.48%	12.02
56	11.35	1.83	1.03	100	12.02			

<b>PROYECTO</b>	Diseño de una sub rasante con adición de fibra PET para mejorar la calidad de	<b>ENSAYO:</b>	<b>C.B.R</b>
<b>LOCALIZACION</b>	sector ventanilla, distrito de la banda de shilcayo	Humedad Optima Porct. Mod.:	
<b>MUESTRA</b>	suelo arcilloso	<b>10.95</b>	<b>%</b>
<b>MATERIAL</b>	0	Max. Des. Porct. Mod.:	
<b>FECHA</b>	0.50 - 1.00 m	<b>1.866</b>	<b>gr/cm<sup>3</sup></b>

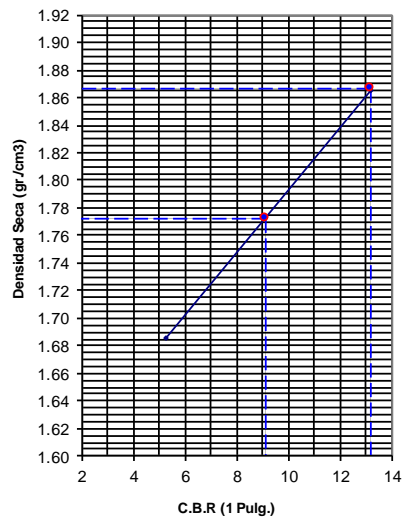
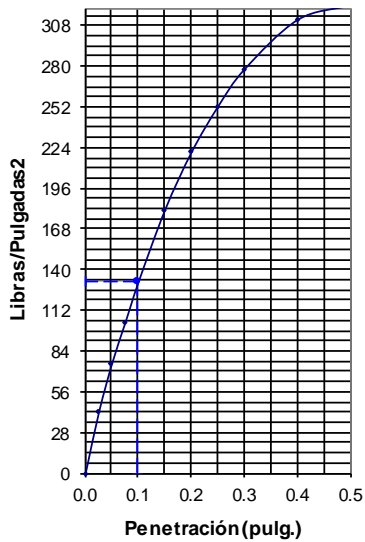
12 Golpes-C.B.R. 3":5.26%=&=1.69 gr/cm3



25 Golpes-C.B.R. 3":9.11%=&=1.77gr/cm3



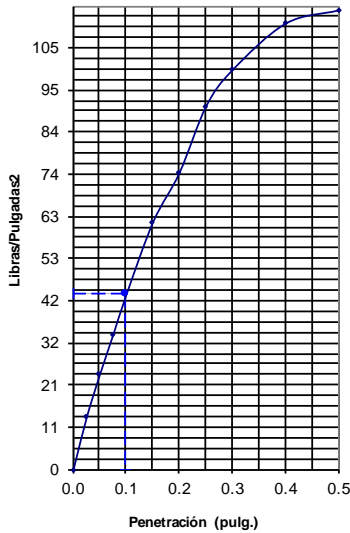
56 Golpes-C.B.R. 3":13.17%=&=1.87gr/cm3



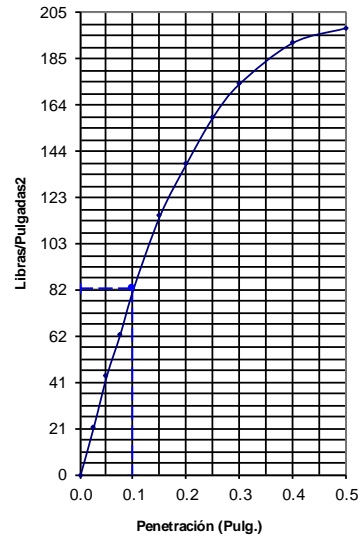
GOLPES	W. %	&.gr./cm3	HINCH. %	COMP. %	CBR-1"	CBR-2"	C.B.R.	C.B.R.
12	11.42	1.69	5.47	90	5.26		95%	100%
25	11.21	1.77	3.50	95	9.11		9.11%	13.17
56	10.95	1.87	1.03	100	13.17			

