



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERIA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

“Estudio de la variación al incorporar la fibra PET reciclada en suelos cohesivos no friccionantes relacionados a la estabilidad de talud”

TESIS PARA OBTENER EL TITULO PROFESIONAL DE:

Ingeniero Civil

AUTOR(ES):

Calero Yangali, Jeanpierre Petter Christian (ORCID: 0000-0002-5127-105x)

Cantoral Cáceres, Julio Andrés (ORCID: 0000-0002-1005-6943)

ASESOR:

MG. Tacza Zevallos, Jhon Nelinho (ORCID: 0000-0002-1763-9375)

LINEA DE INVESTIGACIÓN:

DISEÑO DE OBRAS HIDRÁULICAS Y SANEAMIENTO

LIMA-PERÚ

2020

PAGINA DEL JURADO

PRESIDENTE

SECRETARIO

VOCAL

DEDICATORIA

A Dios todo poderoso,
A nuestros padres y hermanos,
Por todo el apoyo que nos han brindado y
Por ser parte de este logro que estamos teniendo.

AGRADECIMIENTO

A nuestro asesor de tesis MG. Tacza Zevallos, Jhon Nelinho,
por su experiencia científica para la
formulación de la tesis.

Y a todos los que nos han apoyado
durante la realización de la tesis

RESUMEN

Esta investigación es otra opción para mejorar la resistencia, ángulo de fricción interna del suelo de arcilla altamente plástico (CH), con aplicar el concepto de suelo reforzado con fibra para aumentar el factor seguridad según el análisis de estabilidad del terraplén de la carretera este tipo de piso eran teóricos. El refuerzo del suelo se realizó con inclusión aleatoria de fibras de polímero de tereftalato de polietileno reciclado (PET), distribuido uniformemente en el suelo. La composición geotécnica del suelo en esta natural después de tomar muestras de 100 kg de suelo extraído de con las ciudades necesarias para inalterar las muestras en la ciudad de Lima – San Martín De Porres. Prueba de compresión del tipo de Proctor estándar para obtener los parámetros de densidad seca máxima y el contenido de humedad de agua óptimo para llevar a cabo el programa de prueba dentro de este los arreglos. el porcentaje es la variable tomada en cuenta para pisos reforzados con fibra. Agregamos fibras de PET recicladas de 20 mm de largo con 0.3%, 0.6%, 0.9%, 1.2% y 1.5% del peso del suelo seco, para un total de 18 muestras y evaluar el rendimiento físico-mecánico de las diversas combinaciones utilizando la prueba de corte directo con inclusiones de 3 especímenes por cada porcentaje. De los resultados de la prueba, se encontró que los porcentajes de las fibras de PET han mejorado la resistencia del suelo alcanzando hasta un 88.00%. Del mismo modo, la cohesión y el ángulo de fricción interna se incrementaron en 114.29% y 72.48%, respectivamente respectivamente. Finalmente, gracias al análisis matemático que utiliza el método Bishop, comprueba si aumenta cada porcentaje de incorporación de fibras de PET con relación al factor de seguridad del suelo arcilloso natural con intervalos mejorados de 46.29% a 95.58%, se determinó que el porcentaje óptimo de incorporación de fibras es 0.6%.

Finalmente, se verificó si las fibras de PET recicladas tienen el potencial de mejorar la estabilidad de los taludes del suelo formando terraplenes de carreteras la fibra PET es, por lo tanto, una alternativa ecológica para reusarla en gran medida.

Palabras clave: suelo arcilloso, estabilidad de taludes, fibras de PET recicladas, resistencia, ángulo de fricción interna y cohesión

ABSTRACT

This research is another option to improve the resistance, internal friction angle of highly plastic clay (CH) soil, by applying the concept of fiber-reinforced soil to increase the safety factor according to the stability analysis of the embankment of the eastern road. floor types were theoretical. Soil reinforcement was performed with random inclusion of recycled polyethylene terephthalate (PET) polymer fibers, evenly distributed throughout the soil. The geotechnical composition of the soil in this natural after taking samples of 100 kg of soil extracted from the cities necessary to alter the samples in the city of Lima - San Martín de Porres. Standard Proctor type compression test to obtain maximum dry density parameters and flexible water moisture content to carry out the test program within this arrangements. The percentage is the variable taken into account for fiber reinforced floors. We added recycled PET fibers 20 mm long with 0.3%, 0.6%, 0.9%, 1.2% and 1.5% of the dry soil weight, for a total of 18 samples and evaluation of the physical-mechanical performance of the various test combinations. direct cut with inclusions of 3 examples for each percentage. From the test results, it was found that the percentage was extra that the PET fibers have improved soil resistance up to 88.00%. Similarly, the integral parameters and the internal friction angle increased by 114.29% and 72.48%, respectively, respectively. Finally, thanks to the mathematical analysis using the Bishop method, check if each percentage of PET fibers increases in relation to the safety factor of natural clay soil with improved ranges from 46.29% to 95.58%, it is determined what percentage of frequency the addition of fibers is 0.6%.

Finally, check to see if recycled PET fibers have the potential to improve the stability of soil slopes by forming road embankments. PET fiber is therefore an environmentally friendly alternative to reuse it to a great extent.

Key words: clay soil, slope stability, recycled PET fibers, resistance, internal friction angle and cohesion.

INDICE

PAGINA DE JURADO	ii
DEDICATORIA.....	iii
AGRADECIMIENTO.....	iv
INDICE.....	v
RESUMEN	vi
ABSTRACT.....	vii
I. INTRODUCCIÓN	14
1.1 Realidad de la problemática.....	14
II. Marco teórico	29
2.1. Estabilidad de taludes	29
2.1.1. Definición de talud	29
2.1.2. Definición de estabilidad.....	30
2.1.3. Composición de falla de taludes.....	32
2.1.4. Métodos de análisis	36
2.1.5. Suelos arcillosos.....	41
2.1.6. Cohesión de suelos	45
2.1.7. Angulo de Fricción del suelo.....	46
2.1.8. Fundamentos geotécnicos aplicados.....	58
Formulación del problema	73
Hipótesis	73
Hipótesis general	73
Hipótesis específicas.....	73
Justificación	74
Justificación Teórica.....	74
Justificación Práctica.....	74
justificación Metodológica	75
Objetivos.....	76

Objetivo General	76
Objetivos Específicos	76
III. METODOLOGIA.....	76
3.1. Tipo y diseño de investigación	76
3.1.1. Tipo de investigación	76
3.1.2. Enfoque	77
3.1.3. Diseño	77
3.1.4. Corte.....	80
3.1.5. Nivel.....	80
3.2. Variables y operacionalización	80
3.2.1. Definición conceptual.....	80
3.2.2. Definición operacional	81
3.2.3. Indicadores	82
3.2.4. Escala de medición.....	82
3.3. Población, muestra y muestreo	83
3.3.1. Población.....	83
3.3.2. Muestra.....	83
3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	86
3.4.1. Técnicas de Recolección de Datos.....	86
3.4.2. Instrumentos de Recolección de Datos.	87
3.4.3. Validez y Confiabilidad	88
3.5. Procedimientos	91
3.6. Método de Análisis de Datos.....	92
3.6.1. Estadístico inferencial.....	92
3.6.2. Estadístico descriptivo	92
3.6.3. Presentación de datos	93
3.6.4. Procedimiento experimental	94

3.7.	Aspectos éticos	95
IV.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	95
4.1.	Caracterización del suelo arcilloso	95
4.2.	Ensayo en laboratorio	95
4.3.	Ensayos de acuerdo con norma ASTM.....	96
4.4.	Corte directo.....	100
4.4.1.	Comportamiento esfuerzo – deformación.....	100
4.4.2.	Criterio Mohr – Coulomb.....	103
4.5.	Análisis de estabilidad de taludes	112
V.	DISCUSIÓN DE RESULTADOS	117
VI.	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	121
6.1.	Recomendaciones.....	122
VII.	REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	123
VIII.	ANEXOS	127
	ANEXO N° 1: MATRIZ DE INVESTIGACIÓN.....	128
	ANEXO N° 2: MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES.....	130
	ANEXO N° 3: ENSAYO DE LABORATORIO y CERTIFICADO	132
	ANEXO N° 4: DESARROLLO DE ESTABILIDAD DE TALUDES.....	157
	ANEXO N° 5: MAPA DE DESLISAMIENTOS Y OCURRENCIAS.....	163
	ANEXO N° 6: COPIA DE COTIZACION DEL LABORATORIO	166
	ANEXO N° 7: INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS.....	168
	ANEXO N° 8: FORMATOS DE VALIDACIÓN	170
	ANEXO N° 9: NORMAS	172
	ANEXO N° 10: PANEL FOTOGRÁFICO	180
	ANEXO N° 11: CERTIFICADO OMITIDO POR EL LABORATORIO	187
	ANEXO N° 12: FICHA TECNICA	189
	ANEXO N° 13: TURNITIN	195

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1: TERRAPLÉN VIAL, VISTA DEL TALUD.....	27
FIGURA 2: ESTABILIDAD DEL TALUD.....	28
FIGURA 3: FALLA EN TALUDES DE FORMA ROTACIONAL.....	32
FIGURA 4: FALLA ROTACIONAL.....	32
FIGURA 5: TIPOS DE FALLAS TRASLACIONALES	33
FIGURA 6: DE LA CARRETERA HACIA LA SIERRA CENTRAL	37
FIGURA 7: MÉTODOS DE TRATAMIENTO DEL SUELO EN FUNCIÓN AL TAMAÑO DE GRANO... ..	41
FIGURA 8: CLASIFICACIÓN DE SUELOS.....	42
FIGURA 9: ANGULO DE FRICCIÓN - CARACTERÍSTICAS DE LOS SUELOS ARCILLOSO AL INCORPORAR OTRO TIPO DE MATERIAL EN SU COMPOSICIÓN.....	43
FIGURA 10: FIBRAS PET.....	52
FIGURA 11: ENVOLVENTE DE FALLA DE MOHR Y CRITERIO DE ROTURA DE MOHR-COULOMB.....	59
FIGURA 12.1: ÁNGULO DE FRICCIÓN DE ESFUERZOS EFECTIVOS PARA SUELOS.....	60
FIGURA 12.2: SUELOS ARENOSOS SIN COHESIÓN... ..	60
FIGURA 13: RESISTENCIA AL CORTE DE ARCILLAS BLANDAS SATURADAS	61
FIGURA 14: CURVA ESFUERZO-DEFORMACIÓN DEL ENSAYO DE COMPRESIÓN TRIAXIAL.....	64

FIGURA 15.1: ENSAYO TRIAXIAL UU. ARCILLAS SATURADAS	-66
FIGURA 15.2: ENSAYO TRIAXIAL UU. ARCILLAS NO SATURADAS Y COMPACTADAS.....	- 66
FIGURA 16: FUERZAS QUE ACTÚAN SOBRE UNA DOVELA EN EL MÉTODO DE BISHOP.....	68
FIGURA 17: DEFINICIÓN DE VARIABLES.....	75
FIGURA 18: DISEÑO EXPERIMENTAL UNIFACTORIAL	75
FIGURA 19: MUESTREO.....	81
FIGURA 20 DIAGRAMA DE FLUJO DEL PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL.....	91
FIGURA 21: CURVA GRANULOMÉTRICA DEL SUELO ARCILLOSO.....	94
FIGURA 22. CLASIFICACIÓN DEL SUELO SEGÚN SUCS.....	95
FIGURA 23: CURVAS DEL ESFUERZO DE CORTE DEL SUELO ARCILLOSO ADICIONANDO DISTINTOS PORCENTAJES DE FIBRAS DE PET A DIFERENTES ESPECÍMENES.....	98
FIGURA 24: PARÁMETROS DE ARCILLA RESISTENTE AL CORTE CON DIFERENTES PORCENTAJES DE FIBRA PET AÑADIDA.....	101
FIGURA 25: PARÁMETROS DE LA RESISTENCIA AL CORTE DEL SUELO ARCILLOSO CON ADICIÓN DE FIBRAS PET.....	103
FIGURA 26: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES DE TERRAPLENES VIALES TEÓRICOS PARA SUELO ARCILLOSO CON Y SIN ADICIÓN DE FIBRAS DE PET.....	111
FIGURA 27: GRAFICA COMPARATIVO DE LA MEJORA RESULTANTE DEL FACTOR DE SEGURIDAD EN SUELOS ARCILLOSOS AL INCORPORAR FIBRAS PET RECICLADO.....	113

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1: TIPOS DE DESLIZAMIENTOS EN TALUDES.....	29
TABLA 2: COEFICIENTES DE SEGURIDAD QUE SE EMPLEA EN EL ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES.....	34
TABLA 3: VULNERABILIDAD FÍSICA DE VÍAS SEGÚN LOS DEPARTAMENTOS DEL PERÚ (%).....	36
TABLA 4: CÁLCULO Y DISTRIBUCIÓN DEL TOTAL DE PROBETAS PARA ENSAYO DE CORTE DIRECTO.....	76
TABLA 5: DISTRIBUCIÓN DEL TAMAÑO DE MUESTRA.....	82
TABLA 6: NORMAS	85
TABLA 7: CUESTIONARIO.....	86
TABLA 8: TABLA DE FIABILIDAD... ..	87
TABLA 9: RANGOS DE CONFIABILIDAD... ..	87
TABLA 10: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO... ..	93
TABLA 11: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO... ..	95
TABLA 12 RESUMEN DE VALORES DE LABORATORIO... ..	96
TABLA 13: COMPARACIÓN DE LAS MEJORAS OBTENIDAS EN SUELOS ARCILLOSO CON LA INCORPORACIÓN DE FIBRAS PET... ..	99
TABLA 14: PARÁMETROS DE RESISTENCIA AL SUELO ARCILLOSO CON LA INCORPORACIÓN DE FIBRA PET... ..	102
TABLA 15: SPSS DATOS	104
TABLA 16: NORMALIDAD... ..	105
TABLA 17: SIGNIFICANCIA BILATERAL.....	105

TABLA 18: SPSS DATOS	106
TABLA 19: NORMALIDAD... ..	106
TABLA 20: SIGNIFICANCIA BILATERAL.....	107
TABLA 21: SPSS DATOS	108
TABLA 22: NORMALIDAD... ..	108
TABLA 23: SIGNIFICANCIA BILATERAL.....	109
TABLA 24: ANÁLISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES TEÓRICOS DE TERRAPLENES EN SUELOS ARCILLOSOS CON Y SIN ADICIÓN DE FIBRA DE PET... ..	110
TABLA 25: COMPARACIÓN DE LA MEJORA DEL FACTOR DE SEGURIDAD DE TERRAPLENES VIALES AL AGREGAR FIBRAS DE PET A LOS SUELOS ARCILLOSOS.....	112

I. INTRODUCCIÓN

1.1 Realidad de la problemática

El suelo es uno de los materiales de construcción más abundantes en obras de construcción civil, esta constituye el soporte que da a las estructuras en si como son edificaciones, puentes, vías, entre otros; como bien se sabe se usa en materiales de terraplenes viales, rellenos pendientes, muros de tierra, etc. por ello debido a esto, es necesario poder estudiar el suelo desde diferentes aspectos y necesidades de la práctica de la ingeniería civil. (Duque & Escobar, 2016)

En el Perú se tiene distintos tipos de suelos, los cuales se subdividen en cohesivos y no cohesivos, siendo estos objetos de estudios para poder estabilizarlos y edificar sobre ellos. Por esta razón, como ingenieros civiles, es necesario y responsable realizar los cálculos necesarios para verificar la seguridad de los taludes, terraplenes compactos o pozos de cimentación.

Para esto se realiza el procedimiento, llamado análisis de estabilidad de taludes, como tal esto involucra comprobar y cotejar el esfuerzo cortante desarrollado al transcurso del área de falla más susceptible, con la resistencia al corte del suelo.

Asimismo, los ingenieros civiles son responsables de los presupuestos necesarios así para poder comprobar la seguridad de caminos naturales, pistas, excavación y terraplenes. Como también para evaluar las variables de la estratificación de suelo, su resistencia a los parámetros de corte es una tarea difícil y este último es uno de los componentes más importantes en el análisis de estabilidad. (Braja, 2015).

Para lo cual la utilización de la fibra PET, en primer lugar, debe haber un proceso de mejora o en consecuencia realizar un cambio de suelo, se

requiere una gran cantidad de inversión económica y una explotación a gran escala de los recursos naturales.

Por lo tanto, el costo de reducir los taludes para lograr y obtener una mayor estabilidad suele ser alto, por lo que se debe garantizar la estabilidad, pero por esta razón el conservadurismo no será económico.

En el entorno nacional, considerando que el 65% de la distancia total del sistema nacional de carretera se encuentra en un estado de alta vulnerabilidad y vulnerabilidad extremadamente alta, se conoce que se suscita múltiples desastres habiéndose aumentado considerablemente, lo que significa que la región es inestable. (Ministerio del Ambiente, 2015).

Según la clasificación de carreteras del ministerio de transportes y comunicaciones del Perú, las carreteras que pasan por la región de sierra (ya sean redes departamentales o redes comunitarias) son las más afectadas, alrededor del 13% y el 40%, respectivamente, esto se debe básicamente por el lugar donde pasa la carretera, ya que como bien sabemos estas están propensas a sufrir constantes huaycos, deslizamiento, debido a su alta inestabilidad de taludes, también hay pendientes pronunciadas y montañas empinadas. (Ministerio del Ambiente, 2015).

Por ello estas situaciones de vulnerabilidad, ocasionadas por los inconvenientes de estabilidad de taludes, obstruyen con la consistencia de las construcciones sobre los suelos edificados, restringir el proceso de las actividades económicas y satisfacer las necesidades básicas de las personas, lo que no hace conocer que es uno de los principales problemas de la región y se ha convertido en un problema en el competitivo mercado de la construcción.

Además, en la actualidad, no solo por los beneficios del plástico sino también por su importancia económica, es difícil renunciar al plástico. Esto se refleja en el índice de desarrollo del sector, que ha cubierto casi todos los procesos industriales desde principios del siglo pasado.

El Perú es uno de los países con mayor producción de envases de plásticos, debido a que al año producen un aproximado de 2 800 millones de envases (aproximadamente 50 mil toneladas), de los que se ha podido observar que solo un 15 % de este material son destinados para reciclaje; según datos de la ONG Ciudad Saludable (2016).

Según el Organismo de Evaluación y Fiscalización Ambiental (2016), en el Perú existe un aproximado de 100 mil recicladores, pero la actividad que ellos realizan está limitada debido a que no hay mercados de reutilización de este material, además no cuentan con la correcta infraestructura, debido a la política peruana, deficiente gestión del ambiente y falta de iniciativas e informalidad.

Debido al uso de materiales reciclables, la producción meticulosa de nuevos productos ha reducido la expresión de nuevos materiales en un 20%. Del mismo modo, el reciclaje de PET ha demostrado ser una excelente opción, que puede minimizar el desarraigo de nuevos elementos principales y su posterior transporte. De este modo se obtiene un ahorro significativo en el agotamiento energético y emisión de gases que generan el efecto invernadero.

Para esto sea de sumar a los beneficios medio ambientales que el reciclaje igualmente aporta, a partir lo económico, en la renovación de la importación del plástico PET, optimizando así la medida comercial del país, y de este modo social, formando un importante impacto de tal manera pasando de la formalización y de la estabilidad laboral de miles de recicladores y sus familias.

Es por este modo que, se precisó al presente argumento nacional, se hace imperioso la necesidad de investigar nuevas alternativas de reciclaje y de reutilización a gran nivel de plásticos PET, por ello se ha visto una de sus

diversas formas de reciclaje que es en transformar los plásticos a fibras PET; las cuales poseen un alto importe de uso para la construcción.

Como bien se sabe, para el reforzamiento de los suelos en su mayoría se ha estado usando por método de geosintéticos; Sin embargo, debido a su capacidad para resistir la deformación y la mayor resistencia al corte al agregar fibras a la matriz del suelo, el uso de fibras de PET generalmente ha aumentado la estabilidad de las pendientes.

Por lo tanto, este plan de investigación determina el cambio en la resistencia, la cohesión y el ángulo de fricción interna de la fibra de PET reciclada a la arcilla, que se determina mediante una investigación experimental realizada en el laboratorio. 0.2 cm de largo, para así evaluar matemáticamente, a través del método de bishop, la estabilidad de talud conformados por la mezcla de suelo-fibra PET.

De tal manera de que se aporta con los estudios técnicos para el problema de estabilidad de talud en el Perú ante suelos arcillosos, asimismo se ve como una alternativa de implementar, reciclar y reutilizar los residuos PET, reduciendo de esta manera el impacto ambiental ligado al gran consumo descontrolado y a su deposición desmedida del plástico.

1.2 Trabajos previos

1.2.1 Antecedentes internacionales

(Vettorelo, P. & Clariá, J., 2015), en su artículo científico, "Modeling of the Small Strain Shear Modulus on a Fiber Reinforced Sand" tiene como objetivo estudiar y aplicar este método que es la adición de fibras PET en suelos arcillosos en países como México, Turquía y Estados Unidos, estos países han obtenido buenos resultados en la mejora de las propiedades mecánicas y la estabilidad de tales suelos, debido a su inestabilidad, no pueden ser utilizados en diferentes proyectos de ingeniería civil.

En conclusión, la relación entre la cantidad de contactos de grano de fibra y el total de contactos en la trayectoria de la onda del corte controla el valor máximo del módulo de corte.

(Choudhary, A et al, 2015), en su artículo científico, “A study on CBR behavior of waste plastic strip reinforced soil” tiene como objetivo la importancia el rendimiento de las carreteras pavimentadas en el cual estas muestran grietas, baches, hundimientos, asentamientos, etc.

La metodología es de diseño y construcción para mantener y mejorar el rendimiento de dichos pavimentos, el cual se han realizado distintas pruebas y estudios para demostrar el potencial del polietileno de alta densidad (HDPE) recuperadas como refuerzo del suelo para mejorar su rendimiento. En conclusión, los resultados de este estudio sugieren que el corte de la tira de HDPE puede resultar útil como refuerzo para la aplicación en el suelo. Sin embargo, se sugiere realizar más estudios sobre ello.

