



UNIVERSIDAD  
DE PIURA

FACULTAD DE INGENIERÍA

**Incorporación de partículas de plástico reciclado (PET)  
para mejorar propiedades en bases granulares para  
pavimentos de caminos de bajo tránsito**

Tesis para optar el Título de  
Ingeniero Civil

**Juanita Yanela Mogollon Palacios  
Riksy Andalys del Rosario Rojas Atarama**

**Asesor:  
Mgtr. Ing. Jorge Alberto Timaná Rojas**

Piura, marzo de 2024



### Declaración Jurada de Originalidad del Trabajo Final

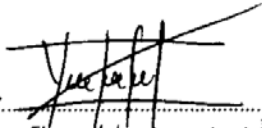
Yo, Juanita Yanela Mogollon Palacios, egresado del Programa Académico de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Piura, identificado(a) con DNI N° 75719613.

Declaro bajo juramento que:

1. Soy autor del trabajo final titulado:  
"Incorporación de partículas de plástico reciclado (PET) para mejorar propiedades en bases granulares para pavimentos de caminos de bajo tránsito"  
El mismo que presento bajo la modalidad de Tesis<sup>1</sup> para optar el Título profesional<sup>2</sup> de Ingeniero Civil.
2. Que el trabajo se realizó en coautoría con los siguientes alumnos de la Universidad de Piura. Riksy Andalys del Rosario Rojas Atarama, identificado con DNI N° 77328078
3. La asesoría del trabajo estuvo a cargo de:
  - Mgtr. Ing. Jorge Alberto Timaná Rojas, identificado con DNI N° 02779955
4. El texto de mi trabajo final respeta y no vulnera los derechos de terceros o de ser el caso derechos de los coautores, incluidos los derechos de propiedad intelectual, datos personales, entre otros. En tal sentido, el texto de mi trabajo final no ha sido plagiado total ni parcialmente, para la cual he respetado las normas internacionales de citas y referencias de las fuentes consultadas.
5. El texto del trabajo final que presento no ha sido publicado ni presentado antes en cualquier medio electrónico o físico.
6. La investigación, los resultados, datos, conclusiones y demás información presentada que atribuyo a mi autoría son veraces.
7. Declaro que mi trabajo final cumple con todas las normas de la Universidad de Piura.

El incumplimiento de lo declarado da lugar a responsabilidad del declarante, en consecuencia; a través del presente documento asumo frente a terceros, la Universidad de Piura y/o la Administración Pública toda responsabilidad que pueda derivarse por el trabajo final presentado. Lo señalado incluye responsabilidad pecuniaria incluido el pago de multas u otros por los daños y perjuicios que se ocasionen.

Fecha: 19/09/2023.



Firma del autor optante<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Indicar si es tesis, trabajo de investigación, trabajo académico o trabajo de suficiencia profesional.

<sup>2</sup> Grado de Bachiller, Título profesional, Grado de Maestro o Grado de Doctor.

<sup>3</sup> Idéntica al DNI; no se admite digital, salvo certificado.

### Declaración Jurada de Originalidad del Trabajo Final

Yo, Riksy Andalys del Rosario Rojas Atarama, egresado del Programa Académico de Ingeniería Civil de la Facultad de Ingeniería de la Universidad de Piura, identificado(a) con DNI N° 77328078.

Declaro bajo juramento que:

1. Soy autor del trabajo final titulado:  
"Incorporación de partículas de plástico reciclado (PET) para mejorar propiedades en bases granulares para pavimentos de caminos de bajo tránsito"  
El mismo que presento bajo la modalidad de Tesis<sup>1</sup> para optar el Título profesional<sup>2</sup> de Ingeniero Civil.
2. Que el trabajo se realizó en coautoría con los siguientes alumnos de la Universidad de Piura.
  - Juanita Yaneta Mogollon Palacios, identificado con DNI N° 75719613.
3. La asesoría del trabajo estuvo a cargo de:
  - Mgtr. Ing. Jorge Alberto Timana Rojas, identificado con DNI N° 02779955
4. El texto de mi trabajo final respeta y no vulnera los derechos de terceros o de ser el caso derechos de los coautores, incluidos los derechos de propiedad intelectual, datos personales, entre otros. En tal sentido, el texto de mi trabajo final no ha sido plagado total ni parcialmente, para la cual he respetado las normas internacionales de citas y referencias de las fuentes consultadas.
5. El texto del trabajo final que presento no ha sido publicado ni presentado antes en cualquier medio electrónico o físico.
6. La investigación, los resultados, datos, conclusiones y demás información presentada que atribuyo a mi autoría son veraces.
7. Declaro que mi trabajo final cumple con todas las normas de la Universidad de Piura.

El incumplimiento de lo declarado da lugar a responsabilidad del declarante, en consecuencia; a través del presente documento asumo frente a terceros, la Universidad de Piura y/o la Administración Pública toda responsabilidad que pueda derivarse por el trabajo final presentado. Lo señalado incluye responsabilidad pecuniaria incluido el pago de multas u otros por los daños y perjuicios que se ocasionen.

Fecha: 21/02/2024



Riksy Andalys del Rosario Rojas Atarama<sup>3</sup>

<sup>1</sup> Indicar si es tesis, trabajo de investigación, trabajo académico o trabajo de suficiencia profesional.

<sup>2</sup> Grado de Bachiller, Título profesional, Grado de Maestro o Grado de Doctor.

<sup>3</sup> Indicar el DNI, no se admite digital, salvo certificado.

### **Dedicatoria**

A Dios por ser mi fortaleza, bendecirme, protegerme y guiarme en todo momento.

A mis padres quienes me brindaron su apoyo incondicional a lo largo de mi vida y carrera profesional.

A mi hermana por ser una fuente de inspiración a seguir adelante y mejorar cada día.

A mi abuela, familiares que siempre me alentaron y estuvieron a mi lado apoyándome durante la realización de este proyecto.

Juanita Yanela Mogollón Palacios

Agradeciendo en primer lugar, a Dios por su gran amor, bondad y ser mi guía en este proyecto.

A mis padres quienes son mi apoyo, mi fortaleza, que han aportado su granito de arena por hacer realidad este proyecto.

A mis hermanas, familiares cercanos que me apoyaron motivando a seguir adelante.

Riksy Andalys del Rosario Rojas Atarama

## Resumen

La presente investigación se realizó con la finalidad de evaluar la incorporación de Tereftalato de Polietileno (PET) al afirmado proveniente de la cantera la Obrilla, y verificar si se registran mejoras en las propiedades físicas y mecánicas en bases granulares para pavimentos de caminos de bajo tránsito.

El análisis realizado al suelo natural demostró que no cumple con los requerimientos mínimos, según lo estipulado por el MTC, pues se obtuvo un CBR de 70% para una M.D.S. al 100%, por ello se planteó mejorar dichas propiedades mediante la adición de PET triturado en pequeñas partículas a partir de 2 mm. Este se incorporó al suelo natural en estudio, proveniente de cantera, en tres dosificaciones de 2%, 4% y 6% respecto al peso total del afirmado, ejecutando un total de 25 ensayos.

En conclusión, los resultados mostraron una mejora en los ensayos para determinar el valor soporte relativo (CBR), al utilizar una incorporación de 4% de PET respecto al peso seco del suelo natural para una M.D.S. al 100%, considerando esta adición como optima. También se registraron cambios favorables en la plasticidad. Se advierte además que, habiéndose utilizado material granular directamente proveniente de cantera (no procesado), la curva granulométrica presenta una discontinuidad en la gradación fina al comparar el suelo con la gradación B indicada en la normativa.

Se demuestra que la adición del PET si influye positivamente en algunas de las propiedades de los materiales granulares que son comúnmente usados en bases y subbases de caminos de bajo tránsito.

## Tabla de contenido

<b>Introducción.....</b>	<b>13</b>
<b>Capítulo 1 Marco teórico .....</b>	<b>14</b>
1.1 Pavimento.....	14
1.1.1 Pavimento flexible.....	14
1.1.2 Pavimento rígido.....	15
1.1.3 Pavimento semirrígido .....	15
1.2 Suelo.....	16
1.2.1 Sistema unificado de clasificación de suelos.....	16
1.2.2 Sistema de clasificación AASHTO .....	18
1.3 Plástico.....	19
1.3.1 Polietileno Tereftalato (PET) .....	20
1.3.2 Propiedades del plástico PET.....	21
1.3.3 Aplicaciones del PET en la Ingeniería Civil .....	22
1.4 Estabilización de suelos para pavimentos .....	23
1.4.1 Estabilización mecánica .....	23
1.4.2 Estabilización física .....	24
1.4.3 Estabilización química.....	25
1.4.4 Estabilización de suelos con elementos no tradicionales.....	29
1.5 Propiedades fundamentales para la estabilización de suelos .....	29
1.5.1 Resistencia.....	29
1.5.2 Compresibilidad.....	30
1.5.3 Durabilidad.....	30
1.5.4 Estabilidad volumétrica.....	30
1.5.5 Permeabilidad .....	31
<b>Capítulo 2 Diseño de mezclas de suelo natural y PET .....</b>	<b>32</b>
2.1 Diseño de las combinaciones del suelo con plástico PET .....	32
2.2 Número de ensayos y confiabilidad del diseño .....	32
<b>Capítulo 3 Caracterización de materiales.....</b>	<b>35</b>
3.1 Estudio de la cantera “La Obrilla” .....	35

3.1.1	<i>Ubicación geográfica</i> .....	35
3.1.2	<i>Descripción</i> .....	35
3.1.3	<i>Características del material de la cantera</i> .....	37
3.2	Reciclaje de botellas plásticas.....	37
3.2.1	<i>Proceso de trituración de botellas plásticas (PET)</i> .....	37
3.2.2	<i>Preparación del plástico PET para usarlo como estabilizador</i> .....	38
3.3	Características del material granular .....	42
3.3.1	<i>Muestreo del material granular</i> .....	42
3.3.2	<i>Preparación de las muestras incorporando plástico PET</i> .....	43
3.3.3	<i>Ensayos para evaluar el comportamiento físico del suelo CON y SIN incorporación del PET</i> .....	45
3.3.4	<i>Ensayos para evaluar el comportamiento mecánico del suelo CON y SIN incorporación del PET</i> .....	49
	<b>Capítulo 4 Presentación de resultados</b> .....	<b>53</b>
4.1	Ensayos físicos y mecánicos del suelo natural.....	53
4.1.1	<i>Análisis granulométrico por tamizado</i> .....	53
4.1.2	<i>Límites de consistencia o límites de Atterberg</i> .....	55
4.1.3	<i>Contenido de humedad</i> .....	56
4.1.4	<i>Ensayo de abrasión de los Ángeles</i> .....	57
4.1.5	<i>Ensayo Proctor Modificado</i> .....	57
4.1.6	<i>Ensayo de valor soporte relativo (CBR)</i> .....	58
4.2	Ensayos físicos y mecánicos de suelo natural con la adición de 2, 4,6% de PET .....	60
4.2.1	<i>Análisis granulométrico por tamizado</i> .....	60
4.2.2	<i>Límites de consistencia o límites de Atterberg</i> .....	64
4.2.3	<i>Contenido de humedad</i> .....	64
4.2.4	<i>Ensayo Proctor Modificado</i> .....	65
4.2.5	<i>Ensayo de valor relativo de soporte (CBR)</i> .....	67
	<b>Capítulo 5 Evaluación y análisis de resultados</b> .....	<b>70</b>
5.1	Análisis comparativo de las propiedades físicas de la mezcla.....	70
5.1.1	<i>Análisis granulométrico</i> .....	70

5.1.2	<i>Límites de Atterberg</i> .....	70
5.1.3	<i>Contenido de humedad</i> .....	71
5.2	Análisis comparativo de las propiedades mecánicas de la mezcla.....	71
5.2.1	<i>Ensayo proctor modificado</i> .....	71
5.2.2	<i>Ensayo valor soporte relativo (CBR)</i> .....	72
	<b>Conclusiones</b> .....	<b>75</b>
	<b>Recomendaciones</b> .....	<b>76</b>
	<b>Referencias</b> .....	<b>77</b>
	<b>Anexos</b> .....	<b>79</b>
Anexo A	Granulometría por tamizado de suelo natural .....	80
Anexo B	Límites de Atterberg de suelo natural .....	81
Anexo C	Determinación del contenido de humedad.....	82
Anexo D	Ensayo de compactación – Energía modificada. Suelo natural .....	83
Anexo E	Ensayo de compactación – Energía modificada. Suelo natural + 2% de adición de PET .....	84
Anexo F	Ensayo de compactación – Energía modificada. Suelo natural + 4% de adición de PET .....	85
Anexo G	Ensayo de compactación – Energía modificada. Suelo natural + 6% de adición de PET .....	86
Anexo H	Ensayo de abrasión de los Ángeles. Suelo natural .....	87
Anexo I	Ensayo relación soporte de California. Suelo natural.....	88
Anexo J	Ensayo relación soporte de California. Suelo natural + 2% de adición .....	90
Anexo K	Ensayo relación soporte de California. Suelo natural + 4% de adición .....	92
Anexo L	Ensayo relación soporte de California. Suelo natural + 6% de adición .....	94
Anexo M	Ensayo de granulometría, límites de Atterberg y contenido de humedad de afirmado + 2% de PET .....	96
Anexo N	Ensayo de granulometría, límites de Atterberg y contenido de humedad de afirmado + 4% de PET .....	99
Anexo Ñ	Ensayo de granulometría, límites de Atterberg y contenido de humedad de afirmado + 6% de PET .....	102
Anexo O	Ensayo de granulometría PET .....	105

## Lista de tablas

Tabla 1	SUCS (Enfocado en el material que pasa por el tamiz N°75) .....	17
Tabla 2	Clasificación sistema AASHTO para materiales granulares .....	18
Tabla 3	Clasificación sistema AASHTO para materiales limo arcillosos .....	19
Tabla 4	Rango de cemento requerido en estabilización suelo cemento .....	26
Tabla 5	Ensayos y frecuencias de un suelo estabilizado con cemento portland .....	26
Tabla 6	Ensayos y frecuencias de un suelo estabilizado con cal .....	27
Tabla 7	Ensayos y frecuencias de un suelo estabilizado con emulsión .....	28
Tabla 8	Permeabilidad según la textura del suelo .....	31
Tabla 9	Permeabilidad según la estructura del suelo .....	31
Tabla 10	Combinaciones realizadas suelo-PET .....	32
Tabla 11	Resultados obtenidos del ensayo granulométrico del PET triturado obtenido del centro de reciclaje” Chusis” .....	39
Tabla 12	Permeabilidad según la estructura del suelo .....	40
Tabla 13	Resultados obtenidos del ensayo granulométrico del PET estimado para fines de estudio. ....	40
Tabla 14	Grados de muestras de prueba según ASTM .....	48
Tabla 15	Características de suelo natural .....	53
Tabla 16	Características de suelo natural .....	54
Tabla 17	Resultados del ensayo de los límites de Atterberg .....	55
Tabla 18	Resultados del contenido de humedad – muestra fina .....	56
Tabla 19	Resultados del contenido de humedad- Muestra agregado grueso.....	57
Tabla 20	Resultados del ensayo de abrasión del suelo natural .....	57
Tabla 21	Resultado del ensayo CBR en muestra natural .....	58
Tabla 22	Resumen de datos CBR.....	59
Tabla 23	Características del suelo natural y con adición de PET .....	60
Tabla 24	Análisis granulométrico del suelo natural con la adición de 2% de PET .....	61
Tabla 25	Análisis granulométrico del suelo natural con la adición de 4% de PET .....	61
Tabla 26	Análisis granulométrico del suelo natural con la adición de 6% de PET .....	62
Tabla 27	Resultados de los límites de Atterberg, suelo natural – adiciones % de PET .....	64

Tabla 28	Resultados del contenido de humedad –Muestra fina.....	65
Tabla 29	Resultados del contenido de humedad- muestra agregado grueso.....	65
Tabla 30	Resultados del proctor con los porcentajes de adición de PET .....	66
Tabla 31	Resultado del ensayo CBR con el 2% de adición de PET .....	68
Tabla 32	Resumen de datos del ensayo CBR con 2% de adición de PET .....	68
Tabla 33	Resultado del ensayo CBR con el 4% de adición de PET .....	68
Tabla 34	Resumen de datos del ensayo CBR con 4% de adición de PET .....	69
Tabla 35	Resultado del ensayo CBR con el 4% de adición de PET .....	69
Tabla 36	Resumen de datos del ensayo CBR con 6% de adición de PET .....	69
Tabla 37	Cuadro de combinaciones Suelo-PET.....	72
Tabla 38	Valor soporte relativo para bases granulares .....	73
Tabla 39	Requerimientos de CBR para subbases granulares.....	73

## Lista de figuras

Figura 1	Estructura de pavimento flexible .....	14
Figura 2	Estructura del pavimento rígido.....	15
Figura 3	Estructura del pavimento semirrígido.....	16
Figura 4	Gráfica de plasticidad .....	18
Figura 5	Límite líquido vs índice de plasticidad.....	19
Figura 6	Diagrama de flujo para la producción del PET (Tereftalato de polietileno).....	21
Figura 7	Propiedades del plástico PET.....	21
Figura 8	Ubicación geográfica de la cantera La Obrilla .....	36
Figura 9	Panorama de la cantera La Obrilla .....	36
Figura 10	Máquina trituradora del PET .....	38
Figura 11	Curva granulométrica del Tereftalato de polietileno (PET) .....	39
Figura 12	Curva granulométrica del Tereftalato de polietileno (PET) .....	41
Figura 13	PET obtenido en forma granulada.....	41
Figura 14	Realización del ensayo granulométrico del PET .....	41
Figura 15	Extracción y secado de la muestra de afirmado de la Cantera La Obrilla.....	42
Figura 16	Preparación de muestras con incorporación de PET .....	43
Figura 17	Incorporación de los porcentajes de PET a la muestra de afirmado .....	43
Figura 18	Ensayo de contenido de humedad con adición del 2%, 4% y 6% de PET, según ASTM D 2216 .....	45
Figura 19	Análisis granulométrico de los agregados.....	46
Figura 20	Análisis granulométrico del afirmado con incorporación del 2%, 4% y 6% de PET .....	46
Figura 21	Ensayo de límite líquido .....	47
Figura 22	Ensayo de límites de Atterberg con incorporación del 2%, 4% y 6% de PET .....	47
Figura 23	Muestra para la selección de agregados.....	48
Figura 24	Máquina de los Ángeles para el ensayo de abrasión .....	49
Figura 25	Compactación de muestra para el ensayo de Proctor modificado.....	49
Figura 26	Compactación con incorporación del 2% de PET .....	50
Figura 27	Prueba de compactación para muestra 4% de PET.....	50

Figura 28	Proceso de armado del molde, base y collar que extensión.....	51
Figura 29	Procedimiento de inmersión para el ensayo de CBR .....	51
Figura 30	Registro del peso de la muestra después del proceso de inmersión.....	51
Figura 31	Preparación de equipo para el proceso de penetración.....	52
Figura 32	Preparación de equipo para el proceso de penetración.....	52
Figura 33	Curva granulometrica de suelo natural de la cantera La Obrilla.....	55
Figura 34	Grafica del % CH y N° de golpes .....	56
Figura 35	Curva de compactación de la muestra de afirmado de suelo natural .....	58
Figura 36	Curva de la relación esfuerzo vs penetración .....	59
Figura 37	Curva granulometrica del suelo natural con el 2% de PET.....	63
Figura 38	Curva granulometrica del suelo natural con el 4% de PET.....	63
Figura 39	Curva granulométrica del suelo natural con el 6% de PET.....	64
Figura 40	Curva de compactación al 2% de adición de PET .....	66
Figura 41	Curva de compactación al 4% de adición de PET .....	67
Figura 42	Curva de compactación al 6% de adición de PET .....	67
Figura 43	Relación humedad-densidad.....	71
Figura 44	Relación de CBR y % de Tereftalato de polietileno .....	74

## Introducción

La construcción de vías de transporte como caminos, carreteras y pavimentos es una de las obras de ingeniería civil con mayor demanda en el mundo, a pesar de ello, el Perú no ha estado libre de enfrentar diversas dificultades a lo largo de los años. Principalmente, esto se debe a problemas geotécnicos en los pavimentos, los cuales se generan por la falta de un estudio exhaustivo del suelo y la ausencia de una adecuada estabilización, entre otros. Así mismo se busca generar nuevas tecnologías que aporten grandes beneficios en el desarrollo de nuestro país ejecutándolas en corto plazo y menor costo posible, alargando su vida útil.

Para el mejoramiento de las propiedades de los suelos, comúnmente se trabaja con materiales convencionales como cemento, cal, productos asfálticos, etc.; sin embargo, en la actualidad existen nuevos métodos de estabilización, entre ellos el uso de Tereftalato de Polietileno (PET). Diversos estudios demuestran que, mediante la incorporación de éste al suelo, se podrá evidenciar un aumento de la capacidad de soporte, resistencia al corte, logrando disminuir las deformaciones generadas por esfuerzos transmitidos por cargas vehiculares, asimismo esta alternativa contribuye atender un problema pasivo ambiental, que hoy en día viene afectando de diferentes formas en el Perú.

En el Perú actualmente las industrias de plástico producen gran cantidad de residuos al año, según MINAN (2020), se generan más de 21 mil toneladas de residuos sólidos, siendo el 77% residuos orgánicos e inorgánicos que se pueden reaprovechar (Perú 21, 2023).

Este material se caracteriza por ser un termoplástico con alta resistencia al desgaste y corrosión, además de tener buena resistencia térmica y química, es por ello que se considera como un método innovador para la estabilización de suelos con contenido de arenas, limos y arcillas; de manera que se decidió finalmente escoger este material como objeto de estudio para esta investigación.

Esta tesis es el resultado de un trabajo de investigación, cuyo propósito es mejorar las propiedades físicas y mecánicas del afirmado en estudio, siguiendo los requisitos y especificaciones establecidas por las normas utilizadas como ASTM, NTP y Manual de Carreteras. El desarrollo de ensayos se llevó a cabo en el Laboratorio de Suelos de la Universidad de Piura y en el laboratorio de estudios geotécnicos de Mecánica de Suelos y Pavimentos – Concreto – Asfalto, “ROAN INGENIEROS” E.I.R.L, donde se estudió y analizó este tipo de estabilización para que en un futuro pueda ser usado en proyectos viales.

# Capítulo 1

## Marco teórico

### 1.1 Pavimento

El pavimento es una estructura de varias capas construida sobre la subrasante del camino para resistir y distribuir esfuerzos originados por los vehículos y mejorar las condiciones de seguridad y comodidad para el tránsito. (MTC, 2014)

Los pavimentos para que desempeñen un óptimo funcionamiento, deben analizarse algunos factores que son requisitos necesarios para obtener una mejor estructura en aquellas vías pavimentadas como por ejemplo: ser resistente ante las cargas que son impuestas por el tránsito vehicular y ante agentes del clima; debe estar en adecuadas condiciones para acceder a un buen sistema de drenaje, ser durable, económico, y presentar una buena regularidad superficial considerando la velocidad y la longitud de onda.

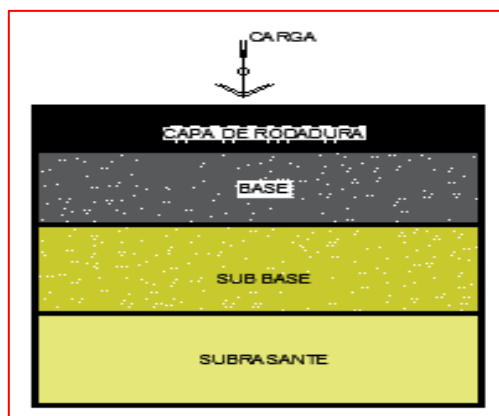
Se clasifican 3 tipos de pavimentos y difieren de acuerdo a los materiales del cual están constituidos además de su estructura, estos son: pavimentos flexible, rígido y semirrígido.

#### 1.1.1 Pavimento flexible

Un pavimento flexible está compuesto por 3 capas: la capa de rodadura asfáltica (constituida de material bituminoso) del cual se estima que sea una superficie lisa, uniforme y durable; luego está la base granular (CBR  $\geq$  80%) cuya función principal es ser resistente y transmitir adecuadamente los esfuerzos provocados por la acción de cargas vehiculares a la subbase y subrasante; y finalmente esta la capa de la subbase granular (CBR  $\geq$  40%) cuya función fundamental es impedir que ingresen a la base elementos contaminantes como aquellos finos que pueden estar presentes en la subrasante, además, de disminuir deformaciones, que pueden ocurrir producto de expansiones (contenido de agua) o cambios bruscos del clima en la subrasante. En la Figura 1, se muestra la estructura de un pavimento flexible.

**Figura 1**

*Estructura de pavimento flexible*



### 1.1.2 Pavimento rígido

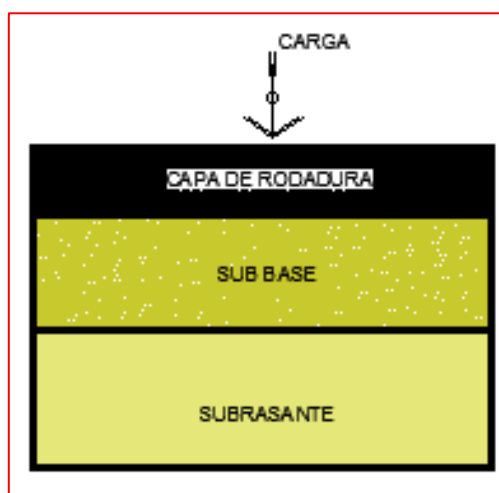
Un pavimento rígido está formado principalmente por una losa que está constituida de material de concreto hidráulico como parte de la capa de rodadura, y del cual se apoya de una subbase granular, que puede llegar a ser estabilizada con cal, cemento o asfalto. Ver Figura 2.

Este tipo de pavimento posee una capacidad estructural favorable que depende de la resistencia que aporta la losa de concreto en mayor predominio que la capa inferior (subbase), esto debido a que el concreto asume bien sus esfuerzos a la tensión y posee un excelente coeficiente de elasticidad, lo que le da mayor rigidez al concreto y hace que ocurra una mejor distribución de esfuerzos en la superficie.

Los pavimentos rígidos poseen tres tipos de categorías: Pavimento de concreto simple con juntas, pavimento de concreto con juntas y refuerzo de acero en forma de fibras o mallas, y pavimento de concreto con refuerzo continuo. (MTC, 2014)

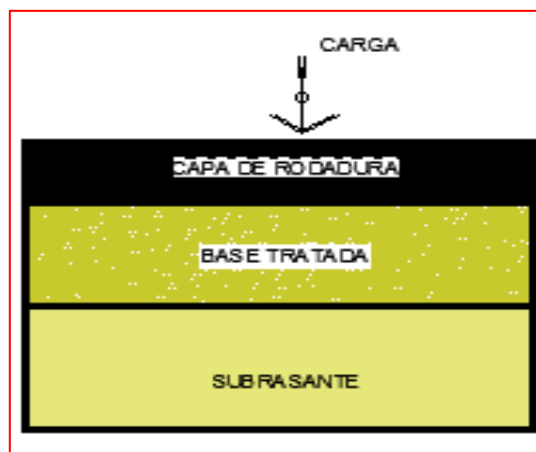
**Figura 2**

*Estructura del pavimento rígido*



### 1.1.3 Pavimento semirrígido

Un pavimento semirrígido es una superficie que consiste básicamente en capas de asfalto y un espesor total de betún, considerado como un suelo semisólido, con una estructura formada por una capa asfáltica sobre una base tratada con cemento o con cal. Los adoquines se consideran como pavimentos semirrígidos. Ver Figura 3.

**Figura 3***Estructura del pavimento semirrígido*

## 1.2 Suelo

El suelo es un agregado natural de granos minerales, con o sin componentes orgánicos, que pueden separarse por medios mecánicos comunes, tales como la agitación del agua (Montejo Fonseca, 2002). Es un material que surge debido a la modificación de la roca madre, ya sea por medio de procesos físicos, orgánicos y la migración vertical de materiales solubles, sin embargo, por la disposición de sus partículas y/o componentes poseen los siguientes tipos de estructuras: estructura granular (existe poco enlace entre los granos, como las gravas), estructura fragmentada (se observa presencia de grumos, producto de la unión entre atados de gravilla) y una estructura continua (las gravas se conservan al interior de una masa de arcilla).

En consecuencia, a la variedad de suelos, actualmente existen sistemas de clasificación de los mismos, no obstante, en el Perú se estudian primordialmente dos sistemas de clasificación con el enfoque en el diseño de pavimentos, uno es el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos "SUCS" (Unified Soil Classification System) y otro es el sistema "AASHTO" (American Association of State Highway and Transportation Officials).

### 1.2.1 Sistema unificado de clasificación de suelos

Según M. Das (2013) señala: El Sistema Unificado de Clasificación se presenta en la tabla 1, además de la gráfica de plasticidad (figura 4). Esta clasificación de suelos que se hace mención se divide en dos grandes categorías:

- Suelos de grano grueso que son de grava y arena en estado natural con menos de 50% que pasa a través del tamiz núm. 200. Los símbolos de grupo comienzan con un prefijo de G o S, G es para el suelo con contenidos de gravas, y S para la arena o suelo arenoso.
- Suelos de grano fino con 50% o más que pasa por el tamiz núm. 200. Los símbolos de grupo comienzan con un prefijo de M, que es sinónimo de limo inorgánico, C para la arcilla

inorgánica y O para limos orgánicos y arcillas. El símbolo Pt se utiliza para la turba, lodo y otros suelos altamente orgánicos.

Otros símbolos que también se utilizan para la clasificación son:

- W: bien clasificado
- P: mal clasificado
- L: baja plasticidad (límite líquido menor de 50)
- H: alta plasticidad (límite líquido mayor de 50)

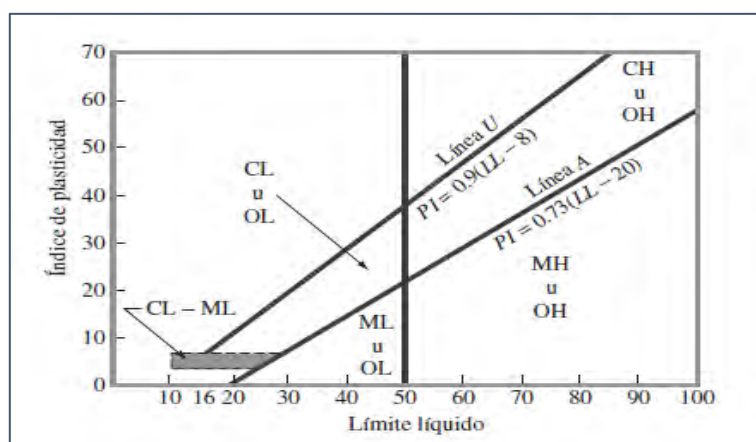
**Tabla 1**

*SUCS (Enfocado en el material que pasa por el tamiz N°75)*

a	Gravas con 5 a 12% de finos requieren símbolos dobles: GW-GM, GW-GC, GP-GM, GP-GC			
b	Arenas con 5 a 12% de finos requieren símbolos dobles: SW-SM, SW-SC, SP-SM, SP-SC.			
c	— ; ———			
d	Si $4 \leq$ y gráficos en la zona rayada en la figura 3, se usa doble símbolo GC-GM o SC-SM			
e	Si $4 \leq$ y gráficos en la zona rayada en la figura 3, se usa doble símbolo CL-ML			
CRITERIO PARA LA ASIGNACIÓN DE SÍMBOLOS DE GRUPO				
Suelos de grano grueso, más de 50% retenido en el tamiz núm.200	Gravas (Más de 50% de fracción gruesa retenida en el tamiz núm.4)	Gravas limpias. Menos de 5% finos (a)	GW	
		Gravas con finos. Más de 12% finos (a,d)	GP	
	Arenas (50% o más de la fracción gruesa pasa tamiz núm.4)	Arenas limpias. Menos de 5% finos (b)	PI<4 o gráficos por debajo de línea "A" (figura 4).	GM
			PI>7 y gráficos en o por encima de línea "A" (Figura 4)	GC
		Arenas con finos. Más de 12% finos (b,d)	PI<4 o gráficos por debajo de línea "A" (figura 4).	SW
			PI>7 y gráficos en o por encima de línea "A" (Figura 4)	SP
Suelos de grano fino, 50% o más pasa a través del tamiz núm.200	Limos y arcillas (Límite líquido menor que 50)	Inorgánico	SM	
		Orgánico	SC	
	Limos y arcillas (Límite líquido 50 o más)	Inorgánico	PI>7 y gráficos en o por encima de línea "A" (F)	CL
			PI<4 o gráficos por debajo de línea "A" (F)	ML
		Orgánico	—————	OL
			ver la figura 3; zona OL	
Suelos altamente orgánicos	Materia orgánica principalmente, color oscuro y orgánico.	Gráficos PI en o por encima de línea "A" (figura 4). Gráficos PI por debajo de línea "A" (Figura 4)	CH	
		—————	MH	
		ver la figura 4; zona OH	OH	
			Pt	

Nota. Adaptado de M. Das, Braja (2013).

**Figura 4**  
Gráfica de plasticidad



Nota. Adaptado de M. Das, Braja (2013).

### 1.2.2 Sistema de clasificación AASHTO

El sistema "AASHTO" fue desarrollado especialmente para construcción de carreteras (2002). Por ello en función al suelo es que se clasifica en 7 grupos que se determinan de acuerdo al límite líquido, el índice plástico (figura 5) y la distribución de sus partículas, tal como se muestra a continuación:

- Grupos: A-1, A-2, A-3, son materiales con composición granular, el cual el 35% o menos de sus partículas pasan por el tamiz N°200 (tabla 2).
- Grupos: A-4, A-5, A-6 y A-7, son materiales con composición granular, el cual más del 35% pasa por el tamiz N°200 (tabla 3).