<b>PROYECTO</b>	Diseño de una sub rasante con adición de fibra PET para mejorar la calidad de	<b>ENSAYO:</b>	<b>C.B.R</b>
<b>LOCALIZACION</b>	sector ventanilla, distrito de la banda de shilcayo	Humedad Optima Porct.. Mod.:	
<b>MUESTRA</b>	suelo arcilloso	<b>11.88</b>	<b>%</b>
<b>MATERIAL</b>	0	Max. Des. Porct.. Mod.:	
<b>FECHA</b>	1.00 - 2.00 m	<b>1.807</b>	<b>gr/cm<sup>3</sup></b>

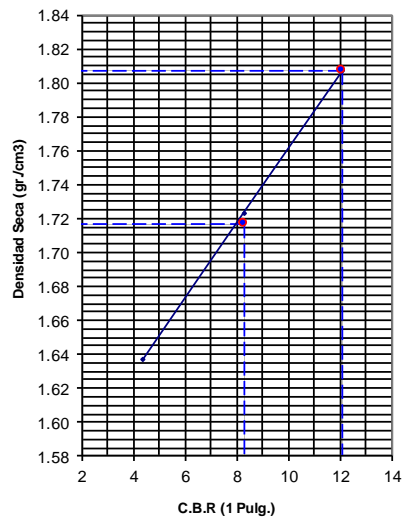
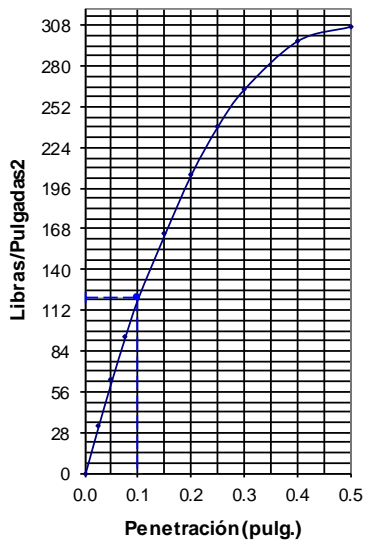
12 Golpes-C.B.R. 3":4.37%=&=1.64 gr/cm3



25 Golpes-C.B.R. 3":8.28%=&=1.72 gr/cm3



56 Golpes-C.B.R. 3":12.1%=&=1.81 gr/cm3



GOLPES	W. %	&.gr./cm3	HINCH. %	COMP. %	CBR-1"	CBR-2"	C.B.R.	C.B.R.
12	12.43	1.64	5.47	91	4.37		95%	100%
25	12.16	1.72	3.50	95	8.28		8.28%	12.10
56	11.88	1.81	1.03	100	12.10			

# ANEXO 15: Ensayo de Compresión simple

Tesis : Diseño de una subrasante con adición con fibra PET para mejorar la calidad de los suelos arcillosos - Tarapoto - 2020

Localización de la Tesis: Sector Ventanilla Distrito de la Banda de Shilcayo, Provincia, Departamento de San Martín M-01

Descripción del Suelo: Arcilla Inorgánica de Mediana Plasticidad Profundidad de la Muestra: 0.50 m Calicata: C-01

Hecho Por : Tesista Karen del Pilar Pinedo Ramirez Fecha: 1/06/2021

**DATOS DE LA MUESTRA:**

Diámetro: 70.00 mm Area  $A_o = 38.480 \text{ cm}^2$  Altura,  $L_o = 140 \text{ mm}$

Volumen: 538.78 \text{ cm}^3 Peso = 979.40 gr Peso Unitario Húmedo = 1.82 \text{ gr/cm}^3

Contenido de Humedad w% Inicial = 11.38 Contenido de Humedad w% Final = 11.27 Peso Unitario seco = 1.63 \text{ gr/cm}^3