(Raghu, P. et al. 2014), en su artículo científico, “Upgradation of geotechnical parameters by waste plastic admixture in soil”, tiene como objetivo usar los materiales de desechos de plástico en suelos de baja calidad para mejorar las propiedades geotécnicas del suelo. Las fibras de plástico según los estudios realizados se comportan algo similar a las raíces de los árboles y la vegetación, que estas proporcionan un excelente ingrediente para mejorar la estabilidad de las pendientes naturales.

La introducción de residuos de plástico como tiras o fibras mejora la textura y resistencia del suelo en términos de compresibilidad, absorción de energía, resistencia al corte, CBR ya que su adición también ayuda favorablemente. En conclusión, según el estudio realizado el comportamiento del suelo reforzado con tiras de plástico o astillas obtenidas de las botellas de plástico mejora la capacidad de absorción de energía y presión de confinamiento.

(Amini, B. et al, 2016), en su artículo científico, “Engineering properties of soil reinforced by recycled polyester fiber” tiene como objetivo estudiar el efecto

de agregar fibra de poliéster recicladas en las propiedades de ingeniería del suelo, especialmente la resistencia al corte y la California Bearing Ratio (CBR) en el cual se utilizó un suelo arcilloso.

Para ello la mezcla del suelo con la fibra poliester se realizaron en tres diferentes porcentajes, 0.1%, 0.3% y 0.5% de incorporación de poliéster.

En conclusión, se obtuvieron resultados en el cual muestran este hecho de que el uso de poliéster reciclado conduce a una mayor resistencia al corte y CBR y a la reducción del índice de plasticidad, se puede decir que la cantidad más óptima de poliéster reciclado es 0.5%.

(Nagle, R. et al, 2014), en su artículo científico, "Comparative study of CBR of soil, reinforced with natural waste plastic material" tiene como objetivo el uso de varios materiales de plástico para la mejora de los parámetros del suelo en términos de su uso de fibra natural en la ingeniería civil. Como podemos apreciar el refuerzo de la fibra natural causa una mejora significativa en la resistencia a la tracción, la resistencia al corte y otras propiedades del suelo estudiado.

Se puede concluir que a medida de que se aumenta el porcentaje de plástico en la muestra de suelo, aumenta la densidad seca máxima el cual a su vez aumenta el valor del CBR.

(Fatahi, B. et al, 2012), en su artículo científico, "Mechanical Characteristic of soft clay treated with fibre and cement" tiene como objetivo estudiar tres tipos de fibra (polipropileno, alfombra reciclada y acero) en las propiedades mecánicas de la arcilla tratada con cemento. Estas muestras con cemento se prepararon con contenidos de cemento de 5%, 10% y 15% en peso de tierra seca y se curaron durante 14 días.

Para investigar y comprender la influencia de diferentes tipos y contenidos de fibras, se adoptaron tres porcentajes diferentes de contenido de fibra. Para finalizar, la resistencia a la tracción de la arcilla que se observó en las

distintas pruebas realizadas, se logró observar el aumento de resistencia a la compresión máxima.

(Olatunbosun, A. et al, 2016), en su artículo científico “Recycling of polyethylene terephthalate (PET) plastic bottle wastes in bituminous asphaltic concrete” tiene como objetivo la evaluación de los efectos del reciclaje de los desechos de botellas de plástico PET producidos en el norte de Nigeria, aplicada en el concreto asfáltico bituminoso (BAC) utilizado en la construcción de pavimentos flexibles.

El diseño de la mezcla consiste en 60/70 concreto asfáltico de grado de penetración (5%), 68% de agregado grueso, 6% de agregado fino y 21% de relleno usando el proceso seco al 170° C. el contenido óptimo de betún (OBC) para BAC convencional se obtuvo como 4% en peso de agregados totales y la carga.

El BAC modificado con agregado recubierto de polímero (PCA) parece preferible por que tiene el potencial de utilizar más desechos plásticos con contenido óptimo (OPC) más alto de 16.7% en peso de agregados totales y relleno en comparación con el 9% en peso de OBC logrado por PMB-BAC. Tanto BAC modificado con PMB como con PCA, se observó un aumento en vacío de aire, vacío en el agregado mineral y la estabilidad de Marshall.

(Santos, N. et al, 2019), en su artículo científico “behavior of clayey soil reinforced with polyethylene terephthalate” tiene como objetivo evaluar el comportamiento mecánico de un suelo arcilloso mezclado con 10%, 20% y 30% de PET triturado fino y con 3% y 5% de escamas de PET.

Es posible que estos nuevos materiales se puedan utilizar en innumerables aplicaciones en ingeniería geotécnica. Se realizaron pruebas triaxiales a tensiones de confinamiento de 50, 150 y 30kPa para obtener los parámetros de resistencia de las mezclas de PET-suelo.

En conclusión, las mejoras en la resistencia de las mezclas eran considerables; el ángulo de fricción tuvo una mejora sustancial, mientras que la cohesión disminuye ligeramente con la adición de PET.

(Grzybowska, J. et al, 2018), en su artículo científico “Application of fibres for the stabilisation of steep slopes” tiene como objetivo el uso de geosintéticos que permiten resolver problemas geotécnicos relacionados con la protección contra la erosión, así como la filtración y el drenaje.

Además de los geosintéticos, se utilizan fibras mezcladas con el suelo desempeñan una función similar a la función del sistema de raíces de la vegetación protectora y permiten la creación de una construcción flexible y fácil de ecologizar.

La investigación sobre las propiedades físicas de la estructura y la resistencia morfológica de los suelos y fibras se llevó a cabo de acuerdo con las normas aplicables. Posteriormente, se evaluó la estabilidad de la pendiente durante muchos meses de explotación.

(Chaduvula, U. et al, 2017), en su artículo científico “A study on desiccation cracking behavior of polyester fiber-reinforced expansive clay” tiene como objetivo mejorar la resistencia al agrietamiento de la arcilla expansiva disponible localmente mediante el refuerzo de fibra poliéster. Se realizaron pruebas de laboratorio para evaluar cuantitativamente el efecto del contenido de fibra y la longitud de la fibra sobre el agrietamiento por desecación de la arcilla reforzada con fibra.

Se empleó un sistema de adquisición de imágenes digitales para capturar la evolución y propagación de grietas en el espécimen de suelo sometido a desecación. Los resultados demuestran una influencia significativa del refuerzo de la fibra en el comportamiento del agrietamiento de la arcilla expansiva al comienzo de la desecación.

Se encontró que el refuerzo de fibra era efectivo para restringir el agrietamiento por desecación, excepto cuando se usaban fibras largas.

(Salimi, K. & Ghazavi, M. 2019), en su artículo científico “Soil reinforcement and slope stabilisation using recycled waste plastic sheets” tiene como objetivo el uso de PET en forma de láminas para mejorar los parámetros de resistencia del agua y solución viable de aislamiento.

Por lo tanto, este estudio fue diseñado para cerrar esta brecha mediante la realización de compresión triaxial de laboratorio en muestras no reforzadas y reforzadas.

Para lograr este objetivo, se prepararon una serie de muestras cilíndricas y se sometieron a pruebas triaxiales de acuerdo con el estándar ASTM D 4546-03. El análisis de tendencias de los datos de laboratorio subrayó la influencia de las láminas de plástico en las propiedades de resistencia, ángulo de fricción y cohesión de los suelos arenosos.

1.2.2 Antecedentes nacionales

(Zenteno Sidney, 2018), Universidad Nacional del Altiplano – Puno, en su tesis titulado, “Efecto de la estabilización de suelos finos con tereftalato de polietileno como material de refuerzo en la estructura de pavimentos flexibles del distrito de Puno” tiene como objetivo determinar el efecto de la estabilización de suelos finos mezclados con tereftalato de polietileno, donde se mezclan 2, 4, 6, 8 y 10% en peso de estabilizadores en relación con el peso seco del suelo. Todos estos están siendo estudiados para formar la estructura de aceras flexibles de acuerdo con las regulaciones peruanas aún vigentes.

Para llevar a cabo este estudio, lo primero que se realizó es obtener muestras (suelo fino) de la cantera, región, provincia y región de Salcedo en Puno. Después de obtener las muestras, el suelo se analizó en el laboratorio de suelos de la Universidad del Altiplano según los estándares peruanos.

Como conclusión se obtuvo que, en condiciones normales, es decir, sin la adición de tereftalato de polietileno, el porcentaje de la capacidad de carga del suelo (grano fino) en estudio fue del 28,91%. Sin embargo, al incluir tereftalato de polietileno en diferentes porcentajes de 2%, 4%, 6%, 8% y 10%, se puede obtener el siguiente valor de CBR, que es el 100% de su densidad seca máxima: estos son 50.65%, 20.39%, 19.29%, 18.38% y 17.36% respectivamente.

Por lo tanto, se puede concluir que la incorporación de una proporción más baja de PET puede mejorar significativamente la capacidad de soporte de tensión de corte (CBR), lo que lo hace adecuado para su uso de capa subrasante y subbase a nivel de pavimento flexible.

(Pinedo Miguel, 2012), Pontificia Universidad Católica del Perú – Lima, en su tesis titulado, “Comparación entre muros de suelos reforzados con elemento extensibles y no extensibles” el cual tiene como objetivo establecer una comparación de 2 sistemas de muros de suelos que se encuentran reforzados el cual estas son los refuerzos inextensibles (flejes o mallas) y los refuerzos extensibles geomallas.

En el cual donde en el diseño de muros de suelo reforzado con los suelos extensibles, se ha logrado verificar que las geomallas son afectadas por muchos factores de reducción en el cual reducen significativamente su resistencia a la tracción en un 72%, lo cual quiere decir que esta mejora el factor de seguridad de la estructura.

Podemos concluir que el uso de las geomallas mejora considerablemente el comportamiento y las propiedades del suelo.

(Alarcon Carol y Zamalloa Jhonatan, 2016), Universidad Andina del Cusco – Perú, en su tesis titulada “Análisis de la capacidad de soporte (CBR) de la sub base para pavimentos flexibles estabilizada con termoplástico acrilonitrilo butadieno estireno (ABS)” el cual tiene como objetivo desarrollar y demostrar que la adición de acrilonitrilo-butadieno-estireno (ABS)

termoplástico como material para estabilizar el suelo granular con CBR = 51.04%, pero considerando el efecto del pavimento flexible, los siguientes porcentajes: los materiales estudiados 1.5%, 2.5%, 3.5% y 4.5% de peso seco.

Por lo tanto, cuando se usa (ABS) en combinación con materiales de suelo, el pavimento logra eliminar la carga impuesta por el tráfico, por lo que se puede demostrar que aumenta la capacidad de carga (CBR) y evita el daño causado por la deformación permanente del pavimento.

(Gil Erick y Nuñez Ingrid, 2018), Universidad Nacional de Trujillo – peru, en su tesis titulado, “Influencia de la adición de fibras PET reciclado sobre la resistencia, cohesión y Angulo de fricción interna de los suelos arcillosos aplicados a la estabilidad de taludes” tiene como objetivo mejorar la resistencia, la cohesión y el ángulo de fricción interna de la arcilla plástica alta, todo con el fin de aumentar el factor de seguridad correspondiente a la estabilidad de taludes.

La incorporación de fibra (PET) es aleatoria, se distribuyen uniformemente en el suelo seleccionado. El proceso de adición de fibra es el siguiente: la longitud es de 20 mm, lo que representa 0.3%, 0.6%, 0.9%, 1.2% y 1.5% del peso seco del suelo, respectivamente. Se realizaron un total de 54 muestras cilíndricas para evaluar su desempeño físico-mecánico.

Cuando de realizo los ensayos obtuvimos como resultado que la fibra PET al ser incorporado en el suelo arcilloso mejora en un 49.45% la resistencia del suelo, al igual que un 22.28% del parámetro de cohesión y 72.73% el Angulo de fricción, como también se pudo obtener los resultados mediante el método Bishop, el cual se pudo verificar que al incorporar la fibra PET, el factor de seguridad debe estar dentro del rango de 3.27% hasta el 24.64%, logrando determinarse que el 0.6% es el porcentaje optimo para su adición.

(Aquino Yordi, 2019), Universidad Nacional de Trujillo – Peru, e su tesis titulado “estudio comparativo de la influencia del plástico (PET) en la resistencia a la compresión y durabilidad del concreto reciclado y concreto convencional” tiene como objetivo determinar la combinación apropiada de plásticos incorporados, es decir, usar diferentes porcentajes (1, 2, 5 y 10%) de la diferencia de peso volumétrico entre el agregado grueso y el plástico además una dosificación de 210 kg / cm² de concreto con cemento portland tipo MS..

En el caso de que sea agregado finos y gruesos está en relación con a/c de 0.5. como conclusión se sabe que los estudios de la incorporación de fibras PET, tiende a mejorar el comportamiento que se encuentra en estado fresco como en estado endurecido del material seleccionado.

(Flores Paola, 2019), Universidad Católica Santo Toribio de Mongtovejo, Chiclayo – Peru, en su tesis titulado “Evaluación de la adición de fibras PET provenientes del reciclaje de botellas a las subrasantes del suelo en el área de estacionamientos de la clínica USAT, 2018-2019” tiene como objetivo evaluar el efecto de incorporación de fibra de PET producida por el reciclaje de botellas de agua y botellas de refrescos, especialmente las propiedades físicas y mecánicas de los suelos arcillosos.

Para lograr esto, se realizará una prueba Proctor modificada correspondiente al terreno natural y la mezcla de PET, y se agregarán sus porcentajes y longitudes, respectivamente.

Durante la realización del Proctor modificado, se podrá identificar la reducción de 2 dosificaciones los cuales traerán beneficios en el aumento de su máxima densidad seca, en las dosificaciones de longitudes de 1” y 1.15% de adición de fibra, se observó un aumento de 9.60% de la densidad, y la segunda dosificación de 1.25% solo aumento un 8.69%.

Completando las 2 dosificaciones analizadas usando la prueba CBR, se encuentra que una dosificación es 1.15%, lo que trae buenos resultados en términos de hinchamiento de la mezcla y aumento del valor CBR de 1.02% y 4.21. La densidad seca máxima es 95% y 100% respectivamente. %

(Saravia Paola y Vejarano Franklin, 2019), Universidad Nacional de Trujillo – Peru, en su tesis titulado “En cada base del pavimento flexible de la carretera Hunchacoco-Santiago de Cao, el efecto de agregar vinilo reciclado en la compactación, la capacidad de carga y la resistencia al desgaste de los materiales granulares es determinar el efecto de agregar PVC reciclado como el Huanchaco-Santiago de La compactación, la capacidad de soporte y la resistencia al desgaste del material granular de la capa base del pavimento flexible de la carretera Cao.

Para realizar este estudio, se hicieron muestras mezcladas con materiales de cantera, y estas muestras se analizaron con un porcentaje variable de PVC: 0, 2, 4, 6 y 8% del peso de la mezcla. Se puede determinar que, dado que se obtiene un material más liviano, la densidad seca máxima es 2.18 g / cm², y la mayor capacidad de soporte es 123.5%, por lo que el porcentaje óptimo de PVC agregado al material granular es 4%. El factor de desgaste es 21.85%.

Almanza, I. (2015), en la tesis titulada “Estudio del uso de polietileno tereftalato como material de refuerzo de estructuras térreas conformadas por suelos cohesivos” En la investigación realizada en México, el objetivo principal era utilizar fibra de tereftalato de polietileno, que se recicló para mejorar el suelo cohesivo altamente plástico.

En términos de métodos, la caracterización de ingeniería geotécnica del suelo cohesivo se realizó con el fin de encontrar la mejor condición con diferentes porcentajes entre el suelo y la fibra de PET de 50 mm.

También se divulgan las diferentes pruebas realizadas, teniendo en cuenta los parámetros geotécnicos determinados, estas pruebas tienen resistencia y rendimiento para adaptarse a los suelos reforzados con fibra, y los resultados obtenidos más tarde son cuando se refuerzan los suelos cohesivos que incorporan fibras de PET.

Aumentó el Angulo de fricción y disminuyo la cohesión, a su vez el análisis de estabilidad y la deformación, cumplió los requisitos de los parámetros de seguridad, finalmente, se concluye que la adición de la fibra PET en suelos arcilloso, presenta una gran mejora, por lo cual este suelo que fue reforzado permite que el bordo del rio sea adaptable a la deformación del suelo en el cual esta no presentara ningún tipo de agrietamiento.

Este aporte para la siguiente investigación nos ayudara a conocer mejor la utilidad de la fibra PET. Aplicado en suelos Arcillosos con fines de estabilidad de talud. Además, el efecto que esta genera una mejor visualización del efecto que proviene al hacer el uso de las fibras en suelos arcillosos.

Rosales, D. (2015), en la tesis titulada “Mejoramiento de suelos cohesivos mediante la inclusión de fibras” realizada en México, tuvo como objeto utilizar fibras de polipropileno, con el fin de mejorar los suelos arcillosos expansivos. Metodológicamente nos hace saber las características geotécnicas de los suelos arcillosos expansivos que obtuvo en un lugar de zona de gran riesgo en México, para posteriormente realizar un mesclado optimo con diferentes porcentajes al adicionarle la fibra de polipropileno de 4.75, 9.50 y 19mm.

A continuación, se muestran diferentes pruebas que muestran cambios en la resistencia y el volumen, que a su vez serán compactadas por el propio suelo y el material de refuerzo. Los resultados muestran que la dosis administrada por la fibra juega un papel importante en la resistencia a la compresión infinita del material compuesto, y generalmente se puede obtener un mejor rendimiento.

Vettorelo, P. & Clairá, J. (2015), en el artículo científico titulado “Suelos reforzados con fibras: estado del arte y aplicaciones” Hecho en Argentina, tuvo como objetivo analizar el efecto de refuerzo de las fibras agregadas en el suelo, y también para verificar el mecanismo de interacción entre las fibras y el suelo, luego ver la modificación de los parámetros de resistencia al corte y rigidez del suelo reforzado con fibra.

La metodología aplicada fue revisando bibliografías acerca de los suelos reforzados mediante la incorporación de fibras. Se pudieron analizar los tipos y contenido que emplea los suelos cohesivos, así mismo, se obtuvo como resultado que los diferentes estudios acerca de la incorporación de fibras en suelos cohesivos incrementa la resistencia al corte y principalmente a grandes deformaciones como también se logró ver que mejora su durabilidad ya sean suelos granulares o cohesivos.

Su aporte hacia la presente investigación es su base teórica, al dar a conocer la adición de diferentes fibras a los suelos. Por lo cual podemos abalar el uso en su mejoramiento de suelos ya sean cohesivos o granulares.

Fresneda, C., Cano, K., García, Y., Echeverry, O. & Valencia, Y. (2015), en el artículo científico “Efecto en las propiedades mecánicas del suelo mediante el uso de fibras artificiales” Está hecho en Colombia y su objetivo principal es utilizar fibras de polipropileno para reforzar la arcilla en la superficie.

En su metodología, se aplicó un parche de 80 cm de profundidad, y luego las muestras cambiadas se recogieron en bolsas y las muestras no perturbadas se recogieron en tubos Shelby.

Se hizo ensayos de carácter físico y mecánico de los suelos en estado natural, también se hicieron ensayos que permitan determinar cuan es el aporte de las fibras y cuál es su comportamiento frente a la aplicación de estos en los suelos cohesivos.

Para los suelos que son reforzados con fibras se tuvo que analizar el comportamiento ante la incorporación de esfuerzos axiales en condiciones e in confinadas mediante el índice de CBR y posteriormente el ensayo de compresión.

Los resultados que se mostro fue de mayor de deformación al incorporar las fibras sintéticas, se logró a observa el incremento en 45% hacia un suelo sin reforzar. El aporte para esta siguiente investigación, en verificar la importación de la inclusión de la fibra PET al suelo y a adherencia que esta produce, lo cual esta genera un aumento significativo hacia la resistencia al corte.

II. Marco teórico

2.1. Estabilidad de taludes

2.1.1. Definición de talud

Podemos decir que un talud es una superficie inclinada, que fue hecha naturalmente o por la intervención del hombre, estas pueden ser adoptadas provincial o permanentemente, según las características del suelo.

Si bien sabemos, un talud por sus propiedades y características es muy compleja de analizar, debido a que al realizar su estudio específico podemos deducir que concuerdan los inconvenientes de mecánica de suelos, geología y mecánica de rocas (De Matteis, 2018).

Si el talud se genera de forma natural, sin la interposición del hombre, se le conoce como talud de ladera, si el talud se ha construido con la intervención humana se le denomina talud artificial, estos pueden ser de corte o terraplén.

O cuando su composición haya presencia de suelos, rocas o mixtos. Siempre con la variedad de la metodología de estudio. En la mayoría de los trabajos de la ingeniería civil si es muy necesario utilizar un talud de forma superficial.

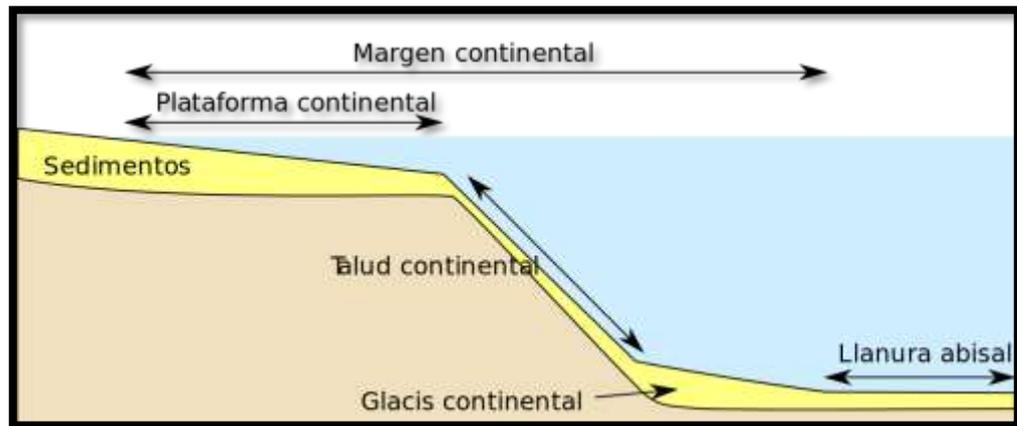


Figura 1: Terraplén vial, Vista del talud

(Fuente: Juárez, 2015).