**Tabla 2**

Clasificación sistema AASHTO para materiales granulares

Clasificación general	Materiales granulares (35% o menos del total de la muestra pasada por el num.200)						
	A1			A-2			
Grupo de clasificación	A-1-a	A-1-b	A-3	A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7
Análisis de tamiz (porcentaje de paso)							
Núm.10	50 máx.						
Núm.40	30 máx.	50 máx.	51 mín.				
Núm.200	15 máx.	25 máx.	10 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.	35 máx.
Características de la fracción de paso núm 40							
	6 máx.		NP				
Tipos comunes de materiales significativos constituyentes	Fragmentos de roca, grava y arena		Arena fina	Limo o grava arcillosa y arena			
Clasificación general de la subrasante	Excelente a bueno						

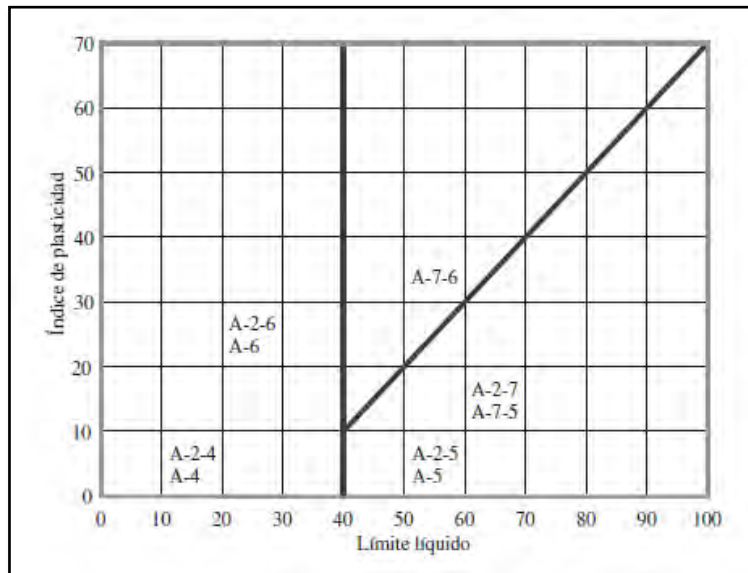
Nota. Adaptado de M. Das, Braja (2013).

**Tabla 3***Clasificación sistema AASHTO para materiales limo arcillosos*

Clasificación general	Materiales Limo Arcillosos (Más del 35% pasa el tamiz num.200)			
				A-7
				A-7-5*
	A-4	A-5	A-6	A-7-6**
	36 mín.	36 mín.	36 mín.	36 mín.
Características de la fracción de paso núm. 40				
Tipos comunes de materiales significativos constituyentes	Suelos limosos		Suelos arcillosos	
Clasificación general de la subrasante	Regular a malo			

*Nota.* Adaptado de M. Das, Braja (2013).

\*Para A – 7 – 5, PI; \*\* Para A – 7 – 6, PI

**Figura 5***Limite líquido vs índice de plasticidad*

*Nota.* Adaptado de M. Das, Braja (2013).

### 1.3 Plástico

El plástico es aquel material sintético que es obtenido a partir de los derivados del petróleo, gas natural y carbón, que se transforman mediante un procedimiento químico, de la cual consiste en llevar estas materias primas en sustancias medias como los hidrocarburos,

luego mediante la Polimerización, proceso de reacción de moléculas simples por adición, forman moléculas compuestas de elementos repetidos, de monómeros hasta llegar a los polímeros y posteriormente a los plásticos.

Los plásticos se distinguen de otros materiales, ya que poseen diversas características, la principal, es que tiene la capacidad de moldearse según la figura deseada del cual se estime. A través de bajas temperaturas y/o esfuerzos, es resistente y de alta durabilidad, inclusive llega a poseer un poder aislante térmico, resistente a los materiales corrosivos, ácidos, entre otros, además de contar con propiedades mecánicas como: la rigidez, densidad, tracción, etc.; es incoloro, flexible, económico y de bajo peso.

En la actualidad existe dos clasificaciones de plásticos, los termoplásticos, del cual poseen la característica de ser moldeado muchas veces sin perder sus cualidades originales, entre otras, en este grupo están los siguientes tipos de plásticos: PET (politereftalato de Etileno), PVC (Policloruro de vinilo), PEAD (Polietileno de Alta densidad), PEBD (Polietileno de baja densidad), PS (Poliestireno), PP (Polipropileno), etc.; y luego están los termoestables, que solo poseen la capacidad de deformarse una sola vez, debido a que dentro de sus macromoléculas posee una red de malla cerrada, entre este grupo están comprendidos las resinas de poliéster, poliuretanos, aminoresinas, etc.

### **1.3.1 Polietileno Tereftalato (PET)**

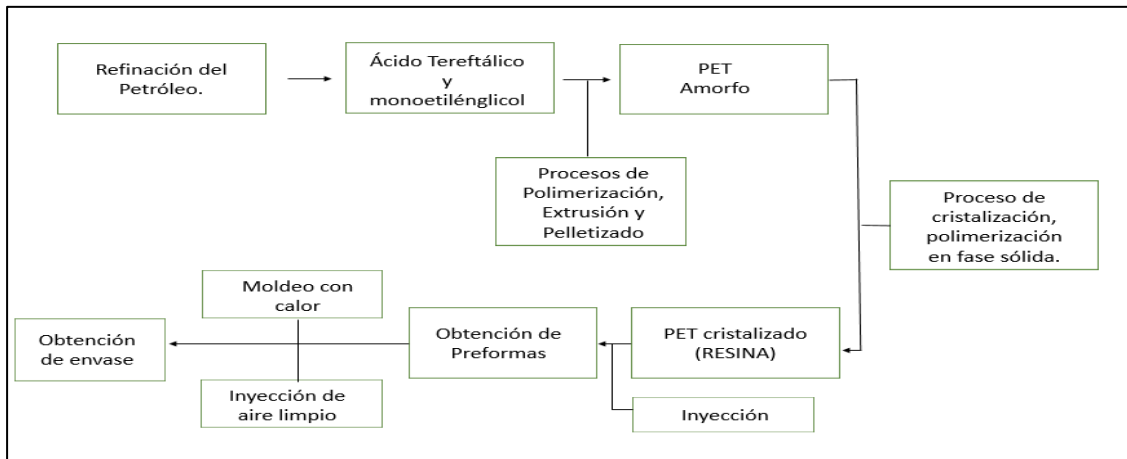
El PET o conocido como “Polietileno de Tereftalato”, es un material que forma parte de la familia de los termoplásticos; fue creado en 1941 por J.R Winfield y J.T Dixon y manifestado como un polímero fibroso. Este material comenzó a utilizarse desde 1955 a través de la producción de recipientes líquidos y en el transcurso del tiempo se ha ido desarrollando y cada vez su cantidad en el sector industrial va en aumento.

El PET es un material caracterizado por su gran ligereza y resistencia mecánica a la compresión, posee alto grado de transparencia y brillo, conserva el sabor y olor de los alimentos, y es como una barrera contra los gases. La producción anual de envases de PET en el mundo es aproximadamente de 207 millones de toneladas, cifra que va aumentando considerablemente a nivel mundial. (Vásquez, 2003)

El PET es obtenido a partir de elementos como el gas, el aire y el petróleo crudo, con una composición por kilo de 64% de petróleo, 23% en compuestos líquidos de gas y 13% de aire, de manera que el PET surge específicamente de la mezcla del ácido etilenglicol y el ácido Tereftalato, que posteriormente pasa por un proceso de cristalización, y polimerización en fase solida obteniendo un PET cristalizado, del cual finalmente mediante el moldeo a base de calor e inyección de aire limpio se puede obtener los envases. (Figura 6)

**Figura 6**

Diagrama de flujo para la producción del PET (Tereftalato de polietileno)



Nota. Adaptado de SMA (2022).

### 1.3.2 Propiedades del plástico PET

A continuación, en la figura 7 se muestran las propiedades principales que posee el Tereftalato de polietileno o llamado también PET:

**Figura 7**

Propiedades del plástico PET



### **1.3.3 Aplicaciones del PET en la Ingeniería Civil**

Actualmente a causa del incremento de la contaminación del medio ambiente a razón del plástico en nuestro país y a la alta demanda del PET que es cerca a los 50 mil toneladas al año según la información proporcionada por una agencia de noticias Andina (2013), se ve en la necesidad de crear propuestas de reutilización y reciclaje de este material, generando grandes aportes desde el punto de vista económico, ya que hay mayores exportaciones e importaciones y sería más óptima la balanza comercial del país. Además, desde un punto de vista social, pues se crearían mayores oportunidades de crecimiento formal como parte del reciclaje sostenible, generando gran estabilidad laboral en miles de peruanos.

Sin embargo, no solo aporta lo anteriormente mencionado, sino que también hay una buena contribución hacia el mundo de la ingeniería civil, puesto que conduce a lo siguiente:

- Mejores soluciones en el sistema de la construcción.
- Creación de nuevos productos estabilizadores que sean más ecológicos y fáciles de usar.
- Mejores propiedades físicas y mecánicas relacionadas a las edificaciones y/o carreteras en general.

Dentro de estas aplicaciones tenemos:

**1.3.3.1 Utilización del PET en la elaboración de concreto.** Ya se ha propuesto la implementación del Tereftalato de polietileno en el concreto por ser un material liviano de alta rigidez y dureza, con alta resistencia al desgaste, buen comportamiento frente a esfuerzos permanentes, buena resistencia química y propiedades térmicas. Es una materia prima derivada del petróleo que funciona como barrera de gases y líquidos. Al tener baja adsorción de líquidos, disminuye la inclusión de aire en la mezcla de concreto debido a los espacios que quedan luego de que el agua se evapora. El Tereftalato de polietileno (PET) tiene propiedades que son compatibles con los presentados en las mezclas de concreto buscando en sus parámetros físicos-mecánicos. (Silvestre, 2015)

**1.3.3.2 PET en unidades de albañilería.** En la actualidad se viene implementando los proyectos amigables con el medio ambiente, ya que se tiene una contaminación actual muy elevada, a razón de esto se planteó estudiar las unidades de albañilería con un tipo de material específico (PET), el cual busca mejorar sus propiedades físicas; por ello se implanto el material PET reciclado para la elaboración de estos ladrillos los cuales han tenido buen uso en la construcción de muros de cerramiento.

En conclusión, el PET es el material viable para la fabricación de este tipo de materiales. (Baylon & Huatuco, 2021)

**1.3.3.3 Ladrillos y paneles.** En argentina existen proyectos aprobados acerca de paneles constituidos de cáscaras de cacahuets, botellas plásticas, etc, que son mezclados con cemento para producir ladrillos ecológicos, lo cual es una forma más económica y fácil de usar

en la construcción de viviendas, además de que aporta buenos resultados en el comportamiento mecánico relacionado a su resistencia al fuego y la intemperie.

**1.3.3.4 Aplicación de PET en pavimentos.** En los últimos años se ha venido realizando investigaciones proponiendo el uso de granos y fibras PET como un aditivo para la estabilización de un terreno, con el fin de mejorar las propiedades físico-mecánicas de subrasantes, sub bases y bases de un pavimento, evaluándose con diversos tipos de suelos ya sean finos, arcillosos o de baja capacidad portante, del cual mediante los ensayos del laboratorio se han tenido buenos resultados para su uso, logrando mejorar la resistencia del suelo ante las deformaciones por acción de cargas, la plasticidad, etc.; sin embargo, los resultados positivos se han tenido para porcentajes menores al 10% de adición de PET.

#### **1.4 Estabilización de suelos para pavimentos**

La estabilización de suelos se define como el mejoramiento de las propiedades físicas de un suelo a través de procedimientos mecánicos e incorporación de productos químicos, naturales o sintéticos. Tales estabilizaciones, por lo general se realizan en los suelos de subrasante inadecuado o pobre, en este caso son conocidas como estabilización suelo cemento, suelo cal, suelo asfalto y otros productos diversos. En cambio, cuando se estabiliza una subbase granular o base granular, para obtener un material de mejor calidad se denomina subbase o base granular tratada (con cemento o con cal o con asfalto, etc.). (MTC, Manual de carreteras: Suelos geología y pavimentos, 2014)

La estabilización permite reemplazar un suelo de baja calidad por otro estabilizado y mejorado, se trata de unas de las técnicas más antiguas y utilizadas en bases y sub bases para uso vial, no obstante, el espesor de la capa del suelo a tratar es relativamente pequeño, por lo que algunos autores no la consideran como una técnica de mejora de terrenos. La estabilización de un suelo mejora o controla su estabilidad volumétrica, aumenta su resistencia y el módulo esfuerzo - deformación, mejora su permeabilidad, durabilidad, reduce su susceptibilidad al agua, sin embargo, se requiere de ensayos de laboratorio y pruebas de campo para evaluar el rendimiento de la técnica. Finalmente, la estabilización puede ser mecánica, física, química o con elementos no tradicionales.

##### **1.4.1 Estabilización mecánica**

La estabilización mecánica de suelos se utiliza con el propósito de mejorar el material del suelo existente, sin modificar la estructura y composición básica del mismo. (MTC, 2014). Para lograr este método se usa la compactación, con ella se conseguirá lo siguiente:

- Incrementar la resistencia al corte, para lograr una buena estabilización
- Disminuir el volumen de vacíos, reduciendo la permeabilidad y contracción del suelo, para así evitar el aumento de asentamientos.

- Aumentar la densidad, para obtener una adecuada distribución de partículas que se ejercen sobre el suelo.

Para conseguir y garantizar una adecuada compactación, se debe llevar a cabo pruebas de terreno, y controles de calidad para determinar el equipo que se empleará para un determinado tipo de material, espesor de capas y número de pasadas, cumpliendo con las especificaciones técnicas de densidad seca.

La compactación de suelos se considera uno de los métodos más económicos para estabilización.

Procedimientos de estabilización mecánica, usando compactación:

- Amasado: se suele utilizar equipos como rodillo de pata de cabra, en el cual la compactación se realiza de abajo hacia arriba, produciendo mayor presión en el estrato inferior. Este procedimiento se usa mayormente para suelos cohesivos.
- Impactos de Cargas: se utiliza pisones para lograr uniformidad en las partículas del suelo reduciendo espacios vacíos. Se usan en suelos finos.
- Presión estática: se utilizan equipos como rodillos lisos, estos pueden ser remolcados o autopropulsados, suelen usarse en la compactación de materiales como: gravas, arenas, piedra triturada y otros materiales en los cuales se requiera una acción de trituración.
- Vibración: se utilizan rodillos vibratorios para contribuir al reajuste de las partículas.
- Métodos mixtos: Para este se utiliza la combinación de los procedimientos anteriores.

#### **1.4.2 Estabilización física**

Se utiliza para mejorar las características de un suelo ocasionando cambios físicos en el mismo. La estabilización física cuenta con diferentes métodos de estabilización como: combinación o mezcla de suelos, sustitución de suelos geotextiles y geosintéticos.

- **Combinación o mezcla de suelos:** este método de estabilización necesita de la compactación para producir los efectos deseados. Este método considera la combinación de materiales del suelo existente, por ejemplo, las gravas-arenas poseen una mayor fricción interna que les permite soportar elevados esfuerzos, pero esta característica no implica que sea estable para ser considerado material de pavimentación, como no hay cohesión, sus partículas se mueven libres y al paso de los vehículos pueden separarse o desprenderse del pavimento. Por otro lado, las arcillas poseen gran cohesión y una menor fricción, lo que hace que pierdan estabilidad cuando existe humedad.

La mezcla adecuada de estos dos suelos puede resultar un material estable, el cual tendrá como característica una mejor fricción interna de uno y cohesión para el otro, haciendo que las partículas se unan, luego ambos se conformaran y compactará

cumpliendo con los requerimientos de densidad y espesores del proyecto (MTC, Manual de carreteras: Suelos geología y pavimentos, 2014)

- **Sustitución de pavimentos:** se usa comúnmente para la sub rasante, cuando se prevé la construcción de esta con material mejorado, se pueden presentar dos situaciones, construir la capa directamente sobre el suelo existente o que sea previamente excavado y reemplazado con material de adición. (MTC, Manual de carreteras: Suelos geología y pavimentos, 2014)
- **Geosintéticos:** proporcionan resistencia a la tracción y mejora significativamente el rendimiento y construcción de pavimentos, a diferencia de los suelos. La experiencia de los geosintéticos en relación al comportamiento frente a los agentes agresivos y a la resistencia mecánica ha permitido la diversificación funcional de estos, así como también se tiene la función drenante y anticontaminante que es la función específica de los geotextiles, la función específica de armado o refuerzo del terreno de los pavimentos, está en el ámbito de las geomallas, y la función de impermeabilización o protección está en el campo de las geomembranas. (MTC, Manual de carreteras: Suelos geología y pavimentos, 2014)

### **1.4.3 Estabilización química**

Consiste en aplicar métodos químicos, agentes estabilizantes, los más comunes son cemento portland, cal, asfalto, cenizas, escorias, etc. Este tipo de estabilización genera junto con los estabilizantes una reacción química del suelo mejorando de esta manera sus características y propiedades. Los métodos más usados:

**1.4.3.1 Estabilización con cemento.** Consiste en combinar una o más capas de suelo convencional con cemento Portland y una adecuada proporción de agua, luego se compactará a una humedad óptima con una tolerancia  $\pm 1.5\%$ , y se realizará un curado adecuado, de esta manera se logrará un material endurecido y resistente, logrando así la estabilización, según MTC (2013).

Los suelos granulares tipo A-1, A-2 y A-3, del sistema de clasificación AASHTO, son los más aptos para obtener una correcta estabilización con cemento.

Existe mayor resistencia del suelo-cemento con la adición de cemento y la edad de la mezcla. El IP disminuye al agregar cemento a un suelo y antes comenzar el fraguado, el LL cambia ligeramente, su densidad máxima y humedad óptima varía, según el tipo de suelo. En la Tabla 4 se muestra la dosificación de cemento requerida, según el tipo de suelo.

**Tabla 4***Rango de cemento requerido en estabilización suelo cemento*

Clasificación de suelos AASHTO	Rango usual de cemento requerido Porcentaje del peso de los suelos
A-1-a	3-5
A-1-b	5-8
A-2	5-9
A-3	7-11
A-4	7-12
A-5	8-13
A-6	9-15
A-7	10-16

*Nota.* Adaptado de Manual de Carreteras, Sección Suelos y Pavimentos, (2014).

En la Tabla 5 se muestran los ensayos y frecuencias que se deben cumplir para lograr un suelo estabilizado.

**Tabla 5***Ensayos y frecuencias de un suelo estabilizado con cemento portland*

Material o Producto	Propiedades y características	Método de ensayo	Frecuencia (1)	Lugar de muestreo
<b>Suelo estabilizado con Cemento Portland</b>	Granulometría	MTC E 107		Pista
	Índice plástico	MTC E 111		Pista
	Relación humedad Densidad	MTC E 1102		Pista
	Compresión simple	MTC E 1101 MTC E 1103	2 muestras por día	Pista
	Compactación	MTC E 117 MTC E 124	Cada <sup>2</sup>	Pista
	Abrasión Los Ángeles	MTC E 207		Cantera
	Durabilidad (2)	MTC E 209		Cantera
	Sulfatos	NTP 339.178		Cantera
	pH	NTP 339.073		Fuente de agua
	Sulfatos	NTP 339.074		Fuente de agua
Materia Orgánica	NTP 339.072		Fuente de agua	

*Nota.* Adaptado de Especificaciones técnicas generales para la construcción EG – (2013).

**1.4.3.2 Estabilización con cal.** Se obtiene de la mezcla del suelo, cal y agua. Comúnmente se utiliza el óxido cálcico también llamado cal anhidra o cal viva, el cual es obtenido por calcinación de materiales calizos, o hidróxido cálcico denominado también cal hidratada o cal apagada. Estas sales tienen la propiedad de endurecerse en el aire, una vez mezcladas con agua, por acción del anhídrido carbónico. (2014, pág. 96)

Este tipo de estabilización se realiza mezclando un suelo con cal hidratada o cal viva, con la finalidad de mejorar las características del suelo, aumentar su resistencia para controlar los efectos provocados por el tráfico, mejorar los cambios de volumen en diferentes condiciones climáticas, además de aumentar el valor de soporte. En esta se puede producir cambios en la plasticidad de los suelos, es decir cuando  $IP < 15$  aumenta el LL, ocasionando un ligero incremento del IP, para suelos con  $IP > 15$  la cal disminuye el LP reduciendo notablemente el IP, también aumenta la capacidad de soporte y resistencia al corte del material, así mismo reduce su hinchamiento.

Para su aplicación es conveniente utilizar suelos con granulometría fina, ya que su reacción química genera pérdida de las propiedades plásticas del suelo.

La ventaja que tiene este método es que es económico, de fácil manejo, y de gran producción.

En la tabla 6, se muestran los ensayos y frecuencias para un suelo estabilizado con cal.

**Tabla 6**

*Ensayos y frecuencias de un suelo estabilizado con cal*

Material o Producto	Propiedades y Características	Método de ensayo	Frecuencia (1)	Lugar de Muestreo
<b>Suelo Estabilizado con Cal</b>	Granulometría	MTC E 107		Pista
	Índice plástico	MTC E 111		Pista
	Relación Densidad - Humedad	MTC E 115		Pista
	CBR	MTC E 132		Pista
	Compactación	MTC E 117 MTC E 124	Cada	<sup>2</sup> Pista
	Abrasión	MTC E 207		Cantera
	Materia orgánica	AASHTO T 194		Cantera
	Durabilidad (2)	MTC E 209		Cantera

*Nota.* Adaptado de Especificaciones técnicas generales para la construcción EG – (2013).

**1.4.3.3 Estabilización con productos asfálticos.** La estabilización con productos bituminosos, como asfaltos líquidos, emulsiones asfálticas o alquitrán, se realizan con el propósito de obtener propiedades impermeabilizantes y de preservación del suelo ante la presencia de humedad. El ligante asfáltico será elegido dependiendo de la granulometría del suelo, de su contenido de humedad y de las condiciones climáticas. (MTC, 2014, pág. 103)

En suelos no plásticos o arenosos, actúa ejerciendo una acción ligante junto a la fricción del suelo, de esta manera se estaría evitando deformaciones de la capa mejorada bajo la acción del tránsito. Para el caso de suelos cohesivos, se espera que con este método se logre impermeabilizar el suelo preservándolo de la acción del agua.

Al utilizarse en suelos de tipo granular con pocos finos, con plasticidad reducida, que presenten menos del 20% que pasa la malla N°200, LL < 30 e IP < 10, se obtendrán mejores resultados, pues son los más adecuados, por lo tanto, en estas condiciones el asfalto aporta mayor cohesión e impermeabilidad. (MTC, 2014, pág. 103).

En la tabla 7, se muestran los ensayos y frecuencias de un suelo estabilizado con emulsión.

**Tabla 7**

*Ensayos y frecuencias de un suelo estabilizado con emulsión*

Material o Producto	Método de ensayo	Frecuencia (1)	Lugar de Muestreo
Suelo	MTC E 204	750 m <sup>3</sup>	Pista
	MTC E 110	750 m <sup>3</sup>	Pista
	NTP 339.178	2.000 m <sup>3</sup>	Pista
	AASHTO T 194	2.000 m <sup>3</sup>	Pista
	MTC E 207	2.000 m <sup>3</sup>	Pista
	MTC E 209	2.000 m <sup>3</sup>	Pista
Suelo estabilizado con emulsión	MTC E 502	2 por día	Pista
	MTC E 204	2 por día	Pista
	MTC E 504	2 por día	Pista
	MTC E 506	Cada 250 m <sup>2</sup>	Pista
	MTC E 508		
	MTC E 5010		
MTC E 507	Cada 250 m <sup>2</sup>	Pista	
Emulsión	Tanque/Bidón		

*Nota.* Adaptado de Especificaciones técnicas generales para la construcción EG – (2013).

#### **1.4.4 Estabilización de suelos con elementos no tradicionales**

Actualmente se vienen desarrollando diversos estudios utilizando métodos de estabilización, el más común es el de elementos no tradicionales, por ejemplo, productos marinos (concha de abanico, concha de mejillón), agrícolas (cascara de arroz, cascara de castaña) e industriales (cenizas volantes, material -PET), ello con el fin de evaluar el efecto de estos agregados en el comportamiento de las propiedades del suelo.

Este método contribuye notablemente, pues al utilizarlo se está reduciendo el impacto ambiental generado por la gran cantidad de residuos acumulados que son eliminados sin tener un adecuado control sanitario.

**1.4.4.1 Estabilización con polímeros.** Los polímeros están constituidos por una sustancia llamada monómero. Las moléculas compuestas por más de una unidad diferente se determinan copolímeros y el número de unidades monoméricas se llama grado de polimerización.

Las sustancias naturales, artificiales o sintéticas, que tienen peso molecular superior a 10.000 g/mol, se llaman macromoléculas. Las sustancias macromoleculares orgánicas, donde se repiten principios estructurales se determinan altos polímeros, estos son obtenidos por la transformación química de los polímeros naturales, sin destruir su naturaleza macromolecular. (López, et al., 2010. p. 161)

Las propiedades mecánicas que suelen producir los polímeros generalmente son: resistencia mecánica, debido a las cadenas poliméricas que atraen, cuyas fuerzas de atracción intermolecular dependen de la composición química del polímero, siendo las más generales las fuerzas de Van der Waals.

Los polímeros que comúnmente son utilizados en las industrias son los sintéticos y semisintéticos, también llamados plásticos; aunque no todos presentan la característica de la plasticidad. En carreteras estos polímeros son utilizados con el fin de incrementar la estabilidad de los agregados y disminuir la dispersión de arcillas. En carpetas asfálticas se usan para proporcionarle mayor resistencia, impermeabilización y prolongación de vida útil.

### **1.5 Propiedades fundamentales para la estabilización de suelos**

#### **1.5.1 Resistencia**

Los polímeros están constituidos por una sustancia llamada monómero. Las moléculas compuestas por más de una unidad diferente se determinan copolímeros y el número de unidades monoméricas se llama grado de polimerización.

Las sustancias naturales, artificiales o sintéticas, que tienen peso molecular superior a 10.000 g/mol, se llaman macromoléculas. Las sustancias macromoleculares orgánicas, donde se repiten principios estructurales se determinan altos polímeros, estos son obtenidos por la

transformación química de los polímeros naturales, sin destruir su naturaleza macromolecular. (López, et al., 2010. p. 161)

Las propiedades mecánicas que suelen producir los polímeros generalmente son: resistencia mecánica, debido a las cadenas poliméricas que atraen, cuyas fuerzas de atracción intermolecular dependen de la composición química del polímero, siendo las más generales las fuerzas de Van der Waals.

Los polímeros que comúnmente son utilizados en las industrias son los sintéticos y semisintéticos, también llamados plásticos; aunque no todos presentan la característica de la plasticidad. En carreteras estos polímeros son utilizados con el fin de incrementar la estabilidad de los agregados y disminuir la dispersión de arcillas. En carpetas asfálticas se usan para proporcionarle mayor resistencia, impermeabilización y prolongación de vida útil.

### **1.5.2 Compresibilidad**

La compresibilidad influye en las propiedades de los suelos, modifica la permeabilidad alterando las fuerzas existentes entre las partículas tanto en magnitud como en sentido, esto afecta en la modificación de la resistencia del suelo al esfuerzo cortante resistencia del suelo provocando desplazamientos (Montejo Fonseca, 2002).

Para las arcillas saturadas, cuando exista drenaje, se presentarán esfuerzos, estos serán transmitidos gradualmente a la estructura del suelo, produciéndose consolidación.

Al remodelar un suelo se altera la compresibilidad, esta se puede modificar a través de la compactación.

### **1.5.3 Durabilidad**

En este criterio se involucran factores que se refieren a la resistencia al intemperismo, a la erosión o a la abrasión del tráfico; de esta manera, los problemas de durabilidad en las vías terrestres están asociados a suelos situados relativamente cerca de la superficie de rodadura. En algunos casos estos problemas pueden afectar a suelos naturales y a los estabilizados (Montejo Fonseca, 2002).

### **1.5.4 Estabilidad volumétrica**

Consiste generalmente en la expansión y contracción de los suelos ocasionados por los cambios de humedad, relacionado a las variaciones estacionales o con la actividad del ingeniero. Si no se logra controlar estas expansiones producto del incremento de la humedad, pueden ocurrir deformaciones y roturas en el pavimento, por lo tanto, es necesario detectar estos problemas para establecer el tratamiento adecuado.

Para esta propiedad de estabilización se analizará los suelos arcillosos, estos poseen características como capacidad de hinchamiento o de retracción, las cuales dependen del contenido de humedad, con ello se busca convertir el material arcilloso expansivo en un material rígido o granular, que posea una expansión disminuida, se unirá las partículas

formadas para que de esa forma puedan resistir las presiones internas producto de la expansión o hinchamiento. (Ravines, 2010)

### 1.5.5 Permeabilidad

Es la capacidad que tiene un material de permitir que un flujo circule a través del mismo sin modificar su estructura. Un suelo permeable contiene poros o espacios vacíos que le permiten absorber agua.

Si el suelo presenta aumento de la presión de poros producirá deslizamientos y el flujo de agua a través de este podría ocasionar arrastre y tubificación.

En suelos arcillosos el uso de defloculantes, por ejemplo, polifosfatos, pueden disminuir la permeabilidad significativamente; el uso de floculantes como, hidróxido de cal o yeso, aumenta el valor de la permeabilidad.

La permeabilidad también se ve afectada por la textura (tabla 8) y la estructura del suelo (tabla 9); las que a su vez dependerán del número y del tamaño de los poros del suelo. (Ravines, 2010).

**Tabla 8**  
*Permeabilidad según la textura del suelo*

Suelo	Textura	Permeabilidad
Suelos arcillosos	Fina	De muy lenta a muy rápida
Suelos limosos	Moderadamente fina	
	Moderadamente gruesa	
Suelos arenosos	Gruesa	

*Nota.* Adaptado de Ravines (2010, pág. 22).

**Tabla 9**  
*Permeabilidad según la estructura del suelo*

Tipo de estructura	Permeabilidad
Laminar	De muy lenta a muy rápida
Ligero traslapo	
En bloque	
Prismática	
Granular	

*Nota.* Adaptado de Ravines (2010, pág. 22).

## Capítulo 2

### Diseño de mezclas de suelo natural y PET

#### 2.1 Diseño de las combinaciones del suelo con plástico PET

En el diseño de las combinaciones entre el afirmado y el PET (tabla 10) se tomó en cuenta diferentes fuentes de información como antecedentes ya mencionados en el Capítulo 1; pues en estos estudios realizados se registran mejoras en las propiedades del suelo de baja calidad mediante la incorporación de PET triturado. Por consiguiente, se utilizó este plástico en estado triturado con tamaño de 2mm como máximo, debido a que al tener partículas pequeñas se tendría un resultado favorable no solo en las propiedades mecánicas, sino también, en las propiedades físicas. Según Zenteno (2018), nos dice que con un porcentaje de 2% de adición se obtiene el doble de Valor Soporte Relativo (CBR).

Conforme a lo mencionado anteriormente, se concluyó finalmente que para esta investigación se aplicaría porcentajes de 2, 4 y 6% en relación al peso seco del suelo en estudio, con el objetivo de obtener un mejor resultado en este trabajo.

Para la determinación de un análisis objetivo de acuerdo con lo que se busca resolver se consideró lo siguiente:

**Tabla 10**  
*Combinaciones realizadas suelo-PET*

	Mezcla pura: 100% de Afirmado + 0% de PET
	Mezcla 1: 98% de Afirmado + 2% de PET
Combinaciones realizadas suelo - PET	Mezcla 2: 96% de Afirmado + 4% de PET
	Mezcla 3: 94% de Afirmado + 6% de PET

#### 2.2 Número de ensayos y confiabilidad del diseño

Los ensayos para evaluar el comportamiento mecánico fueron considerados para realizar las combinaciones de suelo y plástico PET. El número de muestras y su nivel de confiabilidad se estableció de acuerdo con los siguientes criterios.

- El número de ensayos para la combinación se determinará de acuerdo con los resultados obtenidos durante el desarrollo de tesis, así como también de la precisión y concordancia que existe en ellos, no se tomó en cuenta un análisis estadístico debido que los ensayos para determinar las propiedades físicas y mecánicas no son constantes para todos los suelos, solo se emplea en el suelo que se está analizando.

- Para esta tesis se utilizaron diversas muestras, las cuales fueron establecidas teniendo en cuenta las normas ASTM, NTP y especificaciones técnicas del MTC. Las muestras se clasificaron de la siguiente manera:
  - Muestra sin incorporación del PET
  - Muestra con incorporación del 2% de plástico PET
  - Muestra con incorporación del 4% de plástico PET
  - Muestra con incorporación del 6% de plástico PET
- Las muestras fueron clasificadas de acuerdo con la perspectiva de las tesis y acorde al ensayo realizado en este caso fueron los siguientes:
  - Muestras para contenido de humedad según ASTM D 2216
  - Muestras para análisis granulométrico por tamizado de suelos según ASTM D 6913
  - Muestras para límites de Atterberg según ASTM D 4318.
  - Muestras para abrasión de los Ángeles según ASTM C 131.
  - Muestras para Proctor Modificado según ASTM D 1557.
  - Muestras para CBR según ASTM D 1883.
- La forma en que se seleccionaron las muestras garantiza fiabilidad al momento de deducir a partir de ellas.
- El proceso de esta tesis inicio con la recolección y trituración de botellas plásticas, para luego continuar con el desarrollo del ensayo de granulometría del plástico PET; sin embargo, éste se descartó por criterio de las tesis, ya que contenía partículas de hasta 19.1 mm., y no cumplían con los requisitos establecidos por el MTC al ejecutar los demás ensayos establecidos. Con el fin de solucionar este inconveniente se decidió realizar un cambio en el tamaño del PET triturado, optando por un material de hasta 2mm, adquirido mediante la compra a un proveedor.