---

**COMPRESION NO CONFINADA**

*ASTM 2166-02*

LECTURA	DEZPLAZAMIENTO	Lectura Carga	Carga	Deformación $\epsilon$	AREA CORREGIDA "A" $\text{cm}^2$	ESFUERZO SOBRE LA MUESTRA $\text{Kg/cm}^2$	VELOCIDAD MC - E-50 $\text{mm/min}$	LONGITUD INICIAL $\text{mm}$
Nº	mm	Div	Kg	mm				
1	0.00	0	0.00	0.000	0.00	0.00	1.00	140
2	0.25	9	3.98	0.004	38.62	0.10	1.00	140
3	0.50	20	7.40	0.007	38.76	0.19	1.00	140
4	0.75	35	12.05	0.011	38.90	0.31	1.00	140
5	1.00	42	14.23	0.014	39.04	0.36	1.00	140
6	1.50	60	19.81	0.021	39.32	0.50	1.00	140
7	2.00	119	38.13	0.029	39.61	0.96	1.00	140
8	2.50	160	50.85	0.036	39.91	1.27	1.00	140
9	3.00	190	60.17	0.043	40.20	1.50	1.00	140
10	3.50	197	62.34	0.050	40.51	1.54	1.00	140
11	4.00	205	64.82	0.057	40.81	1.59	1.00	140
12	4.50	180	57.06	0.064	41.12	1.39	1.00	140
13	5.00	180	57.06	0.071	41.44	1.38	1.00	140
14	5.50	178	56.44	0.079	41.76	1.35	1.00	140
15	6.00	177	56.13	0.086	42.09	1.33	1.00	140
16	6.50	176	55.82	0.093	42.42	1.32	1.00	140
17	7.00	175	55.51	0.100	42.76	1.30	1.00	140
18	7.50	174	55.20	0.107	43.10	1.28	1.00	140
19	8.00	173	54.89	0.114	43.45	1.26	1.00	140
20	8.50	172	54.58	0.121	43.80	1.25	1.00	140
21	9.00	171	54.27	0.129	44.16	1.23	1.00	140

**Esquema de falla**

Area : =  $38.480 \text{ cm}^2$

Cohesión =  $0.794 \text{ Kg/cm}^2$

Esfuerzo de la muestra = **1.59**      Cohesión = **0.79**       $\text{Kg/cm}^2$

**Compresión No Confinada**

Cohesión = **0.79**       $\text{Kg/cm}^2$   
E = **28.49**       $\text{Kg/cm}^2$

Resistencia a la compresión No confinada  $q_u = 1.59 \text{ Kg/cm}^2$

**OBSERVACIONES:** La muestra ha sido extraída por el ente solicitante, por el cual el laboratorio no se responsabiliza por la extracción, colección y transporte

Tesis : Diseño de una subrasante con adición con fibra PET para mejorar la calidad de los suelos arcillosos - Tarapoto - 2020

Localización de la Tesis: Sector Ventanilla Distrito de la Banda de Shilcayo, Provincia, Departamento de San Martín M-01

Descripción del Suelo: Arena Arcillosa Profundidad de la Muestra: 2.00 m Calicata: C-01

Hecho Por : Tesista Karen del Pilar Pinedo Ramirez Fecha: Junio del 2,021

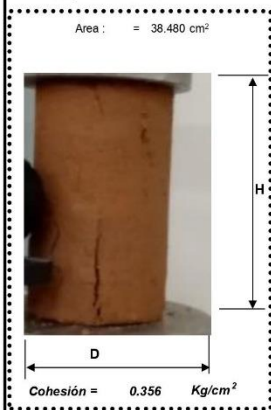
**DATOS DE LA MUESTRA:**

Diámetro: 70.00 mm Area  $A_o = 38.480 \text{ cm}^2$  Altura,  $L_o = 140 \text{ mm}$   
 Volumen: 538.78 cm<sup>3</sup> Peso = 1092.40 gr Peso Unitario Húmedo = 2.03 gr/cm<sup>3</sup>  
 Contenido de Humedad w% Inicial = 12.21 Contenido de Humedad w% Final = 11.85 Peso Unitario seco = 1.81 gr/cm<sup>3</sup>