2.1.2. Definición de estabilidad

Un talud lo podemos definir de la siguiente manera, por lo general en la mayoría de los proyectos de ingeniería civil (específicamente las obras viales) se generan en su mayoría por la intervención humana el cual estas solicitan el diseño de los taludes tanto en corte como en terraplén, siempre teniendo en cuenta el Factor de seguridad adecuada (Juárez, 2015).

Lo primero que se debe realizar para conocer los criterios que tiene un talud, realizado por las personas es que la inclinación del talud sea la adecuada en un corte o terraplén para así poder hacer más puntos y que sostenga (De Matteis, 2018).

Otro punto fundamental para la evaluación de taludes es el tipo de materia, ya que debido a este se determinaron los parámetros de resistencia al corte del suelo (Ángulo de fricción y cohesión).

En el caso de que si se encuentra un suelo con resistencia máxima es necesario obtener el factor de seguridad que nos pueda garantizar la estabilidad de taludes.

Si un talud presenta diferentes inclinaciones esta corresponde a variación de masas de material terreo por mover a lo cual se modifica los costos, por ende, las consideraciones de los costos dependen mucho del tipo de talud, que resultara ser el que corresponda, puede ser una mínima masas de tierra o como también un talud más empinado (Juárez, 2015).

Existen diferencias radicales entre los problemas de estabilidad de las pendientes naturales y los de las pendientes construidas por el ingeniero. Existen diferencias importantes, por un lado, en el tipo de material involucrado y por otro la resistencia, en toda una serie de circunstancias, que dependen de la formación de la pendiente y su historia geológica y las condiciones climáticas que prevalecen tales como la historia e influencia del hombre.

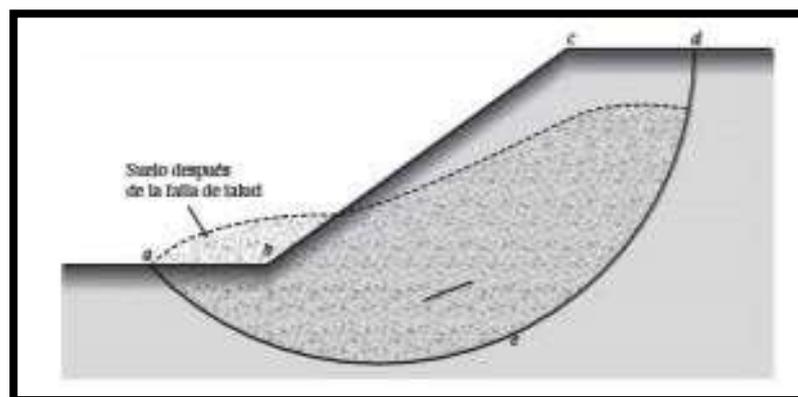


Figura 2: Estabilidad del talud

Fuente: (Braja, 2015)

2.1.3. Composición de falla de taludes

Cuando el suelo se destruye debido a una ruptura o desplazamiento, se llama deslizamiento de tierra, que ocurre debajo de cierta pendiente, lo que hace que el movimiento se caiga, mientras que otro movimiento desaparece de toda la tierra de esa pendiente.

Uno de los factores más importantes que se da en una falla de taludes son: el tipo de suelo, contenido de agua elevada, la baja resistencia al cortante y la carga excesiva del suelo (Juárez, 2015).

Como bien se sabe los deslizamientos se generan de distintas formas Ver (Tabla1), es decir de forma rápida o de forma lenta, estas pueden ser provocadas o sin provocación aparente, etc. Por lo general, la consecuencia de este tipo de daño es a través de excavaciones o cortes al pie de la pendiente.

Sin embargo, las fallas también pueden ocurrir en otras situaciones, que pueden deberse a una mayor presión de separación causada por fugas, o debido a la desintegración gradual de la estructura del suelo.

Tabla 1		
<i>Principales tipos de deslizamientos</i>		
Tipos de talud	Tipos de fallas	
talud natural	Deslizamientos Superficiales (Creep)	
	Flujos	
talud artificial (cortes y terraplenes)	movimiento del cuerpo del talud	falla rotacional
		falla trasnacional

Tabla 1: tipos de deslizamientos en taludes

Fuente: (Elaboración Propia)

Si bien se sabe, el movimiento de la pendiente es el tipo de deslizamiento que estudiaremos en esta investigación.

Este fenómeno se describe y se explicará en detalle en los siguientes párrafos.

✓ **Movimiento del Cuerpo del Talud**

Se pueden generar grandes movimientos en el que puedan afectar a grandes masas de suelo, y estas a su vez penetran profundamente en el cuerpo y posteriormente puede estar afectando al terreno de fundación.

Según Braja (2015) nos da a conocer que el área de falla surge porque las fuerzas de corte actúan en su desarrollo futuro, que a su vez estas sobrepasan la resistencia al corte del tipo de suelo; debido a esto se puede generar rupturas de este, ya que la formación de la superficie de deslizamiento es en el que se produce la falla, generalmente este tipo de fallas se puede apreciar en los taludes artificiales de corte o terraplén.

Estos fenómenos se designan como nombre "deslizamientos de tierra" y se pueden examinar en dos tipos bien diferenciados y marcados.

a) Falla rotacional

Generalmente este tipo de falla se generan en taludes artificiales que se da a lo largo de su superficie. Este tipo de falla ocurre porque el esfuerzo cortante activo excede la resistencia del material.

El tipo de material en el cual estas fallas se producen son de materiales arcillosos homogéneos o como también en suelos con comportamiento mecánico que pueden ser regidos por su fracción arcillosa.

Por lo general estas fallas afectan zonas profundas del talud, siempre teniendo en cuenta la pendiente ya que a mayor pendiente mayor profundidad.

Según la posición donde pasa el extremo de masa giratoria, generalmente se conoce un fallo de rotación. Estos pueden aparecer en o frente a fallas de volumen (fallas locales) y también afectan el terreno (fallas de base) donde se encuentra la pendiente.

Es necesario resaltar que el tipo de superficie en el que la última falla mencionada anteriormente, se puede profundizar hasta poder llegar a una zona de tierra o estrato resistente en el cual se encuentre el talud, lo que puede provocar un límite de superficie de la falla estudiada (Braja, 2015).

Para poder conocer más a fondo este tipo de falla y aplicado a un suelo arcilloso, el Ángulo de inclinación del talud debe sobrepasar los 53° y se le conoce como un suelo arcilloso homogénea, por lo tanto, podemos asumir que la superficie donde ocurre la falla se le conoce como “falla de pie” (Braja, 2015).

Por lo anteriormente mencionado los errores de rotación se indican dónde termina el final de la masa giratoria. Esto puede suceder cuando la superficie de la falla se guía a través del cuerpo en pendiente (falla local), a su pie o frente a ella y afecta el terreno en el que se encuentra la pendiente (falla básica).

Cabe señalar que la superficie del último tipo de falla puede profundizar hasta que alcanza una capa más resistente.

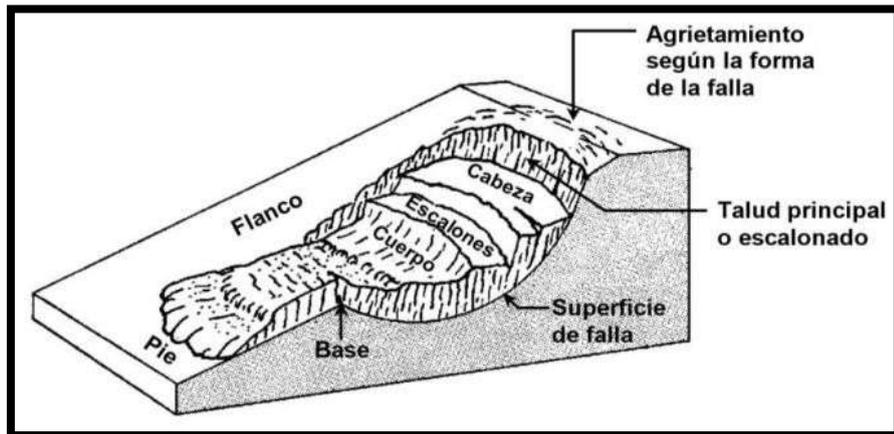


Figura 3: falla en taludes de forma rotacional.

Fuente: (Suárez, 2016)

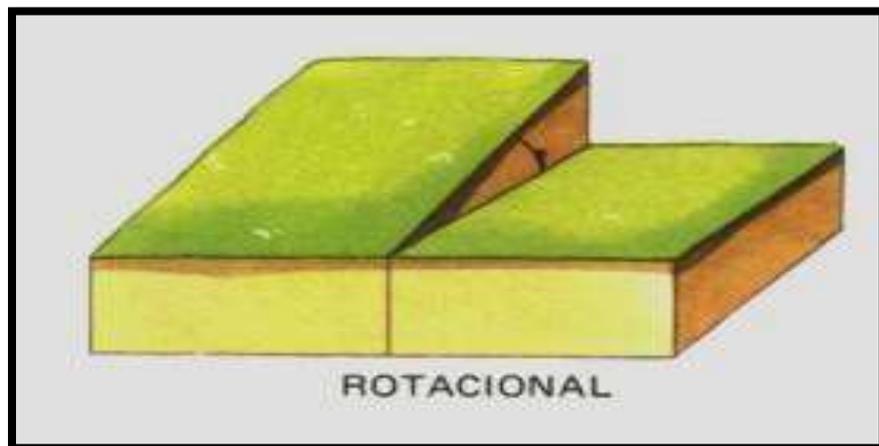


Figura 4: falla rotacional

Fuente: (Suarez, 2016)

b) Falla Traslacional

Este tipo de fallas se produce generalmente por un deslizamiento instantáneo, consiste en que el cuerpo del talud se genera en superficies de fallas por lo general planas, y estas a su vez se encuentran localizados a una baja profundidad de talud (Juárez, 2015).

La superficie en el ocurre este tipo de fallas se desarrolla de forma paralela al estrato débil y a su vez se generan con las superficies curvas en el cual estas producen agrietamientos.

El tipo de suelo que por lo general producen este tipo de fallas se les conoce como arcillas blandas, arenas finas u otro tipo de suelo como el limo sin presencia de arcilla.

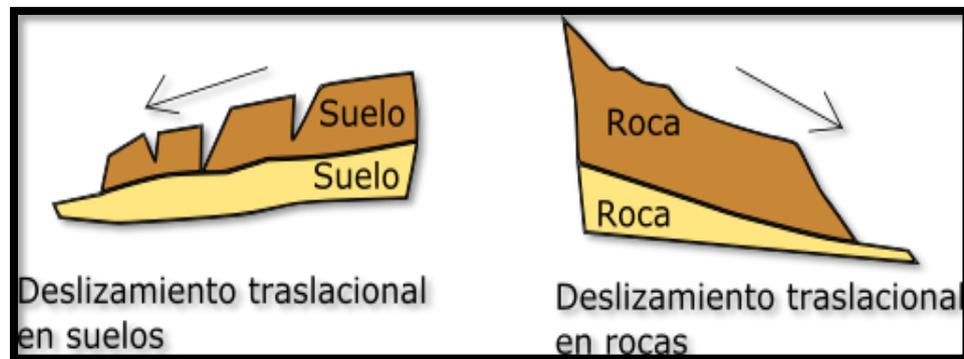


Figura 5: Tipos de fallas traslacionales.

(Fuente: Juárez, 2015)

2.1.4. Métodos de análisis

Para el análisis de estabilidad de taludes se estudia fenómenos de rotura o estado último de masas de suelo. El responsable de que un talud este inestable es debido al peso del mismo, la fuerza de la masa y también puede influir las filtraciones de agua que ocurren en estas como también podemos agregar otros factores como sobrecarga, etc. (Braja, 2015).

Para comprender la estabilidad de las pendientes en un determinado tipo de suelo, lo primero que debe hacer es poder determinar el coeficiente o factor de seguridad del deslizamiento de tierra, siempre que se compare el estrés generado por el deslizamiento de tierra.

Uno de los factores más importantes por la que se generan es por el peso de la masa deslizante, como también las sobrecargas de las mismas y el empuje de agua por las grietas existentes (Valiente, Sobrecases, & Díaz, 2015).

En el Perú existen normativas en el cual nos da a conocer el factor de seguridad a emplear. Esta se presenta en el siguiente cuadro según temporalidad de la obra y la situación de cálculo en el que se encuentra. En la tabla N°2 se presenta un resumen de las normativas vigentes en el Perú.

Tabla 2				
<i>Coefficientes de seguridad en el análisis de estabilidad de taludes</i>				
normativa	Talud Temporal		Talud Permanente	
AASHTO LRFD	1.33-1.53	1.1	1.33-1.53	1.1
NAVFAC-DM7	1.30-1.25	1.20-1.15	1.5	1.20-1.15
FHWA-NHI-11-032	-	1.1	-	1.1
CE.020	-	-	1.5	1.25

Tabla 2 Coeficientes de seguridad que se emplea en el análisis de estabilidad de taludes

Fuente: (Valiente, Sobrecases, & Díaz, 2015)

De lo anterior se puede entender que en uno de los muchos aspectos, la naturaleza y la homogeneidad de los componentes son la base para representar y definir los problemas de estabilidad de taludes.

El método de cálculo utilizado para definir la estabilidad define un mecanismo de falla general que se deriva naturalmente de la experiencia, y sobre esta base, se analizan las fuerzas que tienden a generar movimiento, como la gravedad, la filtración y la presión del agua.

Debe compararse con las fuerzas que pueden desarrollarse y tienden a prevenir los mecanismos de destrucción del suelo, las raíces y otras resistencias a través de un proceso.

✓ **Problemática de un talud en la infraestructura vial del Perú**

Como bien sabemos en el Perú los peligros que se generan principalmente son por deslizamientos y derrumbes y uno de los factores muy importantes para que ocurra este tipo de peligros es por consecuencia de las intensas lluvias que ocurren, uno de las principales incidencias que se producen son en los flancos y laderas de fuerte pendiente, también en lugares como los valles de la costa y en la selva alta (Ministerio del Ambiente, 2015).

La constante ocurrencia de estos daños perjudica principalmente a la población y a las infraestructuras dañadas, ya sea para actividades, turísticas, económicas, etc. Lo cual hace considerar como un peligro (Ministerio del Ambiente, 2015).

El factor principal en el que se produce los deslizamientos es por la inestabilidad de talud, también por el socavamiento que se producen en el pie del talud inferior, por las modificaciones que se dan en el talud natural entre otras cosas (Ministerio del Ambiente, 2015)

Tabla 3

Vulnerabilidad física de vías según los departamentos del Perú (%)

Tabla 3			
<i>vulnerabilidad física de vías según los departamentos del Perú</i>			
Dpto.	Muy Alta (%)	Alta(%)	Total(%)
Amazonas	1.59	0.42	2.01
Ancash	4.36	1.91	6.27
Apurímac	1.36	2.08	3.44
Arequipa	1.96	2.51	4.47
Ayacucho	1.91	0.9	2.81
Cajamarca	3.32	1.62	4.94
Cusco	1.38	1.38	6.03
Huancavelica	1.6	1.51	3.11
Huánuco	1.44	1.35	2.79
Ica	0.4	0.4	1.08
Junín	2.54	2.54	6.8
La Libertad	1.05	1.09	2.14
Lambayeque	0.27	0.08	0.35
Lima	1.4	0.46	1.86
Loreto	0.36	0.45	0.81
Madre de Dios	0.71	0.61	1.32
Moquegua	0.65	0.75	1.4
Pasco	1.07	1.07	1.93
Piura	0.63	0.63	1.2
Puno	1.79	1.79	1.09
San Martín	2.52	0.3	2.82
Tacna	1.02	1.02	1.65
Tumbes	0.15	0.17	0.32
Ucayali	0.61	0.59	1.2
No determinado	0.06	0.05	0.11
TOTAL NACIONAL	39.27	25.65	64.92

Fuente: (Ministerio del Ambiente, 2016)

Como se puede ver, las infraestructuras en nuestro país presentan un gran conjunto de tramos vulnerables, en el cual en el cuadro que se muestra en la parte superior nos hace conocer que hay un 65% de las infraestructuras viales que se hallan en una alta y muy alta vulnerabilidad física, lo que quiere decir que son zonas muy inestables.

Según el Sistema Nacional de Carreteras (SINAC), los departamentos con las redes de carreteras del vecindario son los más afectados, con 13% y 40% respectivamente.

Su factor es que su recorrido atraviesa la sierra y a su vez esta zona es muy propensa a inundaciones, huaycos debido a la gran inestabilidad del suelo, también se sabe que es inestable según su tipo de suelo, planicies con mal desagüe, entre otros.



Figura 6 de la Carretera hacia la sierra central

Fuente: Google Earth

Según las investigaciones que se dio, en el Perú el método que se utilizó para mejorar la estabilidad de taludes es mediante el uso de los geosintéticos, lo cual generó una mejora de la tecnología y efectivo ante problemas de inestabilidad de talud esto con el fin de mejorar sus propiedades físicas y mecánicas, por otra parte, aún no se ha implementado el uso de las fibras PET para suelos arcillosos.

El uso de la fibra hacia el suelo que forma la pendiente mejora la resistencia al corte, aumenta la estabilidad y resiste la posible deformación. Este estudio es una opción ecológica.

2.1.5. Suelos arcillosos

La arcilla es un material natural, de tamaño fino con presencia de plasticidad, al ser mezclado con una cierta cantidad de agua.

Sus propiedades químicas son Si, Al y H₂O, como también la presencia de Mg, Mn, Fe, Ca y K.

Según la clasificación granulométrica, para considerar que el suelo sea arcilloso debe de ser de acuerdo con la clasificación de Wentworth, de acuerdo a este método una arcilla varía de 0.002-0.075mm, cuando el suelo cumpla este rango se le considera como suelo arcilloso.

✓ **Problemas que se generan al tener este tipo de suelos**

- Problemas relacionados

Por lo general, en la mayoría de estructuras de ingeniería civil, ya sean puentes, carreteras, edificaciones, túneles, muros de contención, presas, canales, etc., deben estar cimentadas sobre una superficie de tierra o dentro de ellas.

Por ende, se sabe que el suelo arcilloso es uno de los materiales que más se contradice según su utilidad para las obras civiles. Generalmente la ubicación de los suelos arcillosos se sitúa en áreas donde hay frecuentes lluvias, por ende, esto es un factor importante para el desarrollo del comportamiento de la arcilla frente a la ingeniería civil.

Del mismo modo, su composición química se caracteriza principalmente por la presencia de Si, Al y H₂O, y cantidades variables de Mg, Mn, Fe, Ca, Na y K. Según las impurezas que contiene, su color también es diferente, es blanco cuando es puro. (Braja, 2015).

Los suelos arcillosos son los más peligrosos para todo tipo de estructuras que requieran cimentación, además se puede deducir que es un problema frecuente para la inestabilidad del terreno con presencia de este material, para un proyecto ya sea de terraplén o fines de cimentación no cumplen con los requisitos por su mala calidad y poca resistencia.

Se encuentran comúnmente en los tramos de carretera propuestos., estos suelos tienen altas deformidades y un índice de plasticidad, lo que complica su trabajo y su uso en la construcción de estructuras de tierra.

Además, las pendientes de la presa generalmente son inestables con estas propiedades, lo que resulta en deslizamientos de tierra y deslizamientos de tierra, e incluso es probable que ocurran deslizamientos de tierra.

✓ **Técnicas de mejoramiento de suelos arcillosos**

Para mejorar un suelo, consiste en modificar sus propiedades y características de un suelo, en este caso del suelo arcilloso, mediante acción físico y haciendo la mezcla con algún tipo de material que mejore su comportamiento.

- Aumentar las propiedades y/o la resistencia al corte.
- Reducir los asentamientos.
- Reducir o eliminar el riesgo de licuefacción.
- Optimizar las propiedades del suelo: resistencia mecánica, estabilidad volumétrica, durabilidad, permeabilidad y compresión.

Tipo de suelo	Condiciones climáticas			
	A. Precipitaciones normales y abundantes (más de 500 mm por año)		B. Precipitaciones escasas y condiciones desérticas (menos de 500 mm por año)	C. Aguas subterráneas salinas
	Valor más probable	Gama de valores medidos	Gama de valores medidos	Gama de valores medidos
Aluvial y arcillas livianas	5 Ω m	*	*	1 a 5 Ω m
Arcillas (excluyendo el aluvial)	10 Ω m	5 a 20 Ω m	10 a 100 Ω m	3 a 10 Ω m
Gredas (por ejemplo, greda Keuper)	20 Ω m	10 a 20 Ω m	50 a 300 Ω m	3 a 10 Ω m
Tierra calcárea porosa (por ejemplo, greda)	50 Ω m	30 a 100 Ω m	50 a 300 Ω m	10 a 30 Ω m
Arenisca porosa (por ejemplo, arenisca Keuper y esquistos arcillosos)	100 Ω m	30 a 300 Ω m	> 1.000 Ω m	10 a 30 Ω m
Cuarzo y piedra caliza compacta y cristalina (por ejemplo, carboníferos, mármol, etc.)	300 Ω m	100 a 1.000 Ω m	> 1.000 Ω m	30 a 100 Ω m
Pizarras arcillosas y esquistos pizarrosos	1.000 Ω m	300 a 3.000 Ω m	> 1.000 Ω m	30 a 100 Ω m
Granito	1.000 Ω m	300 a 3.000 Ω m	> 1.000 Ω m	30 a 100 Ω m
Pizarras rajadizas, esquistos gnéisicos y rocas ígneas	2.000 Ω m	> 1.000 Ω m	> 1.000 Ω m	30 a 100 Ω m

Figura 7 Métodos de Tratamiento del Suelo en función al Tamaño de Grano.

Fuente: (Revista Ingeniería Eléctrica 2018)

Los campos de aplicación de diferentes tecnologías están determinados fundamentalmente por el tipo y el tamaño de las partículas del suelo que se van a mejorar, la estabilización y el refuerzo son las principales tecnologías utilizadas para la arcilla.

2.1.6. Cohesión de suelos

Generalmente se comporta como un suelo en el cual sus partículas se adhieren y se juntan, su composición es de suelos finos.