Posteriormente se volvieron a realizar las pruebas logrando concretarse cada una de ellas, para conseguirlo se optó por realizar los ensayos en un laboratorio externo a la universidad.

La confiabilidad de los resultados se consideró debido a:

- El resultado final de ensayos ejecutados obtenidos de acuerdo con la cantidad realizada, empleando las normas requeridas, como también del costo, tiempo y recursos.

Las pruebas se realizaron siguiendo lo establecido en las normas correspondientes tales como American Society for Testing and Materials (ASTM) y Normas Técnicas Peruanas (NTP), además se tomó en cuenta las especificaciones técnicas establecidas por el

Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC), las cuales también utilizan el mismo criterio.

- Los ensayos fueron realizados por técnicos con experiencia certificada en el Laboratorio de estudios geotécnicos de Mecánica de Suelos y Pavimentos – Concreto – Asfalto, “ROAN INGENIEROS” E.I.R.L.

## **Capítulo 3**

### **Caracterización de materiales**

La presente tesis posee a lo largo de su desarrollo una metodología cuantitativa, de tipo experimental, que ha sido controlada por ensayos de laboratorio.

Inicialmente se ha empezado por recolectar las muestras, tanto el suelo como al PET, después se ha realizado el muestreo del material granular, verificando in situ su poca plasticidad, seleccionando a este suelo como muestra patrón, por lo que posteriormente se efectuó la preparación de las mezclas, adicionando al material granular en estudio porcentajes de 2,4 y 6% de PET en relación al peso seco del suelo en estudio, seguidamente de ello se llevó a cabo la realización de ensayos, evaluando las propiedades físicas y mecánicas del material natural y con su respectiva adición con PET.

#### **3.1 Estudio de la cantera “La Obrilla”**

En este estudio se trabajó con un material proveniente directamente de cantera, es decir, no se ha trabajado con un material preparado para base granular. Esto se ha realizado con el fin de evaluar la influencia de la adición del PET en los materiales provenientes de dicha cantera.

##### **3.1.1 Ubicación geográfica**

La zona a estudiar es la cantera “La Obrilla” que se encuentra ubicada en el centro poblado La Obrilla, distrito de Castilla, en el km 23+500 de la carretera Piura. En el contexto geográfico se delimita esta área (ver Figura 8) mediante estas coordenadas:

- Latitud 4°59' 4.289"S
- Longitud 80°35'21.419"O.

Este afirmado presente en esta cantera no cumple con los requisitos técnicos exigido por el Ministerio de Transporte (MTC), por lo que es necesario poder realizar una estabilización a este suelo para mejorar tanto sus propiedades mecánicas y físicas, mediante la adición el Tereftalato de Polietileno (PET).

##### **3.1.2 Descripción**

Para este estudio se utilizó un suelo natural proveniente de la cantera “La Obrilla”, correspondiente a un estrato que se encuentra en la superficie y que aún está en explotación, localizado mediante las siguientes coordenadas: Latitud 4°59'4.289"S y Longitud 80°35'21.593"O.

Según un estudio realizado por el MTC en el año 2012 para el expediente técnico “*Mantenimiento Periódico de la cantera EMP.PE-1N (PIURA)-SANTA ANA-TAMBOGRANDE del tramo (Piura-La Obrilla)*”, resalta en su investigación que esta cantera tiene como propietario a la comunidad del caserío “La Obrilla” y del cual es de libre disponibilidad, además posee un

volumen bruto total de 177,378.00 m<sup>3</sup>, un volumen de cubierta de 51,214.24 m<sup>3</sup> y un volumen aprovechable de 126,163.76 m<sup>3</sup>. Asimismo, posee un área de 51,340.65 m<sup>2</sup> con un periodo de explotación en todo el año. Ver Figura 9.

### Figura 8

*Ubicación geográfica de la cantera La Obrilla*



*Nota.* Adaptado de Google Earth.

### Figura 9

*Panorama de la cantera La Obrilla*



### **3.1.3 Características del material de la cantera**

El suelo de esta cantera se puede describir litológicamente, como un material compuesto por gravas redondeadas de mediano tamaño y un conjunto de arcillas limosas de color marrón claro, y con una plasticidad media, ya que al coger un poco de esa muestra y agregarle una pequeña cantidad de agua, se amasaba fácilmente en forma de hilo y al ejercer presión con los dedos se deshacía de manera ligera, es por ello que se resaltan estas características como las más importantes.

Lo mencionado anteriormente es de acuerdo con la observación efectuada en campo, sin embargo, al realizar el ensayo de granulometría y límites de consistencia, se tiene la siguiente descripción:

#### **a) Afirmado**

- **Cantera:** “La Obrilla”
- **Tipo de material:** Arena limo – arcillosa con grava
- **Descripción de la muestra:** Posee 43.6 % de arena y 40.9 % de grava con un tamaño máximo de 2”.
- **Clasificación AASHTO:** A-2-4 (0). En este grupo están conformados aquellos suelos granulados arcillosos o barrosos, arenas y gravas con una cantidad elevada de finos.
- **Límite Líquido (LL):** 23
- **Límite Plástico (LP):** 17
- **Índice de Plasticidad (IP):** 6

### **3.2 Reciclaje de botellas plásticas**

Para la obtención y procesamiento del PET, se procedió en un inicio a realizar la recolección de botellas plásticas en diferentes botaderos y/o contenedores puestos por la Municipalidad Provincial de Piura y el apoyo de diversas universidades de esta ciudad.

Ya obteniendo la mayor cantidad de botellas recicladas, se procedió posteriormente a retirar toda clase de envoltura y tapas, pasando por un proceso de lavado para eliminar sedimentos de tierra e impurezas, por lo que luego se continuó con el secado manual con el objetivo de eliminar posibles restos que hayan quedado.

#### **3.2.1 Proceso de trituración de botellas plásticas (PET)**

Para el proceso de trituración se trasladaron todas las botellas limpias hacia una máquina trituradora con el fin de obtener el plástico PET de forma granular, del cual se llevó a cabo en el centro reciclaje llamado “Chusis”, ubicado en el distrito de Sechura –Piura.

La trituración es un proceso de reducción de tamaños, esto con el fin de facilitar el transporte de materiales, lavado, etc. Existen diversos tipos de máquinas trituradoras, clasificadas de acuerdo con los tamaños, potencias, velocidades, y número de ejes (4 ejes, 2 ejes y mono eje), utilizar algún tipo de estas máquinas dependerá del material que se requiera triturar.

Para este estudio, se usó un triturador de 25 hp, con un rendimiento aproximadamente de 500 kilos por horas de trituración de botellas infladas.

El proceso se inició depositando una cantidad de botellas en la entrada o boca del molino triturador, luego paso por un rotor, que posee varias cuchillas y del cual su función es cortar y triturar las piezas del PET, después, estos granos pasan por una cinta y quedan almacenados en un depósito para su posterior recojo y transporte. Ver Figura 10.

**Figura 10**

*Máquina trituradora del PET*



### **3.2.2 Preparación del plástico PET para usarlo como estabilizador**

Para la obtención del PET se tuvo en cuenta lo siguiente:

- Las muestras de PET utilizadas para este trabajo de investigación, son compuestas a partir de la trituración de envases plásticos.
- Para analizar la distribución de los tamaños de partículas se decidió realizar el ensayo de granulometría, a partir de la recolección de envases plásticos triturados en el centro de reciclaje "Chusis", ubicado en la Provincia de Sechura. Una vez definidos los tamaños de PET, se estableció los porcentajes de adición de plástico, estimados en 2, 4 y 6% respecto al peso seco del suelo natural; sin embargo, el tamaño del PET triturado fue descartado ya que contenía partículas de hasta 19.1 mm. (Ver Tabla 11 y figura 11), y no cumplía con los requisitos establecidos por el MTC, al momento de ejecutar los demás ensayos establecidos.

**Tabla 11**

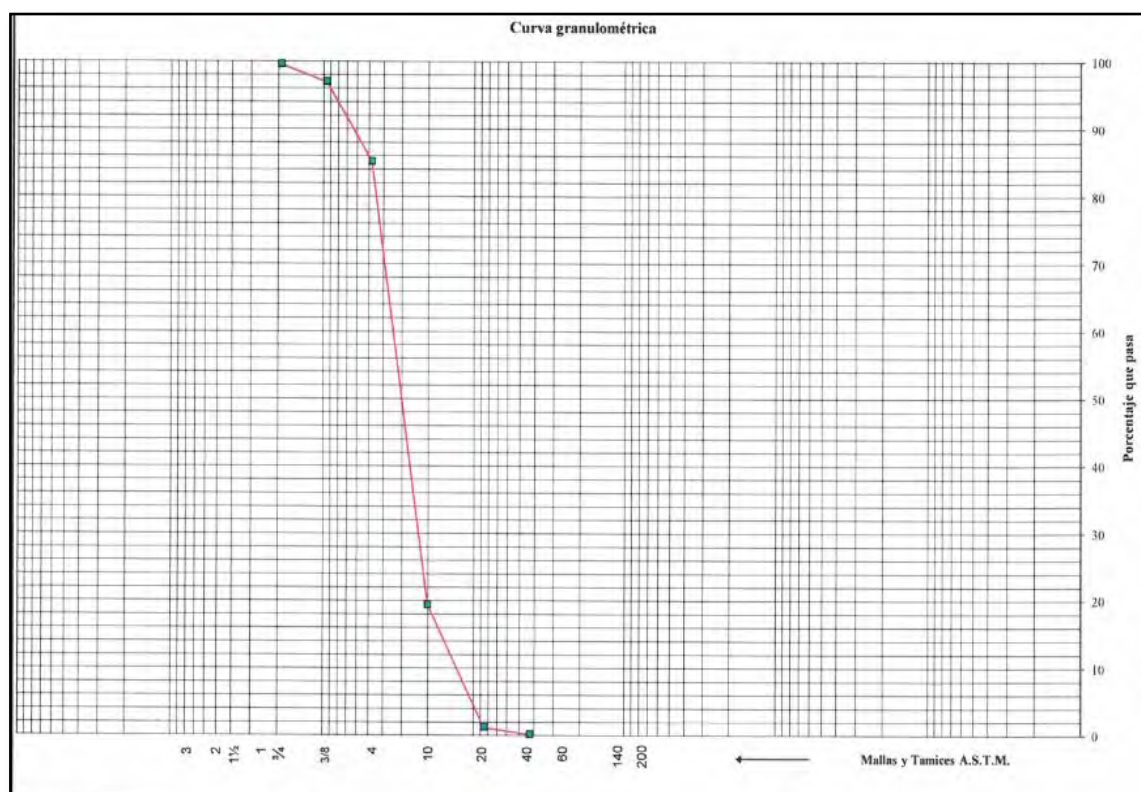
Resultados obtenidos del ensayo granulométrico del PET triturado obtenido del centro de reciclaje "Chusis"

Abertura (mm)	Tamiz ASTM	Peso retenido (g)	Retenido parcial (%)	Retenido Total (%)	Pasa %
19.1	3/4"	1.56	0.35	0.35	100
9.53	3/8"	11.76	2.66	3.01	97
4.76	4	52.23	11.79	14.80	85
2	10	291.30	65.77	80.57	19
0.85	20	80.50	18.18	98.75	1
0.425	40	4.63	1.05	99.79	0
	<b>Fondo</b>	0.52			
	<b>Total</b>	442.50			
	<b>Peso inicial</b>	442.90			
	<b>Pérdida</b>	0.40			

Nota. Adaptado de Laboratorio de Ensayos de Materiales de Construcción UDEP.

**Figura 11**

Curva granulométrica del Tereftalato de polietileno (PET)



Nota. Laboratorio de Ensayos de Materiales UDEP, 2022.

- Con la finalidad de dar una solución a este inconveniente, se decidió cambiar por un tamaño de PET triturado menor al que se había estimado inicialmente, optando por un

material de hasta 2 mm, adquirido mediante la compra de un proveedor, con la finalidad de comprobar si influye positivamente en la mejora de las propiedades del suelo. Las características de estos granos se muestran en la Tabla 12, y en la tabla 13 se indican los resultados del ensayo granulométrico.

**Tabla 12**

*Permeabilidad según la estructura del suelo*

ITEM		Unidad	Valor
I. Viscosidad		dl/g	0.8 ± 0.02
Cristalinidad		%	≤ 60
Valor de color	L	-	≥83
	b	-	≤1
Contenido de COOH		mol/t	≤ 25
Contenido de acetaldehído		Ppm	≤1
Contenido de Polvo		Ppm	≤100
Punto de fusión		°C	243±2
Wt. De 100 chips		G	1.55±0.10

*Nota.* Adaptado de la empresa Jade Brand.

**Tabla 13**

*Resultados obtenidos del ensayo granulométrico del PET estimado para fines de estudio.*

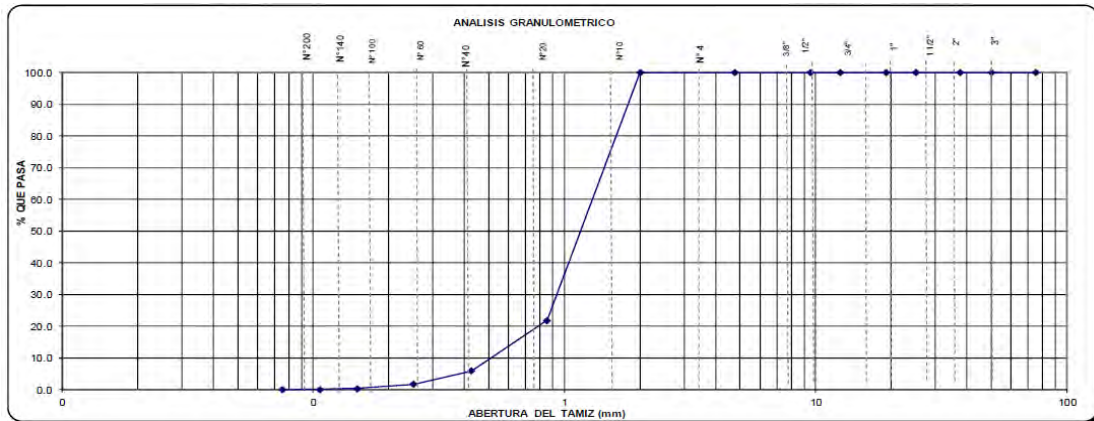
Abertura (mm)	Tamiz ASTM	Peso retenido (g)	Retenido parcial (%)	Retenido (%)	% Pasa
0.850	20	156.2	78.1	78.1	21.9
0.425	40	32.0	16.0	94.1	5.9
0.250	60	8.2	4.1	98.2	1.8
0.149	100	2.7	1.4	99.6	0.5
0.106	140	0.7	0.4	99.9	0.1
0.075	200	0.2	0.1	100.0	0.0
<b>Bandeja</b>		<b>0.0</b>	<b>0.0</b>	<b>100.0</b>	<b>0.0</b>

*Nota.* Adaptado de Laboratorio de laboratorio de Estudios Geotécnicos de Mecánica de Suelos y Pavimentos – Concreto – Asfalto, “ROAN INGENIEROS” E.I.R.L., 2023.

A continuación en la Figura 12 se muestra la curva granulométrica del PET, del cual se clasifico el material en las diferentes mallas, observando a partir de ello que este material posee una granulometría con gradación discontinua, debido a que presenta tramos planos, que puede ser característico de un material fino. Con respecto a estos resultados se concluye que es un factor importante controlar la granulometría, con el fin de evitar variaciones en el resto de ensayos que se vayan a realizar; además de evaluarse en este estudio como propuesta del PET para mejoramiento de suelos con contenido de arcilla. (Ver Figura 12, Figura 13, Figura 14 y anexo O).

**Figura 12**

*Curva granulométrica del Tereftalato de polietileno (PET)*



Nota. Ensayo realizado en el laboratorio de Estudios Geotécnicos de Mecánica de Suelos y Pavimentos – Concreto – Asfalto, “ROAN INGENIEROS” E.I.R.L., 2023.

**Figura 13**

*PET obtenido en forma granulada*

**Figura 14**

*Realización del ensayo granulométrico del PET*



### 3.3 Características del material granular

#### 3.3.1 Muestreo del material granular

El proceso realizado en campo es de acuerdo con la normativa ASTM D75, de la sección de muestras de áridos desde un acopio. El procedimiento llevado a cabo es a partir de la extracción de muestras de una pila, que poseía una combinación de agregados gruesos y agregados finos, y del cual se han extraído en su totalidad 750 kg de esa muestra, no obstante, la manera en que se han tomado es a partir de 3 incrementos, el primero es desde la parte superior de la pila, el segundo en la parte media y el último en el fondo de la pila.

La cantidad de muestras requeridas dependerá del tipo y número de ensayos que se realice, según la ASTM D75 indica que para cada ensayo posee unas porciones estimadas de material extraído que se basa de acuerdo con el tamaño máximo nominal del árido, correspondiente al tamiz que posee un tamaño mayor. Para el caso de este estudio se estimó un tamaño de partícula nominal de 1 ½" y tamaño máximo de 2".

Posteriormente al llenado de estos agregados en sacos, se derivaron hacia el laboratorio y se dejaron secar 24 horas ya que se encontraba un poco húmedo, por lo que luego se llevó a cabo como primer paso el procedimiento de cuarteo, que va a permitir reducir las muestras según la norma ASTM C702 ("Cuarteo y reducción de muestras"), es decir, se va a realizar una evaluación física al cuarteo y del cual consiste en efectuar una división de la muestra de manera equidistante, se coge ambas partes opuestas en forma de cruz como muestra principal y lo sobrante se desecha. Ver figura 15.

**Figura 15**

*Extracción y secado de la muestra de afirmado de la Cantera La Obrilla*



### 3.3.2 Preparación de las muestras incorporando plástico PET

Para la preparación de muestras se siguió lo establecido en las normas antes mencionadas.

Se empleó 180 kg de afirmado para cada una de las combinaciones de PET (2%, 4% y 6%), además para la muestra patrón. Estas muestras fueron preparadas antes del cuarteo y se muestran en la figura 16 y 17.

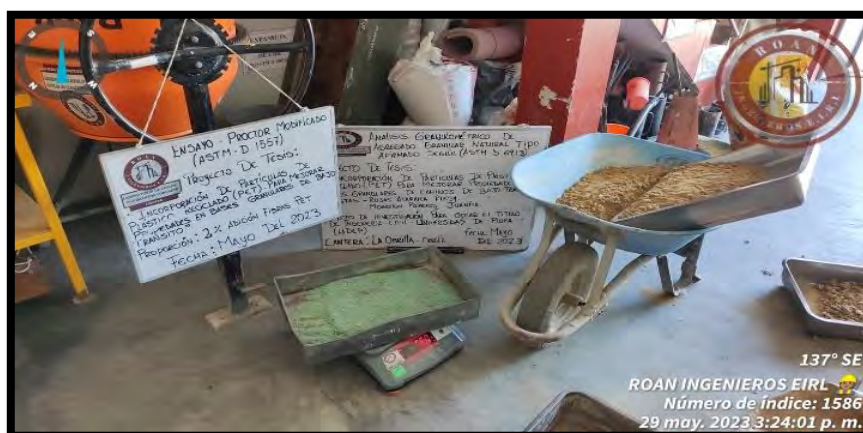
**Figura 16**

*Preparación de muestras con incorporación de PET*



**Figura 17**

*Incorporación de los porcentajes de PET a la muestra de afirmado*



**3.3.2.1 Porcentajes de adición de PET.** Estos porcentajes fueron establecidos previamente en un 2%, 4% y 6% de plástico PET pasante por el tamiz N° 10, de acuerdo con el criterio de las tesis y de los antecedentes de trabajos de investigación.

**3.3.2.2 Preparación de muestras en el ensayo de contenido de humedad.** Se prepararon cuatro muestras de aproximadamente 300 g para material fino pasantes por la

malla N° 4, y cuatro muestras de aproximadamente 600g para gravas, considerando para ambos una muestra patrón y tres combinaciones de suelo con porcentajes de adición de PET del 2%, 4% y 6% respecto al peso total del afirmado antes del cuarteo.

**3.3.2.3 Preparación de muestras en el ensayo granulométrico.** Para la preparación de este ensayo se utilizaron cuatro muestras de aproximadamente 10 kg de afirmado, una para la muestra patrón y tres para las combinaciones de suelo e incorporación de PET con porcentajes de 2%, 4% y 6% respecto a la muestra total de afirmado antes del cuarteo, dichas muestras fueron tamizadas previamente para dividir gravas y finos, obteniéndose aproximadamente 6000g de material grueso y 4000g de finos, para este último se seleccionó una muestra representativa de 600g para mayor facilidad de acuerdo a la normativa utilizada. Se realizaron un total de ocho especímenes para material fino y gravas. Después se procede a lavar dichas muestras para luego secarlas mediante un horno. Una vez ya secas las muestras correspondientes a gravas y suelo fino, se continúa con el tamizado utilizando tamices según la escala ASTM.

**3.3.2.4 Preparación de muestras para el ensayo de límites de Atterberg.** En el ensayo de limite liquido se prepararon cinco muestras de aproximadamente 150 a 200 g de material de la muestra total que pase por el tamiz N° 40, y tres muestras combinadas con proporciones de PET de 2%, 4% y 6% respecto al peso total del afirmado que también han sido tamizadas por la misma malla.

Se procedió a mezclar correctamente el material con agua destilada o desmineralizada, para luego colocarse en el plato de mezcla dejándolo reposar durante 16 horas, para luego continuar con el ensayo según norma ASTM D 4318 descrito en el procedimiento anterior.

Con respecto al ensayo de limite plástico se obtuvieron cuatro muestras, con 0%, 2%, 4% y 6% de incorporación de PET de aproximadamente 20 g de material que ya había sido preparado anteriormente en el ensayo de limite líquido, se logra reducir el contenido de agua a una consistencia adecuada en la que se pueda continuar con el enrollado sin que se adhiera en las manos, de esa forma se da paso a lo descrito en el procedimiento detallado anteriormente para limite plástico.

**3.3.2.5 Preparación de muestras en el ensayo de Proctor modificado.** Se prepararon cuatro muestras de aproximadamente 5300 g de material que previamente fueron tamizadas por la malla 3/4", estas fueron utilizadas para la muestra patrón, como también para cada una de las combinaciones con incorporación del PET con el rango de partículas antes mencionadas y con porcentajes de 2%, 4% y 6% respecto al peso total del afirmado, cada una de estas muestras fueron mezcladas con diferentes cantidades de agua lo más cercano al optimo estimado, para luego proceder con la compactación.

**3.3.2.6 Preparación de muestras para el ensayo de CBR.** En la prueba de CBR se prepararon tres especímenes de 5300 g de material tamizado por la malla 3/4" para la

muestra patrón como también para la mezcla con los porcentajes fijados de 2%, 4% y 6% respecto al peso total del suelo, durante la combinación se incorpora diferentes cantidades de agua hasta alcanzar la humedad óptima obtenida en el ensayo de Proctor modificado, para luego continuar con la compactación con 12, 25 y 56 golpes.

### 3.3.3 Ensayos para evaluar el comportamiento físico del suelo CON y SIN incorporación del PET

**3.3.3.1 Contenido de Humedad.** Este ensayo se realiza para determinar el contenido de agua por masa de suelo, roca, y materiales parecidos, en el cual la disminución de la muestra por secado es debido a la pérdida de agua. (ASTM D 2216, s.f.)

El procedimiento se realizó según lo indicado en la norma ASTM D 2216.

#### 3.3.3.2 Contenido de Humedad con incorporación del 2%, 4% y 6% de PET

Este ensayo se realiza de acuerdo al procedimiento establecido en la norma ASTM D 2216, teniendo en cuenta que para cada una de las muestras representativas de suelo se les incorporó los porcentajes de 2, 4 y 6% de PET respecto al peso total del afirmado. (Ver Figura 18)

#### Figura 18

*Ensayo de contenido de humedad con adición del 2%, 4% y 6% de PET, según ASTM D 2216*



**3.3.3.3 Análisis granulométrico por tamizado de suelos sin incorporación del PET.** Según ASTM D 6913, este ensayo se realiza para determinar la distribución del tamaño de partículas (gradación) de una muestra de suelo (ASTM D 6913, s.f.).

El procedimiento se realizó según lo indicado en la norma ASTM D 6913. (ver figura 19).

**Figura 19**

*Análisis granulométrico de los agregados*



**3.3.3.4 Análisis granulométrico por tamizado de suelos con incorporación del 2%, 4%, 6% de PET.** El procedimiento realizado fue según lo indicado en la norma ASTM D 6913. Se seleccionó una muestra total de 10 kg con adición de porcentajes de PET del 2, 4, 6% respecto al peso total de la muestra para cada uno de los especímenes, estos fueron tamizados por la malla N° 4 para dividir las gravas de los finos. (Ver figura 20).

**Figura 20**

*Análisis granulométrico del afirmado con incorporación del 2%, 4% y 6% de PET*



**3.3.3.5 Límites de Atterberg sin incorporación del PET.** Se utilizan para caracterizar las fracciones de suelo de grano fino, y determinar el rango de humedad en el cual un suelo puede permanecer en estado plástico.

Este ensayo se desarrolló en base a la norma ASTM D 4318 y NTP 339.129.

En la figura 21 se muestra parte del procedimiento de este ensayo.

**Figura 21**

*Ensayo de límite líquido*



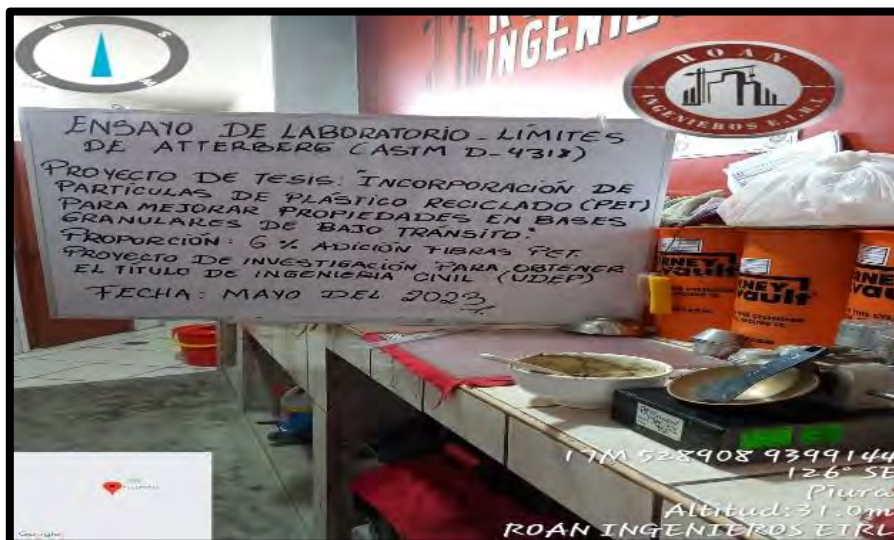
### 3.3.3.6 Límites de Atterberg con incorporación del 2%,4% y 6% de PET

Se realizó el procedimiento de acuerdo a la norma ASTM D 4318 y NTP 339.129. Se seleccionaron tres muestras de suelo natural preparadas previamente con incorporación de porcentajes de PET del 2, 4 y 6% respecto al peso total del afirmado en estudio.

En la figura 22 se muestra el ensayo de Límites de Atterberg con sus respectivas adiciones de PET.

**Figura 22**

*Ensayo de límites de Atterberg con incorporación del 2%, 4% y 6% de PET*



**3.3.3.7 Abrasión de los Ángeles.** La resistencia a la degradación de agregado grueso de tamaño pequeño por abrasión e impacto en la máquina de los ángeles se utiliza para determinar si el agregado grueso es capaz de resistir el desgaste durante la colocación y compactación del pavimento o durante su vida útil.

Para este ensayo se siguió según lo indicado en la norma ASTM C 131 (ASTM C 131, s.f.). En la tabla 14 se muestra los grados de muestras de pruebas según la ASTM.

**Tabla 14**

*Grados de muestras de prueba según ASTM*

Tamaño del tamiz		Masa de los tamaños indicados (g)			
Pasante	Retenido	Clasificación			
		A	B	C	D
37.5 mm (1 1/2 in)	25.0 mm (1 in)	1250 ± 25			
25.0 mm (1 in)	19.0 mm (3/4 in)	1250 ± 25			
19.0 mm (3/4 in)	12.5 mm (1/2 in)	1250 ± 10	2500 ± 10		
12.5 mm (1/2 in)	9.5 mm (3/8 in)	1250 ± 10	2500 ± 10		
9.5 mm (3/8 in)	6.3 mm (1/4 in)			2500 ± 10	
6.3 mm (1/4 in)	4.75 mm (N° 4)			2500 ± 10	
4.75 mm (N° 4)	2.36 mm (N°8)				5000 ± 10
Total		5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10	5000 ± 10

*Nota.* Adaptado de American Society for Testing and Materials (ASTM C 131, s.f.).

En la figura 23 y 24, se observan las muestras y la máquina de prueba de Los Ángeles utilizadas en este ensayo.

**Figura 23**

*Muestra para la selección de agregados*



**Figura 24**

*Máquina de los Ángeles para el ensayo de abrasión*



### **3.3.4 Ensayos para evaluar el comportamiento mecánico del suelo CON y SIN incorporación del PET**

**3.3.4.1 Proctor modificado sin incorporación del PET.** Este ensayo se realiza para conocer la relación entre el contenido de humedad y la densidad máxima seca de los suelos, cuya relación es representada mediante una curva de compactación.

Para el desarrollo de este ensayo se siguió de acuerdo a lo establecido en la norma ASTM D 1557. (Ver Figura 25)

**Figura 25**

*Compactación de muestra para el ensayo de Proctor modificado*



**3.3.4.2 Proctor modificado incorporando 2%, 4% y 6% de PET.** El procedimiento de compactación aplicado es igual al expuesto en el ensayo del Proctor modificado sin incorporación del PET mediante la norma ASTM D 1557.

En la figura 26 y 27 se muestra el ensayo de Proctor modificado con sus respectivos porcentajes de incorporación de PET.

**Figura 26**

*Compactación con incorporación del 2% de PET*



**Figura 27**

*Prueba de compactación para muestra 4% de PET*



**3.3.4.3 Valor soporte relativo (CBR) sin incorporación del PET.** El ensayo de CBR se realiza con la finalidad de estimar la capacidad resistente del material como subrasante, subbase y base en el diseño de pavimentos.

Este análisis se realizó en base a la norma ASTM D 1883 (s.f.).

En la figura 28, 29 y 30 se muestra el procedimiento del ensayo de CBR.

**Figura 28**

*Proceso de armado del molde, base y collar que extensión*



**Figura 29**

*Procedimiento de inmersión para el ensayo de CBR*



**Figura 30**

*Registro del peso de la muestra después del proceso de inmersión*



**3.3.4.4 Valor soporte relativo (CBR) con incorporación del 2%, 4% y 6% PET.** Para la preparación de las muestras se siguió según lo establecido en la norma ASTM D 1883 (s.f.). Se utilizaron combinaciones de afirmado natural con adiciones de PET del 2, 4, 6%, con un peso de 5300 g. para cada una de las muestras de CBR. (Ver figura 31 y 32)

**Figura 31**

*Preparación de equipo para el proceso de penetración*



**Figura 32**

*Preparación de equipo para el proceso de penetración*



**3.3.4.5 Resistencia a la compresión no confinada.** Este ensayo no se realizó, debido a que su evaluación considera otras condiciones como evaluar solo agregado fino en el ensayo de Proctor Modificado para obtener la energía de compactación y su óptimo contenido de humedad, y en el desarrollo de esta tesis se consideró la evaluación del afirmado en toda su composición.

## Capítulo 4 Presentación de resultados

### 4.1 Ensayos físicos y mecánicos del suelo natural

#### 4.1.1 *Análisis granulométrico por tamizado*

Para la realización del ensayo granulométrico y su clasificación SUCS y AASHTO se tuvo en cuenta el procedimiento normativo que exigen las normas estándar ASTM D422 y la ASTM D6913.

Teniendo en cuenta lo mencionado en el párrafo anterior, se ha llevado a cabo posteriormente un análisis exhaustivo de todos los datos obtenidos, del cual nos muestra que este suelo natural escogido para este estudio es un tipo de suelo de arena limosa con adición de gravas arcillosas de un color marrón claro de tipo amarillento.

En la tabla 15 y 16 se especifica detalladamente las características obtenidas a partir del ensayo granulométrico con base al tamaño de las partículas del material.

De las gradaciones correspondientes para zonas menores a los 3000 m.s.n.m y de acuerdo a la dimensión de la partícula se optó como referencia para este estudio **la gradación B, tanto para el análisis del suelo natural proveniente de cantera y para las mezclas con sus respectivas adiciones**, así mismo, se proporciona la curva granulométrica considerando solo suelo natural sin la adición de algún porcentaje de PET.