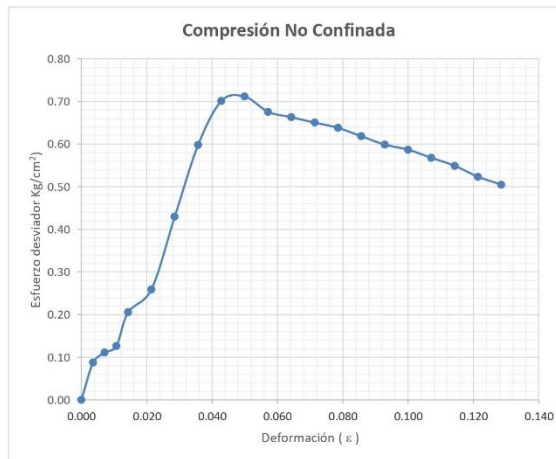
**COMPRESION NO CONFINADA**

ASTM 2166-02								
LECTURA	DEZPLAZAMIENTO	Lectura	Carga	Deformación	AREA	ESFUERZO SOBRE	VELOCIDAD	LONGITUD
Nº	mm	Carga	Kg	$\epsilon$	CORREGIDA	LA MUESTRA	MC - E-50	INICIAL
		Div		mm	"A" cm <sup>2</sup>	Kg/cm <sup>2</sup>	mm/min	mm
1	0.00	0	0.00	0.000	0.00	0.00	1.00	140
2	0.25	7	3.36	0.004	38.62	0.09	1.00	140
3	0.50	10	4.29	0.007	38.76	0.11	1.00	140
4	0.75	12	4.91	0.011	38.90	0.13	1.00	140
5	1.00	22	8.02	0.014	39.04	0.21	1.00	140
6	1.50	29	10.19	0.021	39.32	0.26	1.00	140
7	2.00	51	17.02	0.029	39.61	0.43	1.00	140
8	2.50	73	23.85	0.036	39.91	0.60	1.00	140
9	3.00	87	28.19	0.043	40.20	0.70	1.00	140
10	3.50	89	28.82	0.050	40.51	0.71	1.00	140
11	4.00	85	27.57	0.057	40.81	0.68	1.00	140
12	4.50	84	27.26	0.064	41.12	0.66	1.00	140
13	5.00	83	26.95	0.071	41.44	0.65	1.00	140
14	5.50	82	26.64	0.079	41.76	0.64	1.00	140
15	6.00	80	26.02	0.086	42.09	0.62	1.00	140
16	6.50	78	25.40	0.093	42.42	0.60	1.00	140
17	7.00	77	25.09	0.100	42.76	0.59	1.00	140
18	7.50	75	24.47	0.107	43.10	0.57	1.00	140
19	8.00	73	23.85	0.114	43.45	0.55	1.00	140
20	8.50	70	22.92	0.121	43.80	0.52	1.00	140
21	9.00	68	22.30	0.129	44.16	0.50	1.00	140

**Esquema de falla**






Esfuerzo de la muestra = 0.71 Cohesión = 0.36 Kg/cm<sup>2</sup>



Resistencia a la compresión No confinada  $q_u = 0.71 \text{ Kg/cm}^2$  Cohesión = 0.36 Kg/cm<sup>2</sup>  
 $E = 18.86 \text{ Kg/cm}^2$

**OBSERVACIONES:** La muestra ha sido extraída por el ente solicitante, por el cual el laboratorio no se responsabiliza por la extracción, colección y transporte

## ANEXO 16: Certificado de Calibración

	<b>JMR EQUIPOS SAC</b> Fabricación, Calibración, Servicio Preventivo y Correctivo, Asesoría y Servicio de Laboratorio, Comercialización de Equipos para Suelos, Concreto y Asfalto. RUC 20566329728
Pág. 1 de 6	
<b>CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN</b> <b>N° 0319154</b>	
<b><u>ANILLO DE CARGA PARA PRENSA CBR</u></b>	
<b>CLIENTE</b>	: UNIVERSIDAD NACIONAL SAN MARTIN
<b>DIRECCIÓN</b>	: JR. MAYNAS NRO. 179 - TARAPOTO - SAN MARTIN
<b>LUGAR</b>	: TARAPOTO
<b>DATOS DEL EQUIPO</b>	
Prensa Marca	: ELE, MOD CN-474M, SERIE NO INDICA
Anillo Marca	: ELE
Modelo	: No indica
Serie	: 1155-17-13935
Capacidad	: 0,45 TN
Procedencia	: USA
Dial	: Marca ELE Serie D3852 de 5 mm x 0,002 mm
Identificación	: 0319154
Ubicación	: Laboratorio de Ensayo de Suelo y Pavimentos
Fecha de emisión:	
Lima, 27 de diciembre del 2019	
	



# JMR EQUIPOS SAC

Fabricación, Calibración, Servicio Preventivo y Correctivo, Asesoría y Servicio de Laboratorio, Comercialización de Equipos para Suelos, Concreto y Asfalto.