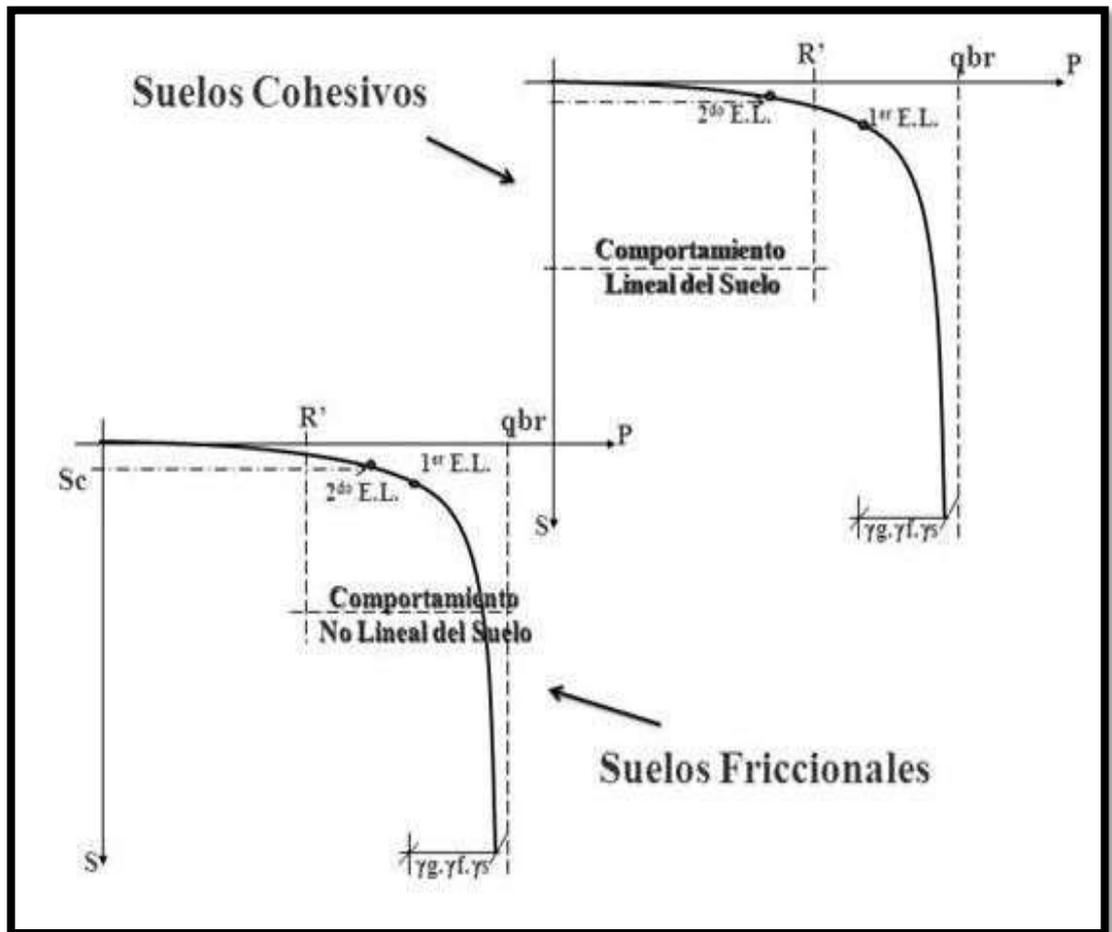


Figura 8 Clasificación de suelos

Fuente: (Ingecivil.net 2017)

Por lo general este tipo de suelos no son aptos para realizar ningún tipo de estructura, por su composición y comportamiento, debido a ello se está tomando en cuenta la incorporación de mejorar sus propiedades agregándole fibras.

2.1.7. Angulo de Fricción del suelo

Se le conoce ángulo de fricción al equivalente que el ángulo tiene con la dirección de la fuerza horizontal.

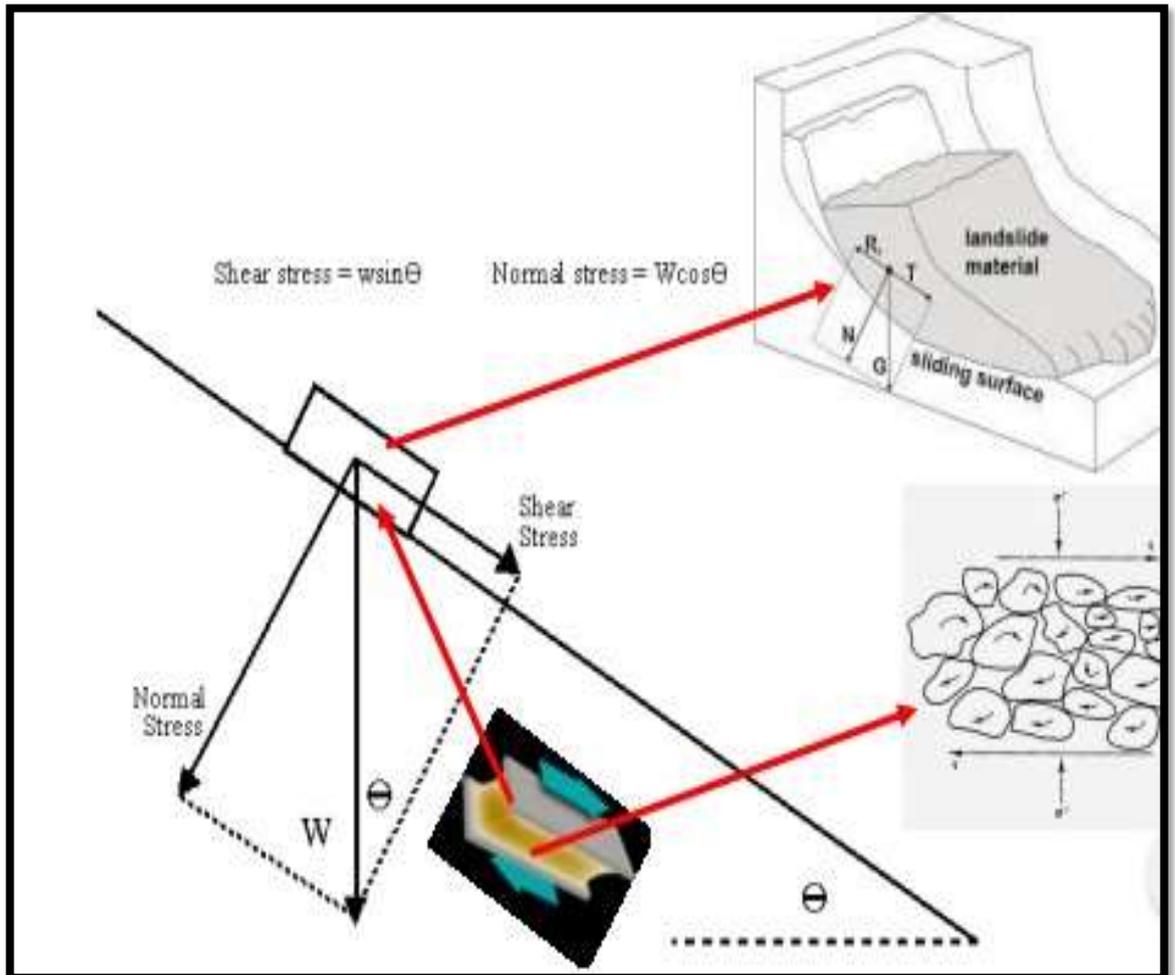


Figura 9 Angulo de Fricción - Características de los suelos arcilloso al incorporar otro tipo de material en su composición

Fuente: (Ingecivil.net 2017)

- **Estabilización Química**

Se refiere principalmente al uso de ciertos productos químicos patentados, especialmente el reemplazo de iones metálicos y los cambios en la composición del suelo involucrados en el proceso.

- **Cloruro de Sodio:** Son impermeables y reducen el polvo en el suelo, principalmente para arcilla y limo.
- **Escorias de Fundición y Polímeros:** Se utiliza en un aglutinante bituminoso para darle mayor durabilidad, impermeabilizarlo y extender su vida útil.
- **Cloruro de Calcio:** Son impermeables y reducen el polvo en el suelo, principalmente para arcilla y limo.
- **Productos Asfálticos:** Es una emulsión ampliamente utilizada para afeitar materiales sin cohesión.
- **Cal:** Reduce la plasticidad de los suelos de arcilla y es muy económico.
- **Cemento Portland:** acrecienta la resistencia del suelo y se usa primordialmente para arena fina o grava.

- **Reforzamiento de Suelos aplicando Geosintéticos**

Hay muchos tipos de productos geosintéticos comerciales, ya sea geomembrana, geotextil, malla abierta o geomalla.

Para su procesamiento respectivo, se utilizan principalmente polímeros plásticos. Estos son los más destacados de poliéster, polietileno, polipropileno y poliamida.

Cuando este tipo de material geosintético se aplica a las estructuras del suelo, produce mejoras en el refuerzo, la filtración, el drenaje y la separación. Debido a su particularidad, se pueden utilizar en suelos cohesivos y granulares. En otros lugares, la tecnología es más adecuada para estabilizar terraplenes o cavar pendientes.

Antes de usar geotextiles, se deben considerar algunos factores, uno de los cuales es la resistencia al impacto y la resistencia a la abrasión, la permeabilidad y la distribución del tamaño de poro. Uno de los factores más importantes es la resistencia a la degradación. Finalmente, también puede resistir la intemperie a largo plazo en el sitio.

Las capas de refuerzo geosintéticos estabilizan las pendientes posibles errores de liquidación cuando se usan como capas de refuerzo horizontales escuela primaria.

La pendiente de refuerzo puede ser parte del ajuste y / o la pendiente reforzar los costados de los terraplenes. Las capas de refuerzo permiten pendientes tomado con más desviaciones más empinada que en pendientes no forzadas.

- **Reforzamiento de Suelos con Adición de Fibras**

Para reforzar un suelo, esta da a conocer que la masa de suelo se le está aplicando un tipo de mejora para su resistencia al corte, en este caso sería la adición de la fibra. El suelo reforzado tiene su principal función que es estabilizar, aumentar su resistencia al corte y disminuir asentamientos.

Anteriormente se ha estado usando otro tipo de métodos con el fin de mejorar un suelo, esto eran aplicados aleatoriamente en la matriz del suelo, algunos de esos materiales son: tiras de metal, mallas, hojas entre otros.

Suelos en el cual se añadieron fibras poliméricas. estas fibras se usan como elemento de refuerzo hacia un suelo y para su mejoramiento pueden ser de origen natural o artificial.

Existen muchos tipos de fibras, ya sean de animales, vegetales o artificiales, en el cual para el caso de mejoramiento de suelos con fines de estabilizar los taludes se está utilizando fibras de polietileno.

- **Características del tipo de fibra**

Existe un sinfín de fibras poliméricas, para este caso solo se nombrará los más resaltantes y la de mayor producción a nivel mundial. Estas son:

- Poliacrilonitrilo PAN. (alta tenacidad y estándar)
- Poliamidas. (Varios tipos de poliamida)
- Poliéster PES. (estándar y alta tenacidad)
- Polietileno Tereftalato PET.
- Polipropileno PP. (atáctico, isotáctico: estándar o alta tenacidad)

- **Las propiedades de la fibra**

- ***Propiedades mecánicas y físicas***

- Tenacidad (N/tex): esta debe ser una mejora en su tenacidad y debe aumentar su esfuerzo.
- Densidad (g/cm³): cuando menor sea la densidad, aumentara la superficie de fibra para un mismo peso dado.
- Diámetro (μm): cuando el diámetro sea menor aumentara la superficie específica para un mismo peso.
- Título (dtex): el peso de 10.000m lineales de fibra o filamento en pesos.
- Longitud y Forma: Debido a su amplia característica de cada polímero, tanto en su forma, aplicación entre otros puede variar sus formas y longitudes.
- Superficie específica (mm²/m): Dependiendo del polímero y la forma en que se obtiene, la superficie puede ser lisa o rugosa, lo que en este caso aumenta la superficie específica y por lo tanto aumenta la fricción con otros materiales.
- Módulo de rotura (kPa): Es la resistencia a la rotura de la pieza durante las pruebas de compresión.
- Módulo de elasticidad (kPa): Este es el módulo medido durante las pruebas de torsión.

- **Elección de las fibras según su aplicación**

Debido a las propiedades intrínsecas de los polímeros, la forma en que se obtiene y los aditivos que se pueden incorporar al polímero, existe una amplia variedad de fibras en el mercado con diferentes propiedades, originalmente diseñadas para su uso.

Han sido fabricados para todos los ámbitos de la vida en la industria textil. El principal factor o característica que debe mencionarse en la selección final es el costo final de la fibra, que cumple con ciertas especificaciones o expectativas en una proporción razonable.

Si el área de superficie específica de la fibra debe ser muy alta, ya que su función es proporcionar resistencia al deslizamiento, se puede seleccionar una fibra de diámetro pequeño y, si es posible, se puede seleccionar una sección redonda o rugosa uniforme para proporcionar un área de superficie más grande por unidad de peso.

Si debe ser biodegradable, las fibras naturales o sintéticas con diferente composición animal o vegetal o química se usan con las fibras solo por un período de tiempo o en contacto con ciertas sustancias o agentes de descomposición.

Todos estos sitios u opciones de fibra deben compensarse por su costo y facilidad de uso en el mercado.

Las fibras reprocesadas o regeneradas (fibras reprocesadas después de uno o más procesos de fabricación) generalmente se venden en el mercado a un precio más bajo que las fibras frescas, pero generalmente tienen ciertas propiedades, especialmente en términos de módulo de rendimiento de ruptura, Para cumplir con los requisitos necesarios para los materiales de refuerzo del suelo.

- ***Propiedades químicas y medioambientales de la fibra PET***

- Su alta resistencia a los disolventes.
- Mejor resistencia a los rayos UV y a la intemperie.
- Aumento de su resistencia a los microorganismos.
- Alta resistencia a los ácidos y álcalis.
- Resistencia a la humedad (material inerte).

- **Ventajas y aplicaciones**

Las ventajas más importantes de mejorar el suelo mediante la adición de fibra son (Li, 2015):

- ❖ El refuerzo de fibra se puede lograr utilizando máquinas de construcción convencionales. Los pisos reforzados con fibra se pueden compactar utilizando métodos estándar sin riesgo de dañar el refuerzo.
- ❖ A diferencia de los geo-sintéticos, las fibras no necesitan un área de anclaje extendida para desarrollar toda su resistencia, minimizando así la necesidad de excavación.
- ❖ Los materiales que se pueden usar para las fibras son muy económicos, lo que hace que este tipo de refuerzo sea muy competitivo, y también se pueden obtener reciclando polímeros.

Hay muchos suelos ricos en fibra: estabilizando las pendientes, fortaleciendo las superficies de las carreteras y mejorando los suelos potencialmente licuados.

Los pisos de fibra han demostrado su eficacia en la corrección de defectos en pendientes existentes y en la construcción de nuevas pendientes.

En dos proyectos de aplicación exitosos, Estados Unidos es uno de los países con mayor producción científica en la adición de fibras de polímeros a suelos inestables para mejorar la estabilidad de la pendiente o talud.

- **Polietileno Tereftalato (PET)**

El PET corresponde a un conjunto de materiales llamados poliéster. A su vez esta forma parte de del grupo de los termoplásticos, es por ello que esta es una de las razones por las cuales el PET se puede reciclar.

Estas son fabricadas con derivados de petróleo, gas y aire (sus porcentajes están entre los 64% 23% y 13% respectivamente).

En dos proyectos de aplicación exitosos, Estados Unidos es uno de los países con mayor producción científica en la adición de fibras de polímeros a suelos inestables para mejorar la estabilidad de la pendiente.

En 1946, recién comenzaba a usarse en la industria, se denominan fibras textiles y todavía están floreciendo en la actualidad.

- Propiedades y características:

El PET es un material caracterizado por su alta pureza y tenacidad. Según muchos estudios y pruebas realizadas, tiene transparencia y resistencia química. Este polímero no se estira, tiene alta resistencia al calor y absorbe muy poca agua.

En países como Europa y Asia ya se está a mayor escala el uso del reciclaje de botellas de plástico, ya sea en fibras o geotextiles, en gran porcentaje en el mundo su reciclaje está aumentando.

En Perú, debido a la limitada investigación que confirma su utilidad, no se ha implementado un plan integral para el reciclaje de PET y la reutilización de fibra, por lo que el mercado de destino es limitado.

- Otras propiedades destacables del PET son:
 - ❖ Procesable por soplado, inyección y extrusión.
 - ❖ Muy buen coeficiente de deslizamiento.
 - ❖ Buena resistencia química y térmica.
 - ❖ Transparencia y brillo con efecto lupa.
 - ❖ Alta resistencia al desgaste.
 - ❖ Apto para producir botellas, películas, láminas, fibras y piezas.
 - ❖ Muy buena barrera a CO₂, aceptable barrera a O₂ y humedad.
 - ❖ Excelentes propiedades mecánicas.
 - ❖ Reciclable, aunque tiende a disminuir su viscosidad con la historia térmica.



Figura 10. Fibras PET

**Fuente: Asociación Nacional de Envasadores de PET (ANEP-PET)
2019**

- **Propiedades mecánicas del PET**

- Densidad

La densidad del PET está dentro del rango de 1.3-1.4 g/cm³

- Coeficiente de Fricción

Redunda entre los 0.2-0.4

- Resistencia

La resistencia se mide de acuerdo a sus propiedades mecánicas del material, esto se mide en Mpa.

- **Situación actual del reciclaje**

El reciclaje de PET comenzó en 1974 y actualmente es el plástico el más reciclado del mundo. Cada pieza se puede reciclar de varias maneras, desde botellas nuevas hasta telas no tejidas, fibras, alfombras, envases de PET termoformados y ropa de fútbol similar al diseño de Nike para la Copa del Mundo.

Algunos estudios han demostrado que reciclar PET puede mejorar sus propiedades ecológicas, lo que ya es muy bueno. Además, producir una tonelada de PET limpio y reciclado en lugar del PET original puede ahorrar 14067 kWh de energía y reducir 6700 kg de emisiones de gases de efecto invernadero (PET resing Ass0ciation, 2019).

- **A nivel mundial**

Norteamérica ya tiene una infraestructura completa de reciclaje de PET. Un informe del 2012 sobre actividades de reciclaje de envases de PET post-consumo mostro que la tasa general de reciclaje de PET en los Estados Unidos aumento en un 31% (Napcor & APR, 2013).

En Europa, se reciclaron más de 110 millones de botellas de PET en 2015, lo que representa el 62% del consumo de la región.

La legislación de la UE que exige la recogida y reutilización de materiales de embalaje respalda este crecimiento.

En Asia, la tasa de reciclaje de PET es cercana al 80% (Reliance Industries Limited, 2011). Solo en india, hay alrededor de 10,500 unidades formales y otras 12,000 unidades informales de reciclaje.

Aunque la recolección es la clave para la industria del reciclaje en América Latina, donde no existe una cultura segmentada en origen. Sin embargo, las cifras de recuperación tienen un gran potencial.

- **A nivel nacional**

Los desechos sólidos de Perú incluyen principalmente desechos de cocina y desechos de alimentos orgánicos, que representan el 57.0% del total de desechos, seguidos por el plástico 12.5% y los desechos peligrosos 7.4%.

A nivel nacional, solo hay 12 vertederos autorizados, por lo que aproximadamente el 90% de los vertederos finalmente aparecerán en el mar o en contenedores informales, de los cuales aproximadamente 1,850.

Producción anual de 2.8 billones de envases de plástico PET (alrededor de 50,000 toneladas). Equivalente a 1,784.753 barriles de petróleo, esta cifra puede alimentar 10,500 vehículos en el mismo año. Además, según datos de la organización no gubernamental ciudad saludable (2016), cada año se utiliza menos del 15% de PET para reciclar.

El 90% de la industria de reciclaje de PET en Perú está compuesta por recicladores informales, que se obtienen principalmente de vertederos, carreteras públicas, playas ribereñas, casas y pequeñas empresas que generan dichos desechos durante su trabajo.

Estos desechos se venden luego a pequeñas plantas de reciclaje que trituran el plástico para recibir o granulan la chatarra para obtener el gránulo.

Sin embargo, en Perú, aún no se ha implementado un sistema completo para reciclar y reutilizar el PET en la fibra, ya que no hay investigación técnica para confirmar su uso a gran escala, por lo que el mercado de destino es limitado.

Régimen de tratamiento general para envases PET usados disponibles en el mercado con opciones para llevar a cabo programas de reciclaje en Perú.

2.1.8. Fundamentos geotécnicos aplicados

2.1.8.1. Resistencia cortante del suelo

La resistencia al corte del suelo es la resistencia interna por unidad de área que la masa del suelo puede ofrecer debido a fallas y deslizamientos a lo largo de cualquier plano dentro del suelo. (Braja, 2015).

Los ingenieros deben idear principios de resistencia a la cizalladura del suelo para verificar defectos, tales como:

- Aforo de carga de cimentaciones superficiales.
- Estabilidad de taludes naturales.
- Evaluación de la presión lateral de tierra para el diseño de estructuras de detención de tierras.
- Aforo de carga de pilotes y pozos perforados.

La resistencia al corte general es generalmente una función de la cohesión entre las partículas del suelo (c) y la resistencia a la fricción entre las partículas sólidas (ϕ).

Criterio de falla de Mohr-Coulomb

Las suposiciones es que el material fallara debido a las combinaciones critica de esfuerzo normal y esfuerzo cortante (en lugar del esfuerzo cortante o esfuerzo cortante habitual).

Los ingenieros deben idear principios de resistencia a la cizalladura del suelo para verificar defectos, tales como:

Luego, de acuerdo con el criterio de falla de Mohr-Coulomb la resistencia al corte τ_f del suelo se da de acuerdo con la siguiente formula:

$$\text{Fórmula: } \tau_f = c + \sigma \tan \phi$$

Dónde:

τ_f = Esfuerzo cortante en el plano de falla.

c = Cohesión del suelo.

σ = Esfuerzo normal en el plano de falla.

ϕ = Ángulo de fricción interna.

La cohesión (c)

Se define como la adhesión entre las partículas del suelo, que se debe a la fuerza de atracción entre ellas debido a la fuerza molecular y la película de agua.