**Tabla 15**  
*Características de suelo natural*

Características del suelo natural	
Tamaño máximo	2"
% de grava	40.9
% de Arena	43.6
% Pasante N° 200	15.5
LL	23
LP	17
IP	6
Clasificación SUCS	SC-SM
Clasificación AASHTO	A-2-4 (0)

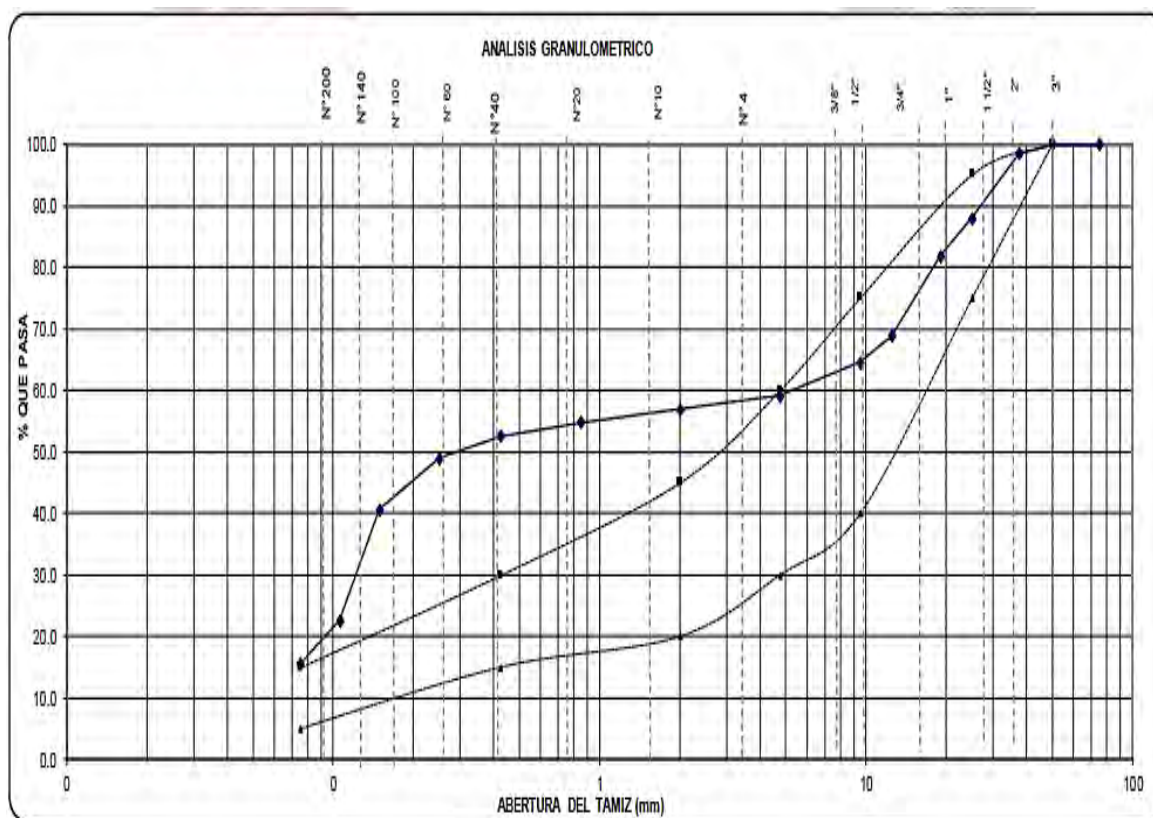
**Tabla 16***Características de suelo natural*

Tamices ASTM	Abertura (mm.)	Peso retenido (gr.)	Porcentaje parcial retenido (%)	Retenido (%)	Que pasa (%)	Especificaciones EG 2013
2 1/2"	75	0	0	0	100	
2"	50	0	0	0	100	100
1 1/2"	37.5	153.8	1.5	1.5	98.5	75-95
1"	25	1048.5	10.5	12	88	
3/4"	19	621.8	6.2	18.2	81.8	
1/2"	12.5	1292.6	12.9	31.2	68.8	40-75
3/8"	9.5	427.4	4.3	35.4	64.6	
4	4.75	543.7	5.4	40.9	59.1	30-60
10	2	222	2.2	43.1	56.9	20-45
20	0.85	212	2.1	45.2	54.8	15-30
40	0.425	219.6	2.2	47.4	52.6	
60	0.25	363.3	3.6	51	49	
100	0.149	834.2	8.3	59.4	40.6	
140	0.106	1796.4	18	77.4	22.6	5-15
200	0.075	712.1	7.1	84.5	15.5	
<b>Bandeja</b>		1552.5	15.5	100	0	

A continuación, se muestra la curva granulométrica del afirmado en estado natural, sin adición del PET, y del cual en la figura 33 y en el anexo A se aprecia que el material no cumple con los requerimientos granulométricos de una base granular, ya que la curva se encuentra fuera del huso granulométrico de la gradación B, según lo establecido en la norma MTC EG-2013 (ASTM D1241) para materiales constituyentes a una base y con una zona menor a los 3000 m.s.n.m, lo cual corresponde a la ciudad de Piura.

**Figura 33**

Curva granulométrica de suelo natural de la cantera La Obrilla



*Nota.* Ensayo realizado en el laboratorio de Estudios Geotécnicos de Mecánica de Suelos y Pavimentos – Concreto – Asfalto, “ROAN INGENIEROS” E.I.R.L., 2023.

#### 4.1.2 Límites de consistencia o límites de Atterberg

El ensayo de los límites de Atterberg se realizó conforme a lo estipulado en la norma NTP 339.129 y la ASTM D 4318, que conforme a ello se ha obtenido según lo mostrado en la tabla 17, un índice de plasticidad de 6%, lo que se clasificaría de acuerdo a la normativa EG-2013 un suelo poco arcilloso. (ver figura 34 y anexo B)

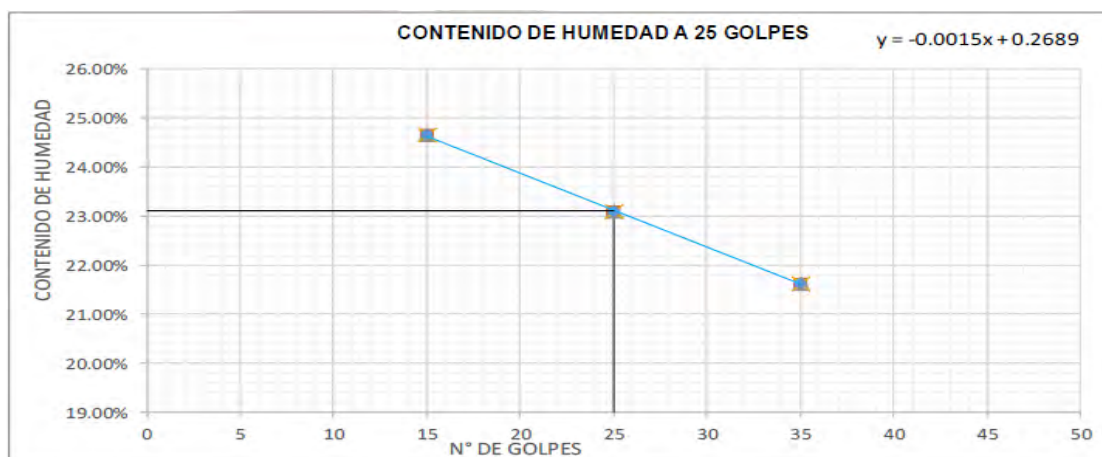
**Tabla 17**

*Resultados del ensayo de los límites de Atterberg*

Constantes del suelo	Valor
Límite líquido	23
Límite plástico	17
Índice de plasticidad	6

**Figura 34**

Grafica del % CH y N° de golpes



*Nota.* Ensayo realizado en el laboratorio de Estudios Geotécnicos de Mecánica de Suelos y Pavimentos – Concreto – Asfalto, “ROAN INGENIEROS” E.I.R.L., 2023.

#### 4.1.3 Contenido de humedad

Se realizó el ensayo de contenido de humedad para grano fino con el fin de establecer el porcentaje de humedad ya que era necesario saber las condiciones físicas iniciales en la cual se encontraba la muestra de suelo, además de la relación de agua y sólidos para un determinado volumen de material. En la tabla 18 se presentan los siguientes valores:

**Tabla 18**

*Resultados del contenido de humedad – muestra fina*

Contenido de humedad-muestra total	Valores
No. muestra	M-01
Peso de recipiente + Peso de muestra húmeda (g)	340.68
Peso de recipiente + Peso de muestra seca (g)	322.3
Peso de recipiente (g)	90.63
Peso de agua (g)	18.38
Peso del suelo seco (g)	231.67
<b>Contenido de humedad (%)</b>	<b>7.9</b>

*Nota.* Ensayo realizado en el laboratorio de Estudios Geotécnicos de Mecánica de Suelos y Pavimentos – Concreto – Asfalto, “ROAN INGENIEROS” E.I.R.L., 2023.

Mientras que en la tabla 19 se muestra el resultado obtenido mediante la aplicación de la norma ASTM D 4718 basada en hallar el contenido de humedad para agregado grueso o de partículas de gran tamaño. Este procedimiento tiene como fin encontrar los pesos unitarios y su contenido de agua del suelo, pero con énfasis a las partículas retenidas en la malla N°04, obteniendo un contenido de humedad de 2% para agregado grueso. (Ver anexo C)

**Tabla 19***Resultados del contenido de humedad- Muestra agregado grueso*

Contenido de humedad para corrección ASTM D-4718	Valores
Contenido de humedad (%)	2.0

*Nota.* Ensayo realizado en el laboratorio de Estudios Geotécnicos de Mecánica de Suelos y Pavimentos – Concreto – Asfalto, “ROAN INGENIEROS” E.I.R.L., 2023.

#### 4.1.4 Ensayo de abrasión de los Ángeles

Otra prueba realizada para la verificación de las propiedades físicas del afirmado de la cantera “La Obrilla” es el ensayo de abrasión de los ángeles, que se planteó y desarrollo de acuerdo a la normativa ASTM C131, teniendo como resultado un porcentaje al desgaste por abrasión del agregado 21.3% (tabla 20 y anexo H), y que según a los requerimientos normativos EG-2013 para una altitud menor a los 3000 m.s.n.m en bases granulares cumple, ya que exige un 40% como máximo.

**Tabla 20***Resultados del ensayo de abrasión del suelo natural*

Tamaño del tamiz		Gradación				Resultados
Pasa	Retiene	A	B	C	D	(gr)
38.1 mm	25.4 mm					
25.4 mm	19.1 mm					
19.1 mm	12.7 mm		2500			
12.7 mm	9.52 mm		2500			
9.52 mm	6.3 mm					
6.3 mm	4.76 mm					
4.76 mm	2.36 mm					
<b>Resultado al desgaste por abrasión del agregado a 500 rev (%)</b>						<b>21.3</b>

*Nota.* Ensayo realizado en el laboratorio de Estudios Geotécnicos de Mecánica de Suelos y Pavimentos – Concreto – Asfalto, “ROAN INGENIEROS” E.I.R.L., 2023.

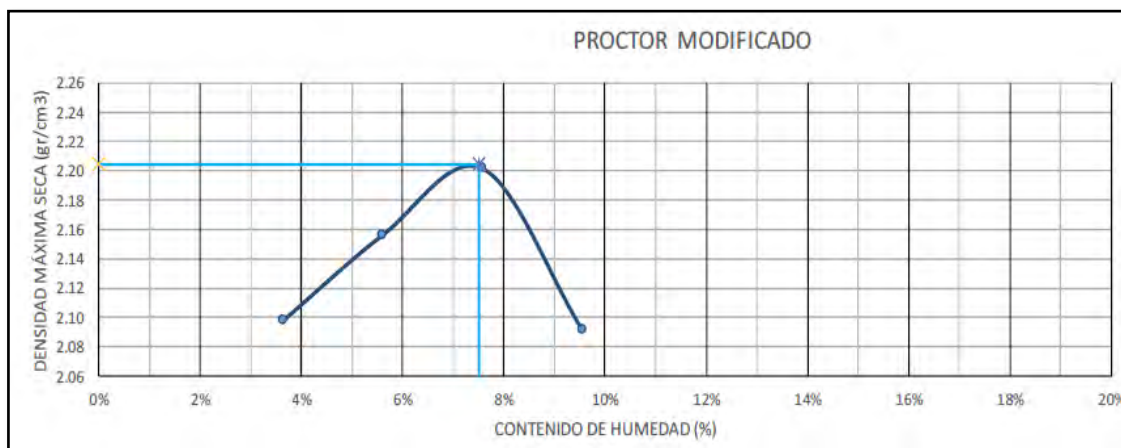
#### 4.1.5 Ensayo Proctor Modificado

Se desarrolló el ensayo proctor de acuerdo a la normativa ASTM D1557/NTP 339.141, con la finalidad de evaluar el contenido de humedad óptimo del afirmado, y su máxima densidad seca, para ello la normativa hace mención de 3 métodos, por lo que para este ensayo

se decidió realizar por el método C de acuerdo a la granulometría de la muestra. La curva de compactación del suelo en estudio se halló en función de la relación a su peso específico y contenido de humedad.

**Figura 35**

*Curva de compactación de la muestra de afirmado de suelo natural*



*Nota.* Ensayo realizado en el laboratorio de Estudios Geotécnicos de Mecánica de Suelos y Pavimentos – Concreto – Asfalto, “ROAN INGENIEROS” E.I.R.L., 2023.

En la figura 35 y anexo D, se muestra la curva de compactación reflejando un punto de quiebre o de intercepción entre el contenido de humedad de 2.204 g/cm<sup>3</sup> y la densidad máxima seca de 7.5%.

#### **4.1.6 Ensayo de valor soporte relativo (CBR)**

El ensayo de valor soporte relativo (CBR) se ha realizado conforme a la norma ASTM D1883/NTP 339.145. Este ensayo se ha empleado con la finalidad de evaluar la capacidad resistente de este suelo, ya que se cree conveniente poder hacer uso para bases granulares. Los resultados que se han obtenido en el laboratorio muestran que al 100% de la máxima densidad seca posee un CBR de 70% con una penetración de carga de 0.1".

**Tabla 21**

*Resultado del ensayo CBR en muestra natural*

Molde N°	1	2	3
Golpes por capa N°	10	25	56
Contenido de humedad (%)	9.95	9.28	8.50
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.984	2.094	2.202

*Nota.* Ensayo realizado en el laboratorio de Estudios Geotécnicos de Mecánica de Suelos y Pavimentos – Concreto – Asfalto, “ROAN INGENIEROS” E.I.R.L., 2023.

En la tabla 21 y anexo I, se muestra los resultados obtenidos del ensayo CBR, a partir de incrementos de energía de compactación de 10, 25 y 56 golpes.

**Tabla 22**

*Resumen de datos CBR*

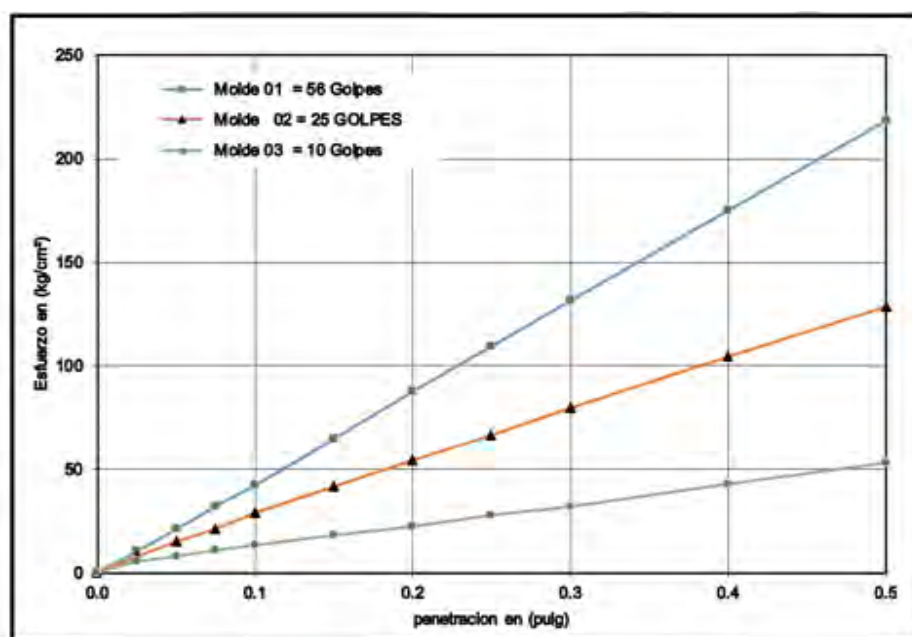
Número de golpes	Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	Penetración (pulg)	%M.D.S	CBR %
56	2.202	0.1	100	70
		0.1	95	45

Finalmente, en la tabla 22 para la muestra de afirmado de la cantera la obrilla se ha obtenido un CBR de 70% a una máxima densidad seca del 100% y un CBR de 45% a una máxima densidad seca del 95%, ambos con 0.1" de penetración. A partir de estos datos se valida que para este material de cantera se necesita realizar una estabilización, con el fin de mejorar su propiedad mecánica y ser utilizada para el propósito de esta investigación del cual se centra en mejorar sus propiedades, además de que su uso sea apto para bases granulares de un pavimento de bajo tránsito ya que según norma EG-2013 indica que para estas bases debe poseer un valor relativo de soporte mínimo 80%.

En la figura 36 se muestra la curva de la relación esfuerzo vs penetración obtenida a partir del ensayo CBR.

**Figura 36**

*Curva de la relación esfuerzo vs penetración*



*Nota.* Ensayo realizado en el laboratorio de Estudios Geotécnicos de Mecánica de Suelos y Pavimentos – Concreto – Asfalto, “ROAN INGENIEROS” E.I.R.L., 2023.

## 4.2 Ensayos físicos y mecánicos de suelo natural con la adición de 2, 4,6% de PET

Se analizaron las siguientes propiedades físicas mecánicas del suelo con la adición del Tereftalato de polietileno (PET):

- Análisis Granulométrico por Tamizado
- Límites de Consistencia
- Contenido de humedad, Máxima densidad seca (PROCTOR)
- Parámetros del Valor Soporte Relativo (CBR)

### 4.2.1 Análisis granulométrico por tamizado

Para la realización del ensayo granulométrico y su clasificación SUCS y AASHTO se tuvo en cuenta el procedimiento normativo que exigen las normas estándar ASTM D422 y la ASTM D6913.

Teniendo en cuenta lo mencionado en el párrafo anterior, se ha llevado a cabo posteriormente un análisis exhaustivo de todos los datos obtenidos, del cual nos muestra que al realizar la combinación de este suelo natural escogido con el 2, 4, 6 % de adición de PET nos muestra a partir de los resultados ser un tipo de suelo SC-SM según la clasificación SUCS y de acuerdo a la clasificación AASHTO un suelo A-2-4 (0), arena limosa con adición de gravas arcillosas.

Desde la tabla 23 a la tabla 26, se especifica detalladamente las características del suelo obtenidas a partir del ensayo granulométrico, considerando suelo natural con la adición de porcentajes de PET.

**Tabla 23**

*Características del suelo natural y con adición de PET*

Características del suelo	Suelo Natural	2% de PET	4% de PET	6% de PET
Tamaño máximo	2"	2"	2"	2"
% de grava	40.9	34.9	38.7	35.1
% de Arena	43.6	49.8	47.5	56.9
% Pasante N° 200	15.5	15.4	13.9	8
LL	23	20	21	20
LP	17	16	16	17
IP	6	5	4	3
Clasificación SUCS	SC-SM	SC-SM	SC-SM	SC-SM
Clasificación AASHTO	A-2-4 (0)	A-2-4 (0)	A-2-4 (0)	A-2-4 (0)

*Nota.* Ensayo realizado en el laboratorio de Estudios Geotécnicos de Mecánica de Suelos y Pavimentos – Concreto – Asfalto, “ROAN INGENIEROS” E.I.R.L., 2023.

**Tabla 24**

*Análisis granulométrico del suelo natural con la adición de 2% de PET*

Tamices ASTM	Abertura (mm.)	Peso retenido (gr.)	Porcentaje parcial retenido (%)	Retenido (%)	Que pasa (%)	Especificaciones EG 2013
2 1/2"	75	0	0	0	100	
2"	50	0	0	0	100	100
1 1/2"	37.5	156.0	1.6	1.6	98.4	75-95
1"	25	281.0	2.8	4.4	95.6	
3/4"	19	511.0	5.1	9.5	90.5	
1/2"	12.5	1189.0	11.9	21.4	78.6	40-75
3/8"	9.5	583.0	5.8	27.2	72.8	
4	4.75	766.0	7.7	34.9	65.1	30-60
10	2	494.7	4.9	39.8	60.2	20-45
20	0.85	439.0	4.4	44.2	55.8	15-30
40	0.425	714.3	7.1	51.3	48.7	
60	0.25	1245.8	12.5	63.8	36.2	
100	0.149	881.3	8.8	72.6	27.4	
140	0.106	890.8	8.9	81.5	18.5	5-15
200	0.075	310.4	3.1	84.6	15.4	
<b>Bandeja</b>		1537.6	15.4	100	0	

*Nota.* Ensayo realizado en el laboratorio de Estudios Geotécnicos de Mecánica de Suelos y Pavimentos – Concreto – Asfalto, “ROAN INGENIEROS” E.I.R.L., 2023

**Tabla 25**

*Análisis granulométrico del suelo natural con la adición de 4% de PET*

Tamices ASTM	Abertura (mm.)	Peso retenido (gr.)	Porcentaje parcial retenido (%)	Retenido (%)	Que pasa (%)	Especificaciones EG 2013
2 1/2"	75	0	0	0	100	
2"	50	0	0	0	100	100
1 1/2"	37.5	88.0	0.9	0.9	99.1	75-95
1"	25	532.0	5.3	6.2	93.8	
3/4"	19	646.0	6.5	12.7	87.3	
1/2"	12.5	1169.0	11.7	24.4	75.7	40-75
3/8"	9.5	650.0	6.5	30.9	69.2	
4	4.75	782.0	7.8	38.7	61.3	30-60
10	2	352.0	3.5	42.2	57.8	20-45
20	0.85	570.0	5.7	47.9	52.1	15-30
40	0.425	705.0	7.0	54.9	45.1	
60	0.25	1183.1	11.8	66.8	33.2	
100	0.149	875.5	8.8	75.5	24.5	
140	0.106	783.8	7.8	83.4	16.6	5-15
200	0.075	275.4	2.8	86.1	13.9	
<b>Bandeja</b>		1387.9	13.9	100	0	

*Nota.* Ensayo realizado en el laboratorio de Estudios Geotécnicos de Mecánica de Suelos y Pavimentos – Concreto – Asfalto, “ROAN INGENIEROS” E.I.R.L., 2023.

**Tabla 26***Análisis granulométrico del suelo natural con la adición de 6% de PET*

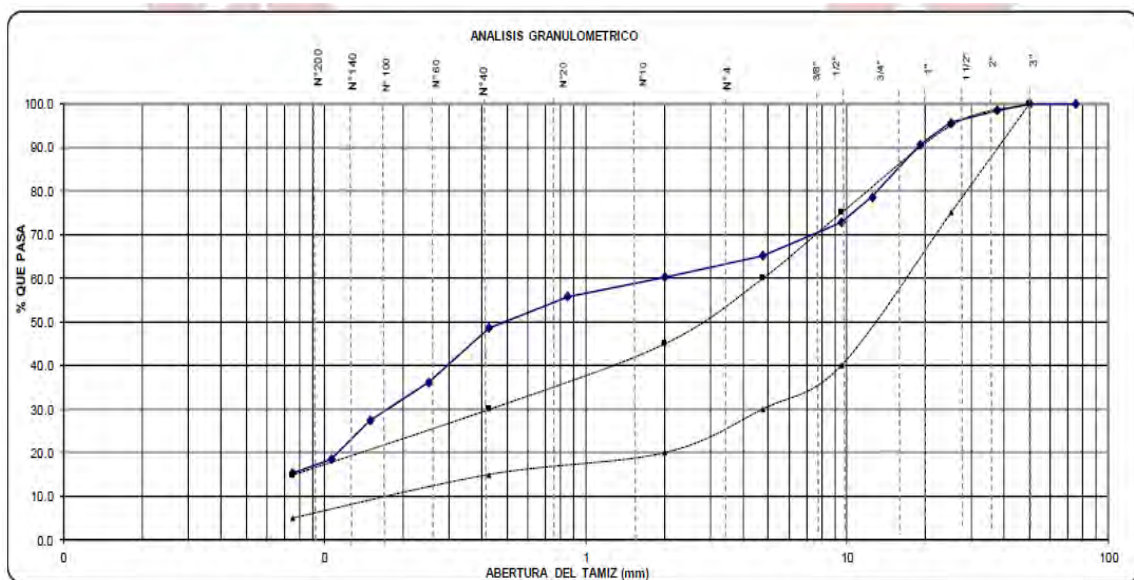
Tamices ASTM	Abertura (mm.)	Peso retenido (gr.)	Porcentaje parcial retenido (%)	Retenido (%)	Que pasa (%)	Especificaciones EG 2013
2 1/2"	75	0	0	0	100	
2"	50	0	0	0	100	100
1 1/2"	37.5	317.0	3.2	3.2	96.8	75-95
1"	25	543.0	5.4	8.6	91.4	
3/4"	19	438.0	4.4	13.0	87.0	
1/2"	12.5	957.0	9.6	22.6	77.5	40-75
3/8"	9.5	551.0	5.5	28.1	71.9	
4	4.75	708.0	7.1	35.1	64.9	30-60
10	2	355.1	3.6	38.7	61.3	20-45
20	0.85	905.8	9.1	47.7	52.3	15-30
40	0.425	1009.9	10.1	57.8	42.2	
60	0.25	1242.4	12.4	70.3	29.7	
100	0.149	973.5	9.7	80.0	20.0	5-15
140	0.106	873.7	8.7	88.7	11.3	
200	0.075	324.9	3.2	92.0	8.0	
<b>Bandeja</b>		800.7	8.0	100	0	

*Nota.* Ensayo realizado en el laboratorio de Estudios Geotécnicos de Mecánica de Suelos y Pavimentos – Concreto – Asfalto, “ROAN INGENIEROS” E.I.R.L., 2023.

A continuación, en la figura 37 al 39 se muestran las curvas granulométricas del afirmado en estado natural con la adición del 2,4,6 % de PET, y del cual se aprecia que el material no cumple con los requerimientos granulométricos de una base granular, ya que estas no se encuentran dentro del huso granulométrico de la gradación B, según lo establecido en la norma MTC EG-2013 (ASTM D1241) para materiales constituyentes a una base y con una zona menor a los 3000 m.s.n.m, lo cual corresponde a la ciudad de Piura. (Ver anexo M, N y Ñ)

**Figura 37**

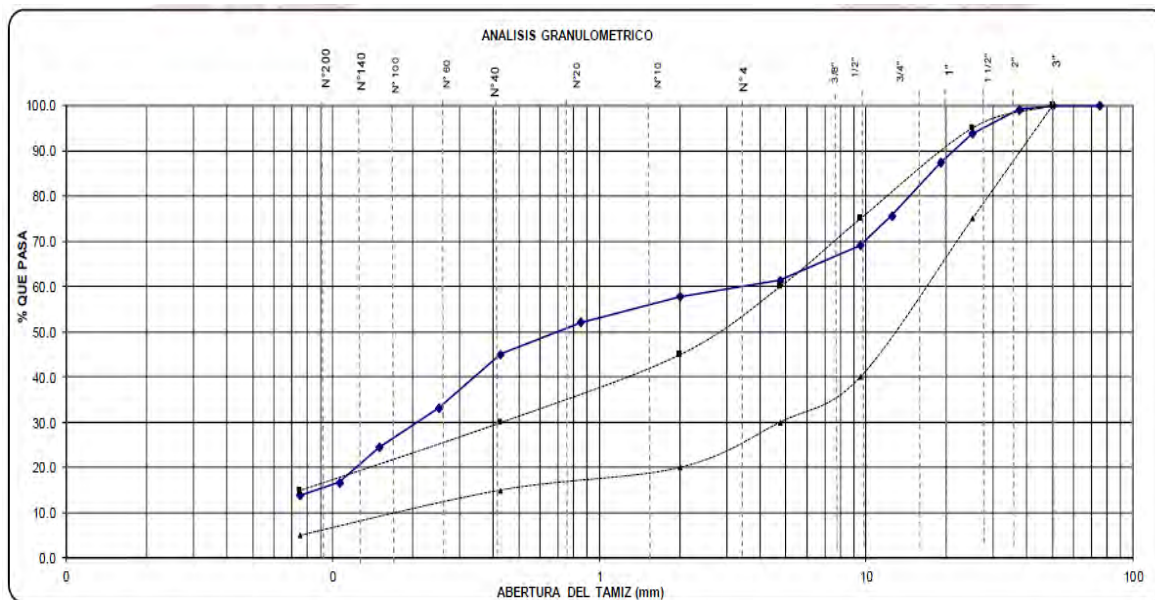
*Curva granulometrica del suelo natural con el 2% de PET*



*Nota.* Ensayo realizado en el laboratorio de Estudios Geotécnicos de Mecánica de Suelos y Pavimentos – Concreto – Asfalto, “ROAN INGENIEROS” E.I.R.L., 2023.

**Figura 38**

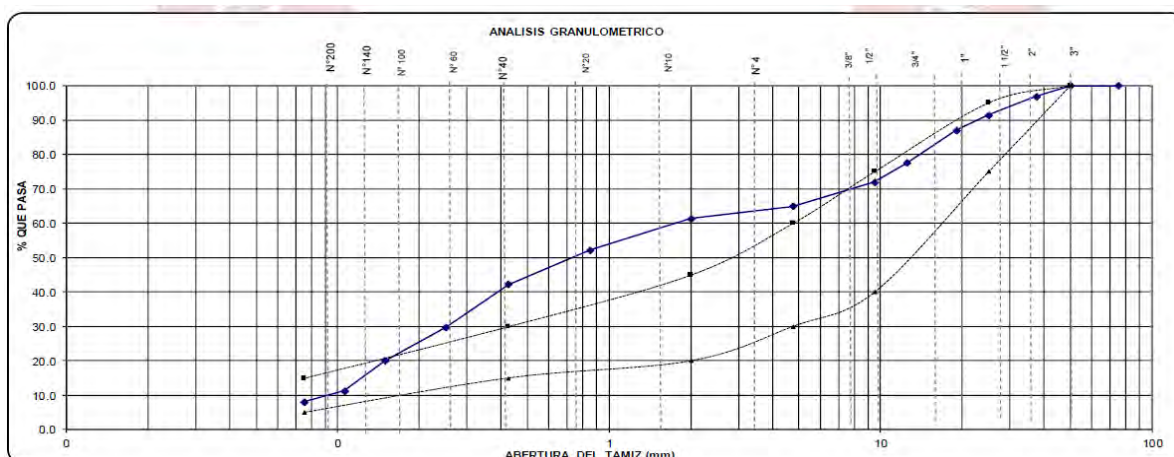
*Curva granulometrica del suelo natural con el 4% de PET*



*Nota.* Ensayo realizado en el laboratorio de Estudios Geotécnicos de Mecánica de Suelos y Pavimentos – Concreto – Asfalto, “ROAN INGENIEROS” E.I.R.L., 2023.

**Figura 39**

Curva granulométrica del suelo natural con el 6% de PET



*Nota.* Ensayo realizado en el laboratorio de Estudios Geotécnicos de Mecánica de Suelos y Pavimentos – Concreto – Asfalto, “ROAN INGENIEROS” E.I.R.L., 2023.

#### 4.2.2 Límites de consistencia o límites de Atterberg

El ensayo de los límites de Atterberg se realizó de acuerdo a lo estipulado en la norma NTP 339.129 y la ASTM D 4318, que conforme a ello se ha obtenido los siguientes resultados mostrados en la tabla 27 y anexo M, N Y Ñ.

**Tabla 27**

*Resultados de los límites de Atterberg, suelo natural – adiciones % de PET*

Constantes del Suelo	Suelo natural	Porcentajes de PET		
		2%	4%	6%
<b>Límite líquido</b>	23	20.4	20.6	20
<b>Límite plástico</b>	17	15.7	16.3	17
<b>Índice de plasticidad</b>	6	4.7	4.4	3
	<b>6</b>	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>3</b>

*Nota.* Ensayo realizado en el laboratorio de Estudios Geotécnicos de Mecánica de Suelos y Pavimentos – Concreto – Asfalto, “ROAN INGENIEROS” E.I.R.L., 2023

#### 4.2.3 Contenido de humedad

Se realizó el ensayo de contenido de humedad para grano fino con la adición del 2, 4 y 6% de PET en relación al peso total del afirmado en su estado natural, con el fin de establecer el porcentaje de humedad ya que era necesario saber el efecto del plástico respecto a sus condiciones físicas en la cual se encontraba la mezcla, además de la relación de agua y sólidos para un determinado volumen de material. En la tabla 28 se muestran los resultados de los contenidos de humedad en relación al agregado fino para una adición de 2, 4 y 6% de PET. (Ver anexo M, N y Ñ)

**Tabla 28***Resultados del contenido de humedad –Muestra fina*

Contenido de humedad-muestra total	Valores con % de adición de PET		
	2 %	4%	6%
Contenido de humedad (%)	1.1	0.9	0.9

*Nota.* Ensayo realizado en el laboratorio de Estudios Geotécnicos de Mecánica de Suelos y Pavimentos – Concreto – Asfalto, “ROAN INGENIEROS” E.I.R.L., 2023.

Mientras que en la tabla 29 se muestran los siguientes pesos obtenidos mediante la aplicación de la norma ASTM D 4718 basada en hallar el contenido de humedad para agregado grueso o de partículas de gran tamaño, este procedimiento tiene como fin encontrar los pesos unitarios y su contenido de agua del suelo con la adición del 2,4 y 6% de PET en relación al peso del suelo en su estado natural, pero con énfasis a las partículas retenidas en la malla N°04.