RUC 20566329728

Certificado de Calibración N° 0319154

Pág. 2 de 6

## VERIFICACIÓN

### 1.- GENERALIDADES.

A solicitud de UNIVERSIDAD NACIONAL SAN MARTIN, se procedió a verificar un Anillo de Carga. La calibración se realizó en las instalaciones donde la UNIVERSIDAD NACIONAL SAN MARTIN

### 2.- DEL SISTEMA A VERIFICAR.

#### ANILLO DE CARGA PARA PRESNA CBR

Presna Marca	: ELE	Dial	
Modelo/Serie	: CN-474M / No indica	Marca	: ELE
Anillo Marca	: ELE	Modelo	: No indica
Modelo	: No indica	Serie	: D3852
Serie	: 1155-17-13935	Rango	: 5 mm
Capacidad	: 0,45 TN	Presición	: 0,002 mm
Procedencia	: USA		
Identificación	: 3E+05		
Ubicación	Laboratorio de Ensayo de Suelo y Pavimentos		

### 3.- DEL SISTEMA DE CALIBRACIÓN.

Celda de Carga	: KELI	Indicador	: Digital HIGH WEIGHT
Modelo	: A-FED	Modelo	: 315-X5
Serie	: AGB8900	Serie	: 0215426
Carga Nominal	: 5000 kgf	División	: 0,1 kgf
Modalidad	: Compresion		

### 4.- FECHA Y LUGAR DE CALIBRACIÓN.

Fecha	: 2019-12-20
Lugar	: Instalaciones donde la UNIVERSIDAD NACIONAL SAN MARTIN

### 5.- PROCEDIMIENTO.

El procedimiento toma como referencia a la norma ASTM E4-07 y la Norma NTP ISO/IEC 17025:2017. Se aplicaron tres series de carga al Anillo mediante la misma presna. En cada serie se registraron las lecturas de las cargas.

### 6.- CONDICIONES AMBIENTALES.

Temperatura Inicial	: 28,4 °C
Temperatura Final	: 28,5 °C
Humedad Relativa	: 66 %

JMR EQUIPOS S.A.C.  
  
ING. FRANCESCO P. C.  
JEFE DE CALIBRACION

JMR EQUIPOS S.A.C.  
  
ING. FRANCESCO P. C.  
JEFE DE CALIBRACION



# JMR EQUIPOS SAC

Fabricación, Calibración, Servicio Preventivo y Correctivo, Asesoría y Servicio de Laboratorio, Comercialización de Equipos para Suelos, Concreto y Asfalto.

RUC 20566329728

Certificado de Calibración N° 0319154

Pág. 3 de 6

## 7.- TRAZABILIDAD.

Certificado de Calibración INF-LE 255-19 con trazabilidad en el Laboratorio de Estructuras Antisísmicas de la Pontificia Universidad Católica.

## 8.- RESULTADOS

- En la Tabla N° 01 se muestran los promedios de las series de verificación y los errores correspondientes.
- En el Gráfico N°01 se muestra la curva de regresión y la ecuación de ajuste correspondientes a la presente calibración.
- Confines de identificación se ha colocado etiquetas con el número del certificado.

### 8.1.- INSPECCIÓN VISUAL.

- El equipo no presenta ninguna observación.

JMR EQUIPOS S.A.C.  
  
T. Alex Mario Souza Pizango  
JEFE DE LABORATORIO METROLOGIA







# JMR EQUIPOS SAC

Fabricación, Calibración, Servicio Preventa y Corrección, Asesoría y Servicio de  
Mantenimiento, Comercialización de Equipos para Suelos, Concreto y Asfalto.  
RUC: 20566929728