Por lo tanto, si la humedad del suelo cambia, su cohesión cambiará. La unidad es kg / cm² o kPa. La arcilla tiene una alta cohesión de 0.25 kg / cm² a 1.5 kg / cm² o más.

Casi no hay suelo limoso, y la cohesión en la arena es casi nula (Juárez, 2005).

El ángulo de fricción interna (ϕ)

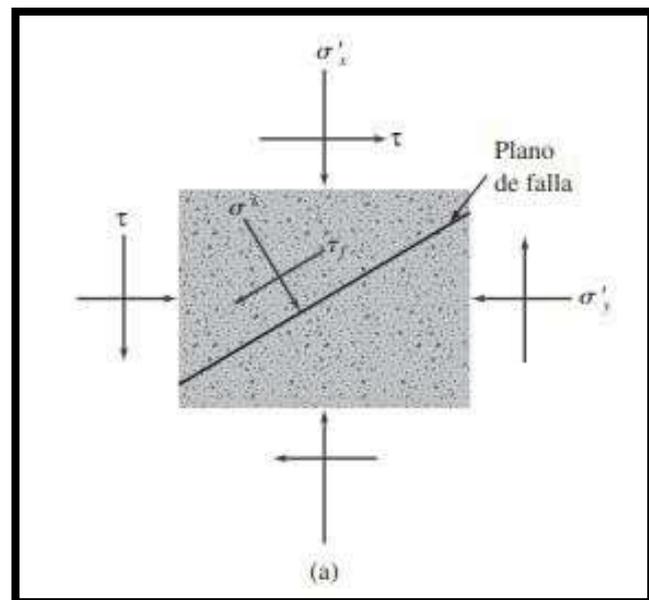
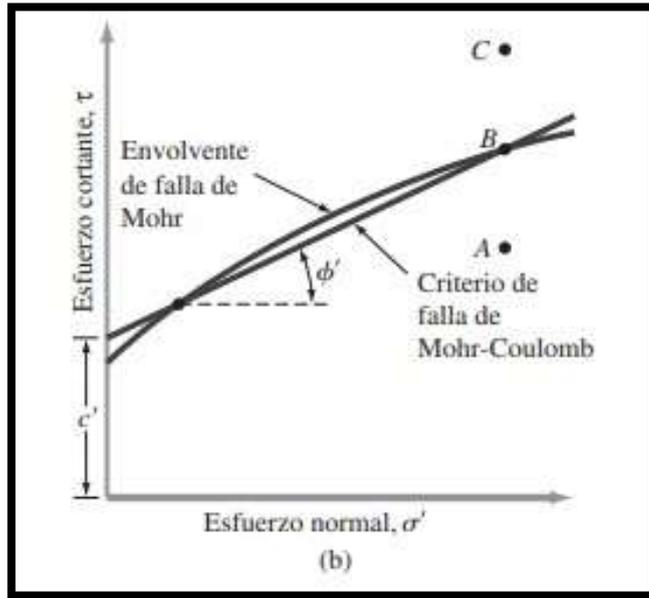
El ángulo entre el eje de las fuerzas normales y la tangente a la envoltura de Mohr en un punto es indicativo de una condición particular de rotura de la tensión del material sólido; es decir, corresponde al ángulo en el que su tangente es la relación entre la fuerza que se desliza, a lo largo de un plano, y la fuerza normal ejercida sobre ese plano.

El ángulo de fricción interna depende de la uniformidad de las partículas del suelo, el tamaño y la forma de las partículas, y la presión normal; para arcillas de plástico viscosas con una consistencia cercana al límite del líquido, el valor cambia casi de 0° , para seco, denso y angular. La grava y la arena granulares tienen valores de hasta 45° o más (Villalaz, 2004).

El grado de significación de la cubierta de ruptura se puede ilustrar de la siguiente manera: si el esfuerzo cortante y la presión del plano normal están en una masa de suelo (Fig. 11) tal que se trazan como el punto A en la Fig. 11, entonces ocurre la falla o cizalla a lo largo de este plano.

Si el esfuerzo normal y el esfuerzo cortante en el plano se representan gráficamente como el punto B (que cae sobre la vaina rota), se producirá una falla cortante a lo largo del plano.

El estado de tensión en el plano representado por el punto C en la figura 11 no existe porque su curva está por encima de la envoltura de falla y la falla se ha cortado en el terreno (Braja, 2015).



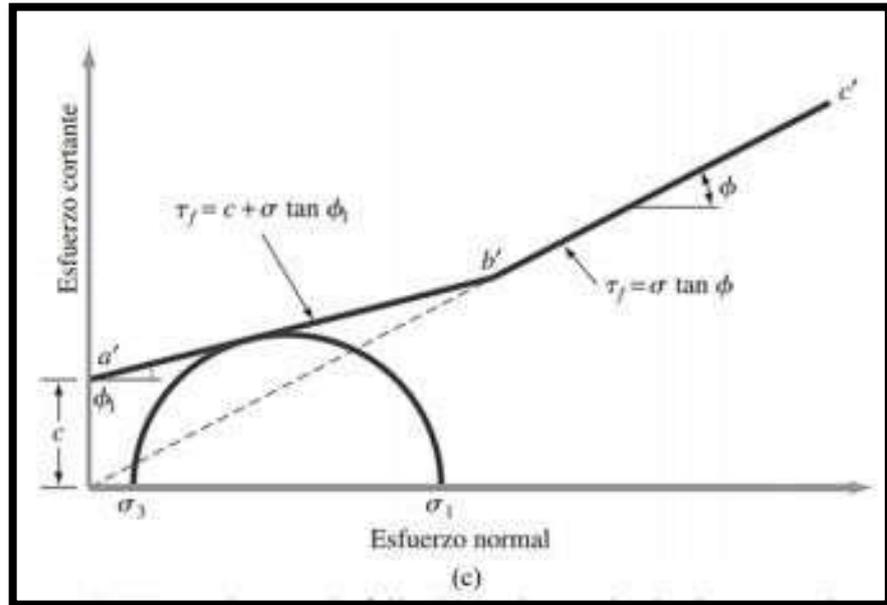


Figura 11 Envolvente de falla de Mohr y criterio de rotura de Mohr-Coulomb.

Fuente: (Braja, 2015)

En general, los suelos generalmente tienen cohesión interna y fricción; Sin embargo, hay dos casos límite:

- a. Arena lavada y seca sin cohesión, donde la carga de ruptura es:

$$\text{Fórmula: } \tau_f = \sigma \tan \phi$$

Cruzando por el origen de la envolvente del círculo de Mohr, como se observa en la Figura 12.1 y 12.2.

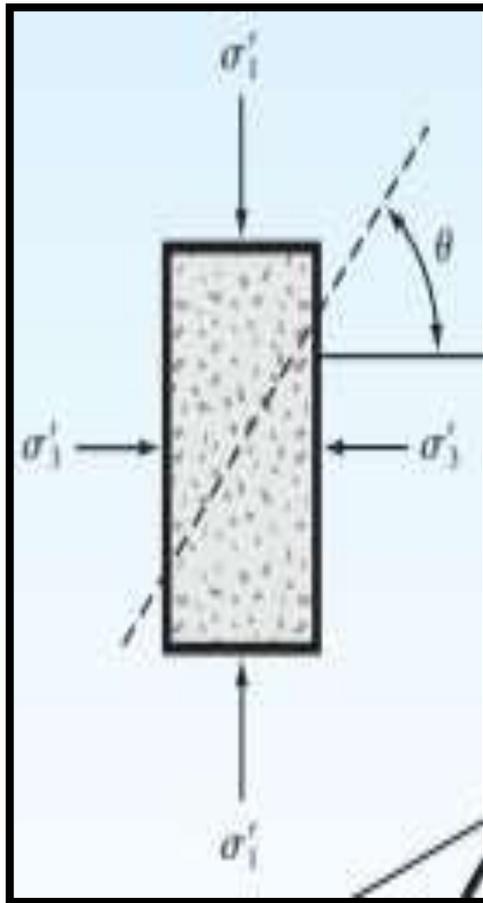


Figura 12.1
Ángulo de fricción de
esfuerzos efectivos para
suelos
Fuente (Braja, 2015)

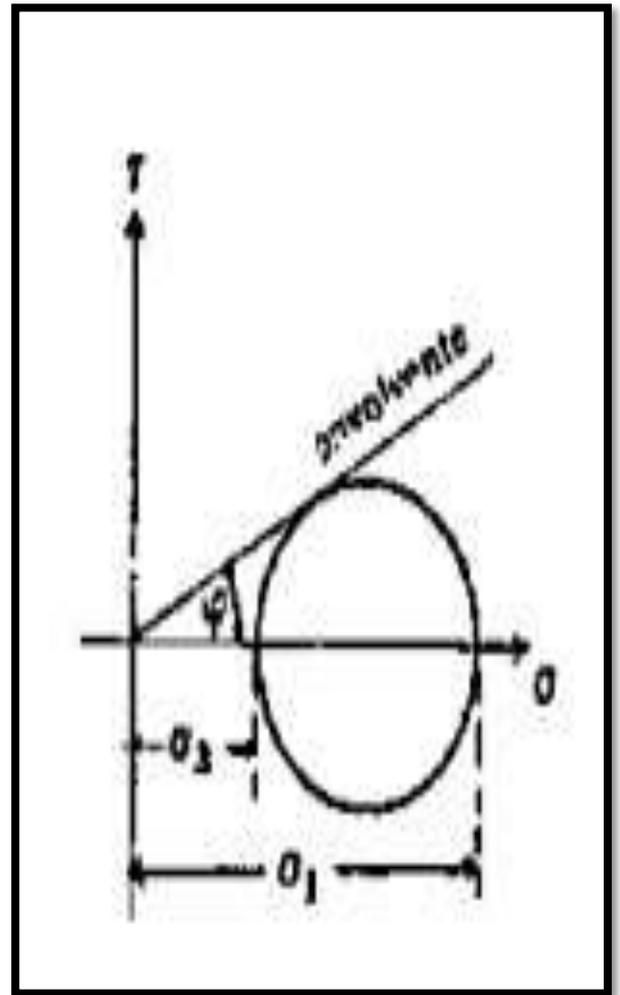


Figura 12.2
Suelos arenosos sin
cohesión.
Fuente (Villalaz, 2016)

- b. La arcilla blanda saturada que aparece como ϕ será igual a cero, obteniendo así una carga de rotura constante e igual a la cohesión del suelo.

Por lo tanto, como se muestra en la figura 13, σ_1 y σ_3 son las tensiones principales y la tensión unitaria de ruptura durante una compresión ilimitada, entonces:

$$\text{Fórmula: } \tau_f = c$$

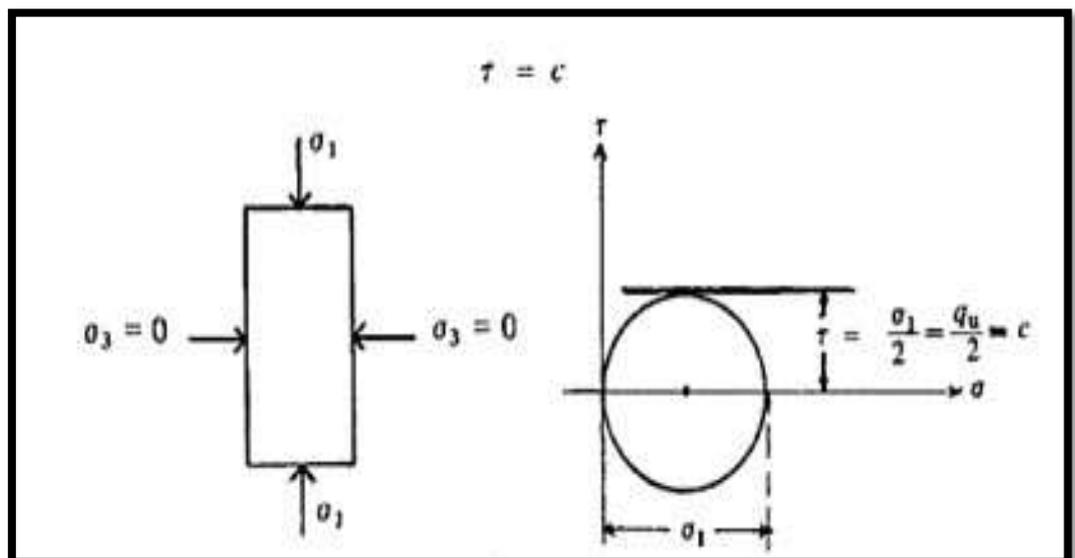


Figura 13 Resistencia al corte de arcillas blandas saturadas.

Fuente: (Villalaz, 2016)

Determinación de los parámetros de resistencia cortante

En el laboratorio, los parámetros de resistencia al cizallamiento del suelo están determinados principalmente por dos tipos de pruebas: prueba de corte directo y prueba de compresión triaxial. (Brasil, 2015).

Las pruebas de corte directo son fáciles de ejecutar, pero poseen algunas restricciones o se limitan de forma inherentes, aparte de la poca confiabilidad de los resultados que se obtienen mediante estas pruebas.

Esto resultó en pruebas que no permitieron que el suelo se rompiera a lo largo del plano más frágil, sino que causó que el suelo se rompiera a lo largo de la caja de corte.

Además, la distribución del cizallamiento por tracción en la superficie de fractura de la muestra no es uniforme. A pesar de estas deficiencias, para arena seca o saturada, la prueba de corte directo es la más simple y económica. (Brasil, 2015).

Asimismo, la prueba o ensayo de compresión triaxial es el indicado y confiable para realizar pruebas de resistencia del suelo y el que se realizó para el presente proyecto de investigación-experimental.

- **Ensayo de compresión triaxial**

La prueba de compresión triaxial consiste en colocar cargas axiales (σ_1) y restricciones (σ_3) para simular las condiciones reales de esfuerzo del suelo. Es el método más confiable y útil para determinar los parámetros de resistencia al corte.

Es ampliamente utilizado en investigaciones y pruebas tradicionales. Se cree que la determinación o prueba es confiable por las siguientes razones:

- Proporciona información sobre el comportamiento de esfuerzo deformación del suelo, que no se muestra en la prueba de corte directo.
- Proporciona escenarios de tensión más uniformes que las pruebas de corte directo o las pruebas que concentran la tensión en el plano ancho de la falla.
- Provee mayor flexibilidad en métodos de la trayectoria de la carga.

Las pruebas de cizallamiento triaxial generalmente usan muestras de suelo con un diámetro de 70 mm y una longitud de 140 mm. La muestra se envuelve en una película delgada de goma y se coloca en una cámara cilíndrica de fluorita, generalmente llena de agua o glicerina. La muestra está limitada al comprimir el fluido en la cámara.

Para causar una fractura por corte en la pieza de prueba, el pistón cargado verticalmente aplica tensión axial (también llamada tensión de deflexión). La tensión se incrementa mediante el uso de un reductor de velocidad o una prensa de carga hidráulica para aplicar tensión axial a una velocidad constante.

Por lo tanto, en esta prueba, la resistencia es el esfuerzo axial máximo o la desviación que el suelo puede resistir sin fallar bajo una cierta presión límite. (Braja, 2015).

El suelo compactado se somete a un mayor esfuerzo axial o desviación, es decir, se obtiene una mayor resistencia.

Después del pico de la curva, se producirá la destrucción, pero debido a la presión aplicada limitada y la reorganización de la muestra, el suelo continuará deformarse y resistir tensiones por debajo de la tensión máxima.

Esta disminución en la curva continúa hasta que el suelo se convierte en una tensión axial constante o llamada "resistencia residual". (Braja, 2015)

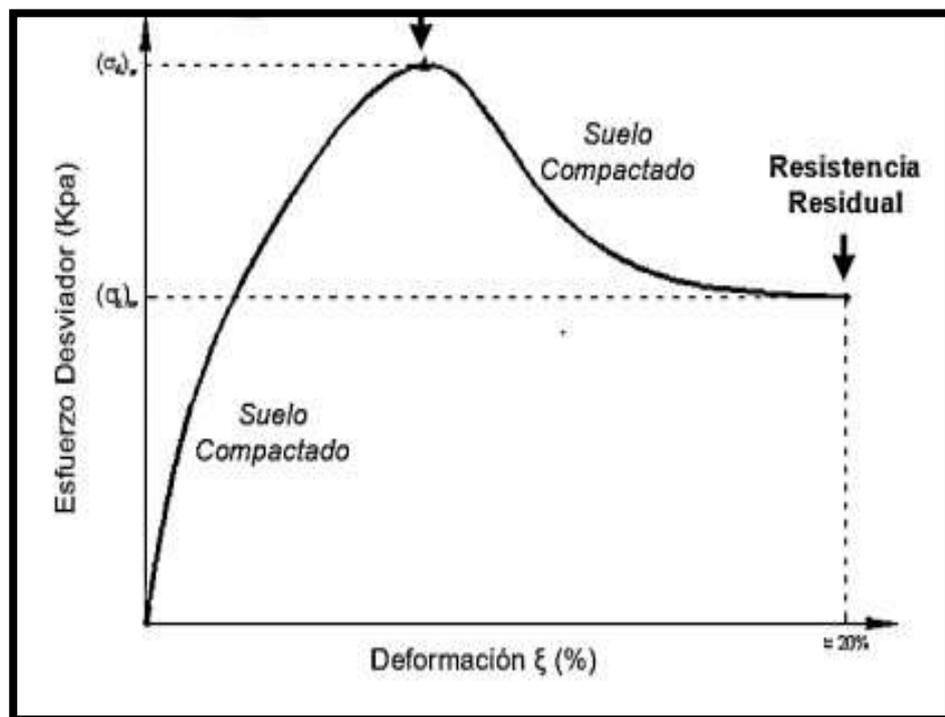


Figura 14 Curva esfuerzo-deformación del ensayo de compresión triaxial.

Fuente: (Braja, 2015)

- **Ensayo de compresión triaxial no consolidada y no drenada (UU)**

Esta disminución en la curva continúa hasta que el suelo se convierte en una tensión axial constante o llamada "resistencia residual". (Braja, 2015).

El ensayo UU es usualmente llevado a cabo sobre especímenes de arcilla.

Primero, aplique presión de ionización hidrostática a la muestra, y luego rompa inmediatamente el suelo mediante la aplicación de una carga axial para obtener la información de tensión de deformación hasta que se alcance la resistencia máxima.

Tres círculos con diferentes valores de fuerza principal siempre duplican la presión cada vez, dibujan una envoltura de Mohr-Coulomb y finalmente encuentran la cohesión y el ángulo de fricción interna del suelo. (Monereo, 2015).

En este tipo de triaxiales, las tensiones efectivas no están determinadas, por lo tanto, los parámetros obtenidos son una función de las tensiones totales. (Braja, 2015).

Para arcilla saturada (figura 15.1), la envoltura de falla del esfuerzo total del criterio de Mohr se convierte en una línea horizontal, y la condición es $\phi = 0^\circ$ (ángulo de fricción) y $c = c_u$, donde la resistencia al corte sin drenaje de c_u es igual al círculo de Mohr Radio (Braja, 2015).

Por otro lado, cuando se evalúan las arcillas no saturadas y compactadas con un contenido óptimo de humedad (Figura 15.2),

bajo el criterio de Moore de tensión total, la envolvente de falla es tangente al círculo encontrado, con la condición de que $\phi \neq 0^\circ$ (ángulo de fricción), donde $\tau_f = c + \sigma \tan\phi$ resistencia al corte (Braja, 2015).

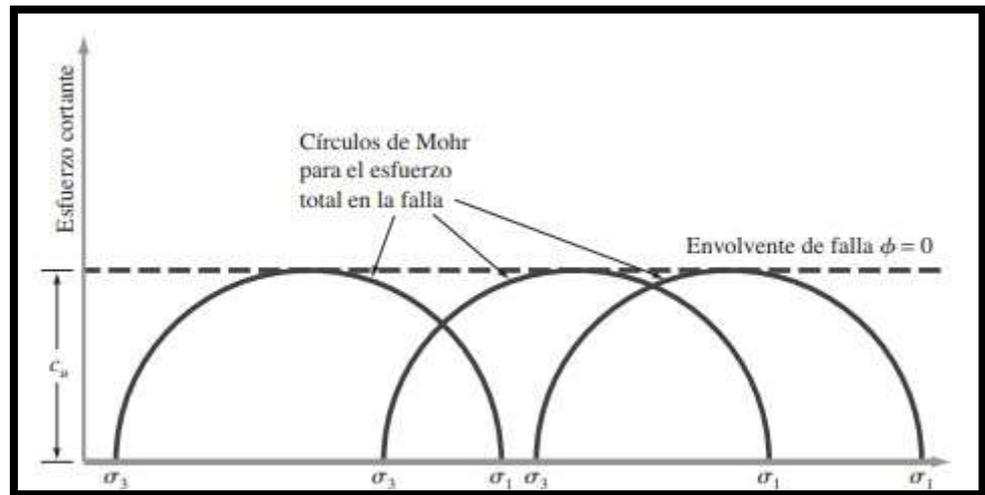


Figura 15.1 Ensayo Triaxial UU. Arcillas Saturadas.

Fuente: (Braja, 2015)

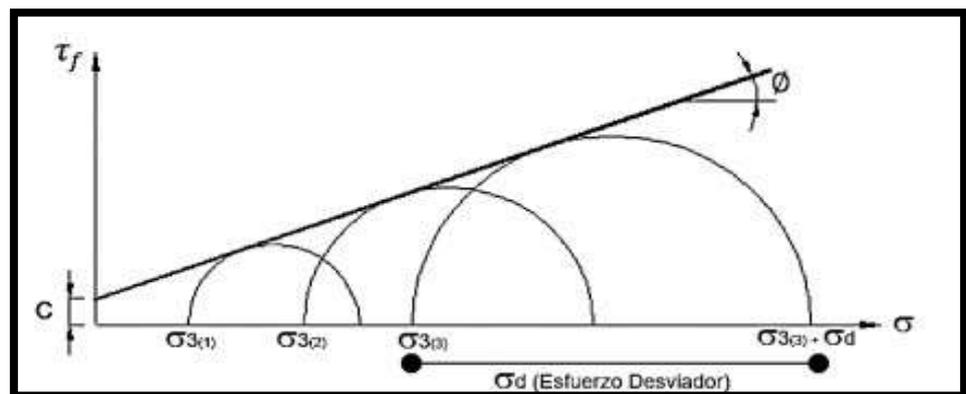


Figura 15.2 Ensayo Triaxial UU. Arcillas No Saturadas y Compactadas.