**Tabla 29***Resultados del contenido de humedad- muestra agregado grueso*

Contenido de humedad para corrección ASTM D-4718	Valores con % de adición de PET		
	% Retenido en N°4"		
No. Muestra	2%	4%	6%
Contenido de humedad (%)	0.2	0.1	0.3

*Nota.* Ensayo realizado en el laboratorio de Estudios Geotécnicos de Mecánica de Suelos y Pavimentos – Concreto – Asfalto, “ROAN INGENIEROS” E.I.R.L., 2023.

#### **4.2.4 Ensayo Proctor Modificado**

Se desarrolló el ensayo Proctor Modificado siguiendo el procedimiento normativo de la ASTM D1557, con el fin de poder evaluar y obtener los parámetros del contenido de humedad óptima con su máxima densidad seca de la muestra de afirmado y al adicionar diversos porcentajes de PET (2,4 y 6%) a la muestra natural de la cantera.

El procedimiento utilizado fue de tipo “C”, dado que las partículas pasan por el tamiz de 3/4" y del cual son colocadas en 5 capas con una compactación de 56 golpes en cada espécimen o molde, en la tabla 30 se muestran los resultados obtenidos:

**Tabla 30**

Resultados del proctor con los porcentajes de adición de PET

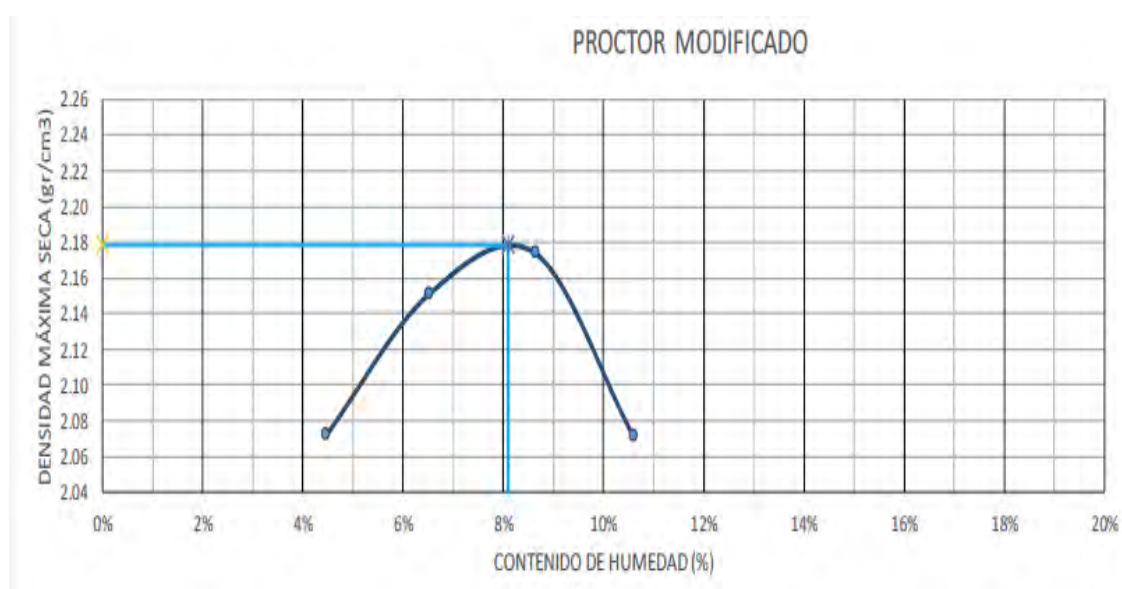
Indicador	Método	Máxima densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	Contenido de humedad óptima (%)
0%		2.204	7.5
2 %		2.178	8.1
4 %	C	2.158	8.2
6%		2.150	8.3

*Nota.* Ensayo realizado en el laboratorio de Estudios Geotécnicos de Mecánica de Suelos y Pavimentos – Concreto – Asfalto, “ROAN INGENIEROS” E.I.R.L., 2023.

En las figuras 40, 41 y 42, y anexos E, F Y G, se muestran las curvas de compactación para cada adición de PET.

**Figura 40**

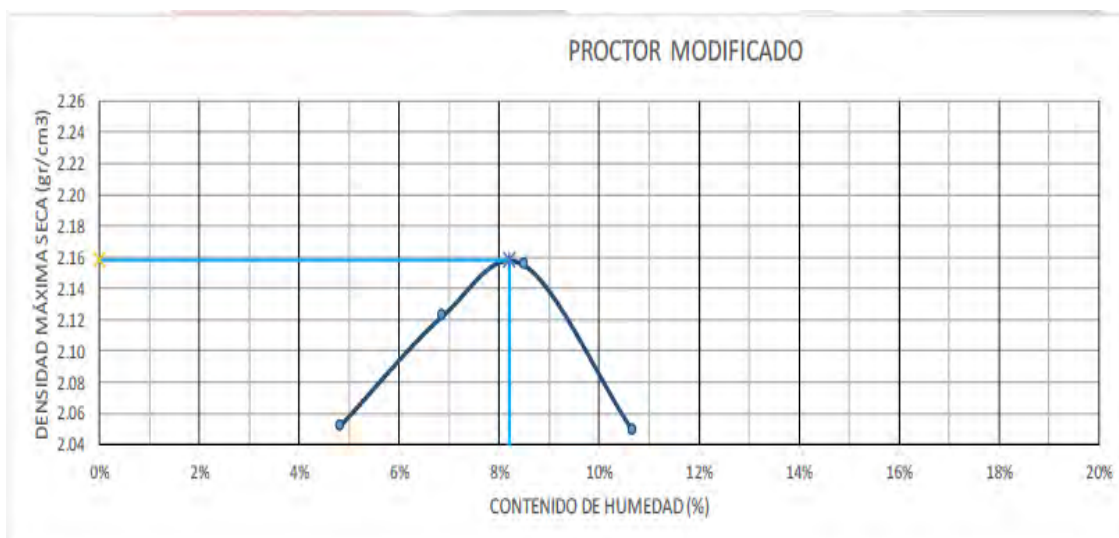
Curva de compactación al 2% de adición de PET



*Nota.* Ensayo realizado en el laboratorio de Estudios Geotécnicos de Mecánica de Suelos y Pavimentos – Concreto – Asfalto, “ROAN INGENIEROS” E.I.R.L., 2023.

**Figura 41**

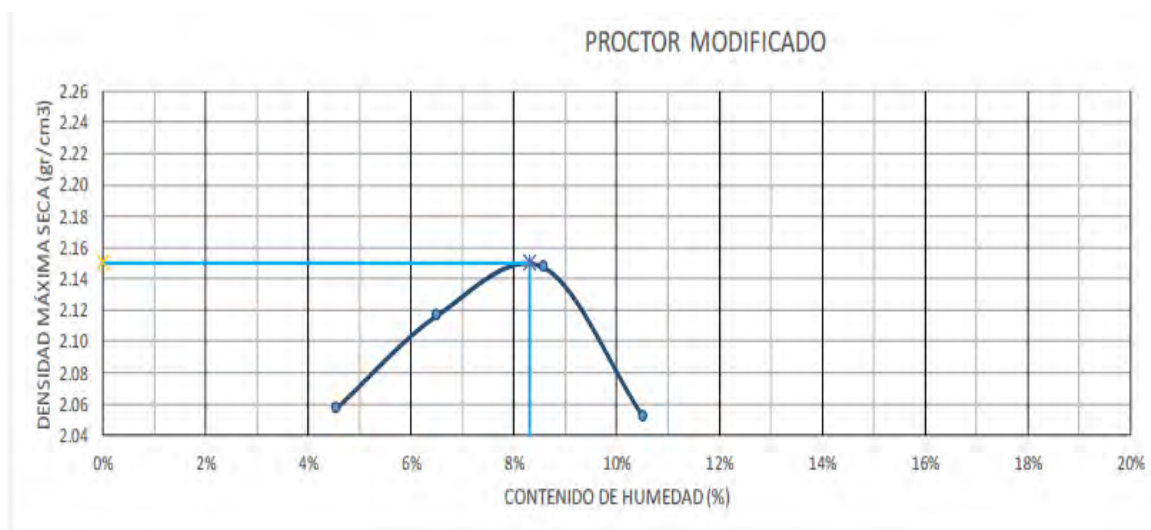
*Curva de compactación al 4% de adición de PET*



*Nota.* Ensayo realizado en el laboratorio de Estudios Geotécnicos de Mecánica de Suelos y Pavimentos – Concreto – Asfalto, “ROAN INGENIEROS” E.I.R.L., 2023.

**Figura 42**

*Curva de compactación al 6% de adición de PET*



*Nota.* Ensayo realizado en el laboratorio de Estudios Geotécnicos de Mecánica de Suelos y Pavimentos – Concreto – Asfalto, “ROAN INGENIEROS” E.I.R.L., 2023.

#### **4.2.5 Ensayo de valor relativo de soporte (CBR)**

Se realizó el ensayo CBR de acuerdo al procedimiento normativo ASTM D1883, con el fin de evaluar la capacidad de soporte del suelo al realizar incrementos de porcentaje (2, 4 y 6%) de PET al afirmado, variando su energía de compactación en relación al número de golpes, considerando para este ensayo 10, 25 y 56 golpes. (Ver anexos J, K y L)

En la tabla 31 se observan los siguientes resultados:

- 2% de adición de PET

**Tabla 31**

Resultado del ensayo CBR con el 2% de adición de PET

Molde N°	1	2	3
Golpes por capa N°	10	25	56
Contenido de humedad (%)	9.12	8.31	8.36
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.977	2.070	2.178

*Nota.* Ensayo realizado en el laboratorio de Estudios Geotécnicos de Mecánica de Suelos y Pavimentos – Concreto – Asfalto, “ROAN INGENIEROS” E.I.R.L., 2023.

Se muestran los resultados obtenidos del ensayo CBR con el 2% de adición de PET, a partir de incrementos de energía de compactación de 10, 25 y 56 golpes. A continuación, en la tabla 32 se muestra los valores de CBR:

**Tabla 32**

Resumen de datos del ensayo CBR con 2% de adición de PET

Número de golpes	Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	Penetración (pulg)	%M.D.S	CBR %
56	2.178	0.1	100	75
		0.1	95	49

*Nota.* Ensayo realizado en el laboratorio de Estudios Geotécnicos de Mecánica de Suelos y Pavimentos – Concreto – Asfalto, “ROAN INGENIEROS” E.I.R.L., 2023.

- 4% de adición de PET

**Tabla 33**

Resultado del ensayo CBR con el 4% de adición de PET

Molde N°	1	2	3
Golpes por capa N°	10	25	56
Contenido de humedad (%)	8.79	8.84	7.31
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.957	2.069	2.178

*Nota.* Ensayo realizado en el laboratorio de Estudios Geotécnicos de Mecánica de Suelos y Pavimentos – Concreto – Asfalto, “ROAN INGENIEROS” E.I.R.L., 2023.

En la tabla 33 y tabla 34 se muestran los resultados obtenidos del ensayo CBR con el 4 % de adición de PET, a partir de incrementos de energía de compactación de 10, 25 y 56 golpes y a una penetración de 0.1”:

**Tabla 34**

*Resumen de datos del ensayo CBR con 4% de adición de PET*

Número de golpes	Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	Penetración (pulg)	%M.D.S	CBR %
56	2.178	0.1	100	85
		0.1	95	60

*Nota.* Ensayo realizado en el laboratorio de Estudios Geotécnicos de Mecánica de Suelos y Pavimentos – Concreto – Asfalto, “ROAN INGENIEROS” E.I.R.L., 2023.

- 6% de adición de PET

**Tabla 35**

*Resultado del ensayo CBR con el 4% de adición de PET*

Molde N°	1	2	3
Golpes por capa N°	10	25	56
Contenido de humedad (%)	7.92	8.70	7.26
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.960	2.069	2.179

*Nota.* Ensayo realizado en el laboratorio de Estudios Geotécnicos de Mecánica de Suelos y Pavimentos – Concreto – Asfalto, “ROAN INGENIEROS” E.I.R.L., 2023.

En esta tabla 35 y tabla 36 se muestra los resultados obtenidos del ensayo CBR con el 6% de adición de PET, a partir de incrementos de energía de compactación de 10, 25 y 56 golpes y a una penetración de 0.1”:

**Tabla 36**

*Resumen de datos del ensayo CBR con 6% de adición de PET*

Número de golpes	Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	Penetración (pulg)	%M.D. S	CBR %
56	2.179	0.1	100	71
		0.1	95	50

*Nota.* Ensayo realizado en el laboratorio de Estudios Geotécnicos de Mecánica de Suelos y Pavimentos – Concreto – Asfalto, “ROAN INGENIEROS” E.I.R.L., 2023.

## **Capítulo 5**

### **Evaluación y análisis de resultados**

#### **5.1 Análisis comparativo de las propiedades físicas de la mezcla.**

Se presenta a continuación el resumen de resultados que permitirá realizar un análisis comparativo de todos los ensayos elaborados, con la finalidad de evaluar el comportamiento e impacto que posee el PET sobre el material en estudio en cada propiedad física y mecánica considerada en esta investigación.

##### **5.1.1 Análisis granulométrico**

En las figuras 33,37,38 y 39 se encuentran en el capítulo cuatro, se pueden observar que realizando una comparación entre la curva general y las adiciones de PET, existe una variación, ya que en la curva de la muestra natural se evidencia una parte con mayor cantidad de finos entre las aberturas de 75 a 4.75 mm y del cual se encuentra en el rango del límite superior; mientras que a medida se va adicionando al afirmado natural las proporciones de 2, 4 y 6% de PET, la curva tiene tendencia a disminuir un poco la cantidad de finos, pero se encuentran aún en el límite superior fuera del huso granulométrico. Respecto a la curva del afirmado natural se observa un cambio considerable, esta curva se muestra más convexa entre aquellas aberturas mencionadas, mientras que con la curva del 2% se nota una reducción de esa convexidad, pero aun mostrando un poco la curvatura y manteniéndose en el límite superior al igual que las otras adiciones del 4 y 6%, y del cual se notan un poco la variación ya que se encuentran las curvas más pegadas entre sí.

En general, se puede afirmar que ninguna de las curvas granulométricas mostradas en las figuras antes mencionadas en el párrafo anterior, cumple con los requerimientos granulométricos de una base granular, pues la mitad de sus curvas se encuentran fuera del huso granulométrico de la gradación B, debido que es un material extraído directamente de cantera y no un material preparado, según lo establecido en la norma MTC EG-2013 (ASTM D 1241) para materiales constituyentes de una base y con una zona menor a los 3000 m.s.n.m, lo cual corresponde a la ciudad de Piura y que según los datos mostrados en los porcentajes pasantes de cada ensayo granulométrico para cada adición se realizó el análisis teniendo en cuenta tal gradación, pues en la mayoría sus datos se aproximaban conforme a sus requerimientos.

##### **5.1.2 Límites de Atterberg**

En la tabla 27, se muestra un resumen de los valores obtenidos de las constantes del suelo a partir del ensayo de los límites de Atterberg tanto en suelo natural como también los porcentajes de adición de PET de acuerdo con el peso en seco. Al realizar una comparación entre estos datos obtenidos se observa que a medida se incrementa el porcentaje de PET, el índice de plasticidad tiende a disminuir progresivamente, lo cual a partir del 4% de PET posee un índice de plasticidad de 4%, lo cual se caracterizaría como el óptimo porcentaje al igual que

el porcentaje de 6% de PET, ya que cumplen con los requerimientos estimados por normativa para bases granulares, según la EG-2013 y del cual se caracterizarían como suelo de poca plasticidad.

### 5.1.3 Contenido de humedad

En las tablas 18, 19, 28 y 29 se puede observar los resultados obtenidos en el ensayo de contenido de humedad realizado para muestras finas y muestras con agregado grueso, tanto para el afirmado natural como también para los porcentajes de adición de PET. Al comparar los resultados para ambas muestras se observa que al incorporarle partículas de PET se tiene una significativa reducción del contenido de humedad con respecto al resultado de la muestra de suelo natural, debido a que al momento de someter el plástico a una temperatura de  $110 \pm 5^\circ \text{C}$ , y a mayor adición de la fibra, como lo es para el porcentaje óptimo de 4% la muestra tiende a sobrecalentarse, secándola más de lo esperado.

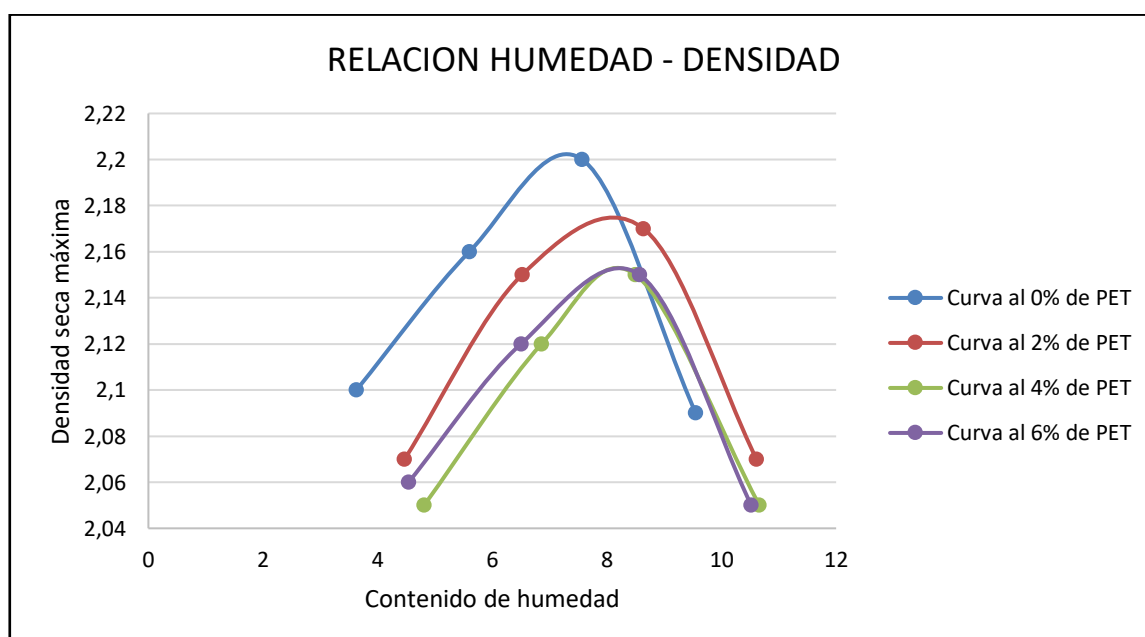
## 5.2 Análisis comparativo de las propiedades mecánicas de la mezcla

### 5.2.1 Ensayo proctor modificado

En la figura 43, se observan las diferentes curvas de compactación a partir de los incrementos uniformes en porcentajes de PET propuestos en este estudio, y del cual se analiza que a medida que hay un cambio progresivo o un aumento en los porcentajes del plástico triturado pasante de la malla N°04 y retenido en la malla N°10, la máxima densidad seca disminuye y el contenido de humedad tiende a aumentar ligeramente.

**Figura 43**

*Relación humedad-densidad*



El motivo de la disminución progresiva de la densidad máxima seca se debe mayormente a la diferencia de densidades entre el plástico y el afirmado en estado natural, la densidad del plástico suele ser muy inferior a la del suelo, por lo que, al tomar mayor cantidad de sus partículas, estas tienden a poseer una repartición no adecuada, posicionándose en espacios que precedentemente lo ocupaba el suelo en su totalidad, por lo tanto, genera que la densidad tienda a disminuir.

La tercera mezcla con el 4% de adición de PET es la que mejor se ajusta, ya que su densidad sería la adecuada para la evaluación del CBR, ya que presenta mejores características mecánicas y no se ha presentado una exagerada deformación del espécimen compactado en comparación del resto de mezclas.

Por otro lado, se analiza que al aumentar los porcentajes de PET hay un aumento progresivo en los porcentajes del contenido de humedad, esto debido a que se ha necesitado aumentar la cantidad de agua al Tereftalato de polietileno para que en conjunto con el suelo pueda ser manipulable, el aumento del agua en el PET se debe a que este plástico es un tipo de material impermeable, es decir posee un tipo de porosidad cerrada, del cual no permite absorber agua, y al ser de una superficie completamente lisa hace que no haya una cohesión entre sus partículas con las de suelo, por ende su fricción sea nula, en consecuencia para que el suelo sea trabajable, es necesario aumentar la cantidad de agua a la mezcla, aumentando su humedad y la capacidad de adherencia del PET, de manera que se observa ese aumento en el contenido de humedad.

### **5.2.2 Ensayo valor soporte relativo (CBR)**

Los resultados obtenidos a partir de este ensayo se muestran en la tabla 37 y sus certificados son mostrados posteriormente en anexos:

**Tabla 37**

*Cuadro de combinaciones Suelo-PET*

Mezclas	CBR a 0.1"
Mezcla pura: 100% de afirmado + 0% de PET	70
Mezcla 1: 98% de afirmado + 2% de PET	75
Mezcla 2: 96% de afirmado + 4% de PET	85
Mezclas 3: 94% de afirmado + 6% de PET	71

El manual de Carreteras: Suelos, geología y Pavimentos, en la sección de suelos y pavimentos (2014), menciona algunos parámetros a tener en cuenta para utilizar el adecuado valor de CBR, ya sea para base o subbase granular, además realiza una recomendación especial en utilizar el CBR al 100% de la máxima densidad seca y a 0.1" de penetración. (ver tabla 38).

**Tabla 38***Valor soporte relativo para bases granulares*

Valor soporte relativo en base granular	Para carreteras de segunda clase, bajo volumen de tránsito, o para carreteras con tráfico en ejes equivalentes $\leq 10 \times 10^6$	Mínimo 80%
	Para carreteras de primera clase, carreteras duales o multicarril, autopistas; o, para carreteras con tráfico en ejes equivalentes $> 10 \times 10^6$	Mínimo 100%

*Nota.* Manual de Carreteras, Sección Suelos y Pavimentos (2014).

Según la tabla 39, para este caso de estudio se evaluará para carreteras de bajo volumen de tránsito por lo que el valor de CBR de la muestra de suelo en estado natural indica que puede ser utilizado para sub bases de un pavimento, al igual que para la mezcla 1 y 3, y para el caso de la mezcla 2 con un CBR de 85% es considerado APTO para utilizarse en bases granulares ya que posee un valor de soporte mayor al 80%.

**Tabla 39***Requerimientos de CBR para subbases granulares*

Ensayo	Norma MTC	Norma ASTM	Norma AASHTO	Requerimiento	
				<3000 m.s.n.m	$\geq 3000$ m.s.n.m
CBR	MTC E 132	D 1883	T 193	40% mín.	40% mín.

*Nota.* Manual de Carreteras, Sección Suelos y Pavimentos (2014)

Si bien el suelo en estado natural fácilmente puede utilizarse para sub bases granulares pero mas no para bases, que no es el fin de este estudio, por lo que como solución se ha considerado realizar un mejoramiento adicionando a este suelo porcentajes de PET, observando que para la adición de 2 y 4% el CBR comienza ascender desde la muestra patrón en un 5 a 15 % más, por lo que para la adición del 6% comienza a descender en un 14% con respecto a la adición del 4%, pues se concluiría que el porcentaje optimo a utilizarse en bases granulares seria a un porcentaje del 4%, sin embargo, también se hace hincapié que a medida que se adicione mayor porcentaje de PET el CBR comienza a disminuir.

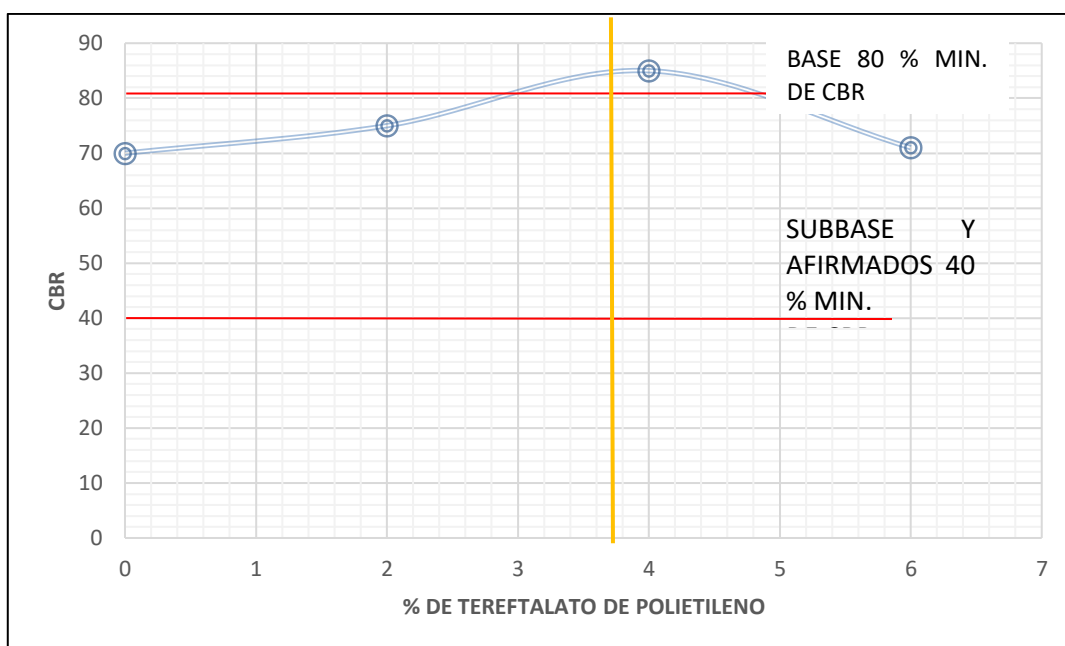
El motivo del aumento del porcentaje de PET en 2% y 4% se debe mayormente a que el PET tiene en su estructura una superficie muy plana y ligera, de modo que distribuye de una forma consistente y uniforme todos los esfuerzos del suelo transfiriéndole una adecuada resistencia a la penetración, mientras que para el 6% el CBR disminuye, lo que significa que a

medida que se aumenta la cantidad de PET y teniendo como textura una superficie lisa no llega a poseer una mejor adherencia entre el suelo y el plástico, por lo tanto el CBR disminuye.

Se concluye a partir de estos resultados que al 4% de adición de PET al suelo, junto a su 100% de su máxima densidad seca y su contenido de humedad óptimo es considerado como porcentaje adecuado para ser utilizado para bases granulares, ya que hace una mezcla ideal al combinarse el suelo con el PET, y por ende este plástico lograra una mejor adherencia entre las partículas del suelo natural y un mejor comportamiento ante los esfuerzos cortantes, además de una buena resistencia debido a la dureza del PET. (ver figura 44).

**Figura 44**

*Relación de CBR y % de Tereftalato de polietileno*



## Conclusiones

De acuerdo con el análisis comparativo de resultados del ensayo de granulometría del suelo natural y el PET se llega a la conclusión que con los porcentajes considerados no sería apto para la conformación de una base de pavimento, pero existe la probabilidad de que adicionando otros tamaños de PET cumpla con el huso granulométrico, ya que se ha observado que si hay cambios óptimos que se acercan a encontrarse dentro del huso granulométrico de la gradación B.

De acuerdo con el ensayo de los límites de Atterberg del afirmado con las respectivas adiciones, se observan que el óptimo porcentaje de índice de plasticidad es 4% para mezcla de suelo natural y el 4% de PET, así mismo cumple para el caso de la mezcla de suelo natural más el 6% de PET ya que presenta un índice de plasticidad del 3%, por lo que se puede concluir que ambos porcentajes de adición de PET son óptimos de acuerdo a este ensayo, según lo establecido en los requerimientos del EG- 2013.

En los resultados obtenidos de los ensayos de combinación realizados, se registra una mejora en el valor soporte relativo con la adición de Tereftalato de polietileno (PET), lográndose de este análisis un porcentaje óptimo de 4%.

En los resultados obtenidos a partir del ensayo de plasticidad del afirmado, se observó un IP de 6%, calificándose como un suelo de baja plasticidad, según el Manual de carreteras. Por lo que se concluye que el afirmado no cumple satisfactoriamente con el requisito exigido para bases granulares, pues para ello se necesita un  $IP < 4$ .

Según los resultados obtenidos en el ensayo de Límites de Atterberg del suelo con incorporación de PET, se muestra que a medida que se incrementan los porcentajes de plástico triturado, el índice de plasticidad es menor, concluyéndose que el suelo en estudio con incorporación del 4% y 6% de PET, es apto para utilizarse en bases de pavimentación de carreteras, debido a que cumplen con los requerimientos establecidos en el Manual de Carreteras, EG – 2013 (2013).

La aplicación del Tereftalato de polietileno (PET) no solo mejora las propiedades del suelo para futuros proyectos de ingeniería, sino también al utilizarse como agregado se estaría reduciendo el impacto ambiental.

Para esta tesis se creyó conveniente no analizar el ensayo de resistencia a la compresión no confinada, pues para ello se necesita evaluar solo agregado fino en el ensayo de Proctor modificado, y este trabajo de investigación se desarrolló evaluando el afirmado en toda su composición.

## **Recomendaciones**

Se recomienda utilizar en futuras investigaciones otros tamaños de partículas PET considerando partículas retenidas o pasantes por la malla N°200, pues sería una buena alternativa para lograr homogeneidad y mejorar la compactación de la muestra ensayada.

Con respecto a la curva granulométrica resultante para los ensayos de afirmado natural y adiciones de PET se observó que se sale del huso granulométrico de la gradación B, en la fracción fina, resultando poco favorable para bases de pavimentos; sin embargo, para un camino de bajo tránsito de bases no pavimentadas puede llegar a ser más beneficioso.

Se recomienda analizar las propiedades mecánicas de un suelo que no posea plasticidad mediante la incorporación de porcentajes PET para así determinar si cumple con las condiciones requeridas.

Se sugiere realizar un análisis detallado del costo y beneficios del Tereftalato de polietileno (PET) y luego llevar a cabo una comparación con otras formas de estabilización que servirá para futuros trabajos de ingeniería.

Se cree conveniente que para posteriores tesis se analice el comportamiento físico del Suelo-PET, además de analizar la curva granulométrica luego de haber encontrado el porcentaje óptimo de CBR para evaluar el comportamiento físico del suelo.