Certificado de Calibración N° 0119104

Pág. 4 de 6

## 9.- DATOS DE MEDICIÓN

TABLA N° 01

### CALIBRACION DE ANILLO DE CARGA

Prensa Marca: ELE; Modelo: CN-474M; Serie: No indica

Anillo Marca: ELE; Modelo: No indica; Serie: 1155-17-13935

Dial : Marca ELE; Modelo: No indica; Serie: D303; Rango: 5 mm

SISTEMA ANALÓGICO	SERIE DE VERIFICACIÓN ( mm )			PROMEDIO
	SERIE ( 1 ) mm	SERIE ( 2 ) mm	SERIE ( 3 ) mm	
50	18,0	216,18,26	18,5	18,26
100	21,9	31,6	21,3	21,47
150	47,8	47,6	47,3	47,57
200	63,5	63,0	63,2	63,23
250	78,4	78,1	78,6	78,37
300	93,8	93,5	93,4	93,57
350	110,8	110,3	110,1	110,73
400	126,5	126,9	126,7	126,70
450	142,3	142,6	142,8	142,60
500	157,3	157,1	157,0	157,13
550	167,5	167,4	167,3	167,47
600	218,7	218,0	218,6	218,77
650	250,3	250,1	250,7	250,37
700	279,7	279,4	279,1	279,40
750	310,8	310,7	310,5	310,60

Coefficiente  
Correlación:

$R^2 = 0,9999$

Ecuación de ajuste  
Dados:

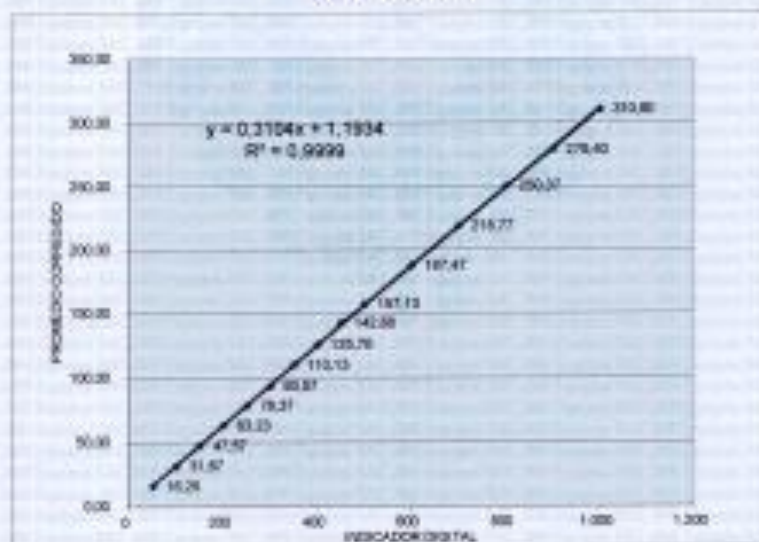
$y = 0,2164 + 1,9995$

X : Lectura del Dial (Divisiones)

Y : fuerza promedio (mm)

## 10.- GRÁFICA (Coeficiente de Correlación y Ecuación de Ajuste)

GRÁFICO N° 01



JMR EQUIPOS S.A.C.

José María Solís Padano  
JEFE DE LABORATORIO DE METROLOGÍA

JMR EQUIPOS S.A.C.

Ing. Juan Carlos Alvarado Peña  
JEFE DE LABORATORIO



# JMR EQUIPOS SAC

Fabricación, Calibración, Servicio Preventivo y Correctivo, Asesoría y Servicio de Laboratorio, Comercialización de Equipos para Suelos, Concreto y Asfalto.

RUC 20566329728

Certificado de Calibración N° 0319154

JMR EQUIPOS S.A.C

Pág. 5 de 6

Tel: 011 426 1000 / 426 1001  
LABORATORIO METROLOGIA

10.-

## CARTA DE CALIBRACIÓN

Anillo Marca ELE, Modelo No indica, Serie 1155-17-13935 de 0,45 TN  
Dial Marca ELE, Serie D3852 de 5 mm x 0,002 mm