Fuente: (Braja, 2015)

- **Cálculo de la estabilidad de taludes**

De hecho, el factor de seguridad (F.S.) se utiliza para determinar la estabilidad de la pendiente, que se obtiene del análisis matemático de estabilidad. Ajustar F.S.

Suponiendo que puede haber errores, el ingeniero tiene una herramienta de toma de decisiones muy útil. Existen muchos tipos de métodos para calcular la estabilidad de la pendiente, pero en general, el factor de seguridad se define como:

$$\text{Fórmula: } FS_s = \frac{\tau_f}{\tau_d}$$

Dónde:

FS_s = Factor de seguridad con respecto a la resistencia.

τ_f = Resistencia media del suelo al corte.

τ_d = Esfuerzo cortante promedio desarrollado a lo largo de la superficie potencial de falla.

Cuando FS_s es igual a 1, la pendiente está en un estado de falla inminente. En general, para un diseño de pendiente estable, es aceptable un valor de factor de seguridad de 1.5 en relación con la resistencia.

Método de Bishop

Este método utiliza la superficie de falla, divide el área de falla en cortes verticales, obtiene la fuerza combinada y la fuerza de cada corte, y combina estas fuerzas para obtener el factor de seguridad (Figura 16).

Las fuerzas que intervienen en una dovela son:

- i. Peso o fuerza de gravedad, que puede descomponerse en tangente y normal en la superficie de fractura.
- ii. Resistencia y fuerzas de fricción que actúan esencialmente sobre la superficie de fractura.
- iii. Presión sobre el suelo y fuerzas de corte en las paredes entre segmentos.

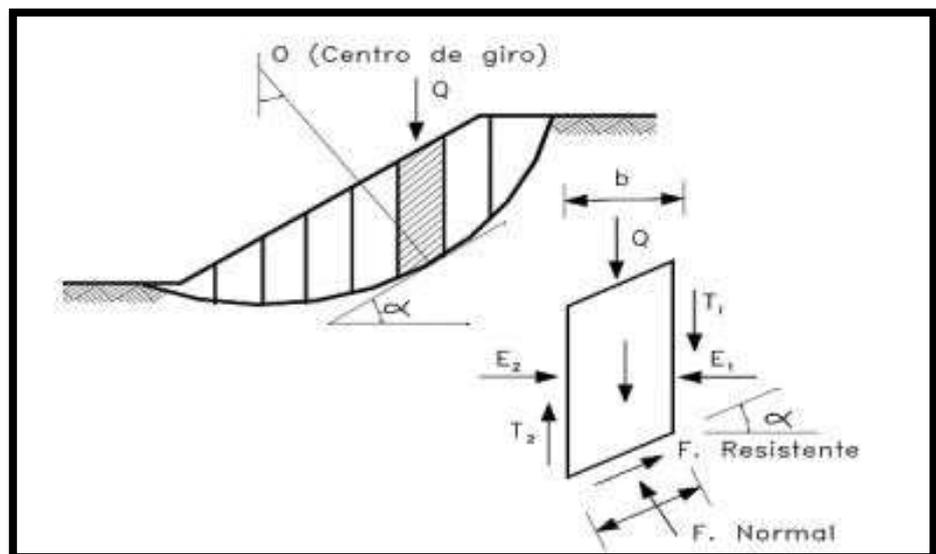


Figura 16 Fuerzas que actúan sobre una dovela en el Método de Bishop.

Fuente: (Villalaz, 2016)

La difícil solución de Bishop es muy complicada, por lo que de acuerdo con la siguiente fórmula, se utiliza una versión corta de su método:

Fórmula:

$$F. S. = \sum [Cb + (W - ub) \tan \phi / ma] / \sum W \sin \alpha$$

Dónde:

$$ma = \cos \alpha (1 + [\tan \alpha \tan \phi / F.S.])$$

W = Peso total de cada tajada.

u = Presión de poros = $\gamma_w h_w$ (Cuando hay presencia de agua).

b = Ancho de la tajada.

C, ϕ = Parámetros de resistencia del suelo.

α = Ángulo del radio del círculo de falla con la vertical bajo el centroide en cada tajada.

Este método tiene en cuenta, en sus hipótesis básicas, que las fuerzas de contacto entre dos segmentos se tienen en cuenta, pero no tienen impacto, porque están equilibradas.

Para las características computacionales, estas fuerzas se consideran cero. Encontrar el factor de seguridad requiere un proceso iterativo (Braja, 2015).

Formulación del problema

¿Como varia la estabilidad de taludes al incorporar la fibra PET reciclada aplicada a los suelos no friccionantes cohesivos?

Hipótesis

Hipótesis general

Al incorporar la fibra de polietileno tereftalato (PET) reciclada se aumenta la estabilidad de taludes en los suelos no friccionantes cohesivos.

Hipótesis específicas

- Al incorporar la fibra de polietileno tereftalato (PET) reciclada de 20 mm de longitud y 0.5 mm de diámetro al 0%, 0.3%, 0.6%,0.9%,1.2% y 1.5% del peso en seco, afectara significativamente en el aumento de los valores de la resistencia del suelo arcilloso a diferentes especímenes.
- Al incorporar la fibra de polietileno tereftalato (PET) reciclada de 20 mm de longitud y 0.5 mm de diámetro al 0%, 0.3%, 0.6%,0.9%,1.2% y 1.5%del peso en seco, afectara significativamente en lo valores de cohesión del suelo arcilloso.
- Al incorporar la fibra de polietileno tereftalato (PET) reciclada de 20 mm de longitud y 0.5 mm de diámetro al 0%, 0.3%, 0.6%,0.9%,1.2% y 1.5% del peso en seco, afectara significativamente en los valores de ángulos de fricción del suelo arcilloso.

Justificación

Justificación Teórica

Esta investigación es con el fin de aportar al conocimiento que se ha obtenido hasta el momento de la fibra PET, dando a conocer sus cualidades y el uso de este mismo. La fibra PET puede ser utilizado de muchas maneras, y esta a su vez da muy buenos resultados e incrementa las propiedades de los suelos y tienes muchas ventajas con respecto a otros materiales.

Siendo la fibra PET utilizada en estos últimos años por el apogeo de las industrias de fibra textiles, acero y poliméricas abriendo así nuevos medios para utilizarlas, ya que mejora aspectos mecánicos de los suelos no friccionantes cohesivos en estado natural, asimismo al incorporar de manera alterna en el suelo, se ocasiona el aumento de resistencia al corte, logrando un suelo con una estabilidad de talud optima.

Justificación Práctica

En la presente investigación tiene como finalidad demostrar como la fibra PET puede ser usado de muchas formas, los beneficios que tiene, a su vez hacen que el suelo mejore sus características y propiedades.

Los proyectos viales que hay en el Perú son muy importantes, debido a que conectan con todo el interior del país ya sea costa, sierra y selva, está al sufrir algún tipo de bloqueo, accidente, derrumbe y/o deslizamientos ocasionados por la inestabilidad del terreno, genera grandes pérdidas ya sean sociales u económicas para el país.

La implementación de la fibra PET en estos últimos tiempos se debe a la toma de conciencia de parte de la población global acerca de la contaminación ambiental del planeta y de la administración vinculada a los recursos.

Según avanza el tiempo se hace difícil obtener los minerales y algunas materias primas, lo que ha ocasionado que los investigadores busquen alternativas, tales como el material reciclado de desperdicios, al igual que campos al que aplicar materiales renovables que existan.

justificación Metodológica

- Para la investigación actual, se propone una nueva alternativa técnica para mejorar la cohesión, resistencia y ángulo de fricción interna del suelo mediante la adición de fibras de PET, mejorando así la estabilidad de las pendientes aplicadas a los suelos cohesivos. Reciclar.
- El uso de este último material es debido a que en la actualidad ya empieza a generarse conciencia global acerca de la contaminación ambiental y del manejo que hacen con la materia prima de los recursos, conforme al avance del tiempo.
- La obtención de estos recursos se hace cada vez más difícil de ciertos minerales, lo cual está incentivado a que se busque nuevos materiales alternativos, así como la búsqueda de nuevos materiales renovables ya existentes, con fines de obras civiles.

Objetivos

Objetivo General

Determinar la variación de la estabilidad de taludes al incorporar la fibra PET reciclada aplicada en los suelos no friccionantes cohesivos.

Objetivos Específicos

- Determinar la variación del ángulo de fricción al incorporar la fibra PET reciclada aplicada en los suelos no friccionantes cohesivos relacionados con la estabilidad de taludes.
- Determinar la variación de la resistencia al corte incorporando la fibra PET reciclada en los suelos no friccionante cohesivo relacionados con la estabilidad de taludes.
- Determinar la variación de la cohesión al incorporar la fibra PET reciclada en los suelos no friccionantes relacionados con la estabilidad de taludes.

III. MÉTODOLOGIA

3.1. Tipo y diseño de investigación

3.1.1. Tipo de investigación

La investigación es de tipo aplicada, para MURILLO José (2015) nos menciona que, “la investigación aplicada lo conocen con el nombre de “Investigación Empírica o Practica”.

Por ello esta se caracteriza por ser una aplicación que busca la utilización de conocimientos que se adquieren, como también da soluciones a entornos de la problemática que se está planteando, así incrementar la estabilidad de un talud con suelo arcilloso.

3.1.2. Enfoque

Enfoque cuantitativo según Monje Carlos (2016), "Desde el punto de vista cuantitativo esta investigación científica, es un proceso de formas sistemática y ordenada que sigue una determinada línea de pasos.

Para plantear una buena investigación, esta consiste en proyectar el trabajo siguiendo una estructura lógica de estrategias y lógicas que a su vez pueda orientar a la obtención de respuestas correctas a los problemas que fueron indagados" (p.19).

3.1.3. Diseño

Según Arias Fidias (2015), "la investigación cuasi-experimental se refiere a someter a un sujeto o grupo de individuos a ciertas condiciones, estimulación o tratamiento (variables independientes) para observar el proceso de los efectos o respuestas que ocurren (variable dependiente))" pags. (3.4)

Asimismo, este diseño que se está empleando en la siguiente investigación es cuasi - experimental, debido a que se va a manipular la variable independiente (A) y medir la variable dependiente (B).

Por ello la presente investigación se apoyará en la observación de estímulos provocados en el laboratorio hacia la muestra, teniendo control en los estímulos aplicados a la muestra que se manipulará de manera intencional.

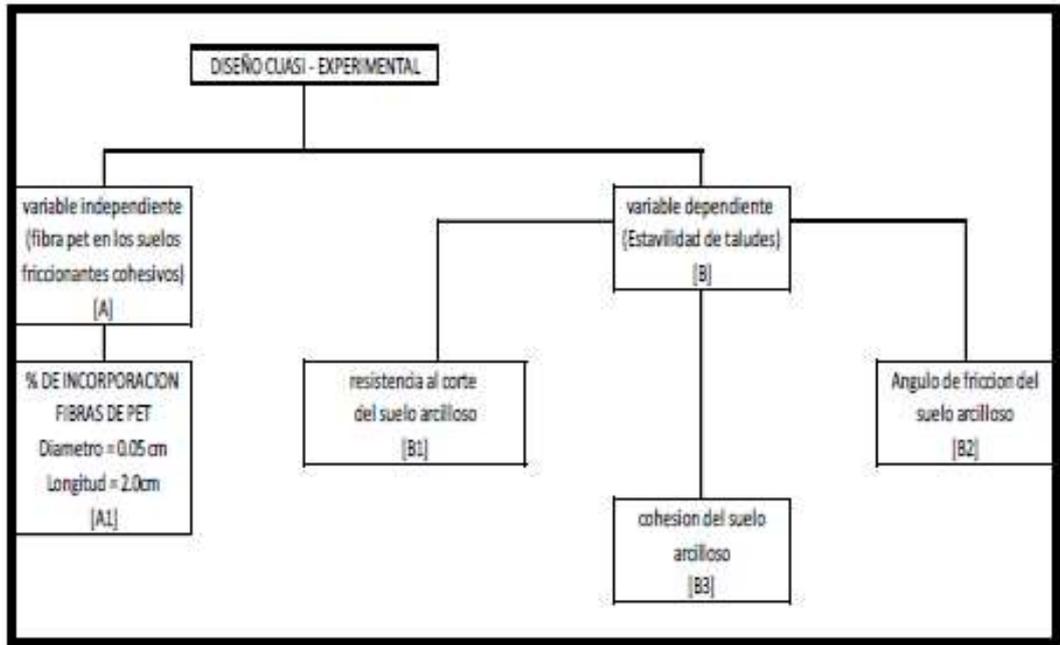


Figura 17 Definición de Variables

Fuente. Elaboración propia

Específicamente, este es un estudio experimental de un solo factor, por lo tanto, los investigadores seleccionarán al azar un porcentaje de incorporación de experimento variable independiente (el porcentaje de adición de fibra de PET) para estudiar el impacto en estas tres variables. Miembros de la familia.

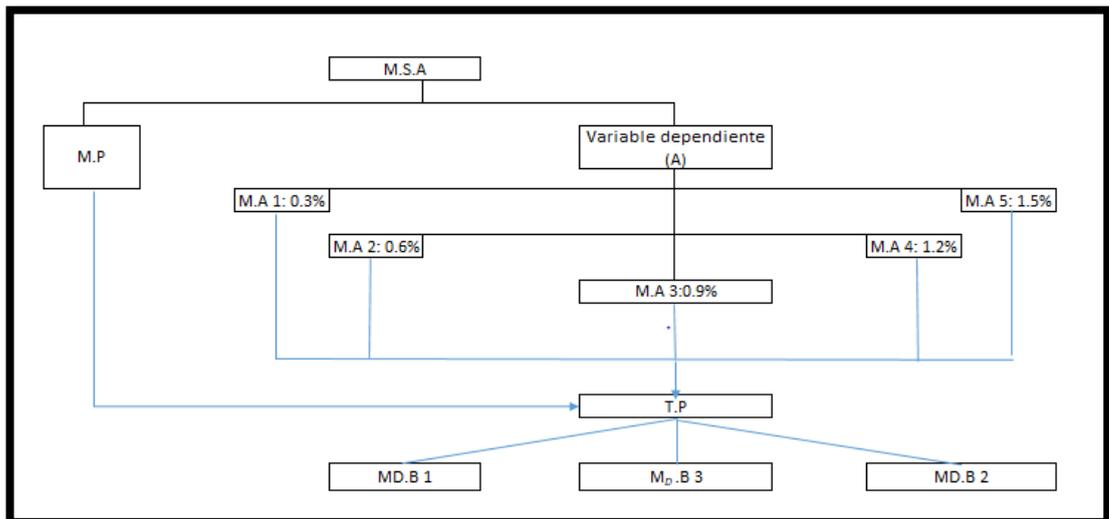


Figura 18 Diseño Experimental Unifactorial

Fuente. Elaboración propia

M.S.A: Muestra de suelo arcilloso

A: % de incorporación de fibras de pet con una longitud de 2.0 cm

M.P: Muestra patrón

M.A i: 0.3%, 0.6%,0.9%,1.2% y 1.5% de fibras de PET

T.P: Total de probetas de suelo arcilloso con y sin adición de fibras de PET para ensayos

MD.B1: Medición de la variable dependiente, resistencia al corte (kpa)

MD.B2: Medición de la variable dependiente, ángulo de fricción (kpa)

MD.B3: Medición de la variable dependiente, cohesión (°)

En el actual proyecto de investigación se realizará un total de 54 probetas cilíndricas de 7 cm de diámetro y 14 cm de longitud, con el fin de hacer los ensayos de corte directo con confinamientos de 30, 60 y 120 kPa.

De esta manera, la resistencia interna, el ángulo de fricción interna y la cohesión de la arcilla se pueden determinar sin agregar (muestra estándar) (la proporción de agregar cinco tipos de fibras de PET recicladas agregadas es 0.3%, 0.6%, 0.9%, 1.2% y 1.5 %) del peso seco.

Cálculo y distribución del total de probetas para ensayo de compresión triaxial UU						
% de adición de fibras de PET reciclado	Patrón (0.00 %)	Niveles				
		0.3%	0.60%	0.90%	1.20%	1.50%
N° de confinamientos (1)	3	3	3	3	3	3
N° de replicas (2)	3	3	3	3	3	3
N° de probetas (1) x (2)	9	9	9	9	9	9

Tabla 4 Cálculo y distribución del total de probetas para ensayo de corte directo.

Fuente: (Elaboración propia)

3.1.4. Corte

El corte de la investigación es transversal, este diseño se basa en recolectar información en un determinado momento de tiempo, el propósito es de representar las variables de la investigación y evaluar la relación que tienen entre sí. En resumen, es como fotografiar un acontecimiento histórico (Hernández, 2015.p. 151).

3.1.5. Nivel

Los niveles explicativos poseen como propósito investigar el acontecimiento de diferentes modalidades de las diferentes variables. Estos niveles están enfocados en la experimentación del contexto mediante la localización de las variables empleados a un conjunto de personas, fenómenos o situaciones ocurridas (Hernández, 2015.p. 153).

3.2. Variables y operacionalización

En la presente investigación se cuenta con dos variables las cuales son: la estabilidad de taludes siendo esta la variable dependiente y las fibras PET en suelos no friccionantes cohesivos nuestra variable independiente.

3.2.1. Definición conceptual

Variable dependiente

En el análisis de estabilidad de taludes, se resuelve el estado final de la ruptura del suelo. Los factores externos que causan inestabilidad son la fuerza, el peso y el efecto de filtración del suelo, y otros factores como la sobrecarga.

Variable independiente

Las fibras de PET son materiales puros porque tienen una alta resistencia, por lo que han demostrado resistencia química y transparencia en muchos estudios y pruebas realizadas. Este polímero no se estira y tiene una alta resistencia. Resistencia al calor y casi no absorbe agua.

3.2.2. Definición operacional

Variable dependiente

Para determinar la estabilidad del suelo, es necesario determinar el factor de deslizamiento o el factor de seguridad comparando el esfuerzo que tiende a producir un deslizamiento de tierra con el que tiende a evitar un deslizamiento del mismo, la inestabilidad más importante será el peso del bloque deslizante que ejerce otras fuerzas (como la sobrecarga de la estructura o el empuje del agua en las grietas).

Variable independiente

Debido a su durabilidad, impermeabilidad, estabilidad dimensional e insensibilidad a la humedad, es otorgada a muchos usos, sobre sale el destino de los envases de bebidas carbonadas y la producción de envases de alimentos, ya que no se deteriora ni causa efectos tóxicos a estos productos.

3.2.3. Indicadores

Variable dependiente:

- ❖ Resistencia al corte
- ❖ Cohesión
- ❖ Angulo de fricción
- ❖ Densidad.

Variable independiente

- ❖ Fallas de taludes
- ❖ Porcentajes de la fibra pet:0.30%, 0.60%, 0.90%, 1.20% y 1.50%

3.2.4. Escala de medición

Variable dependiente

- ❖ Se mide en KN.

Variable independiente

- ❖ Es el porcentaje (%) al momento de la incorporación

3.3. Población, muestra y muestreo.

3.3.1. Población

(Hernández y Mendoza, 2019) nos dicen que, “una población es un conjunto de todos los casos que estas concuerdan con distintas especificaciones” (p. 198).

Por ende, la población que se obtuvo para este proyecto está conformado por suelo arcilloso de la zona de Villa María del Triunfo, el cual se extrajo una cantidad determinada de suelo según lo que se necesita para realizar los ensayos de laboratorio.

Como población tenemos al fenómeno que será relacionado la incorporación de la fibra PET en suelos arcillosos, con fines de estabilizar y mejorar sus propiedades mecánicas y físicas.

3.3.2. Muestra

La muestra se seleccionó por métodos distintos basados en la población de estudio conservando sus características propias (Ñaupas et al, 2014. p. 248).

Para la selección del tipo de muestras se usa una técnica llamada muestreo, en el cual existen 2 tipos, probabilístico y no probabilístico.

Para la siguiente investigación se utilizará el Muestreo no Probabilístico e intencional, debido a que es un procedimiento se desconoce la probabilidad que cuentan los elementos de la población para incorporar la muestra, en estos casos el investigador debe escoger los elementos en base a criterios o juicios preestablecidos (Arias 2015, p.85).

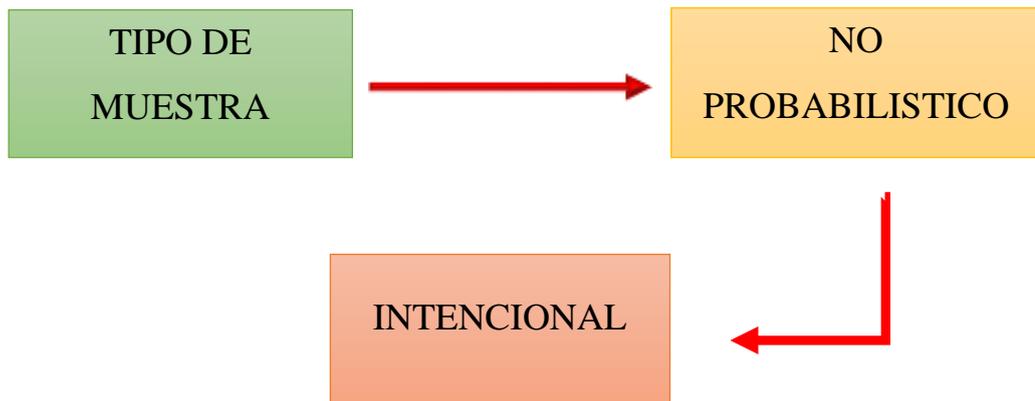


Figura 19 Muestreo

Fuente: (Elaboración Propia)

Tamaño de muestra

Son 100kg de suelo arcilloso extraídos del Distrito de Villa María del Triunfo-Lima; todo ello con el propósito de alcanzar la cantidad de muestra que se va a necesitar con las características de los suelos requeridos.