## Referencias

- AASHTO. (2002). *Standard Specification for Highway Bridges* (17th ed.).
- Albán, A. (2017). *Análisis comparativo de la resistencia a la compresión de bloques fabricados por PET como sustituto parcial de la piedra pómez (cascajo) y bloques*. Tesis de grado, Universidad Técnica de Ambato, Repositorio UTA. <https://repositorio.uta.edu.ec/bitstream/123456789/25754/1/Tesis%201134%20-%20Alb%20a1n%20Condo%20Andrea%20Margarita.pdf>
- ANDINA. (29 de octubre de 2013). *Demanda de plástico tipo PET en el Perú es de 50 mil toneladas anuales*. Andina. <https://andina.pe/agencia/noticia-demanda-plastico-tipo-pet-elperu-es-50-mil-toneladas-anuales-480404.aspx>
- ASTM C 131. (s.f.). *Métodos de prueba estándar para Resistencia a la degradación de agregado grueso de tamaño pequeño por abrasión e impacto en la maquina Los Ángeles*.
- ASTM D 1557. (s.f.). *Compactación de suelos en laboratorio utilizando energía modificada*.
- ASTM D 1883. (s.f.). *Método de prueba estándar para la relación de carga de California (CBR) de suelos compactados en laboratorio*.
- ASTM D 2216. (s.f.). *Métodos de prueba estándar para la determinación de laboratorio del contenido de agua (humedad) del suelo y la roca en masa*.
- ASTM D 6913. (s.f.). *Métodos de prueba estándar para distribución del tamaño de partícula (Gradación) de suelos mediante el análisis de tamices*.
- Baylon, & Huatuco. (2021). *Uso de plástico PET como agregado en la fabricación de unidades de albañilería ecológica para la construcción de muros de cerramiento en el sector cooperativa Santa Isabel, distrito de Huancayo, al 2021*. Universidad Continental, Huancayo.
- Flores, P. (2020). *La problemática del consumo de plásticos durante la pandemia de la covid 19*. <https://doi.org/DOI: 10.21142/SS-0102-2020-016>
- López, J. (2013). *Suelos arcillosos reforzados con materiales de plástico reciclado (PET)*. Tesis de grado, Escuela de Ingeniería de Antioquia, Repositorio Institucional EIA. [https://repository.eia.edu.co/bitstream/handle/11190/265/LopezJose\\_2013\\_Suelos\\_ArcillososReforzados.pdf?sequence=7&isAllowed=y](https://repository.eia.edu.co/bitstream/handle/11190/265/LopezJose_2013_Suelos_ArcillososReforzados.pdf?sequence=7&isAllowed=y)
- López, T., Hernández, J., Horta, J., Coronado, A., & Castaño, V. (mayo de 2010). Polímeros para la Estabilización volumétrica de Arcillas Expansivas. . 11(3).159-168. *Revista Iberoamericana de Polímeros*, 11(3), 159-168. <https://reviberpol.files.wordpress.com/2019/07/2010-lopez.pdf>

- M. Das, B. (2013). *Fundamentos de la Ingeniería Geotécnica* (Vol. 4). México D.F., México: Cengage Learning.
- Manual de Carreteras. (2013). *Suelos, geología, geotecnia y pavimentos*. R.D. N° 05-2013 MTC: [http://transparencia.mtc.gob.pe/idm\\_docs/P\\_recientes/4515.pdf](http://transparencia.mtc.gob.pe/idm_docs/P_recientes/4515.pdf)
- Márquez, D. (2020). *Mejoramiento de la estabilización en la subrasante de suelos arcillosos usando plásticos reciclados PET en el distrito la Encantada, provincia de Morropón - Piura 2019*. Tesis de grado, Universidad Nacional de Piura, Repositorio UNP, Piura. <https://repositorio.unp.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12676/2241/CIV-MAR-MAR-2019.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- Montejo Fonseca, A. (2002). *Ingeniería de pavimentos para carreteras*. Bogotá, Colombia: Agora Editores.
- MTC, M. d. (2013). *Manual de Carreteras: Especificaciones Técnicas Generales para Construcción*. [https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas\\_carreteras/MTC%20NORMAS/ARCH\\_PDF/MAN\\_7%20SGGP-2014.pdf](https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/MTC%20NORMAS/ARCH_PDF/MAN_7%20SGGP-2014.pdf)
- MTC, M. d. (2014). *Manual de carreteras: Suelos geología y pavimentos*. [https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas\\_carreteras/MTC%20NORMAS/ARCH\\_PDF/MAN\\_7%20SGGP-2014.pdf](https://portal.mtc.gob.pe/transportes/caminos/normas_carreteras/MTC%20NORMAS/ARCH_PDF/MAN_7%20SGGP-2014.pdf)
- Paz, M. (2016). *Reciclado de PET a partir de botellas post consumo*. Universidad Nacional de Córdoba, Repositorio de UNC. <https://rdu.unc.edu.ar/handle/11086/5567>
- Perú 21. (2 de junio de 2023). Día Nacional del Reciclador. <https://peru21.pe/cheka/residuos-solidos-reciclaje-dia-nacional-del-reciclador-el-77-de-residuos-solidos-puede-ser-reutilizado-noticia/>
- Ravines, M. (2010). *Pruebas con un producto enzimático como agente estabilizador de suelos para carreteras*. Tesis para optar el título de Ingeniero Civil , Universidad de Piura, Piura. [https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1354/ICI\\_185.pdf?sequ](https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1354/ICI_185.pdf?sequ)
- Silvestre, A. (2015). *Análisis del concreto con tereftalato de polietileno (pet) como aditivo para aligerar elementos estructurales*. Universidad Libre Seccional Pereira, Colombia.
- Vásquez, L. (2003). *El Plástico (en línea): SoyEntrepreneur.com*. <http://www.soyentrepreneur.com/pagina.hts?N=13714>
- Zenteno, E. (2018). *Efecto de la estabilización de suelos con tereftalato de polietileno como material de refuerzo en la estructura de pavimentos flexibles del distrito de Puno*. Tesis de grado, Universidad Nacional del Altiplano, Repositorio UNA-PUNO, Puno. <http://repositorio.unap.edu.pe/handle/UNAP/2553>

## **Anexos**

# Anexo A Granulometría por tamizado de suelo natural



**ÁREA DE ESTUDIOS GEOTÉCNICOS DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS-CONCRETO-ASFALTO.**



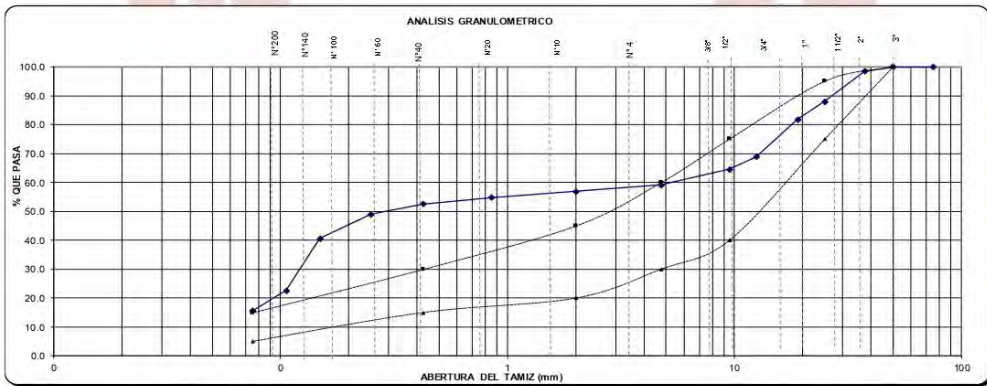
**ANÁLISIS MECÁNICO POR TAMIZADO DE SUELOS  
ASTM D 422 / ASTM D 6913**

Fecha de Recepción	: 27/05/2023	N° EXPEDIENTE	: 01133-06-2023- ROAN / LEM - AGREGADOS
Fecha de Ensayo	: 29/06/2023		
Fecha de Emisión	: 05/08/2023		

**DATOS PROPORCIONADOS POR EL SOLICITANTE**

SOLICITANTE	: ROJAS ATARAMA RIKSY MOGOLLON PALACIOS JUANITA	MUESTRA	: LAB-ROAN-RA&MP-PT
PROYECTO	: "INCORPORACIÓN DE PARTICULAS DE PLASTICO RECICLADO (PET) PARA MEJORAR PROPIEDADES EN BASES GRANULARES DE CAMINOS DE BAJO TRANSITO"	PROCEDENCIA	: CANTERA LA OBRILLA - OBRILLA
MATERIAL	: AFIRMADO NATURAL	MUESTREADO POR	: SOLICITANTE

TAMICES ASTM	ABERTURA (mm.)	PESO RETENIDO (gr)	PORCENTAJE PARCIAL RETENIDO (%)	RETENIDO (%)	QUE PASA (%)	ESPECIFICACIONES EG 2013	DESCRIPCION DE LA MUESTRA	
							PESO INICIAL (gr)	10,000.00
							PORCION DE FINOS (gr)	5912.20
							% DE HUMEDAD	
							TAMANO MAXIMO	2"
							% DE GRAVA	40.9
							% DE ARENA	43.6
							% PASANTEN" 200	15.5
							LL	23
							LP	17
							IP	6
							SUCS	SC-SM
							AHISTO	A-2-4 (0)
OBSERVACIONES:								
ARENA LIMO-ARCILLOSA CON GRAVA								



*[Signature]*

**YURI KATERINE CHAMBI SANTIAGO**  
TÉCNICO DE LABORATORIO.  
DNI: 76610845



*[Signature]*

**IVAN ARTURO ROSILLO ANTÓN**  
GERENTE GENERAL  
ING. CIVIL REG. CIP 196162

El laboratorio Roan emite este reporte con información proporcionada por el cliente declarando esta como verdadera. El presente informe tiene validez única y exclusivamente en original. El laboratorio Roan queda dispensado de cualquier responsabilidad que derive de la interpretación de los resultados.


JR. PIURA 101 C.P. SAN CLEMENTE - BELLAVISTA DE LA UNION - SECHURA - PIURA.

TEL: 951416170  
CEL: 951416170


EMAIL: roan.ingenieria@gmail.com

Nota. Extraído del Laboratorio ROAN Ingenieros.

## Anexo B Límites de Atterberg de suelo natural



**ÁREA DE ESTUDIOS GEOTÉCNICOS DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS - CONCRETO-ASFALTO.**



---

**LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD**  
 NTP 338.129 / ASTM D4318

---

Fecha de Recepción:	27/05/2023	N° Informe:	01134-06-2023- ROAN / LEM
Fecha de Ensayo:	29/06/2023		
Fecha de Emisión:	05/06/2023		AGREGADOS

---

**DATOS PROPORCIONADOS POR EL SOLICITANTE**

SOLICITANTE:	ROJAS ATARAMA RIKSY MOGOLLON PALACIOS JUANITA	MUESTRA:	LAB-ROAN-RASMP-PT
PROYECTO:	"INCORPORACIÓN DE PARTICULAS DE PLASTICO REICLADO (PET) PARA MEJORAR PROPIEDADES EN BASES GRANULARES DE CAMINOS DE BAJO TRANSITO"	PROCEDENCIA:	CANTERA LA OBRILLA - OBRILLA
MATERIAL:	AFIRMADO NATURAL	MUESTREADO POR:	SOLICITANTE

---


**INFORMACIÓN GENERAL**

LÍMITES PLÁSTICO (ASTM D4318)	MUESTRA 1	MUESTRA 2
N° Recipiente	ROAN-01	ROAN-02
Peso de Recipiente (gr)	4.79	4.69
Peso de recipiente + Suelo húmedo (gr)	12.12	11.6
Peso de recipiente + Suelo Seco (gr)	11.04	10.61
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	17.28%	16.72%

LÍMITE LÍQUIDO (ASTM D4318)	I	II	III
N° Recipiente	ROAN-02	ROAN-11	ROAN-05
N° de Golpes	15	25	35
Peso de Recipiente	gr 26.7	23.64	26.19
Peso de recipiente + Suelo húmedo	gr 35.25	31.85	35.81
Peso de recipiente + Suelo Seco	gr 33.56	30.31	34.10
CONTENIDO DE HUMEDAD	% 24.64%	23.09%	21.62%


  




CONSTANTES DE SUELO


LÍMITE LÍQUIDO :	23
LÍMITE PLÁSTICO :	17
ÍNDICE DE PLASTICIDAD :	6


  



**YURI KATERINE CHAMBI SANTIAGO**  
TÉCNICO DE LABORATORIO.  
DNI: 76610845







**IVAN ARTURO ROSILLO ANTON**  
GERENTE GENERAL  
ING. CIVIL REG. CIP 196162

El laboratorio Roan emite este reporte con información proporcionada por el cliente declarando esta como verdadera. El presente informe tiene validez única y exclusivamente en original. El laboratorio Roan queda dispensado de cualquier responsabilidad que derive de la interpretación de los resultados.

J.R. PIURA 101 C.P. SAN CLEMENTE - BELLAVISTA DE LA UNIÓN - SECHURA - PIURA.

Tel: 951416170  
 Cel: 951416170  
 Email: roan@roaningenieros.com.pe

Nota. Extraído del Laboratorio ROAN Ingenieros.

## Anexo C Determinación del contenido de humedad



**ÁREA DE ESTUDIOS GEOTÉCNICOS DE MECÁNICA  
DE SUELOS Y PAVIMENTOS-CONCRETO-ASFALTO.**



DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM D 2216			
Fecha de Recepción:	27/05/2023	N° EXPEDIENTE	01130-05-2023- ROAN / LEM - AGREGADOS
Fecha de Ensayo:	29/06/2023		
Fecha de Emisión:	09/06/2023		
<b>DATOS PROPORCIONADOS POR EL SOLICITANTE</b>			
SOLICITANTE	ROJAS ATARAMA RIKSY MOGOLLON PALACIOS JUANITA	MUESTRA	LAB-ROAN-RAMF-PT
PROYECTO	"INCORPORACIÓN DE PARTICULAS DE PLÁSTICO RECIDADO (PET) PARA MEJORAR PROPIEDADES EN BASES GRANULARES DE CAMINOS DE BAJO TRÁNSITO"	PROCEDENCIA	CANTERA LA OBRILLA - OBRILLA
MATERIAL	AFIRMADO NATURAL	MUESTREO POR	SOLICITANTE
Temperatura de secado:	60°		110°
CONTENIDO DE HUMEDAD - MUESTRA TOTAL			
No. MUESTRA	M-01		
No. RECIPIENTE	ROAN - 00		
Peso de recipiente + Peso de muestra húmeda (g)	340.68		
Peso de recipiente + Peso de muestra seca (g)	322.3		
Peso de recipiente (g)	80.63		
Peso de agua (g)	15.36		
Peso del suelo seco (g)	231.67		
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	7.9		
CONTENIDO DE HUMEDAD PARA CORRECCIÓN ASTM D-475 - MATERIAL RETENIDO EN LA MALLA			
No. MUESTRA	%Retenido en 3/4"	%Retenido en 3/8"	%Retenido en No.4
No. RECIPIENTE			ROAN - 10
Peso de recipiente + Peso de muestra húmeda (g)			500.9
Peso de recipiente + Peso de muestra seca (g)			590.7
Peso de recipiente (g)			90.8
Peso de agua (g)			10.2
Peso del suelo seco (g)			499.9
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)			2.0



**YURI KATERINE CHAMBI SANTIAGO**  
TÉCNICO DE LABORATORIO.  
DNI: 76610845







**IVAN ARTURO ROSILLO ANTÓN**  
GERENTE GENERAL  
ING. CIVIL REG. CIP 196162


El laboratorio Roan emite este reporte con información proporcionada por el cliente declarando esta como verdadera. El presente informe tiene validez única y exclusivamente en original. El laboratorio Roan queda dispensado de cualquier responsabilidad que derive de la interpretación de los resultados.

J.R. PIURA 101 C.P. SAN CLEMENTE - BELLAVISTA DE LA UNIÓN - SECHURA - PIURA.


 **951416170**  
 **951416170**  
roan-ingenieros@outlook.com

Nota. Extraído del Laboratorio ROAN Ingenieros.

## Anexo D Ensayo de compactación – Energía modificada. Suelo natural



**ÁREA DE ESTUDIOS GEOTÉCNICOS DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS-CONCRETO-ASFALTO.**



**ENSAYO DE COMPACTACION - ENERGIA MODIFICADA**  
**ASTM D1557**

Fecha de Recepción	27/03/2023	N° EXPEDIENTE	0130-06-2023- ROAN/LEM - AGREGADOS
Fecha de Ensayo	29/03/2023		
Fecha de Emisión	05/05/2023		

DATOS PROPORCIONADOS POR EL SOLICITANTE

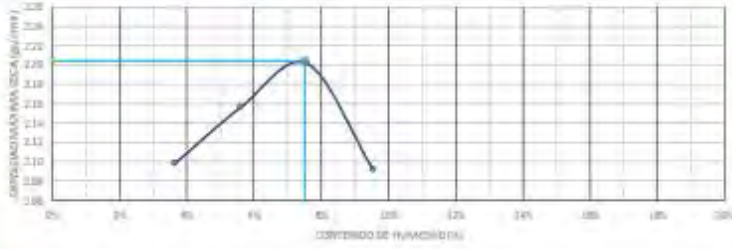
SOLICITANTE	ROJAS ATARAMA RIKSY MOGOLLON PALACIOS JUANITA	MUESTRA	LAB-ROAN-RAMP-PT
PROYECTO	INCORPORACIÓN DE PARTICULAS DE PLASTICO RECICLADO (PET) PARA MEJORAR PROPIEDADES EN BASES GRANULARES DE CAMINOS DE BAJO TRANSITO*	PROCEDENCIA	CANTERA - LA OBRILLA - OBRILLA
MATERIAL	AFIRMADO NATURAL	MUESTREADO POR	SOLICITANTE

N° Muestra	1	2	3	4
Peso Muestra + Molde (gr)	7400	7920	7810	7650
Peso de Muestra (gr)	4800	4850	5045	4980
DENSIDAD HUMEDA (gr/cm <sup>3</sup> )	2.17	2.28	2.37	2.29

MÉTODO DE ENSAYO		
"A"	"B"	"C"
		X
DIAMETRO DEL MOLDE		
4"	6"	Otros
	X	
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )		2130
Peso del molde (gr)		2770
Altura interna molde (cm)		11.63
TEMPERATURA DE SECADO		
60	110	Estufa
	X	
Método de compactación:		Manual


N° Tara	ROAN - 13	ROAN - 12	ROAN - 14	ROAN - 11
Peso de Tara (gr)	102.0	100.0	100.0	100.0
Peso Suelo Humedo + Tara (gr)	282.9	377.2	362.8	238.0
Peso Suelo Seco + Tara (gr)	273.6	362.0	344.3	261.2
Peso Suelo Seco (gr)	171.0	262.0	244.3	161.2
Contenido de Agua (gr)	9.9	14.7	18.5	17.3
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	3.82%	5.50%	7.57%	9.35%
DENSIDAD MÁXIMA SECA (gr/cm <sup>3</sup> )	2.10	2.16	2.20	2.09

PROCTOR MODIFICADO





<b>MÁXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm<sup>3</sup>)</b>	2.204 (gr/cm <sup>3</sup> )
<b>HUMEDAD ÓPTIMA (%)</b>	7.5%

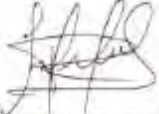
OBSERVACIONES: LOS RESULTADOS OBTENIDOS SON DE LA MUESTRA NATURAL SIN NINGUN TIPO DE ADICIÓN. LOS MISMOS QUE SE TOMARA COMO REFERENCIA PARA LAS MEZCLAS QUE SE REALIZARAN EN ADELANTE



**YURI KATERINE CHAMBI SANTIAGO**  
TÉCNICO DE LABORATORIO.  
DNI: 76610845







**IVAN ARTURO ROSILLO ANTON**  
GERENTE GENERAL  
ING. CIVIL REG. CIP 196162

El laboratorio Roan emite este reporte con información proporcionada por el cliente declarando esta como verdadera. El presente informe tiene validez única y exclusivamente en original. El laboratorio Roan queda dispensado de cualquier responsabilidad que derive de la interpretación de los resultados.


J.R. PIURA 101 C.P. SAN CLEMENTE - BELLAVISTA DE LA UNIÓN - SECHURA - PIURA.

📞 951416170  
📠 951416170


roan@ingenieros.com.pe

Nota. Extraído del Laboratorio ROAN Ingenieros.

Anexo E Ensayo de compactación – Energía modificada. Suelo natural + 2% de adición de PET



**ÁREA DE ESTUDIOS GEOTÉCNICOS DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS - CONCRETO - ASFALTO.**



---

**ENSAYO DE COMPACTACION - ENERGIA MODIFICADA**  
**ASTM D1557**

Fecha de Recepción	27/05/2023	N° EXPEDIENTE	01117-06-2023-ROAN / LEM - AGREGADOS
Fecha de Ensayo	29/05/2023		
Fecha de Emisión	05/06/2023		

DATOS PROPORCIONADOS POR EL SOLICITANTE

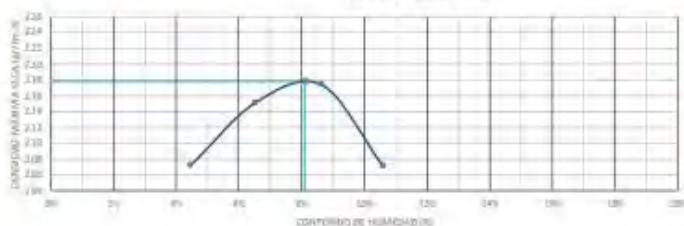
SOLICITANTE	ROJAS ATARAMA RIKSY MOGOLLON PALACIOS JUANITA	MUESTRA	LAB-ROAN-RA&MP-PT
PROYECTO	"INCORPORACIÓN DE PARTICULAS DE PLASTICO RECICLADO (PET) PARA MEJORAR PROPIEDADES EN BASES GRANULARES DE CAMINOS DE BAJO TRANSITO"	PROCEDENCIA	CANTERA LA OBRILLA - OBRILLA
MATERIAL	AFIRMADO NATURAL + 2% DE ADICIÓN DE FIBRAS PET	MUESTREADO POR	SOLICITANTE

N° Muestra	1	2	3	4
Peso Muestra + Molde (gr)	7205	7050	7065	7050
Peso de Muestra (gr)	4810	4590	5030	4980
DENSIDAD HUMEDA (gr/cm <sup>3</sup> )	2.15	2.25	2.30	2.25

MÉTODO DE ENSAYO		
"A"	"B"	"C"
		X
DIÁMETRO DEL MOLDE		
4"	6"	Otros
	X	
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2130	
Peso del molde (gr)	2770	
Altura interna molde (cm)	11.63	
TEMPERATURA DE SECADO		
60	110	Estufa
	X	
Método de compactación:	Manual	

N° Tara	ROAN - 11	ROAN - 13	ROAN - 15	ROAN - 10
Peso de Tara (gr)	100.0	100.0	100.0	100.0
Peso Suelo Humedo + Tara (gr)	212.3	203.3	272.3	253.3
Peso Suelo Seco + Tara (gr)	207.5	253.9	230.8	230.6
Peso Suelo Seco (gr)	107.5	153.9	130.8	130.6
Contenido de Agua (%)	4.8	10.0	12.7	14.7
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	4.47%	8.52%	8.64%	10.81%
DENSIDAD MÁXIMA SECA (gr/cm <sup>3</sup> )	2.07	2.15	2.17	2.07


PROCTOR MODIFICADO




MÁXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm <sup>3</sup> )	2.17 (gr/cm <sup>3</sup> )
HUMEDAD ÓPTIMA (%)	8.1%


OBSERVACIONES: LOS RESULTADOS OBTENIDOS DE LA MUESTRA (MEZCLA) - AFIRMADO NATURAL + 2% DE ADICIÓN DE FIBRAS PET

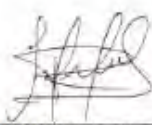
1. INTERPRETAMOS EL RESULTADO COMO UNA REDUCCIÓN DE LA DENSIDAD MÁXIMA SECA CON RESPECTO A LA MUESTRA AFIRMADO NATURAL COMPACTADO
2. INTERPRETAMOS EL RESULTADO COMO UN AUMENTO DEL ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD CON RESPECTO A LA MUESTRA AFIRMADO NATURAL COMPACTADO



**YURI KATERINE CHAMBI SANTIAGO**  
TÉCNICO DE LABORATORIO.  
DNI: 76610845








**IVAN ARTURO ROSILLO ANTON**  
GERENTE GENERAL  
ING. CIVIL REG. CIP 196162

El laboratorio Roan emite este reporte con información proporcionada por el cliente declarando esta como verdadera. El presente informe tiene validez única y exclusivamente en original. El laboratorio Roan queda dispensado de cualquier responsabilidad que derive de la interpretación de los resultados.


TEL: 951416170  
CEL: 951416170  
EMAIL: roan@roaningenieros.com

Nota. Extraído del Laboratorio ROAN Ingenieros.

Anexo F Ensayo de compactación – Energía modificada. Suelo natural + 4% de adición de PET



**ÁREA DE ESTUDIOS GEOTÉCNICOS DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS -CONCRETO-ASFALTO.**



---

**ENSAYO DE COMPACTACIÓN - ENERGÍA MODIFICADA**  
ASTM D1557

Fecha de Recepción:	27/05/2023	N° EXPEDIENTE:	01135-06-2023-ROAN / LEM - AGREGADOS
Fecha de Emisión:	26/06/2023		
Fecha de Emisión:	08/09/2023		

**SAYOS PROPORCIONADOS POR EL SOLICITANTE:**

SOLICITANTE:	ROJAS ATARAMA RIKSY MOGOLLON PALACIOS JUANITA	MUESTRA:	LAB-ROAN-RAAMP-PT
PROYECTO:	"INCORPORACIÓN DE PARTICULAS DE PLÁSTICO REICLADO (PET) PARA MEJORAR PROPIEDADES EN BASES GRANULARES DE CAMINOS DE BAJO TRÁNSITO"	PROCEDENCIA:	CAÑTERA LA OBRILLA - OBRILLA
MATERIAL:	AFIRMADO NATURAL + 4% DE ADICIÓN DE FIBRAS PET	MUESTREADO POR:	SOLICITANTE

N° Muestra	1	2	3	4
Peso Muestra + Molde (gr)	7300	7800	7750	7800
Peso de Muestra (gr)	4390	4830	4800	4530
DENSIDAD HUMEDA (gr/cm <sup>3</sup> )	2.43	2.27	2.34	2.27

M <sup>3</sup> Tara	ROAN - 07	ROAN - 09	ROAN - 08	ROAN - 06
Peso de Tara (gr)	101.0	100.0	100.9	101.0
Peso Suelo Humedo + Tara (gr)	295.3	318.6	297.3	325.3
Peso Suelo Seco + Tara (gr)	269.4	302.9	291.7	303.9
Peso Suelo Seco (gr)	168.4	202.9	191.7	203.9
Contenido de Agua (gr)	9.1	13.9	15.4	21.7
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	4.61%	6.86%	6.50%	10.66%
DENSIDAD MÁXIMA SECA (gr/cm <sup>3</sup> )	2.05	2.12	2.15	2.05

MÉTODO DE ENSAYO		
"A"	"B"	"C"
		X

DIÁMETRO DEL MOLDE		
4"	6"	Otros
	X	

Volúmen del molde (cm <sup>3</sup> )	2130
Peso del molde (gr)	2770
Altura interna molde (cm)	11.63

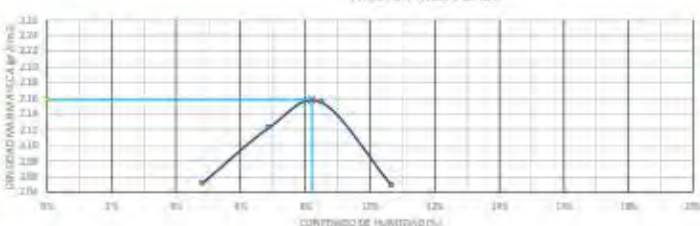
TEMPERATURA DE SECADO		
60	110	Estufa
	X	

Método de compactación:	Manual
-------------------------	--------

PROCTOR MODIFICADO




MÁXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm <sup>3</sup> )	2.15 (gr/cm <sup>3</sup> )
HUMEDAD ÓPTIMA (%)	11.6%


**OBSERVACIONES:** LOS RESULTADOS OBTENIDOS DE LA MUESTRA (MEZCLA) - AFIRMADO NATURAL + 4% DE ADICIÓN DE FIBRAS PET


- INTERPRETAMOS EL RESULTADO COMO UNA REDUCCIÓN DE LA DENSIDAD MÁXIMA SECA CON RESPECTO A LA MUESTRA AFIRMADO NATURAL COMPACTADO, LA MISMA QUE SERIA LA DENSIDAD ADECUADA PARA LA EVALUACIÓN YA QUE PRESENTA MEJORES CARACTERÍSTICAS MECÁNICAS.
- INTERPRETAMOS EL RESULTADO COMO UN AUMENTO DEL ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD CON RESPECTO A LA MUESTRA AFIRMADO NATURAL COMPACTADO

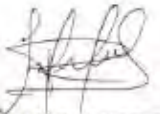
  



**YURI KATERINE CHAMBI SANTIAGO**  
TÉCNICO DE LABORATORIO.  
DNI: 76610845





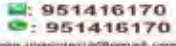



**IVAN ARTURO ROSILLO ANTÓN**  
GERENTE GENERAL  
ING. CIVIL REG. CIP 196162


El laboratorio Roan emite este reporte con información proporcionada por el cliente declarando esta como verdadera. El presente informe tiene validez única y exclusivamente en original. El laboratorio Roan queda dispensado de cualquier responsabilidad que derive de la interpretación de los resultados.

JL. PIURA 101 C.P. SAN CLEMENTE - BELLAVISTA DE LA UNIÓN - SECHURA - PIURA.



**951416170**  

**951416170**

Nota. Extraído del Laboratorio ROAN Ingenieros.

Anexo G Ensayo de compactación – Energía modificada. Suelo natural + 6% de adición de PET



**ÁREA DE ESTUDIOS GEOTÉCNICOS DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS - CONCRETO - ASFALTO.**



**ROAN INGENIEROS**

**ENSAYO DE COMPACTACIÓN - ENERGÍA MODIFICADA**  
ASTM D1557

Fecha de Recepción:	27/05/2023	N° EXPEIENTE:	01139-06-3023- ROAN / LEM - AGREGADOS
Fecha de Ensayo:	29/05/2023		
Fecha de Emisión:	08/06/2023		

DATOS PROPORCIONADOS POR EL SOLICITANTE

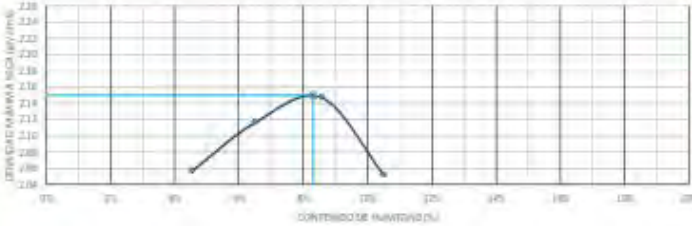
SOLICITANTE:	ROJAS ATARAMA RIKSY MOGOLLÓN PALACIOS JUANITA	MUESTRA:	LAB-ROAN-RA&MP-PT
PROYECTO:	"INCORPORACIÓN DE PARTICULAS DE PLASTICO RECICLADO (PET) PARA MEJORAR PROPIEDADES EN BASES GRANULARES DE CAMINOS DE BAJO TRANSITO"	PROCEDENCIA:	CANTERA LA OBRILLA - OBRILLA
MATERIAL:	AFIRMADO NATURAL + 6% DE ADICIÓN DE FIBRAS PET	MUESTREO POR:	SOLICITANTE

N° Muestra	1	2	3	4
Peso Muestra + Molde (gr)	7300	7570	7730	7800
Peso de Muestra (gr)	4580	4800	4960	4930
DENSIDAD HUMEDA (gr/cm <sup>3</sup> )	2.15	2.25	2.38	2.27

MÉTODO DE ENSAYO		
"A"	"B"	"C"
		X
DIÁMETRO DEL MOLDE		
4"	6"	Otros
	X	
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> ):		2130
Peso del molde (gr):		2770
Altura interna molde (cm):		11.63
TEMPERATURA DE SECADO		
60	110	Estufa
	X	
Método de compactación:		Manual

N° Tara	ROAN - 01	ROAN - 02	ROAN - 03	ROAN - 05
Peso de Tara (gr)	102.0	100.0	100.0	100.0
Peso Suelo Humedo + Tara (gr)	452.8	421.3	405.3	439.3
Peso Suelo Seco + Tara (gr)	437.3	401.7	391.2	407.0
Peso Suelo Seco (gr)	337.5	301.7	291.2	307.0
Contenido de Agua (gr)	15.3	19.6	14.1	32.3
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	4.54%	6.50%	4.82%	10.52%
DENSIDAD MÁXIMA SECA (gr/cm <sup>3</sup> )	2.06	2.12	2.15	2.05


PROCTOR MODIFICADO




<b>MÁXIMA DENSIDAD SECA</b> (gr/cm <sup>3</sup> )
2.150 (gr/cm <sup>3</sup> )
<b>HUMEDAD ÓPTIMA</b> (%)
6.3 %


OBSERVACIONES: LOS RESULTADOS OBTENIDOS DE LA MUESTRA (MEZCLA) - AFIRMADO NATURAL + 6% DE ADICIÓN DE FIBRAS PET

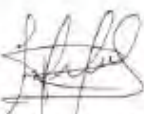
1. INTERPRETAMOS EL RESULTADO COMO UNA REDUCCIÓN DE LA DENSIDAD MÁXIMA SECA CON RESPECTO A LA MUESTRA AFIRMADO NATURAL COMPACTADO, NO RECOMENDADO POR EXAGERADA DEFORMACIÓN DEL ESPECIMEN COMPACTADO.
2. INTERPRETAMOS EL RESULTADO COMO UN AUMENTO DEL ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD CON RESPECTO A LA MUESTRA AFIRMADO NATURAL COMPACTADO



**YURI KATERINE CHAMBI SANTIAGO**  
TÉCNICO DE LABORATORIO.  
DNI: 76610845







**IVAN ARTURO ROSILLO ANTON**  
GERENTE GENERAL  
ING. CIVIL REG. CIP 196162

El laboratorio Roan emite este reporte con información proporcionada por el cliente declarando esta como verdadera. El presente informe tiene validez única y exclusivamente en original. El laboratorio Roan queda dispensado de cualquier responsabilidad que derive de la interpretación de los resultados.


JL. PIURA 101 C.P. SAN CLEMENTE - BELLAVISTA DE LA UNIÓN - SECHURA - PIURA.

☎ : 951416170  
📠 : 951416170


✉ : roan@roaningenieros.com

Nota. Extraído del Laboratorio ROAN Ingenieros.


## Anexo H Ensayo de abrasión de los Ángeles. Suelo natural




**ÁREA DE ESTUDIOS GEOTÉCNICOS DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS - CONCRETO - ASFALTO.**




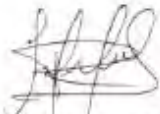
DEGRADACIÓN DE AGREGADOS POR ABRASIÓN E IMPACTO EN MAQUINA LOS ANGELES						
ASTM C 131						
Fecha de Recepción	27/05/2023	N° EXPEDIENTE	01140-06-2023 - ROAN / LEM - AGREGADOS			
Fecha de Ensayo	29/06/2023					
Fecha de Emisión	09/06/2023					
<b>DATOS PROPORCIONADOS POR EL SOLICITANTE</b>						
SOLICITANTE	ROJAS ATARAMA RIKSY MOGOLLON PALACIOS JUANITA	MUESTRA	LAB-ROAN-RAMP-PT			
PROYECTO	"INCORPORACIÓN DE PARTICULAS DE PLASTICO RECICLADO (PET) PARA MEJORAR PROPIEDADES EN BASES GRANULARES DE CAMINOS DE BAJO TRÁNSITO"	PROCEDENCIA	CANTERA LA OBRILLA - OBRILLA			
MATERIAL	AFIRMADO NATURAL	MUESTREADO POR	SOLICITANTE			
<b>DATOS DEL ENSAYO</b>						
<b>GRADACIÓN "B"</b>						
<b>CARGA ABRASIVA</b>						
N° de esferas		ff				
Masa de las esferas (g)		4388				
<b>TAMANO DEL TABLIZ</b>		<b>GRADACIÓN</b>		<b>RESULTADOS</b>		
PASA	RETENE	A	B	C	D	(%)
38.1 mm (1.52")	20.0 mm (0.787")	-	-	-	-	-
25.0 mm (0.984")	15.0 mm (0.591")	-	-	-	-	-
15.0 mm (0.591")	12.5 mm (0.492")	-	2500	-	-	-
12.5 mm (0.492")	9.50 mm (0.374")	-	2500	-	-	-
9.50 mm (0.374")	6.3 mm (0.248")	-	-	-	-	-
6.3 mm (0.248")	4.75 mm (0.187")	-	-	-	-	-
4.75 mm (0.187")	2.50 mm (0.098")	-	-	-	-	-
PESO ANTES DEL ENSAYO (gr)						3000.00
PESO DESPUES DEL ENSAYO (gr)						2874.00
PÉRDIDA DESPUES DEL ENSAYO (gr)						126.00
RESULTADO AL DESGASTE POR ABRASIÓN DEL AGREGADO A 500 REVOLUCIONES (%)						21.3



**YURI KATERINE CHAMBI SANTIAGO**  
TÉCNICO DE LABORATORIO.  
DNI: 76610845







**IVAN ARTURO ROSILLO ANTON**  
GERENTE GENERAL  
ING. CIVIL REG. CIP 196162

El laboratorio Roan emite este reporte con información proporcionada por el cliente declarando esta como verdadera. El presente informe tiene validez única y exclusivamente en original. El laboratorio Roan queda dispensado de cualquier responsabilidad que derive de la interpretación de los resultados.