Fecha de calibración: 2019-12-20

Divis	Kilogramos									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	4	5	5	5	6	6	6	6	7	7
20	7	8	8	8	9	9	9	10	10	10
30	11	11	11	11	12	12	12	13	13	13
40	14	14	14	15	15	15	15	16	16	16
50	17	17	17	18	18	18	19	19	19	20
60	20	20	20	21	21	21	22	22	22	23
70	23	23	24	24	24	24	25	25	25	26
80	26	26	27	27	27	28	28	28	29	29
90	29	29	30	30	30	31	31	31	32	32
100	32	33	33	33	33	34	34	34	35	35
110	35	36	36	36	37	37	37	38	38	38
120	38	39	39	39	40	40	40	41	41	41
130	42	42	42	42	43	43	43	44	44	44
140	45	45	45	46	46	46	47	47	47	47
150	48	48	48	49	49	49	50	50	50	51
160	51	51	51	52	52	52	53	53	53	54
170	54	54	55	55	55	56	56	56	56	57
180	57	57	58	58	58	59	59	59	60	60
190	60	60	61	61	61	62	62	62	63	63
200	63	64	64	64	65	65	65	65	66	66
210	66	67	67	67	68	68	68	69	69	69
220	69	70	70	70	71	71	71	72	72	72
230	73	73	73	74	74	74	74	75	75	75
240	76	76	76	77	77	77	78	78	78	78
250	79	79	79	80	80	80	81	81	81	82
260	82	82	83	83	83	83	84	84	84	85
270	85	85	86	86	86	87	87	87	87	88
280	88	88	89	89	89	90	90	90	91	91
290	91	92	92	92	92	93	93	93	94	94
300	94	95	95	95	96	96	96	96	97	97
310	97	98	98	98	99	99	99	100	100	100
320	101	101	101	101	102	102	102	103	103	103
330	104	104	104	105	105	105	105	106	106	106
340	107	107	107	108	108	108	109	109	109	110
350	110	110	110	111	111	111	112	112	112	113
360	113	113	114	114	114	114	115	115	115	116
370	116	116	117	117	117	118	118	118	119	119
380	119	119	120	120	120	121	121	121	122	122
390	122	123	123	123	123	124	124	124	125	125
400	125	126	126	126	127	127	127	128	128	128



# JMR EQUIPOS SAC

Fabricación, Calibración, Servicio Preventivo y Correctivo, Asesoría y Servicio de Laboratorio, Comercialización de Equipos para Suelos, Concreto y Asfalto.

RUC 20566329728

Certificado de Calibración N° 0319154

Pág. 6 de 6

Divis	Kilogramos									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
410	128	129	129	129	130	130	130	131	131	131
420	132	132	132	132	133	133	133	134	134	134
430	135	135	135	136	136	136	137	137	137	137
440	138	138	138	139	139	139	140	140	140	141
450	141	141	141	142	142	142	143	143	143	144
460	144	144	145	145	145	146	146	146	146	147
470	147	147	148	148	148	149	149	149	150	150
480	150	150	151	151	151	152	152	152	153	153
490	153	154	154	154	155	155	155	155	156	156
500	156	157	157	157	158	158	158	159	159	159
510	159	160	160	160	161	161	161	162	162	162
520	163	163	163	164	164	164	164	165	165	165
530	166	166	166	167	167	167	168	168	168	168
540	169	169	169	170	170	170	171	171	171	172
550	172	172	173	173	173	173	174	174	174	175
560	175	175	176	176	176	177	177	177	177	178
570	178	178	179	179	179	180	180	180	181	181
580	181	182	182	182	182	183	183	183	184	184
590	184	185	185	185	186	186	186	186	187	187
600	187	188	188	188	189	189	189	190	190	190
610	191	191	191	191	192	192	192	193	193	193
620	194	194	194	195	195	195	196	196	196	196
630	197	197	197	198	198	198	199	199	199	200
640	200	200	200	201	201	201	202	202	202	203
650	203	203	204	204	204	205	205	205	205	206
660	206	206	207	207	207	208	208	208	209	209
670	209	209	210	210	210	211	211	211	212	212
680	212	213	213	213	214	214	214	214	215	215
690	215	216	216	216	217	217	217	218	218	218
700	218	219	219	219	220	220	220	221	221	221
710	222	222	222	223	223	223	223	224	224	224
720	225	225	225	226	226	226	227	227	227	227
730	228	228	228	229	229	229	230	230	230	231
740	231	231	232	232	232	232	233	233	233	234
750	234	234	235	235	235	236	236	236	236	237
760	237	237	238	238	238	239	239	239	240	240
770	240	241	241	241	241	242	242	242	243	243
780	243	244	244	244	245	245	245	245	246	246
790	246	247	247	247	248	248	248	249	249	249
800	250	250	250	250	251	251	251	252	252	252

JMR EQUIPOS S.A.C.