La arcilla extraída se reforzó con fibra de PET de 20 mm, que representaba el 0,3%, 0,6%, 0,9%, 1,2% y 1,5% del peso seco, respectivamente.

Todas las muestras extraídas se utilizaron para desarrollar este estudio experimental, como se muestra en la Tabla 5

Tabla 5
Distribución del tamaño de muestra

Ensayos	Norma	N° de Ensayos	Cantidad por Ensayo (kg)	Tamaño de Muestra total (kg)
PROPIEDADES FISICAS				
Granulometría por tamizado	MTC E 107	1	0.2	0.2
Limite Liquido	MTC E 109	3	0.5	1.5
Limite plástico e índice de Plasticidad	MTC E 110	3	0.2	0.6
Límite de contracción	MTC E 112	3	0.2	0.6
Humedad	MTC E 108	3	0.1	0.3
Gravedad Especifica	MTC E 113	3	0.2	0.6
PROPIEDADES MECANICAS				
Proctor Modificado	MTC E 116	1	18	18
Compresión triaxial estática - UU	MTC E 131 ASTM D 2850	54	1	36
TOTAL				57.8
FACTOR DE CORRECCION POR DESPERDICIO				1.5
TOTAL REQUERIDO				100

Fuente: (Elaboración propia)

- **Juicios para estimar el tamaño de muestra**

Justificación en el cual se va ver las posibilidades que tiene el investigador para la realización del proyecto de investigación, para ello se tomó en cuenta el financiamiento, como también el tiempo en el que disponen, en este caso es de (16 semanas de clases) para poder realizar la recolección de datos.

Debido a esto se puede justificar que el tesista trabaje con una muestra ajustada a sus posibilidades, siempre y cuando teniendo en cuenta no descuidar su representatividad (Arias 2015, p.87).

- En el presente trabajo de investigación, en el cual se está usando el muestreo no probabilístico y optando escoger una cierta cantidad de muestra que al investigador lo requiera a su conveniencia, el tamaño de muestra es de 100kg de suelo arcilloso, con el fin de alcanzar la cantidad de muestra requerida.
- El suelo arcilloso será reforzado por fibras PET a distintos porcentajes según lo investigado, al 0.3% 0.6% 0.9% 1.2% y 1.5% de su peso seco del suelo.

3.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

3.4.1. Técnicas de Recolección de Datos

En la investigación cuantitativa se pueden realizar de múltiples formas, entre ellas se encuentran los cuestionarios, guías de observación entre otras. En la investigación cualitativa se encuentran las entrevistas, cuestionarios abiertos, sesiones, biografías, entre otros (Hernández, 2014.p. 14).

Para el desarrollo de esta investigación se está empleando la técnica de Observación, en el cual se evaluará las propiedades del suelo arcilloso, todo ello mediante la obtención de datos de los laboratorios, modelado en el programa de Microsoft Excel.

3.4.2. Instrumentos de Recolección de Datos.

Los instrumentos se encuentran relacionadas con las técnicas, estas herramientas ayudan a recoger información para la investigación (Ñaupas et al, 2016. p. 138).

Esta investigación se procedió mediante las siguientes técnicas de recolección de datos:

- Análisis de la literatura, después del análisis y la inspección explicativa, puede seleccionar y recopilar datos relacionados con el tema de investigación.
- Observación directa, visualización en tiempo real de lo que sucede en el proceso, categorizando y registrando datos de acuerdo con el esquema planificado y la pregunta de investigación. Este último se utiliza en el proceso de obtención de una muestra representativa de arcilla, para que se puedan registrar sus características en estado natural; también en pruebas de laboratorio.
- Siga las normas en el "Manual de prueba de materiales" del Ministerio de Transporte y Comunicaciones de Perú (MTC) y la norma ASTM D 2850 de la Sociedad Americana de Pruebas y Materiales.

3.4.3. Validez y Confiabilidad

3.4.3.1. Validez

La validez en términos generales se refiere al grado en que un instrumento mide realmente la variable que pretende medir (Hernández Sampieri et al, 2014).

Para la validación de nuestro instrumento de recolección de datos se tiene como respaldo la opinión de 8 ingenieros colegiados, para lo cual se les dio 10 cuestionarios o preguntas con relación a nuestro trabajo de investigación.

Tabla 6. Normas

ENSAYO	NORMA
Granulimetria por Tamizado	MTC E 107
Granulometria por Hidrometro	MTC E 109
Humedad	MTC E 108
Limite Liquido	MTC E 110
Limite Plastico e Indice de Plasticidad	MTC E 111
Limite de Contraccion	MTC E 112
Gravedad Especifica	MTC E 113

Fuente: (Elaboración Propia)

3.4.3.2. Confiabilidad

La confiabilidad es una herramienta de medición, que se refiere al grado de aplicación repetida al mismo objeto para producir resultados iguales (Hernández Sampieri et al., 2014).

Para lo cual se usó los programas de SPSS y Excel en base a los datos que fueron recolectados del cuestionario, para lo cual se uso el alfa de Cronbach para conocer la confiabilidad de nuestro instrumento.

Tabla 7. Cuestionario

N° de item	N° de expertos							
	N°1	N°2	N°3	N°4	N°5	N°6	N°7	N°8
1	5	5	5	4	4	5	5	5
2	3	2	2	2	2	2	1	3
3	1	3	3	3	4	3	1	4
4	2	3	4	4	5	5	5	3
5	5	2	3	3	5	4	5	5
6	3	3	5	5	4	3	4	3
7	5	4	4	4	4	2	3	4
8	3	3	5	3	3	5	5	3
9	2	5	4	4	5	4	4	5
10	4	4	5	5	4	5	5	4

Fuente: Elaboración propia

Al término del proceso en el programa SPSS se obtuvo como resultado el siguiente cuadro:

Tabla 8. tabla de fiabilidad

Estadísticas de fiabilidad	
Alfa de Cronbach	N de elementos
,818	8

Fuente: SPSS

Según Ruiz (2002). Es recomendable que el instrumento tenga un resultado mayor a 0.81, para lo cual podemos deducir que nuestra confiabilidad es Muy Alta.

Tabla 9. Rangos de confiabilidad

RANGOS	MAGNITUD
0.81 A 1.00	Muy Alta
0.61 A 0.80	Alta
0.41 A 0.60	Moderada
0.21 A 0.40	Baja
0.01 A 0.20	Muy Baja

Fuente: (Elaboración Propia)

3.5. Procedimientos

Para la recolección de datos de dio con la secuencia de lo siguientes procedimientos:

- Se elaboro un plan de trabajo de laboratorio
- Preparación de herramientas
- Solicitud a la empresa D.L.S comercialE.I.R.L, para que nos brinden las muestras de fibras de polietileno de tereftalato (PET) debidamente reciclado, es una de mas materias primas de elaboración de limpieza como escobas y escobillones.
- Solicitud a las autoridades correspondientes del área de estudio para su respectiva extracción de la muestra de suelo.
- Ubicar e identificar el lugar de extracción de la muestra de suelo arcilloso
- Se procede a la extracción de la muestra específica del suelo arcilloso a una cierta profundidad.
- Distribución de los equipos y herramientas del laboratorio para realizar los ensayos correspondientes a la muestra de suelo arcillo natural.
- Distribución de los equipos y herramientas para realizar los ensayos de corte directo
- Distribución de los equipos y herramientas para poder realizar los ensayos de resistencia al corte.
- Ensayos de resistencia al corte con distintos porcentajes de adición de fibras PET reciclado.

3.6. Método de Análisis de Datos.

Para la realización del proyecto de investigación lo primero que se realizara es la extracción del material de estudio, y la compra de Fibras PET de la empresa D.L.S comercial E.I.R.L.

Luego de esto serán llevadas al laboratorio MTL GEOTECNIA para proceder sus respectivos ensayos y poder evaluar las propiedades del suelo.

Es primordial conocer el método cuantitativo, este tiene dos aspectos importantes, el primero es que los modelos estadísticos representan la realidad del contexto de estudio y sus resultados son las interpretaciones (Hernández, 2014.p. 270).

3.6.1. Estadístico inferencial

La ejecución de la verificación de la hipótesis trazada se llevó a cabo por medio del análisis de variación, usando la T Student, la cual sobrelleva a la ejecución de pruebas estadísticas, utilizando la distribución de Fisher (F).

3.6.2. Estadístico descriptivo

La ejecución de procesar los datos se llevó a cabo a través de la organización, descripción y presentación del vínculo durante la realización del proyecto de investigación con la mira de facilitar, a través de la esquematización de gráficos y tablas.

3.6.3. Presentación de datos

Está sea realizado de la siguiente forma:

- Con gráficos para la observación/visualización de la forma de como resulta la variación de la variable independiente sobre la variable dependiente de acuerdo con lo estadístico inferencial.
- Con las tablas interpretativas estadísticas que nos facilita la observación/visualización de los datos de la investigación realizada.
- De forma estadístico descriptivo para cada variable del proyecto.

3.6.4. Procedimiento experimental

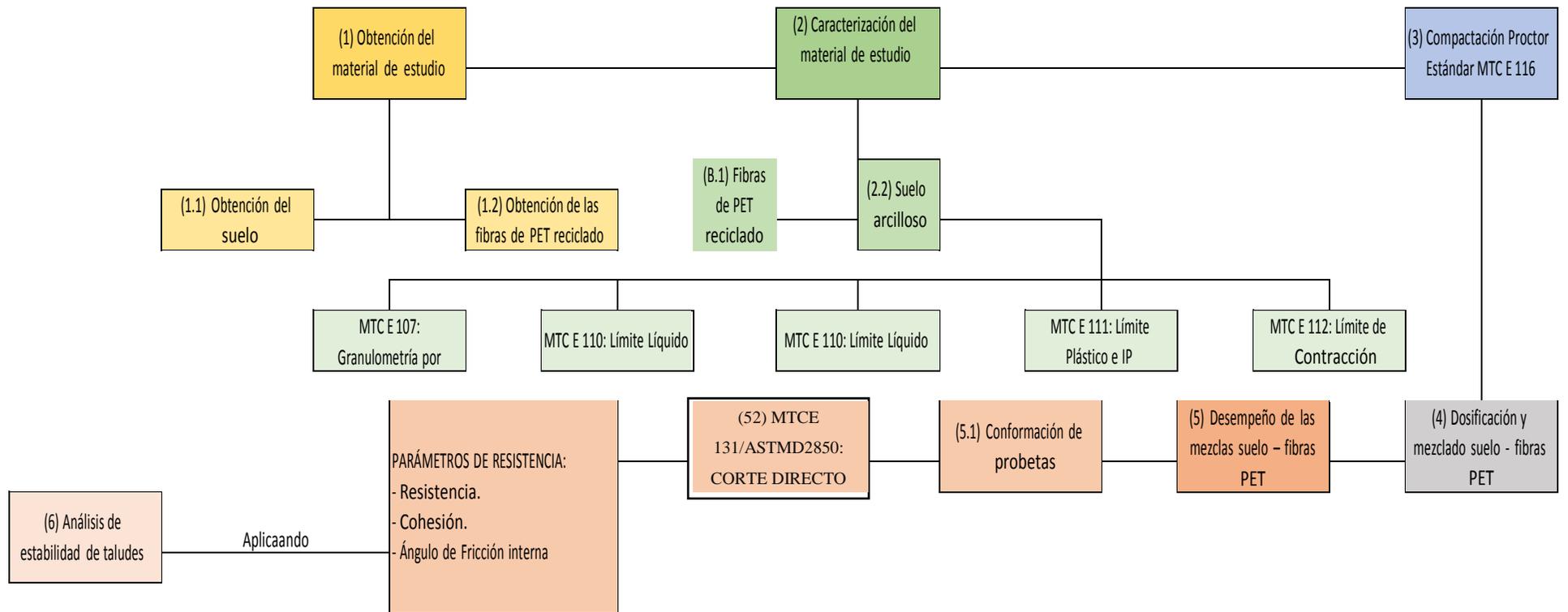


Figura 20 Diagrama de flujo del procedimiento experimental.

Fuente: (Elaboración propia)

3.7. Aspectos éticos

Por razones éticas, esta investigación considerara la veracidad de los resultados indicados; por lo tanto, respetara los derechos de propiedad intelectual de las fuentes de información que complementan la estructura del proyecto a través de citas bibliográficas. Del mismo modo, los datos proporcionados por el laboratorio son verdaderos y únicos y solo puede usarse con fines académicos.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Caracterización del suelo arcilloso

El suelo extraído de la zona de Villa María del Triunfo. El método de extracción del material se realizó a través de un agujero abierto de 1 m de profundidad.

Es un material arcilloso-arenoso de baja plasticidad, con una densidad de 2,72 y 23.3% de humedad. La siguiente tabla muestra los resultados que fueron obtenidos en las características del suelo natural y los detalles de los datos de prueba están contenidos en los Anexos.

4.2. Ensayo en laboratorio

Para la presente investigación, se realizarán pruebas en el laboratorio de suelos del laboratorio MTL GEOTECNIA, esto con el fin de recopilar datos que fueron necesarios para conocer el tipo de suelo y así obtener una identificación geotécnica del suelo estudiado.

4.3. Ensayos de acuerdo con norma ASTM

El análisis del tamaño de partícula se realizó por tamizado (AASHTO T-27, ASTM D-6913), límite de Atterberg (AASHTO T-89, ASTM D-4318), contenido de humedad (ASTM D-2216), corte directo (ASTM D-2850) como accesorios mostrados (Ver Anexos).

Se tomó una muestra representativa y sin alteraciones en el suelo del sitio para la clasificación del suelo y la prueba de identificación.

El análisis del tamaño de partícula se realizó utilizando métodos mecánicos, filtrando cada partícula desactualizada de la red # 200 y realizando análisis hidrométricos para los mineros.

Tabla 10: Análisis granulométrico por tamizado

		FACULTAD DE INGENIERIA - ESCUELA ACADEMICA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS	
ANALISIS GRANULOMETRICO DE SUELO POR TAMIZADO			
Tesis:	"ESTUDIO DE LA VARIACION AL INCORPORAR LA FIBRA PET RECICLADA EN SUELOS COHESIVOS NO FRICCIONANTES RELACIONADOS A LA ESTABILIDAD DE TALUD"		
Tesisistas:	Calero Yungah, Jeanpierre	Nº de ensayos (-)	
	Cantoral Caceres Julio Andrés	Nº de muestras (-)	
Código:		Tipo de muestras (-)	
TAMIZ	ABERTURA (mm)	RET	PASA
3"	76.200	-	100.0
2 1/2"	63.300	-	100.0
2"	50.800	-	100.0
1 1/2"	38.100	-	100.0
1"	25.400	-	100.0
3/4"	19.000	-	100.0
1/2"	12.700	-	100.0
3/8"	9.525	0.58	99.4
Nº 4	4.760	0.65	98.8
Nº 8	2.380	1.40	97.4
Nº 10	2.000	-	97.4
Nº 16	1.190	2.64	94.7
Nº 20	0.840	-	94.7
Nº 30	0.590	2.91	91.8
Nº 40	0.426	1.41	90.4
Nº 50	0.297	-	90.4
Nº 80	0.177	0.77	89.6
Nº 100	0.149	0.82	88.8
Nº 200	0.074	88.82	88.8
- Nº 200	-	-	-

Fuente: Elaboración propia

Se puede apreciar la curva granulométrica del suelo arcilloso de baja plasticidad en la siguiente figura.

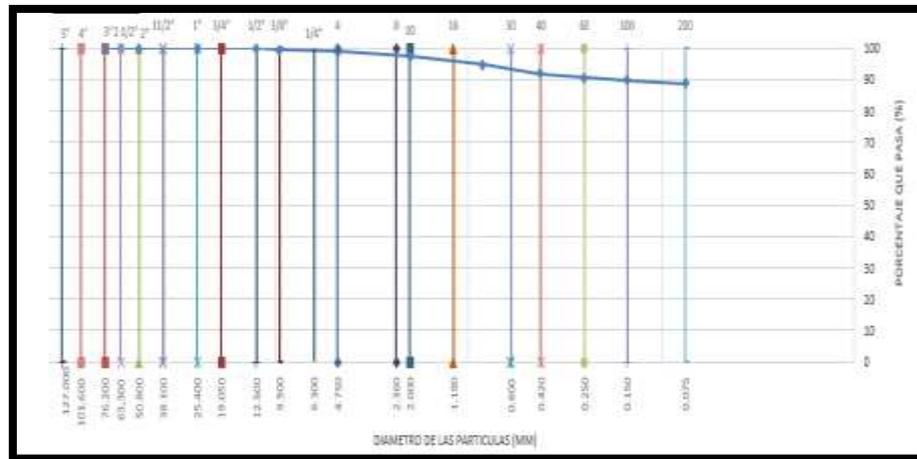


Figura 21: Curva granulométrica del suelo Arcilloso

La Figura 21 muestra que el suelo está compuesto de 9.96% de arena y 1.23% de grava. Por otro lado, la mayor parte está compuesta de suelo fino, que corresponde a un total de 88.82% de la muestra total, 40.17% de este suelo corresponde a limo, 50.66% de arcilla.

Para la obtención de los límites de consistencia, se realizaron varias pruebas, con ello calcular un promedio, en el cual obtuvimos un límite líquido de 40%, un límite plástico de 25% y un índice de plasticidad que fue determinado a partir de los datos obtenidos, obteniéndose un 15% y luego el suelo se clasificó como arcilla con baja plasticidad (C).

a través del SUCS (figura 22)

 <p>FACULTAD DE INGENIERIA - ESCUELA ACADEMICA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS</p>			
ENSAYO PARA LA DETERMINACION DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DEL SUELO			
Tesis:	"ESTUDIO DE LA VARIACION AL INCORPORAR LA FIBRA PET RECICLADA EN SUELOS COHESIVOS NO FRICCIONANTES RELACIONADOS A LA ESTABILIDAD DE TALUD"		
Tesisistas:	Calero Yangali, Jeampierre	Nº de ensayos	(-)
	Cantoral Caceres, Julio Andrés	Nº de muestras	(-)
Código		Tipo de muestras	Suelo Arcilloso

DESCRIPCION	UNIDAD	Material Pasante Tamiz Nº 40					
		LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		
Nro. de Recipiente		7	4	8	12	10	
Peso Recipiente + Suelo Humedo (A)	gr.	26.58	26.96	26.41	11.25	11.39	
Peso Recipiente + Suelo Seco (B)	gr.	21.09	19.15	18.26	9.64	9.11	
Peso de Recipiente (C)	gr.	5.96	6.05	6.12	3.23	3.46	
Peso del Agua (A-B)	gr.	5.49	7.81	8.15	1.61	2.28	
Peso del Suelo Seco (B-C)	gr.	15.13	13.10	12.14	6.41	5.65	
Contenido Humedad $[W=(A-B)/(B-C)*100]$	%	36.29	40.78	44.63	25.12	25.03	
Nº De Golpes		30	24	19			

RESULTADOS OBTENIDOS	LIMITES DE CONSISTENCIA		INDICE PLASTICO
	LIQUIDO	PLASTICO	
	40	25	

Tabla 11: Análisis granulométrico por tamizado LL y LP
Fuente: (Elaboración propia)

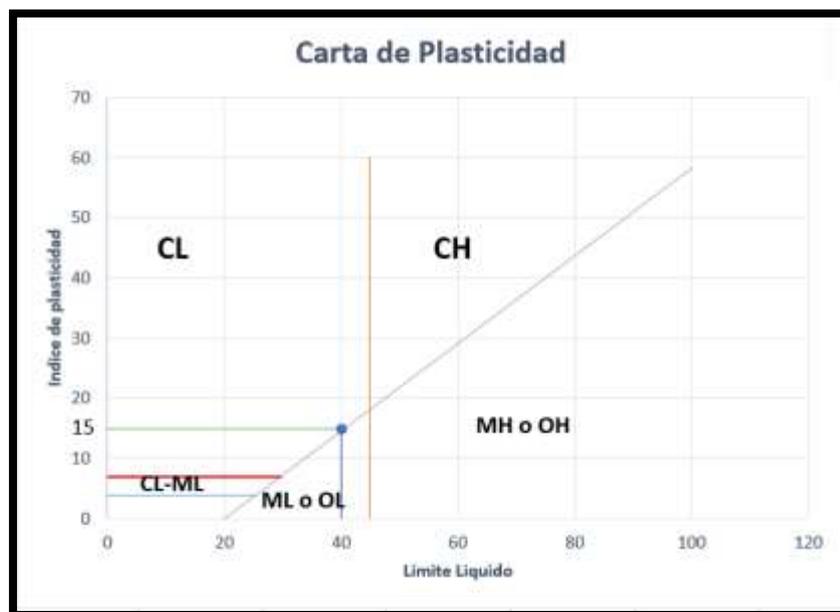


Figura 22. Clasificación del suelo Según SUCS
Fuente: (Elaboración Propia)

A través de esta caracterización, se puede verificar el uso del material extraído del talud, ya que, con base en el conocimiento previo de la cantera de arcilla, se seleccionó una ubicación, pero es necesario verificar si el material es adecuado para el desarrollo de la siguiente investigación.

Todas las pruebas de caracterización se realizaron de acuerdo con los estándares establecidos por el Ministerio de Transporte y Comunicaciones del Perú: MTC E 107 (Granulometría), MTC E 108 (humedad), MTC E 110 (límite de líquido), MTC E 111 (restricciones de plástico e IP).

Tabla 12 Resumen de valores de laboratorio

Parámetro	Valor
Contenido de Humedad (w)	23.3
Límite Líquido (LL)	40
Límite Plástico (LP)	25
Índice de Plasticidad (IP)	15
Contenido de Arenas (S)	9.96
Contenido de Finos (F=C+M)	88.82
Contenido de Arcillas ©	40.17
Contenido de Limos (M)	50.66
Clasificación SUCS	CL

Fuente (Elaboración propia)

4.4. Corte directo

4.4.1. Comportamiento esfuerzo – deformación

La prueba de corte directo es adecuada para determinar rápidamente las propiedades de resistencia de los materiales drenados y consolidados. Debido a que la muestra tiene una corta ruta de drenaje, donde se permite que el exceso de presión en los orificios se puede disipar más rápidamente que otros ensayos drenados. La prueba se puede realizar en todo tipo de suelos no alterado, remodelados o compactados.