JUL PIURA 101 C.P. SAN CLEMENTE - BELLAVISTA DE LA UNIÓN - SECHURA - PIURA.

☎ : 951416170  
📠 : 951416170

Nota. Extraído del Laboratorio ROAN Ingenieros.

Anexo I Ensayo relación soporte de California. Suelo natural



ÁREA DE ESTUDIOS GEOTÉCNICOS DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS-CONCRETO-ASFALTO.



ENSAYO RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA			
ASTM D1883			
Fecha de Recepción	27/05/2023	N° EXPEDIENTE	01148-06-2023-ROAN/LEM-AGREGADOS
Fecha de Ensayo	29/06/2023		
Fecha de Emisión	05/06/2023		

DATOS PROPORCIONADOS POR EL SOLICITANTE			
SOLICITANTE	ROJAS ATARAMA RIKSY MOGOLLON PALACIOS JUANITA	MUESTRA	LAB-ROAN-R&MP-PT
PROYECTO	"INCORPORACIÓN DE PARTICULAS DE PLASTICO RECICLADO (PET) PARA MEJORAR PROPIEDADES EN BASES GRANULARES DE CAMINOS DE BAJO TRANSITO"	PROCEDENCIA	CANTERA LA OBRILLA - OBRILLA
MATERIAL	AFIRMADO NATURAL + 0% DE ADICIÓN DE FIBRAS PET	MUESTREADO POR	SOLICITANTE

ENSAYO DE COMPACTACION						
Tamz	N° 10 (%)	N° 40	N° 200 (%)	Molde	Densidad Maxima	Humedad Optima
	56.9	52.5	15.5	"C"	2.204	7.5
L.L. / R°	23	8		Clasificación	SCMS-	SC-SM

	Molde N° 1		Molde N° 2		Molde N° 3	
	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Capas N°	5	5	5	5	5	5
Golpes por capa N°	10	10	25	25	98	98
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso húmedo de suelo + molde (g)	9450	8710	8370	8370	8370	8370
Peso de molde (g)	4815	4035	4035	4035	4830	4830
Peso del suelo húmedo (g)	4635	4675	4335	4335	3540	3540
Volumen del molde (cm³)	2125	2043	2043	2043	1900	1900
Densidad húmeda (g/cm³)	2.181	2.288	2.122	2.122	1.863	1.863
Recipiente (N°)	ROAN-14	ROAN-24	ROAN-17	ROAN-17	ROAN-17	ROAN-17
Peso del Recipiente + suelo húmedo (g)	328.20	383.90	325.50	325.50	325.50	325.50
Peso Recipiente + suelo seco	298.50	333.00	300.00	300.00	300.00	300.00
Peso Recipiente	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Peso de agua (g)	29.70	50.90	25.50	25.50	25.50	25.50
Peso de suelo seco (g)	298.50	333.00	300.00	300.00	300.00	300.00
Contenido de humedad (%)	9.95	9.28	8.50	8.50	8.50	8.50
Densidad seca (g/cm³)	1.964	2.084	1.964	1.964	1.863	1.863

DETERMINACION DE LA EXPANSION								
Fecha	Hora	Tiempo	Expansión		Expansión		Expansión	
			mm	%	mm	%	mm	%
30/05/2023	03:30:00 p. m.	0	0.000		0.000		0.000	
31/05/2023	03:30:00 p. m.	24	0.000		0.000		0.000	
01/06/2023	03:30:00 p. m.	48	0.000	0.12	0.000	0.10	0.000	0.08
02/06/2023	03:30:00 p. m.	72	0.000		0.000		0.000	
03/06/2023	03:30:00 p. m.	96	0.000		0.000		0.000	

C. B. R. FACTOR DE DEFORMACION DEL ANILLO														
Penetración		Carga Estándar	MOLDE N° 01				MOLDE N° 02				MOLDE N° 03			
mm.	pulg.		CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION		
		kg/cm²	Lect. Dial	kg/cm²	% CBR	Lect. Dial	kg/cm²	% CBR	Lect. Dial	kg/cm²	% CBR	Lect. Dial	kg/cm²	% CBR
0.600	0.600		0	0		0	0		0	0		0	0	
0.635	0.625		110	5		162	8		215	11		332	11	
1.270	0.850		163	8		307	15		432	21		652	21	
1.905	0.875		221	11		428	21		652	32		982	32	
2.540	0.100	1000	279	13	16.9	22.7	588	29	32.6	45.4	690	42	48.0	70.0
3.810	0.150		368	18			848	42			1314	65		
5.080	0.200	1500	463	23	25.8	23.7	1103	54	57.0	53.8	1773	87	103.0	97.5
6.350	0.250		563	28			1351	67			2211	109		
7.620	0.300		655	32			1622	80			2666	132		
10.160	0.400		871	43			2114	104			3554	175		
12.700	0.500		1084	53			2603	128			4423	218		

*[Signature]*  
**YURI KATERINE CHAMBI SANTIAGO**  
 TÉCNICO DE LABORATORIO.  
 DNI: 76610845



*[Signature]*  
**IVAN ARTURO ROSILLO ANTÓN**  
 GERENTE GENERAL  
 ING.CIVIL REG.CIP 196162

El laboratorio Roan emite este reporte con información proporcionada por el cliente declarando esta como verdadera. El presente informe tiene validez única y exclusivamente en original. El laboratorio Roan queda dispensado de cualquier responsabilidad que derive de la interpretación de los resultados.

JR. PIURA 101 C.P. SAN CLEMENTE -BELLAVISTA DE LA UNION - SECHURA - PIURA.

951416170  
 951416170  
 roan.ingenieros@gmail.com

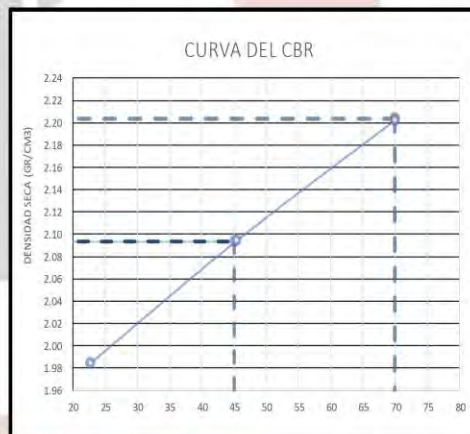
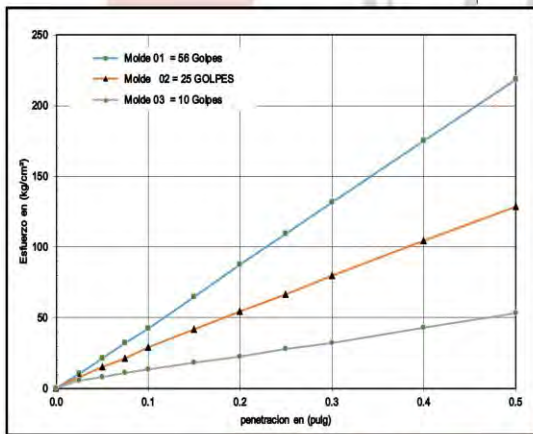


**ÁREA DE ESTUDIOS GEOTÉCNICOS DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS -CONCRETO -ASFALTO.**



ENSAYO RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA ASTM D1883			
Fecha de Recepción	27/05/2023	Nº EXPEDIENTE	01148-06-2023-ROAN/LEM - AGREGADOS
Fecha de Ensayo	29/06/2023		
Fecha de Emisión	05/06/2023		
DATOS PROPORCIONADOS POR EL SOLICITANTE			
SOLICITANTE	ROJAS ATARAMA RIKSY MOGOLLON PALACIOS JUANITA	MUESTRA	LAB-ROAN-RAMP-PT
PROYECTO	"INCORPORACIÓN DE PARTICULAS DE PLÁSTICO RECICLADO (PET) PARA MEJORAR PROPIEDADES EN BASES GRANULARES DE CAMINOS DE BAJO TRÁNSITO"	PROCEDENCIA	CANTERA LA OBRILLA - OBRILLA
MATERIAL	AFIRMADO NATURAL + 0% DE ADICIÓN DE FIBRAS PET	MUESTREADO POR	SOLICITANTE

ESPECIMEN	NUMERO DE GOLPES	CBR %	DENSIDAD SECA (g/cm <sup>3</sup> )	EXPANSIÓN	PENETRACIÓN (pulg)	% M.D.S	CBR %
1	10	22.7	1.984	0.12	01	100	70
2	25	45.4	2.094	0.1	01	95	45
3	56	70.0	2.202	0.08			



*[Signature]*

**YURI KATERINE CHAMBI SANTIAGO**  
TÉCNICO DE LABORATORIO.  
DNI: 76610845



*[Signature]*

**IVAN ARTURO ROSILLO ANTÓN**  
GERENTE GENERAL  
ING.CIVIL REG.CIP 196162

El laboratorio Roan emite este reporte con información proporcionada por el cliente declarando esta como verdadera. El presente informe tiene validez única y exclusivamente en original. El laboratorio Roan queda dispensado de cualquier responsabilidad que derive de la interpretación de los resultados.

JR. PIURA 101 C.P. SAN CLEMENTE -BELLAVISTA DE LA UNION - SECHURA - PIURA.

📞: 951416170  
📞: 951416170

✉: roan.ingenieros@gmail.com

*Nota.* Extraído del Laboratorio ROAN Ingenieros.

Anexo J Ensayo relación soporte de California. Suelo natural + 2% de adición



ÁREA DE ESTUDIOS GEOTÉCNICOS DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS-CONCRETO-ASFALTO.



**ENSAYO RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA**  
ASTM D1883

Fecha de Recepción	27/05/2023	N° EXPEDIENTE	01149-06-2023-ROAN/LEM-AGREGADOS
Fecha de Ensayo	29/06/2023		
Fecha de Emisión	05/06/2023		

**DATOS PROPORCIONADOS POR EL SOLICITANTE**

SOLICITANTE	ROJAS ATARAMA RIKSY MOGOLLON PALACIOS JUANTA	MUESTRA	LAB-ROAN-RA&MP-PT
PROYECTO	"INCORPORACIÓN DE PARTICULAS DE PLASTICO RECICLADO (PET) PARA MEJORAR PROPIEDADES EN BASES GRANULARES DE CAMINOS DE BAJO TRANSITO"	PROCEDENCIA	CANTERA LA OBRILLA - OBRILLA
MATERIAL	AFIRMADO NATURAL + 2% DE ADICIÓN DE FIBRAS PET	MUESTREADO POR	SOLICITANTE

Tamiz	N° 10 (%)	N° 40	N° 200 (%)	Método	Densidad Máxima	Humedad Óptima
Pasa %	56.9	52.6	15.5	°C*	2.178	8.1
U.L. / IP	23	B				
		Clasificación	SUCS	SC-SM		

Molde N°	1		2		3	
	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Capas N°	5	5	5	5	5	5
Calces por capa N°	19	19	25	25	36	36
Condición de la muestra						
Peso húmedo de suelo - molde (g)	8400	8615	8615	8815	9315	9315
Peso del molde (g)	4815	4835	4835	4835	4835	4835
Peso del suelo húmedo (g)	3585	3780	3780	3980	4480	4480
Volumen del molde (cm³)	2125	2043	2043	2043	1900	1900
Densidad húmeda (g/cm³)	2.158	2.242	2.242	2.242	2.361	2.361
Recipiente (N°)	ROAN-11	ROAN-13	ROAN-13	ROAN-13	ROAN-10	ROAN-10
Peso del Recipiente + suelo húmedo (g)	185.50	211.20	211.20	211.20	232.00	232.00
Peso Recipiente + suelo seco	178.00	195.00	195.00	195.00	214.10	214.10
Peso Recipiente	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Peso de agua (g)	15.50	16.20	16.20	16.20	17.90	17.90
Peso de suelo seco (g)	170.00	195.00	195.00	195.00	214.10	214.10
Contenido de humedad (%)	9.12	8.31	8.31	8.31	8.36	8.36
Densidad seca (g/cm³)	1.977	2.070	2.070	2.070	2.178	2.178

**DETERMINACION DE LA EXPANSION**

Fecha	Hora	Tiempo	Expansión		Expansión		Expansión	
			mm	%	mm	%	mm	%
30/05/2023	03:30:00 p. m.	0	0.000		0.000		0.000	
31/05/2023	03:30:00 p. m.	24	0.000		0.000		0.000	
01/06/2023	03:30:00 p. m.	48	0.000	0.15	0.000	0.08	0.000	0.03
02/06/2023	03:30:00 p. m.	72	0.000		0.000		0.000	
03/06/2023	03:30:00 p. m.	96	0.000		0.000		0.000	

**C. B. R. FACTOR DE DEFORMACION DEL ANILLO**

Penetración	Carga Estándar	MOLDE N° 01				MOLDE N° 02				MOLDE N° 03			
		CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION				
0.000	0.000	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
0.635	0.625	51	3	129	6	211	10	456	23	694	34	957	47
1.270	0.850	135	7	283	14	449	22	694	34	957	47	1210	68
1.905	0.875	223	11	449	22	694	34	957	47	1210	68	1861	92
2.540	0.100	1000	70	316	16	19.0	27.0	927	31	34.0	48.3	957	47
3.810	0.150			483	24	304	45	1390	89	1861	92	2784	137
5.080	0.200	1500	106	677	33	25.0	33.1	1210	68	62.0	58.7	1861	92
6.350	0.250			844	42	1520	75	2291	113	2784	137	3672	181
7.620	0.300			1023	50	1841	91	2784	137	3672	181	4615	228
10.160	0.400			1389	69	2488	123	3672	181	4615	228		
12.700	0.500			1759	87	3089	152	4615	228				

*[Firma]*

**YURI KATERINE CHAMBI SANTIAGO**  
TÉCNICO DE LABORATORIO.  
DNI: 76610845



*[Firma]*

**IVAN ARTURO ROSILLO ANTÓN**  
GERENTE GENERAL  
ING. CIVIL REG. CIP 196162

El laboratorio Roan emite este reporte con información proporcionada por el cliente declarando esta como verdadera. El presente informe tiene validez única y exclusivamente en original. El laboratorio Roan queda dispensado de cualquier responsabilidad que derive de la interpretación de los resultados.

JR. PIURA 101 C.P. SAN CLEMENTE - BELLAVISTA DE LA UNION - SECHURA - PIURA.

951416170  
951416170  
roan.ingenieria@gmail.com

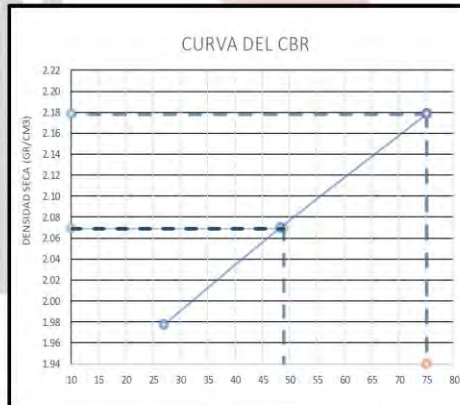
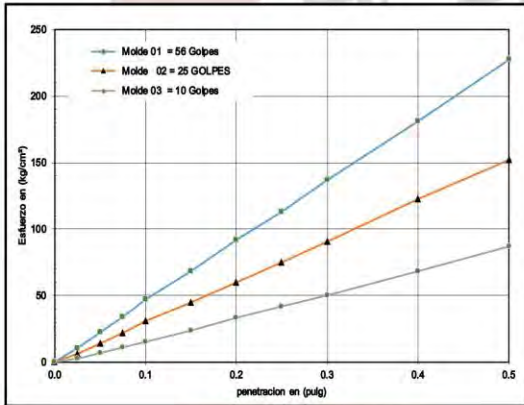


**ÁREA DE ESTUDIOS GEOTÉCNICOS DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS-CONCRETO-ASFALTO.**



ENSAYO RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA ASTM D1883			
Fecha de Recepción	: 27/05/2023	N° EXPEDIENTE	: 01149-06-2023-ROAN / LEM - AGREGADOS
Fecha de Ensayo	: 29/06/2023		
Fecha de Emisión	: 05/06/2023		
DATOS PROPORCIONADOS POR EL SOLICITANTE			
SOLICITANTE	ROJAS ATARAMA RIKSY MOGOLLON PALACIOS JUANITA	MUESTRA	LAB-ROAN-RAAMP-PT
PROYECTO	"INCORPORACIÓN DE PARTICULAS DE PLASTICO RECICLADO (PET) PARA MEJORAR PROPIEDADES EN BASES GRANULARES DE CAMINOS DE BAJO TRANSITO"	PROCEDENCIA	CANTERA LA OBRILLA- OBRILLA
MATERIAL	AFIRMADO NAT LURAL + 2% DE ADICIÓN DE FIBRAS PET	MUESTREO POR	SOLICITANTE

ESPECIMEN	NUMERO DE GOLPES	CBR %	DENSIDAD SECA (g/cm <sup>3</sup> )	EXPANSIÓN	PENETRACIÓN (pulg)	% M D.S	CBR %
1	10	27.0	1.977	0.15	01	100	75
2	25	48.3	2.070	0.08	01	95	49
3	56	75.0	2.178	0.03			



*Yuri Katherine Chambi Santiago*

**YURI KATERINE CHAMBI SANTIAGO**  
TÉCNICO DE LABORATORIO.  
DNI: 76610845



*Ivan Arturo Rosillo Antón*

**IVAN ARTURO ROSILLO ANTÓN**  
GERENTE GENERAL  
ING.CIVIL REG.CIP 196162

El laboratorio Roan emite este reporte con información proporcionada por el cliente declarando esta como verdadera. El presente informe tiene validez única y exclusivamente en original. El laboratorio Roan queda dispensado de cualquier responsabilidad que derive de la interpretación de los resultados.

JR. PIURA 101 C.P. SAN CLEMENTE -BELLAVISTA DE LA UNION - SECHURA - PIURA.

☎ : 951416170

☎ : 951416170

✉ : roan.ingenieria@gmail.com

Nota. Extraído del Laboratorio ROAN Ingenieros.

Anexo K Ensayo relación soporte de California. Suelo natural + 4% de adición



ÁREA DE ESTUDIOS GEOTÉCNICOS DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS-CONCRETO-ASFALTO.



ENSAYO RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA			
ASTM D1883			
Fecha de Recepción	27/05/2023	N° EXPEDIENTE	01178-06-2023- ROAN / LEM- AGREGADOS
Fecha de Ensayo	07/06/2023		
Fecha de Emisión	14/06/2023		
DATOS PROPORCIONADOS POR EL SOLICITANTE			
SOLICITANTE	ROJAS ATARAMA RIKSY MOGOLLON PALACIOS JUANITA	MUESTRA	LAB-ROAN-RAMP-PT
PROYECTO	"INCORPORACIÓN DE PARTICULAS DE PLASTICO RECICLADO (PET) PARA MEJORAR PROPIEDADES EN BASES GRANULARES DE CAMINOS DE BAJO TRANSITO"	PROCEDENCIA	CANTERA LA OBRILLA - OBRILLA
MATERIAL	AFIRMADO NATURAL + 4% DE ADICIÓN DE FIBRAS PET	MUESTREADO POR	SOLICITANTE

Tamz	N° 10 (%)	N° 40	N° 200 (%)	Método	Densidad Máxima	Humedad Optima
Países %	56.9	52.6	15.5			
U.L. / IP	23 / 8	Clasificación	SUCS - SC-SM	"C"	2.158	8.2

Molde N°	1		2		3	
	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Capas N°	5	5	5	5	5	5
Cálculos por capa N°	10	10	25	25	36	36
Condición de la muestra						
Peso húmedo de suelo + molde (g)	9340	8635	8635	9270	9270	9270
Peso de molde (g)	4815	4835	4835	4830	4830	4830
Peso del suelo húmedo (g)	4525	4800	4800	4440	4440	4440
Volumen del molde (cm³)	2125	2043	2043	1900	1900	1900
Densidad húmeda (g/cm³)	2.129	2.352	2.352	2.337	2.337	2.337
Recipiente (N°)	ROAN-10	ROAN-13	ROAN-13	ROAN-14	ROAN-14	ROAN-14
Peso del Recipiente + suelo húmedo (g)	193.65	158.89	158.89	178.85	178.85	178.85
Peso Recipiente + suelo seco	178.89	145.80	145.80	167.60	167.60	167.60
Peso Recipiente	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Peso de agua (g)	15.65	12.89	12.89	12.25	12.25	12.25
Peso de suelo seco (g)	178.00	145.80	145.80	167.60	167.60	167.60
Contenido de humedad (%)	8.78	8.84	8.84	7.31	7.31	7.31
Densidad seca (g/cm³)	1.957	2.069	2.069	2.178	2.178	2.178

DETERMINACION DE LA EXPANSION

Fecha	Hora	Tiempo	Expansión		Expansión		Expansión	
			mm	%	mm	%	mm	%
30/05/2023	03:30:00 p. m.	0	0.000		0.000		0.000	
31/05/2023	03:30:00 p. m.	24	0.000		0.000		0.000	
01/06/2023	03:30:00 p. m.	48	0.000	0.10	0.000	0.05	0.000	0.01
02/06/2023	03:30:00 p. m.	72	0.000		0.000		0.000	
03/06/2023	03:30:00 p. m.	96	0.000		0.000		0.000	

C. B. R. FACTOR DE DEFORMACION DEL ANILLO

Penetración	Carga Estándar	MOLDE N° 01				MOLDE N° 02				MOLDE N° 03				
		CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION	CARGA	CORRECCION			
mm	puig	kg/cm²	Lect. Dial	kg/cm²	corrección	% CBR	Lect. Dial	kg/cm²	corrección	% CBR	Lect. Dial	kg/cm²	corrección	% CBR
0.600	0.800		6	0			6	0			6	0		
0.635	0.825		76	4			169	8			291	14		
1.270	0.950		265	10			387	19			581	29		
1.905	0.975		334	16			591	29			860	42		
2.540	0.100	1000	467	23	26.0	36.9	796	39	42.9	59.6	1148	57	69.0	85.2
3.810	0.150		717	35			1210	60			1684	83		
5.080	0.200	1500	968	48	51.0	46.3	1610	78	62.8	77.6	2242	111	114.0	107.9
6.350	0.250		1209	60			2014	99			2792	138		
7.620	0.300		1478	73			2398	118			3394	165		
10.160	0.400		1981	98			3225	159			4432	219		
12.700	0.500		2495	123			4010	198			5552	274		

*[Signature]*  
**YURI KATERINE CHAMBI SANTIAGO**  
 TÉCNICO DE LABORATORIO.  
 DNI: 76610845



*[Signature]*  
**IVAN ARTURO ROSILLO ANTÓN**  
 GERENTE GENERAL  
 ING. CIVIL REG. CIP 196162

El laboratorio Roan emite este reporte con información proporcionada por el cliente declarando esta como verdadera. El presente informe tiene validez única y exclusivamente en original. El laboratorio Roan queda dispensado de cualquier responsabilidad que derive de la interpretación de los resultados.



**ÁREA DE ESTUDIOS GEOTÉCNICOS DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS-CONCRETO-ASFALTO.**

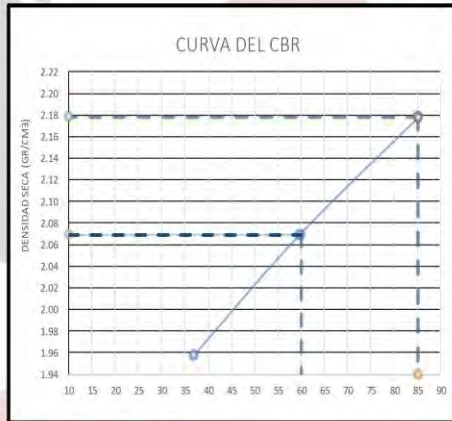
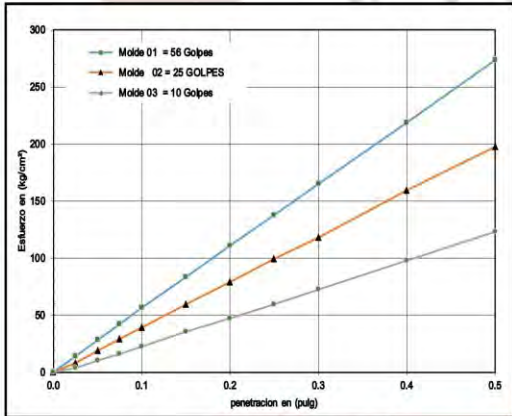


**ENSAYO RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA  
ASTM D1883**

Fecha de Recepción	27/05/2023	Nº EXPEDIENTE	01178-06-2023-ROAN/LEM-AGREGADOS
Fecha de Ensayo	07/06/2023		
Fecha de Emisión	14/08/2023		

<b>DATOS PROPORCIONADOS POR EL SOLICITANTE</b>			
SOLICITANTE	ROJAS ATARAMA RIKSY MOGOLLON PALACIOS JUANITA	MUESTRA	LAB-ROAN-RAMP-PT
PROYECTO	"INCORPORACIÓN DE PARTICULAS DE PLASTICO RECICLADO (PET) PARA MEJORAR PROPIEDADES EN BASES GRANULARES DE CAMINOS DE BAJO TRANSITO"	PROCEDENCIA	CANTERA LA OBRILLA- OBRILLA
MATERIAL	AFIRMADO NATURAL + 4% DE ADICIÓN DE FIBRAS PET	MUESTREO POR	SOLICITANTE

ESPECIMEN	NUMERO DE GOLPES	CBR %	DENSIDAD SECA (g/cm3)	EXPANSIÓN	PENETRACIÓN (pulg)	% M.D.S	CBR %
1	10	36.9	1.957	0.10	01	100	85
2	25	59.6	2.069	0.05	01	95	60
3	56	85.2	2.178	0.01			



**YURI KATERINE CHAMBI SANTIAGO**  
TÉCNICO DE LABORATORIO.  
DNI: 76610845



**IVAN ARTURO ROSILLO ANTÓN**  
GERENTE GENERAL  
ING. CIVIL REG. CIP 196162

El laboratorio Roan emite este reporte con información proporcionada por el cliente declarando esta como verdadera. El presente informe tiene validez única y exclusivamente en original. El laboratorio Roan queda dispensado de cualquier responsabilidad que derive de la interpretación de los resultados.

J.R. PIURA 101 C.P. SAN CLEMENTE -BELLAVISTA DE LA UNION - SECHURA - PIURA.

951416170

951416170

roan.ingenieros@gmail.com

Nota. Extraído del Laboratorio ROAN Ingenieros.

Anexo L Ensayo relación soporte de California. Suelo natural + 6% de adición



ÁREA DE ESTUDIOS GEOTÉCNICOS DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS-CONCRETO-ASFALTO.



ENSAYO RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA			
ASTM D1883			
Fecha de Recepcion	27/05/2023	N° EXPEDIENTE	01179-06-2023- ROAN / LEM - AGREGADOS
Fecha de Ensayo	10/06/2023		
Fecha de Emisión	14/06/2023		

DATOS PROPORCIONADOS POR EL SOLICITANTE			
SOLICITANTE	ROJAS ATARAMA RIKSY MOGOLLON PALACIOS JUANITA	MUESTRA	LAB-ROAN-RAAMP-PT
PROYECTO	"INCORPORACION DE PARTICULAS DE PLASTICO RECICLADO (PET) PARA MEJORAR PROPIEDADES EN BASES GRANULARES DE CAMINOS DE BAJO TRANSITO"	PROCEDENCIA	CANTERA LA OBRILLA- OBRILLA
MATERIAL	AFIRMADO NATURAL + 6% DE ADICIÓN DE FIBRAS PET	MUESTREADO POR	SOLICITANTE

ENSAYO DE COMPACTACION						
Tamz	N° 10 (%)		N° 40	N° 200 (%)	Método	Decorad Máximo
Pasa %	56.9		52.6	15.5		Humedad Optima
U / IP	23	B	Clasificación	SUCS-	SC-SM	2.150
						8.3

Molde N°	1		2		3	
	5		5		5	
Capas N°	10		25		50	
Golpes por capa N°	10		25		50	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso húmedo de suelo + molde (g)	9318	8630	8270	8270	8270	8270
Peso de molde (g)	4815	4035	4830	4830	4830	4830
Peso del suelo húmedo (g)	4495	4595	4440	4440	4440	4440
Volumen del molde (cm³)	2125	2043	1900	1900	1900	1900
Densidad húmeda (g/cm³)	2.115	2.249	2.337	2.337	2.337	2.337
Recipiente (N°)	ROAN-28	ROAN-41	ROAN-01	ROAN-01	ROAN-01	ROAN-01
Peso del Recipiente + suelo húmedo (g)	355.50	293.60	368.30	368.30	368.30	368.30
Peso Recipiente + suelo seco	329.40	270.10	341.50	341.50	341.50	341.50
Peso Recipiente	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
Peso de agua (g)	26.10	23.50	24.80	24.80	24.80	24.80
Peso de suelo seco (g)	329.40	270.10	341.50	341.50	341.50	341.50
Contenido de humedad (%)	7.92	8.70	7.26	7.26	7.26	7.26
Densidad seca (g/cm³)	1.960	2.069	2.179	2.179	2.179	2.179

DETERMINACION DE LA EXPANSION

Fecha	Hora	Tiempo	Expansión		Expansión		Expansión	
			mm	%	mm	%	mm	%
30/05/2023	03:30:00 p. m.	0	0.000		0.000		0.000	
31/05/2023	03:30:00 p. m.	24	0.000		0.000		0.000	
01/06/2023	03:30:00 p. m.	48	0.000	0.15	0.000	0.04	0.000	0.02
02/06/2023	03:30:00 p. m.	72	0.000		0.000		0.000	
03/06/2023	03:30:00 p. m.	96	0.000		0.000		0.000	

C. B. R. FACTOR DE DEFORMACION DEL ANILLO

Penetración	Carga Estándar	MOLDE N° 01												MOLDE N° 02												MOLDE N° 03											
		CARGA				CORRECCION				CARGA				CORRECCION				CARGA				CORRECCION															
		Lect. Dial	kg/cm²	corrección	% CBR	Lect. Dial	kg/cm²	corrección	% CBR	Lect. Dial	kg/cm²	corrección	% CBR	Lect. Dial	kg/cm²	corrección	% CBR	Lect. Dial	kg/cm²	corrección	% CBR																
0.000	0.000	0	0		0	0		0	0		0	0		0	0		0	0		0	0																
0.635	0.025	80	4		143	7		243	12		482	24		482	24		713	35		713	35																
1.270	0.050	165	9		308	15		482	24		944	47	50.6	71.0	71.0		1416	70		1416	70																
1.905	0.075	285	14		482	24		944	47	50.6	1887	93	90.0	90.0	90.0		2352	116		2352	116																
2.540	0.100	1000	70	30.9	31.2	640	32	33.0	49.7	944	47	50.6	71.0	71.0	71.0		2822	139		2822	139																
3.810	0.150	1500	106	41.0	38.8	1001	49	60.0	65.3	1416	70	90.0	90.0	90.0	90.0		3749	185		3749	185																
5.080	0.200	2000	142			1541	76			2352	116						4667	230		4667	230																
6.350	0.250					1682	83																														
7.620	0.300					2031	100																														
10.160	0.400					2722	134																														
12.700	0.500					3422	169																														

*[Signature]*  
**YURI KATERINE CHAMBI SANTIAGO**  
 TÉCNICO DE LABORATORIO.  
 DNI: 76610845



*[Signature]*  
**IVAN ARTURO ROSILLO ANTÓN**  
 GERENTE GENERAL  
 ING.CIVIL REG.CIP 196162

El laboratorio Roan emite este reporte con información proporcionada por el cliente declarando esta como verdadera. El presente informe tiene validez única y exclusivamente en original. El laboratorio Roan queda dispensado de cualquier responsabilidad que derive de la interpretación de los resultados.