*[Signature]*  
ING. JOSE SOLZA PANGCO  
JEFE DE LABORATORIO METROLOGIA

JMR EQUIPOS S.A.C.

*[Signature]*  
ING. HENRIQUEZ PENA  
JEFE DE LABORATORIO METROLOGIA

## ANEXO 17: Ensayo de Laboratorio

### 1. CALICATA DE CUATRO PROFUNDIDADES



INGRESO AL SECTOR VENTANILLA



DONDE SE REALIZO LA CALICATA



PROFUNDIDA 0.50 METROS



PROFUNDIDAD 1.00 METRO



PROFUNDIDAD 1.50 METRO



PROFUNDIDAD 2.00 METROS



CALICATA CON LAS 4 PROFUNDIDADES

## 2. ENSAYOS DE LABORATORIO



BALANZAS DEBIDAMENTE CALIBRADAS



CUCHARA CASAGRANDE PARA EL ENSAYO DE LIMITE LIQUIDO



TAMIZANDO LA MUESTRA DE SUELO



SECADO DE MUESTRA



FIBRA PET



PESO DE LA MUESTRA PARA EL ENSAYO DE COMPACTACION



MARTILLO Y CILINDRO PARA EN ENSAYO DE COMPACTACION (PROCTOR)



PRENSA DE CBR



ENSAYO DE PENETRACION DE SUELOS PARA DETERMINAR EL CBR





MUESTRAS PARA EL ENSAYO DE COMPRESION SIMPLE



DIAMETRO Y ALTURA DE LA MUESTRA



PESA DE LA MUESTRA



INICIO PARA EL ENSAYO DE  
COMPRESION SIMPLE



MUESTRA DEL SUELO DESPUES DEL ENSAYO DE COMPRESION SIMPLE

## ANEXO 18: Variables de operacionalización de Variables

Variables	Definición conceptual.	Definición operacional.	Dimensiones.	Indicadores.	Escala de medición.
<b>Variable Independiente.</b> Diseño de una subrasante con adición de fibra PET.	El diseño como función principal tiene soportar las cargas que nos transmiten el pavimento y así poder evitar el deterioro acelerado. La Fibra PET poseen la capacidad de ser un buen impermeabilizante. En sus fases de sólida y en una fase líquida.	La fibra PET, está basada en el método cuantitativo que esta aplicado para el diseño de una subrasante la cual ayudará a dar una mejor calidad de suelos arcillosos.	Propiedades físicas y químicas de la fibra PET	Ensayos químicos (Envejecimiento acelerado, calor húmedo, biodegradabilidad).	Intervalo
			Propiedades físicas y mecánicas del suelo que participa en la investigación	Granulometría, Ensayo Proctor, CBR y Compresión Simple	Intervalo
<b>Variable Dependiente.</b> Calidad de los suelos arcillosos	La calidad de los suelos arcillosos dependen mucho de un buen estudio y diseño de una sub rasante y al aplicar un aditivo tendría a mejorar en un porcentaje muy alto índice de resistencia .	Para realizar el ensayo, previamente se hace una mezcla de muestra de suelo con la cantidad de agua requerida para adquirir la humedad optima, conseguida en el ensayo de proctor, luego se compactada de la máxima densidad seca, después se realizará el ensayo de CBR donde se colocará el pisón metálico encima de la muestra y se penetra hasta el fondo manteniendo una velocidad. Se someten a una compactación de 13,25 y 56 golpes.	El Porcentaje optimo del contenido de humedad de la subrasante con y sin adición de la fibra PET al 0%, 1%, 2%, 3%	Compactación Proctor modificado con 0%, 1%, 2% y 3% con y sin adición de la fibra PET.	Intervalo
			Estudio economico	Metrados y Analisis de Costos Unitarios	Intervalo
			Investigaciones cuantitativas sobre la subrasante y la fibra PET	Revisión de investigaciones previas a la nuestra para medir nuestro tema o problema.	Intervalo

Fuente: George Méndez