JR. PIURA 101 C.P. SAN CLEMENTE -BELLAVISTA DE LA UNION - SECHURA - PIURA. **951416170** **951416170** [roan.ingenieros@gmail.com](mailto:roan.ingenieros@gmail.com)

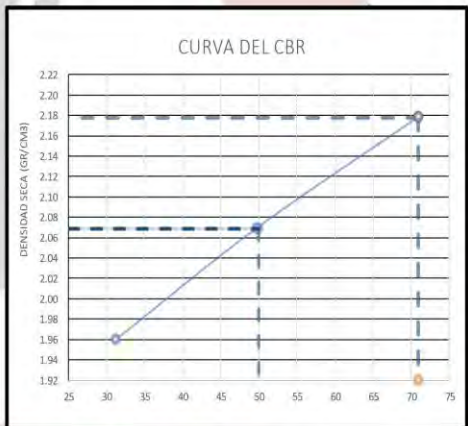
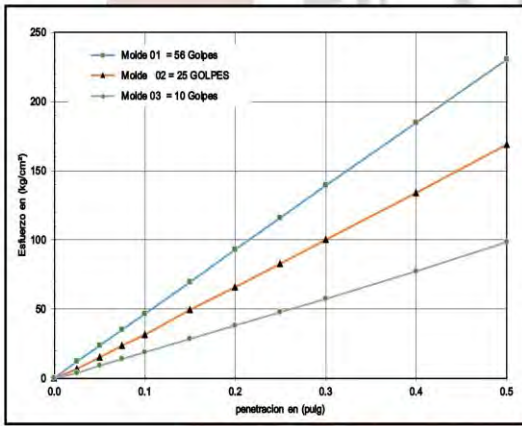


**ÁREA DE ESTUDIOS GEOTÉCNICOS DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS-CONCRETO-ASFALTO.**



ENSAYO RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA ASTM D1883			
Fecha de Recepción	27/05/2023	N° EXPEDIENTE	01179-06-2023- ROAN/LEM-AGREGADOS
Fecha de Ensayo	10/06/2023		
Fecha de Emisión	14/06/2023		
<b>DATOS PROPORCIONADOS POR EL SOLICITANTE</b>			
SOLICITANTE	ROJAS ATARAMA RIKSY MOGOLLON PALACIOS JUANITA	MUESTRA	LAB-ROAN-RAMP-PT
PROYECTO	"INCORPORACIÓN DE PARTICULAS DE PLÁSTICO RECICLADO (PET) PARA MEJORAR PROPIEDADES EN BASES GRANULARES DE CAMINOS DE BAJO TRANSITO"	PROCEDENCIA	CANTERA LA OBRILLA - OBRILLA
MATERIAL	AFIRMADO NATURAL + 6% DE ADICIÓN DE FIBRAS PET	MUESTREADO POR	SOLICITANTE

ESPECIMEN	NUMERO DE GOLPES	CBR %	DENSIDAD SECA (g/cm3)	EXPANSIÓN	PENETRACIÓN (pulg)	% M. D. S	CBR %
1	10	31.2	1.960	0.15	01	100	71
2	25	49.7	2.069	0.04	01	95	50
3	56	71.0	2.179	0.02			



*[Handwritten Signature]*

**YURI KATERINE CHAMBI SANTIAGO**  
TÉCNICO DE LABORATORIO.  
DNI: 76610845



*[Handwritten Signature]*

**IVAN ARTURO ROSILLO ANTÓN**  
GERENTE GENERAL  
ING.CIVIL REG.CIP 196162

El laboratorio Roan emite este reporte con información proporcionada por el cliente declarando esta como verdadera. El presente informe tiene validez única y exclusivamente en original. El laboratorio Roan queda dispensado de cualquier responsabilidad que derive de la interpretación de los resultados.

JR. PIURA 101 C.P. SAN CLEMENTE -BELLAVISTA DE LA UNION - SECHURA - PIURA.

📞: 951416170  
📞: 951416170

✉: roan.ingenieria@gmail.com

Nota. Extraído del Laboratorio ROAN Ingenieros.

**Anexo M Ensayo de granulometría, límites de Atterberg y contenido de humedad de afirmado + 2% de PET**



**ÁREA DE ESTUDIOS GEOTÉCNICOS DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS-CONCRETO-ASFALTO.**



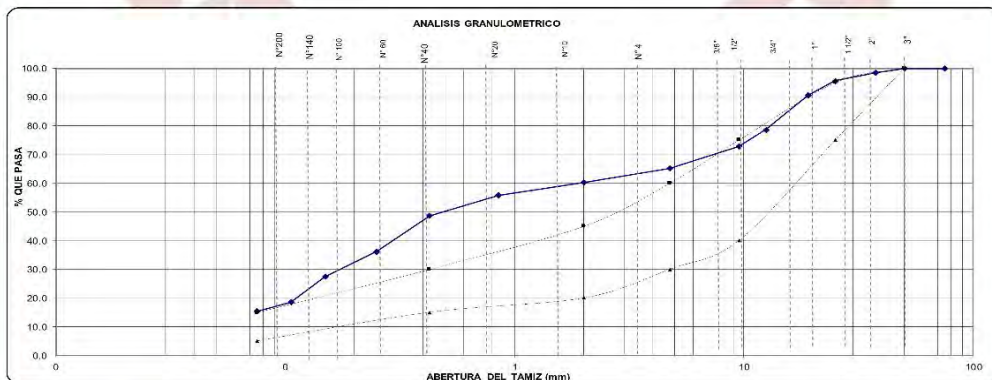
**ROAN INGENIEROS**

**E.I.R.L.**

ANÁLISIS MECÁNICO POR TAMIZADO DE SUELOS ASTM D 422 / ASTM D 6913			
Fecha de Recepción :	27/05/2023	N° EXPEDIENTE :	01445-08-2023- ROAN / LEM - AGREGADOS
Fecha de Ensayo :	29/06/2023		
Fecha de Emisión :	05/06/2023		

DATOS PROPORCIONADOS POR EL SOLICITANTE			
SOLICITANTE :	ROJAS ATARAMA RIKSY MOGOLLON PALACIOS JUANITA	MUESTRA :	LAB-ROAN-RA&MP-PT
PROYECTO :	"INCORPORACIÓN DE PARTICULAS DE PLASTICO RECICLADO (PET) PARA MEJORAR PROPIEDADES EN BASES GRANULARES DE CAMINOS DE BAJO TRANSITO"	PROCEDENCIA :	CANTERA LA OBRILLA - OBRILLA
MATERIAL :	AFIRMADO NATURAL + 2% DE ADICION DE FIBRAS PET	MUESTREO POR :	SOLICITANTE

TAMICES ASTM	ABERTURA (mm.)	PESO RETENIDO (gr.)	PORCENTAJE PARCIAL RETENIDO (%)	RETENIDO (%)	QUE PASA (%)	ESPECIFICACIONES EG 2013	DESCRIPCION DE LA MUESTRA	
							PESO INICIAL (gr)	10.000.00
							PORCION DE FINOS (gr)	6514.00
							% DE HUMEDAD	
							TAMANO MAXIMO	2"
							% DE GRAVA	34.9
							% DE ARENA	49.8
							% PASANTE N° 200	15.4
							L.L.	20
							L.P.	16
							I.P.	5
							SUCS	SC-SM
							AASHTO	A-2-4 (0)
							OBSERVACIONES:	
							ARENA LIMO-ARCILLOSA CON GRAVA	



*[Signature]*  
**YURI KATERINE CHAMBI SANTIAGO**  
 TÉCNICO DE LABORATORIO.  
 DNI: 76610845



*[Signature]*  
**IVAN ARTURO ROSILLO ANTON**  
 GERENTE GENERAL  
 ING.CIVIL REG.CIP 196162

El laboratorio Roan emite este reporte con información proporcionada por el cliente declarando esta como verdadera. El presente informe tiene validez única y exclusivamente en original. El laboratorio Roan queda dispensado de cualquier responsabilidad que derive de la interpretación de los resultados.

JR. PIURA 101 C.P. SAN CLEMENTE -BELLAVISTA DE LA UNION - SECHURA - PIURA.

951416170  
 951416170

roan.ingenieros@gmail.com



ÁREA DE ESTUDIOS GEOTÉCNICOS DE MECÁNICA  
DE SUELOS Y PAVIMENTOS-CONCRETO-ASFALTO.



**ROAN**  
**INGENIEROS**  
S.R.L.

LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD

NTP 339.129 / ASTM D4318

Fecha de Recepción	: 27/05/2023	N° Informe	: 01446-08-2023- ROAN / LEM - AGREGADOS
Fecha de Ensayo	: 29/06/2023		
Fecha de Emisión	: 05/06/2023		

DATOS PROPORCIONADOS POR EL SOLICITANTE

SOLICITANTE	: ROJAS ATARAMA RIKSY MOGOLLON PALACIOS JUANITA	MUESTRA	: LAB-ROAN-RA&MP-PT
PROYECTO	: "INCORPORACIÓN DE PARTICULAS DE PLASTICO RECIKLADO (PET) PARA MEJORAR PROPIEDADES EN BASES GRANULARES DE CAMINOS DE BAJO TRANSITO"	PROCEDENCIA	: CANTERA LA OBRILLA - OBRILLA
NMATERIAL	: AFIRMADO NATURAL + 2% DE ADICION DE FIBRAS PET	MUESTREO POR	: SOLICITANTE

INFORMACIÓN GENERAL

LIMITES PLÁSTICO (ASTM D4318)	MUESTRA 1	MUESTRA 2
N° Recipiente	: ROAN-01	: ROAN-02
Peso de Recipiente (gr)	: 4.79	: 4.79
Peso de recipiente + Suelo húmedo (gr)	: 11.59	: 12.15
Peso de recipiente + Suelo Seco (gr)	: 10.69	: 11.13
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	: 15.25%	: 16.09%

LÍMITE LÍQUIDO (ASTM D4318)	I	II	III
N° Recipiente	: ROAN-10	: ROAN-05	: ROAN-04
N° de Golpes	: 17	: 25	: 35
Peso de Recipiente	gr 26.35	26.17	25.85
Peso de recipiente + Suelo húmedo	gr 35.59	36.62	34.44
Peso de recipiente + Suelo Seco	gr 33.87	34.85	33.18
CONTENIDO DE HUMEDAD	% 22.87%	20.39%	17.19%



CONSTANTES DE SUELO	
LÍMITE LÍQUIDO	: 20.4
LÍMITE PLÁSTICO	: 15.7
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	: 4.7

CONSTANTES DE SUELO	
LÍMITE LÍQUIDO	: 20
LÍMITE PLÁSTICO	: 16
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	: 5

YURI KATERINE CHAMBI SANTIAGO  
TÉCNICO DE LABORATORIO.  
DNI: 76610845



IVAN ARTURO ROSILLO ANTÓN  
GERENTE GENERAL  
ING. CIVIL REG. CIP 196162

El laboratorio Roan emite este reporte con información proporcionada por el cliente declarando esta como verdadera. El presente informe tiene validez única y exclusivamente en original. El laboratorio Roan queda dispensado de cualquier responsabilidad que derive de la interpretación de los resultados.

JR. PIURA 101 C.P. SAN CLEMENTE - BELLAVISTA DE LA UNIÓN - SECHURA - PIURA.

☎ : 951416170  
☎ : 951416170

✉ : roan.ingenieros@gmail.com



**ÁREA DE ESTUDIOS GEOTÉCNICOS DE MECÁNICA  
DE SUELOS Y PAVIMENTOS-CONCRETO-ASFALTO.**



DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM D 2216			
Fecha de Recepción	: 27/05/2023	N° EXPEDIENTE	: 01447-08-2023- ROAN / LEM - AGREGADOS
Fecha de Ensayo	: 29/06/2023		
Fecha de Emisión	: 05/06/2023		
DATOS PROPORCIONADOS POR EL SOLICITANTE			
SOLICITANTE	: ROJAS ATARAMA RIKSY MOGOLLON PALACIOS JUANITA	MUESTRA	: LAB-ROAN-RA&MP-PT
PROYECTO	: "INCORPORACIÓN DE PARTICULAS DE PLASTICO RECICLADO (PET) PARA MEJORAR PROPIEDADES EN BASES GRANULARES DE CAMINOS DE BAJO TRANSITO"	PROCEDENCIA	: CANTERA LA OBRILLA - OBRILLA
MATERIAL	: AFIRMADO NATURAL + 2% DE ADICION DE FIBRAS PET	MUESTREADO POR	: SOLICITANTE
Temperatura de secado	: 60°	110°	: x
CONTENIDO DE HUMEDAD - MUESTRA TOTAL			
No. MUESTRA	: M-01	-	-
No. RECIPIENTE	: ROAN - 15	-	-
Peso de recipiente + Peso de muestra húmeda (g)	: 385.9	-	-
Peso de recipiente + Peso de muestra seca (g)	: 382.7	-	-
Peso de recipiente (g)	: 85.9	-	-
Peso de agua (g)	: 3.2	-	-
Peso del suelo seco (g)	: 296.8	-	-
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	: 1.1	-	-
CONTENIDO DE HUMEDAD PARA CORRECCIÓN ASTM D-4716 - MATERIAL RETENIDO EN LA MALLA:			
No. MUESTRA	: %Retenido en 3/4"	%Retenido en 3/8"	%Retenido en No.4
No. RECIPIENTE	: -	-	ROAN - 12
Peso de recipiente + Peso de muestra húmeda (g)	: -	-	685.1
Peso de recipiente + Peso de muestra seca (g)	: -	-	683.8
Peso de recipiente (g)	: -	-	85
Peso de agua (g)	: -	-	1.3
Peso del suelo seco (g)	: -	-	598.8
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	: -	-	0.2

**YURI KATERINE CHAMBI SANTIAGO**  
TÉCNICO DE LABORATORIO.  
DNI: 76610845



**IVAN ARTURO ROSILLO ANTÓN**  
GERENTE GENERAL  
ING.CIVIL REG.CIP 196162

El laboratorio Roan emite este reporte con información proporcionada por el cliente declarando esta como verdadera. El presente informe tiene validez única y exclusivamente en original. El laboratorio Roan queda dispensado de cualquier responsabilidad que derive de la interpretación de los resultados.

JR. PIURA 101 C.P. SAN CLEMENTE -BELLAVISTA DE LA UNION - SECHURA - PIURA.

📞: 951416170  
📞: 951416170

✉: roan.ingenieros@gmail.com

Nota. Extraído del Laboratorio ROAN Ingenieros

**Anexo N Ensayo de granulometría, límites de Atterberg y contenido de humedad de afirmado + 4% de PET**



**ÁREA DE ESTUDIOS GEOTÉCNICOS DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS-CONCRETO-ASFALTO.**



**ROAN INGENIEROS**

**E.I.R.L.**

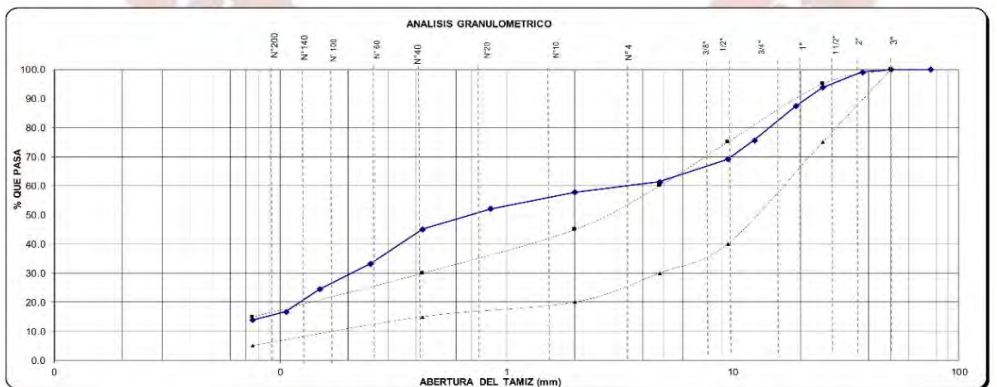
**ANÁLISIS MECÁNICO POR TAMIZADO DE SUELOS  
ASTM D 422 / ASTM D 6913**

Fecha de Recepción :	27/05/2023	Nº EXPEDIENTE :	01448-08-2023- ROAN / LEM - AGREGADOS
Fecha de Ensayo :	29/06/2023		
Fecha de Emisión :	05/06/2023		

**DATOS PROPORCIONADOS POR EL SOLICITANTE**

SOLICITANTE :	<b>ROJAS ATARAMA RIKSY MOGOLLON PALACIOS JUANITA</b>	MUESTRA :	LAB-ROAN-RA&MP-PT
PROYECTO :	"INCORPORACIÓN DE PARTICULAS DE PLASTICO RECICLADO (PET) PARA MEJORAR PROPIEDADES EN BASES GRANULARES DE CAMINOS DE BAJO TRANSITO"	PROCEDENCIA :	CANTERA LA OBRILLA - OBRILLA
MATERIAL :	AFIRMADO NATURAL + 4% DE ADICION DE FIBRAS PET	MUESTREADO POR :	SOLICITANTE

TAMICES ASTM	ABERTURA (mm.)	PESO RETENIDO (gr)	PORCENTAJE PARCIAL RETENIDO (%)	RETENIDO (%)	QUE PASA (%)	ESPECIFICACIONES EG 2013	DESCRIPCION DE LA MUESTRA	
							PESO INICIAL (gr)	10.000.00
21/2"	75	0.0	0.0	0.0	100.0		PORCION DE FINOS (gr)	6133.00
2"	50	0.0	0.0	0.0	100.0	100.0	% DE HUMEDAD	
11/2"	37.5	88.0	0.9	0.9	99.1		TAMANO MAXIMO	2"
1"	25.0	532.0	5.3	6.2	93.8	75-95	% DE GRAVA	38.7
3/4"	19.0	646.0	6.5	12.7	87.3		% DE ARENA	47.5
1/2"	12.5	1169.0	11.7	24.4	75.7		% PASANTE Nº 200	13.9
3/8"	9.5	650.0	6.5	30.9	69.2	40-75	L.L.	21
4	4.75	782.0	7.8	38.7	61.3	30-60	L.P.	16
						20-45	I.P.	4
10	2.00	352.0	3.5	42.2	57.8	15-30	SUCS	SC-SM
20	0.850	570.4	5.7	47.9	52.1		AHSTO	A2-4 (0)
40	0.425	705.0	7.0	54.9	45.1		OBSERVACIONES:	
60	0.250	1183.1	11.8	66.8	33.2		ARENA LIMO-ARCILLOSA CON GRAVA	
100	0.149	875.5	8.8	75.5	24.5	5-15		
140	0.106	753.8	7.8	83.4	16.6			
200	0.075	275.4	2.8	88.1	13.9			
BANDEJA		1387.9	13.9	100.0	0.0			



*[Firma]*  
**YURI KATERINE CHAMBI SANTIAGO**  
TÉCNICO DE LABORATORIO.  
DNI: 76610845



*[Firma]*  
**IVAN ARTURO ROSILLO ANTÓN**  
GERENTE GENERAL  
ING.CIVIL REG.CIP 196162

El laboratorio Roan emite este reporte con información proporcionada por el cliente declarando esta como verdadera. El presente informe tiene validez única y exclusivamente en original. El laboratorio Roan queda dispensado de cualquier responsabilidad que derive de la interpretación de los resultados.

JR. PIURA 101 C.P. SAN CLEMENTE - BELLAVISTA DE LA UNION - SECHURA - PIURA.

TEL: 951416170  
CEL: 951416170  
roan.ingenieros@gmail.com



**ÁREA DE ESTUDIOS GEOTÉCNICOS DE MECÁNICA  
DE SUELOS Y PAVIMENTOS-CONCRETO-ASFALTO.**



**ROAN  
INGENIEROS**

**E  
I  
R  
L**

**LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD**

NTP 339.129 / ASTM D4318

Fecha de Recepción	: 27/05/2023	N° Informe	: 01449-08-2023- ROAN / LEM- AGREGADOS
Fecha de Ensayo	: 29/06/2023		
Fecha de Emisión	: 05/06/2023		

**DATOS PROPORCIONADOS POR EL SOLICITANTE**

SOLICITANTE	ROJAS ATARAMA RIKSY MOGOLLON PALACIOS JUANITA	MUESTRA	: LAB-ROAN-RA&MP-PT
PROYECTO	"INCORPORACIÓN DE PARTICULAS DE PLASTICO RECICLADO (PET) PARA MEJORAR PROPIEDADES EN BASES GRANULARES DE CAMINOS DE BAJO TRANSITO"	PROCEDENCIA	: CANTERA LA OBRILLA - OBRILLA
NMATERIAL	: AFRMADO NATURAL + 4% DE ADICION DE FIBRAS PET	MUESTREADO POR	: SOLICITANTE

**INFORMACIÓN GENERAL**

LÍMITES PLÁSTICO (ASTM D4318)	MUESTRA 1	MUESTRA 2
N° Recipiente	ROAN-01	ROAN-02
Peso de Recipiente (gr)	6.46	5.72
Peso de recipiente + Suelo húmedo (gr)	13.91	13.01
Peso de recipiente + Suelo Seco (gr)	12.89	11.97
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	15.86%	16.64%

LÍMITE LÍQUIDO (ASTM D4318)	I	II	III
N° Recipiente	ROAN-08	ROAN-06	ROAN-03
N° de Golpes	16	25	35
Peso de Recipiente	gr 26.61	23.49	25.07
Peso de recipiente + Suelo húmedo	gr 36.24	32.94	33.99
Peso de recipiente + Suelo Seco	gr 34.45	31.32	32.62
CONTENIDO DE HUMEDAD	% 22.83%	20.69%	18.15%



**CONSTANTES DE SUELO**

LÍMITE LÍQUIDO	: 20.6
LÍMITE PLÁSTICO	: 16.3
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	: 4.4

**CONSTANTES DE SUELO**

LÍMITE LÍQUIDO	: 21
LÍMITE PLÁSTICO	: 16
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	: 4

*Yuri Katherine Chambi Santiago*

**YURI KATERINE CHAMBI SANTIAGO**  
TÉCNICO DE LABORATORIO,  
DNI: 76610845



*Ivan Arturo Rosillo Antón*

**IVAN ARTURO ROSILLO ANTÓN**  
GERENTE GENERAL  
ING.CIVIL REG.CIP 196162

El laboratorio Roan emite este reporte con información proporcionada por el cliente declarando esta como verdadera. El presente informe tiene validez única y exclusivamente en original. El laboratorio Roan queda dispensado de cualquier responsabilidad que derive de la interpretación de los resultados.

JR. PIURA 101 C.P. SAN CLEMENTE - BELLAVISTA DE LA UNIÓN - SECHURA - PIURA.

☎: 951416170  
☎: 951416170

✉: roan.ingenieros@gmail.com



**ÁREA DE ESTUDIOS GEOTÉCNICOS DE MECÁNICA  
DE SUELOS Y PAVIMENTOS - CONCRETO - ASFALTO.**



**DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD  
ASTM D 2216**

Fecha de Recepción	: 27/05/2023	N° EXPEDIENTE	: 01450-08-2023- ROAN / LEM - AGREGADOS
Fecha de Ensayo	: 29/06/2023		
Fecha de Emisión	: 05/06/2023		

**DATOS PROPORCIONADOS POR EL SOLICITANTE**

SOLICITANTE	: ROJAS ATARAMA RIKSY MOGOLLON PALACIOS JUANITA	MUESTRA	: LAB-ROAN-RA&MP-PT
PROYECTO	: "INCORPORACIÓN DE PARTICULAS DE PLASTICO RECICLADO (PET) PARA MEJORAR PROPIEDADES EN BASES GRANULARES DE CAMINOS DE BAJO TRANSITO"	PROCEDENCIA	: CANTERA LA OBRILLA - OBRILLA
MATERIAL	: AFIRMADO NATURAL + 4% DE ADICION DE FIBRAS PET	MUESTREO POR	: SOLICITANTE

Temperatura de secado	: 60°	-	110°	x
-----------------------	-------	---	------	---

**CONTENIDO DE HUMEDAD - MUESTRA TOTAL**

No. MUESTRA	: M-01	-	-
No. RECIPIENTE	: ROAN - 10	-	-
Peso de recipiente + Peso de muestra húmeda (g)	: 386.6	-	-
Peso de recipiente + Peso de muestra seca (g)	: 383.9	-	-
Peso de recipiente (g)	: 86.6	-	-
Peso de agua (g)	: 2.7	-	-
Peso del suelo seco (g)	: 297.3	-	-
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	: 0.9	-	-

**CONTENIDO DE HUMEDAD PARA CORRECCIÓN ASTM D-4718 - MATERIAL RETENIDO EN LA MALLA:**

No. MUESTRA	: %Retenido en 3/4"	%Retenido en 3/8"	%Retenido en No.4
No. RECIPIENTE	: -	-	ROAN - 16
Peso de recipiente + Peso de muestra húmeda (g)	: -	-	687.5
Peso de recipiente + Peso de muestra seca (g)	: -	-	686.8
Peso de recipiente (g)	: -	-	87.5
Peso de agua (g)	: -	-	0.7
Peso del suelo seco (g)	: -	-	599.3
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	: -	-	0.1

**YURI KATERINE CHAMBI SANTIAGO**  
TÉCNICO DE LABORATORIO.  
DNI: 76610845



**IVAN ARTURO ROSILLO ANTÓN**  
GERENTE GENERAL  
ING.CIVIL REG.CIP 196162

El laboratorio Roan emite este reporte con información proporcionada por el cliente declarando esta como verdadera. El presente informe tiene validez única y exclusivamente en original. El laboratorio Roan queda dispensado de cualquier responsabilidad que derive de la interpretación de los resultados.

JR. PIURA 101 C.P. SAN CLEMENTE -BELLAVISTA DE LA UNION - SECHURA - PIURA.

TEL: 951416170

CEL: 951416170

EMAIL: roan.ingenieros@gmail.com

Nota. Extraído del Laboratorio ROAN Ingenieros.





**ÁREA DE ESTUDIOS GEOTÉCNICOS DE MECÁNICA  
DE SUELOS Y PAVIMENTOS-CONCRETO-ASFALTO.**



**LÍMITE LÍQUIDO, LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD**  
NTP 339.129 / ASTM D4318

Fecha de Recepción : 27/05/2023  
Fecha de Ensayo : 29/06/2023  
Fecha de Emisión : 05/06/2023  
N° Informe : 01452-08-2023- ROAN / LEM-  
AGREGADOS

**DATOS PROPORCIONADOS POR EL SOLICITANTE**

SOLICITANTE : ROJAS ATARAMA RIKSY  
MOGOLLON PALACIOS JUANITA MUESTRA : LAB-ROAN-RA&MP-PT

PROYECTO : "INCORPORACIÓN DE PARTICULAS DE PLASTICO RECICLADO (PET) PARA MEJORAR PROPIEDADES EN BASES GRANULARES DE CAMINOS DE BAJO TRANSITO" PROCEDENCIA : CANTERA LA OBRILLA - OBRILLA

NMATRIAL : AFIRMADO NATURAL + 6% DE ADICION DE FIBRAS PET MUESTREADO POR : SOLICITANTE

**INFORMACIÓN GENERAL**

LIMITES PLÁSTICO (ASTM D4318)	MUESTRA 1	MUESTRA 2
N° Recipiente :	ROAN-01	ROAN-02
Peso de Recipiente (gr) :	6.23	6.26
Peso de recipiente + Suelo húmedo (gr) :	14.34	13.65
Peso de recipiente + Suelo Seco (gr) :	13.2	12.54
CONTENIDO DE HUMEDAD (%) :	16.36%	17.68%

LÍMITE LÍQUIDO (ASTM D4318)	I	II	III
N° Recipiente -	ROAN-08	ROAN-06	ROAN-03
N° de Golpes -	16	25	35
Peso de Recipiente gr	25.14	25.54	23.64
Peso de recipiente + Suelo húmedo gr	32.91	34.08	32.42
Peso de recipiente + Suelo Seco gr	31.51	32.65	31.09
CONTENIDO DE HUMEDAD %	21.98%	20.11%	17.85%



CONSTANTES DE SUELO	
LÍMITE LÍQUIDO :	20.1
LÍMITE PLÁSTICO :	17.0
ÍNDICE DE PLASTICIDAD :	3.0

CONSTANTES DE SUELO	
LÍMITE LÍQUIDO :	20
LÍMITE PLÁSTICO :	17
ÍNDICE DE PLASTICIDAD :	3

**YURI KATERINE CHAMBI SANTIAGO**  
TÉCNICO DE LABORATORIO.  
DNI: 76610845



**IVAN ARTURO ROSILLO ANTÓN**  
GERENTE GENERAL  
ING.CIVIL REG.CIP 196162

El laboratorio Roan emite este reporte con información proporcionada por el cliente declarando esta como verdadera. El presente informe tiene validez única y exclusivamente en original. El laboratorio Roan queda dispensado de cualquier responsabilidad que derive de la interpretación de los resultados.

JR. PIURA 101 C.P. SAN CLEMENTE -BELLAVISTA DE LA UNION - SECHURA - PIURA.

☎ : 951416170  
☎ : 951416170

✉ : roan.ingenieria@gmail.com



**ÁREA DE ESTUDIOS GEOTÉCNICOS DE MECÁNICA  
DE SUELOS Y PAVIMENTOS -CONCRETO-ASFALTO.**



DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD ASTM D 2216					
Fecha de Recepción	:	27/05/2023	N° EXPEDIENTE	:	01453-08-2023- ROAN / LEM - AGREGADOS
Fecha de Ensayo	:	29/06/2023			
Fecha de Emisión	:	05/06/2023			
DATOS PROPORCIONADOS POR EL SOLICITANTE					
SOLICITANTE	:	ROJAS ATARAMA RIKSY MOGOLLON PALACIOS JUANITA	MUESTRA	:	LAB-ROAN-RA&MP-PT
PROYECTO	:	"INCORPORACIÓN DE PARTICULAS DE PLASTICO RECICLADO (PET) PARA MEJORAR PROPIEDADES EN BASES GRANULARES DE CAMINOS DE BAJO TRANSITO"	PROCEDENCIA	:	CANTERA LA OBRILLA - OBRILLA
MATERIAL	:	AFIRMADO NATURAL + 6% DE ADICION DE FIBRAS PET	MUESTREADO POR	:	SOLICITANTE
Temperatura de secado	:	60°	-	110°	x
CONTENIDO DE HUMEDAD - MUESTRA TOTAL					
No. MUESTRA	:	M-01	-	-	-
No. RECIPIENTE	:	ROAN - 11	-	-	-
Peso de recipiente + Peso de muestra húmeda (g)	:	384.7	-	-	-
Peso de recipiente + Peso de muestra seca (g)	:	382.1	-	-	-
Peso de recipiente (g)	:	84.7	-	-	-
Peso de agua (g)	:	2.6	-	-	-
Peso del suelo seco (g)	:	297.4	-	-	-
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	:	0.9	-	-	-
CONTENIDO DE HUMEDAD PARA CORRECCIÓN ASTM D-4718 - MATERIAL RETENIDO EN LA MALLA:					
No. MUESTRA	:	%Retenido en 3/4"	%Retenido en 3/8"	%Retenido en No.4	
No. RECIPIENTE	:	-	-	ROAN - 14	
Peso de recipiente + Peso de muestra húmeda (g)	:	-	-	689.3	
Peso de recipiente + Peso de muestra seca (g)	:	-	-	687.6	
Peso de recipiente (g)	:	-	-	89.3	
Peso de agua (g)	:	-	-	1.7	
Peso del suelo seco (g)	:	-	-	598.3	
CONTENIDO DE HUMEDAD (%)	:	-	-	0.3	

**YURI KATERINE CHAMBI SANTIAGO**  
TÉCNICO DE LABORATORIO.  
DNI: 76610845



**IVAN ARTURO ROSILLO ANTÓN**  
GERENTE GENERAL  
ING. CIVIL REG. CIP 196162

El laboratorio Roan emite este reporte con información proporcionada por el cliente declarando esta como verdadera. El presente informe tiene validez única y exclusivamente en original. El laboratorio Roan queda dispensado de cualquier responsabilidad que derive de la interpretación de los resultados.

JR. PIURA 101 C.P. SAN CLEMENTE - BELLAVISTA DE LA UNION - SECHURA - PIURA.

☎: 951416170  
📞: 951416170

✉: roan.ingenieria@gmail.com

**Nota.** Extraído del Laboratorio ROAN Ingenieros.

Anexo O Ensayo de granulometría PET



**ÁREA DE ESTUDIOS GEOTÉCNICOS DE MECÁNICA DE SUELOS Y PAVIMENTOS - CONCRETO - ASFALTO.**



ANÁLISIS MECÁNICO POR TAMIZADO DE AGREGADOS ASTM D 422 / ASTM D 6913			
Fecha de Recepción :	27/05/2023	Nº EXPEDIENTE :	01472-08-2023- ROAN / LEM - AGREGADOS
Fecha de Ensayo :	29/06/2023		
Fecha de Emisión :	05/06/2023		

DATOS PROPORCIONADOS POR EL SOLICITANTE			
SOLICITANTE :	ROJAS ATARAMA RIKSY MOGOLLON PALACIOS JUANITA	MUESTRA :	LAB-ROAN-RA&MP-PT
PROYECTO :	"INCORPORACIÓN DE PARTICULAS DE PLASTICO RECICLADO (PET) PARA MEJORAR PROPIEDADES EN BASES GRANULARES DE CAMINOS DE BAJO TRANSITO"	PROCEDENCIA :	PLÁSTICO RECICLADO
MATERIAL :	FIBRAS PET	MUESTREADO POR :	SOLICITANTE

TAMICES ASTM	ABERTURA (mm.)	PESO RETENIDO (gr.)	PORCENTAJE PARCIAL RETENIDO (%)	RETENIDO (%)	QUE PASA (%)	ESPECIFICACIONES EG 2013	DESCRIPCION DE LA MUESTRA	
							PESO INICIAL (gr)	200.00
							PORCION DE FINOS (gr)	200.00
							% DE HUMEDAD	
							TAMAÑO MAXIMO	2"
							% DE GRAVA	0.0
							% DE ARENA	100.0
							% PASANTE Nº 200	0.0
							L.L.	-
							L.P.	-
							I.P.	-
							SUCS	-
							AHSTO	-
							OBSERVACIONES:	
							PLÁSTICO RECICLADO	