Para obtener los parámetros de resistencia, cohesión y ángulo de fricción, se realizaron ensayos de corte directo, obteniéndose diagramas de esfuerzo-deformación con la inclusión de fibras PET y sin ellas, del suelo arcilloso estudiado. Además, los datos obtenidos se presentan con respecto al esfuerzo de corte (kg/cm^2).

En la figura 23, ilustra el comportamiento de la resistencia del suelo (Esfuerzo de corte) en función del porcentaje de fibra de PET añadida reciclado en especímenes de 1, 2 y 3.

Se observó que la resistencia del suelo arcilloso en estudio aumentó gradualmente hasta que en el 1.2% de incorporación de fibras de PET reciclada alcanzó su pico más alto, con valores de 0.94kg/cm^2 en el espécimen 1, 1.11kg/cm^2 en el espécimen 2 y 1.53kg/cm^2 en el espécimen 3.

Dentro de la adición de fibras de PET, en los 3 especímenes se logra ver que la resistencia disminuye con relación al pico, pero continúan manteniéndose a una tasa constante, mayor que el valor del suelo arcilloso natural.

Este comportamiento es consistente con la investigación realizada por Almanza (2015), demuestra que los resultados al adicionar fibras de PET reciclada aumentaran gradualmente la resistencia del suelo natural.

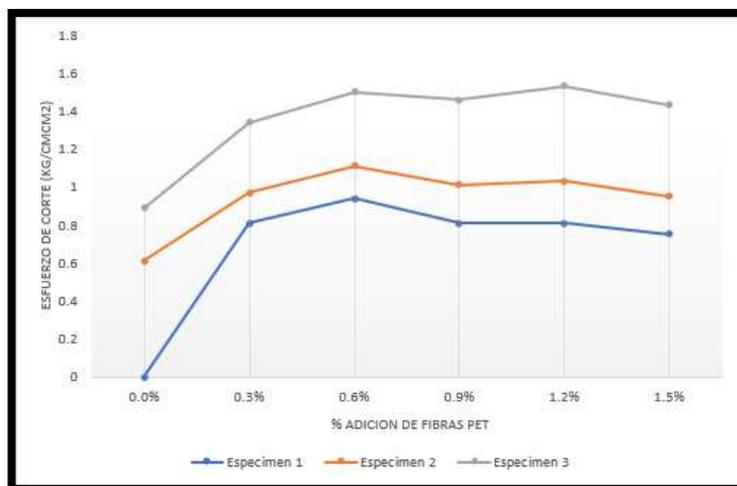


Figura 23: curvas del esfuerzo de corte del suelo arcilloso adicionando distintos porcentajes de fibras de PET a diferentes especímenes.

Fuente: elaboración propia

Según lo descrito anteriormente se explican que la incorporación de fibras de PET reciclada, se distribuyen al azar y cubren distintos planos de fallas del suelo arcilloso, así maximizar su resistencia al corte.

Según las investigaciones de Almanza (2015), Fresneda et al. (2014), las fibras actúan como una red tridimensional del espacio, entrelazando las partículas del suelo, lo que ayuda a limitar el desplazamiento de la mezcla de suelo.

Por lo tanto, se produce una mejora de resistencia a la tracción entre partículas de suelo arcilloso y también, debido a la fuerza interfacial, las fibras en la matriz son difíciles de deslizar y pueden recibir un poco de esfuerzo de tensión.

Por lo tanto, cuando el suelo arcilloso somete a tensión vertical o tensión desviador, el efecto de punteo de la fibra evita efectivamente las deformaciones del suelo y el desarrollo de grietas por tensión.

Por otro lado, según la investigación realizada por fresneda et al. (2014). La matriz de arcilla conecta las fibras y se comporta como un medio que distribuye y transmite la tensión aplicada a las fibras desde el exterior.

La matriz absorbe solo una pequeña porción del esfuerzo aplicado y las fibras pueden desviar o bloquear las grietas en el suelo debido a su distribución aleatoria y su alto módulo de ruptura.

		 FACULTAD DE INGENIERIA - ESCUELA ACADEMICA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS		
MAXIMO ESFUERZO DESVIADOR				
Tesis:	"ESTUDIO DE LA VARIACION AL INCORPORAR LA FIBRA PET RECICLADA EN SUELOS COHESIVOS NO FRICCIONANTES RELACIONADOS A LA ESTABILIDAD DE TALUD"			
Tesisitas:	Calero Yangali, Jeanpierre	N° de ensayos	(-)	
	Cantoral Caceres Julio Andrés	N° de muestras	(-)	
Código:		Tipo de muestras	(-)	
%ADICION	MAXIMO ESFUERZO DESVIADOR			
	ESPECIMEN 1	ESPECIMEN 2	ESPECIMEN 3	
0.00%	0.50	0.61	0.89	
0.30%	0.81	0.97	1.34	
MEJORA (Kg/cm2)	0.31	0.36	0.45	
MEJORA (%)	62.00%	59.02%	50.56%	
0.00%	0.50	0.61	0.89	
0.60%	0.94	1.11	1.50	
MEJORA (Kg/cm2)	0.44	0.50	0.61	
MEJORA (%)	88.00%	81.97%	68.54%	
0.00%	0.50	0.61	0.89	
0.90%	0.81	1.01	1.46	
MEJORA (Kg/cm2)	0.31	0.40	0.57	
MEJORA (%)	62.00%	65.57%	64.04%	
0.00%	0.50	0.61	0.89	
1.20%	0.81	1.03	1.53	
MEJORA (Kg/cm2)	0.31	0.42	0.64	
MEJORA (%)	62.00%	68.85%	71.91%	
0.00%	0.50	0.61	0.89	
1.50%	0.75	0.95	1.43	
MEJORA (Kg/cm2)	0.25	0.34	0.54	
MEJORA (%)	50.00%	55.74%	60.67%	

Tabla 13: Comparación de las mejoras obtenidas en suelos arcilloso con la incorporación de fibras PET

Fuente: Elaboración propia

En la tabla 13 muestran que, con la adición de todos los porcentajes de fibra de PET reciclada, se puede mejorar la resistencia máxima del suelo arcilloso.

El intervalo de esta mejora varia de 50.00% a 88.00% y el porcentaje de incorporacion de 0.6% mostro un mejor desempeño general de los tres especímenes estudiados.

Por el contrario, el valor más bajo se encontró en la muestra con 1.5% de fibras PET incorporado, lo que se debe principalmente al alto contenido de fibra que impide una buena adhesión y perdida de cohesión por compactación.

Vale la pena agregar que el aumento de la resistencia máxima del suelo con la incorporación de fibra es proporcional al rango de prueba.

El comportamiento de mejora de los resultados, con relación a la adición de fibras de PET reciclado, es consistente con la descripción de los estudios realizados por Almanza (2015).

4.4.2. Criterio Mohr – Coulomb

Los círculos de Mohr con sus respectivos parámetros de fuerza cohesiva (C) y ángulos de fricción internos (ϕ) generados por corte directo son fijos.

También se introduce la fusión de los resultados de resistencia al corte del suelo arcilloso con y sin adición de fibra.

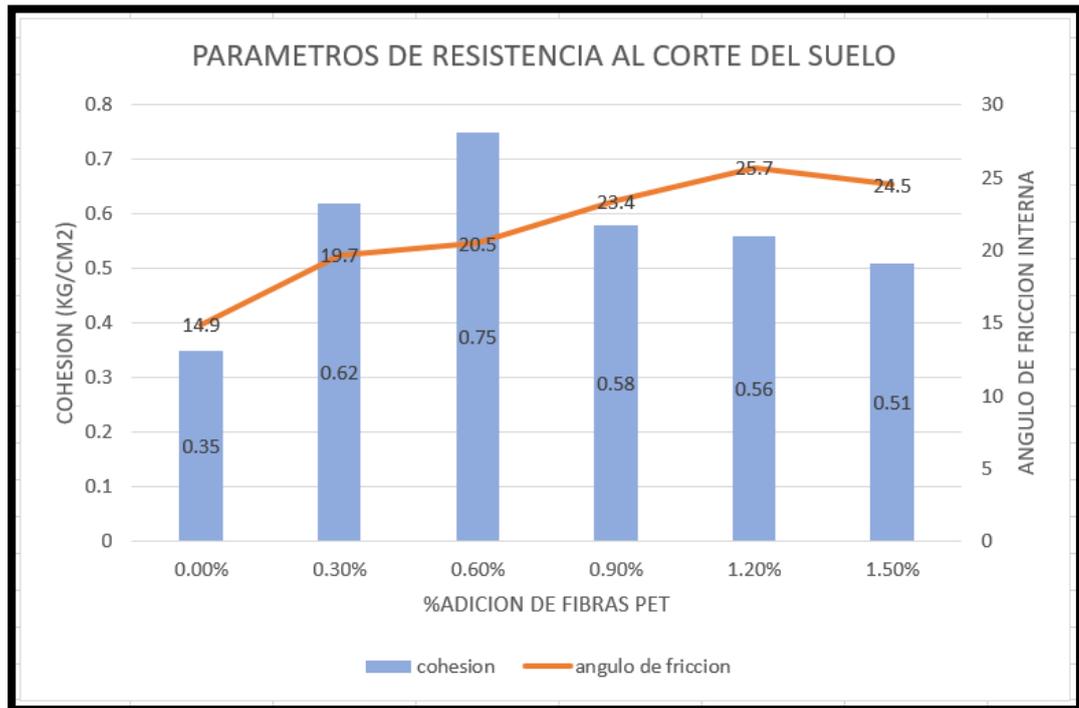


Figura 24: parámetros de arcilla resistente al corte con diferentes porcentajes de fibra PET añadida.

Fuente: (Elaboración Propia)

En la figura 24, la cohesión y el ángulo de fricción interna se expresa en función de la cantidad de fibra de PET reciclada añadida.

La cohesión aumentó gradualmente hasta el 0.6% de la adición de fibras de PET, alcanzando un máximo de 0.75 kg/cm²; desde este pico la cohesión disminuyó bruscamente llegando casi al valor del suelo natural, lo que resultó en una cohesión mínima de 0.51 kg/cm² con una adición de 1.5%.

Inicialmente, se observó que el porcentaje de 0.6% generó un aumento debido a que la relación longitud/diámetro de las fibras permitió que la mezcla se uniera, compactara y homogenizara adecuadamente, pero a porcentajes más altos, el mecanismo de interacción entre fibras y el suelo se debilitan.

Esto se debe al hecho de que las fibras interfieren con la interacción adecuada entre partículas del suelo, lo que conduce a la desintegración de la mezcla y la pérdida de adhesión, lo que tiende a reducir la cohesión.

Este comportamiento es consistente con el comportamiento descrito por Almanza (2015), Fresneda et al. (2014) y López (2013), concluyeron que la pérdida de cohesión del suelo depende de la cantidad de fibra de PET agregada, el tipo de fibra utilizada y la relación entre su longitud y diámetro.

Tabla 14: parámetros de resistencia al suelo arcilloso con la incorporación de fibra PET.

PARAMETROS DE RESISTENCIA DEL SUELO		PARAMETROS DE RESISTENCIA AL CORTE DEL SUELO	
		COHESION (C)	ANGULO DE FRICCION INTERNA (ϕ)
Tesis:	"ESTUDIO DE LA VARIACIÓN AL INCORPORAR LA FIBRA PET RECICLADA EN SUELOS COHESIVOS NO FRICCIONANTES RELACIONADOS A LA ESTABILIDAD DE TALUD"		
Tesisistas:	Calero Yangali, Jeanpierre	Nº de ensayos	(-)
	Cantoral Caceres Julio Andrés	Nº de muestras	(-)
Código:		Tipo de muestras	(-)
%ADICION	PARAMETROS DE RESISTENCIA AL CORTE DEL SUELO		
0.00%	0.35	14.9	
0.30%	0.62	19.7	
MEJORA	0.27	4.8	
MEJORA (%)	77.14%	32.21%	
0.60%	0.75	20.5	
MEJORA	0.4	5.6	
MEJORA (%)	114.29	37.58%	
0.90%	0.58	23.4	
MEJORA	0.23	8.5	
MEJORA (%)	65.71%	57.05%	
1.20%	0.56	25.7	
MEJORA	0.21	10.8	
MEJORA (%)	60.00%	72.48	
1.50%	0.51	24.5	
MEJORA	0.16	9.6	
MEJORA (%)	45.71%	64.43%	

Fuente: (Elaboración propia)

Figura 25: parámetros de la resistencia al corte del suelo arcilloso con adición de fibras PET.



Fuente: (Elaboración propia)

Con respecto a la cuantificación de la mejora obtenida, se puede ver en la tabla 14 y figura 25 que con la adición de 0.6% de fibra de PET, la cohesión logro un aumento máximo de 114.29% en comparación con el suelo natural, mientras que al incorporar fibras en un 1.2%, el ángulo de fricción interna aumenta en un 72.48%.

Además, debe tenerse en cuenta que el registro más bajo de mejoras en el ángulo de fricción interna es del 32.21%, que es casi un 35% más alto que el del suelo arcilloso natural, que se puede lograr agregando solo el 0.3% de fibra.

Estos valores son el resultado del comportamiento descrito y explicado en el párrafo anterior, y el ángulo de fricción interna y la cohesión son consistentes con los resultados de Almanza (2015), López (2013) y Tang et al. (2007).

Finalmente, del análisis estadístico T Student con 5% de significancia Y 95% de confianza, demuestra el porcentaje de fibra agregada a tasa de incorporación de PET afecta significativamente el ángulo de fricción, cohesión y resistencia del suelo arcilloso. Se adjuntan detalles del análisis a continuación.

Las hipótesis planteadas son:

a) Resistencia al corte del suelo.

• **Formulación de hipótesis**

- **H₀** = Al incorporar la fibra de polietileno tereftalato (PET) reciclada de 20 mm de longitud y 0.5 mm de diámetro al 0%, 0.3%, 0.6%,0.9%,1.2% y 1.5% del peso en seco, no afectara significativamente en el aumento de los valores de la resistencia del suelo arcilloso a diferentes especímenes.
- **H_a**= Al incorporar la fibra de polietileno tereftalato (PET) reciclada de 20 mm de longitud y 0.5 mm de diámetro al 0%, 0.3%, 0.6%,0.9%,1.2% y 1.5% del peso en seco, afectara significativamente en el aumento de los valores de la resistencia del suelo arcilloso a diferentes especímenes.

- **Nivel de significancia =5% = 0.05**

- **Elección de la prueba estadística**

T Student

Resistencia al corte patrón – resistencia al corte 0.6%

La resistencia lograda es con la incorporación de fibras de PET de 0.6% de fibras de PET. Para la realización del T Student lo primero que se tiene que realizar es la prueba de la normalidad con los datos que se obtienen en el laboratorio.

RESISTENCIA	GRUPO
,50	PATRON
,61	PATRON
,81	PATRON
,94	0.6% DE FIBRA PET
1,11	0.6% DE FIBRA PET
1,50	0.6% DE FIBRA PET

Tabla 15: SPSS datos

Pruebas de normalidad							
		Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
	GRUPO	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
RESISTENCIA	PATRÓN	,242	3		,973	3	,683
	0.6% DE FIBRA DE PET	,267	3		,951	3	,574

a. Corrección de significación de Lilliefors

Tabla 16: Normalidad

Según la prueba de normalidad el nivel de significancia es mayor al 5% por lo que se puede llegar a la conclusión que los datos tienen una buena normalidad, por lo que se va a realizar la prueba estadística con T Student.

Prueba de muestras independientes										
		Prueba de Levene de igualdad de varianzas				Prueba t para la igualdad de medias				
		F	Sig.	t	gl	Sig. (bilateral)	Diferencia de medias	Diferencia de error estándar	95% de intervalo de confianza de la diferencia	
									Inferior	Superior
RESISTENCIA	Se asumen varianzas iguales	1,385	,308	-2,875	4	,045	-54,33333	18,89738	-108,80088	-1,86578
	No se asumen varianzas iguales			-2,875	5,189	,051	-54,33333	18,89738	-112,32255	-4,72508

Tabla 17: significancia bilateral

Según la prueba de T Student el rango promedio es significativo, por lo que podemos apreciar que el nivel de significancia bilateral es menor a 0.05.

- **Estimación del p-valor**

Nivel significancia bilateral es igual a 0.045 → $0.045 < 0.05$

- **Toma de decisiones**

Podemos concluir que el valor de P es menos a 0.05, entonces rechazamos a hipótesis nula y aceptamos la hipótesis alterna.

B) Cohesión del suelo arcilloso

- **Ho=** Al incorporar la fibra de polietileno tereftalato (PET) reciclada de 20 mm de longitud y 0.5 mm de diámetro al 0%, 0.3%, 0.6%,0.9%,1.2% y 1.5%del peso en seco, no afectara significativamente en lo valores de cohesión del suelo arcilloso.
- **Ha=** Al incorporar la fibra de polietileno tereftalato (PET) reciclada de 20 mm de longitud y 0.5 mm de diámetro al 0%, 0.3%, 0.6%,0.9%,1.2% y 1.5%del peso en seco, afectara significativamente en lo valores de cohesión del suelo arcilloso.

Nivel de significancia

5% = 0.05

T Student

Cohesión patrón – cohesión 0.6%

La cohesión lograda es con la incorporación de fibras de PET de 0.6%. Para la realización del T Student lo primero que se tiene que realizar es la prueba de la normalidad con los datos que se obtienen en el laboratorio.

COHESION	GRUPO
,35	PATRON
,33	PATRON
,38	PATRON
,75	0.6% ADICION DE FIB...
,70	0.6% ADICION DE FIB...
,69	0.6% ADICION DE FIB...

Tabla 18: SPSS Datos

		Pruebas de normalidad					
		Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
GRUPO		Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
COHESION	PATRON	,219	3	..	,987	3	,780
	0.6% ADICION DE FIBRA	,328	3	..	,871	3	,298

a. Corrección de significación de Lilliefors

Tabla 19: Normalidad

Según la prueba de normalidad el nivel de significancia es mayor al 5% por lo que se puede llegar a la conclusión que los datos tienen una buena normalidad, por lo que se va a realizar la prueba estadística con T Student.

Prueba de hipótesis de igualdad de varianzas		Prueba T para la igualdad de medias		95% Intervalo de confianza de la diferencia		
	Media	Desviación estándar	N	Diferencia de medias	Inf.	Sup.
Con fibra de polietileno tereftalato	416	839	15,174	0,000	-20,000	20,000
Sin fibra de polietileno tereftalato	417	839	15,174	0,000	-20,000	20,000

Tabla 20: Significancia Bilateral

Según la prueba de T Student el rango promedio es significativo, por lo que podemos apreciar que el nivel de significancia bilateral es menor a 0.05.

- **Estimación del p-valor**

Nivel significancia bilateral es igual a 0.00 → $0.00 < 0.05$

- **Toma de decisiones**

Podemos concluir que el valor de P es menos a 0.05, entonces rechazamos a hipótesis nula y aceptamos la hipótesis alterna

C) Angulo de fricción interna

- **H₀**= Al incorporar la fibra de polietileno tereftalato (PET) reciclada de 20 mm de longitud y 0.5 mm de diámetro al 0%, 0.3%, 0.6%,0.9%,1.2% y 1.5% del peso en seco, no afectara significativamente en los valores de ángulos de fricción del suelo arcilloso.

- **Ha=** Al incorporar la fibra de polietileno tereftalato (PET) reciclada de 20 mm de longitud y 0.5 mm de diámetro al 0%, 0.3%, 0.6%,0.9%,1.2% y 1.5% del peso en seco, afectara significativamente en los valores de ángulos de fricción del suelo arcilloso.

Nivel de significancia

5% = 0.05

T Student

Cohesión patrón – cohesión 0.6%

La cohesión lograda es con la incorporación de fibras de PET de 0.6%. Para la realización del T Student lo primero que se tiene que realizar es la prueba de la normalidad con los datos que se obtienen en el laboratorio.

ANGULODEFRICCION	GRUPO
14,90	PATRON
15,00	PATRON
14,20	PATRON
20,50	1.2% DE FIBRA
21,00	1.2% DE FIBRA
19,90	1.2% DE FIBRA

Tabla 21: SPSS Datos

		Pruebas de normalidad					
		Kolmogorov-Smirnov ^a			Shapiro-Wilk		
ANGULODEFRICCION	GRUPO	Estadístico	gl	Sig.	Estadístico	gl	Sig.
	PATRON	.343	3	.	.842	3	.220
	1.2% DE FIBRA	.181	3	.	.897	3	.900

a. Corrección de significación de Lilliefors

Tabla 22: normalidad

Según la prueba de normalidad el nivel de significancia es mayor al 5% por lo que se puede llegar a la conclusión que los datos tienen una buena normalidad, por lo que se va a realizar la prueba estadística con T Student.

Prueba de muestras independientes										
		Prueba de Levene de varianzas		Prueba t para igualdad de medias		Intervalo de confianza del 95%		Prueba de intervalo de confianza de la diferencia		
		F	Sig.	t	df	Sig. (bilateral)	inferior	superior	inferior	superior
Diferencia de medias	Sin fibra de PET	0.000	.999	-18.221	9	.000	-0.79461	-0.00000	-0.20000	-0.00000
	Con fibra de PET			-18.221	9	.000	-0.79461	-0.00000	-0.20000	-0.00000

Tabla 23: significancia Bilateral

Según la prueba de T Student el rango promedio es significativo, por lo que podemos apreciar que el nivel de significancia bilateral es menor a 0.05.

- **Estimación del p-valor**

Nivel significancia bilateral es igual a 0.00 → $0.00 < 0.05$

- **Toma de decisiones**

Podemos concluir que el valor de P es menos a 0.05, entonces rechazamos a hipótesis nula y aceptamos la hipótesis alterna

4.5. Análisis de estabilidad de taludes

Con el fin de expresar los beneficios de la investigación en curso, en base a los resultados obtenidos en el laboratorio (peso unitario, cohesión y ángulo de fricción), el análisis de estabilidad de taludes se realizó de acuerdo con el método Bishop con y sin la adición de fibras PET en el suelo arcilloso de baja plasticidad.

Los procesos y cálculos utilizados en el análisis actual han sido detallados y adjuntos.

Del mismo modo, dado que el ángulo de inclinación de la inclinación del examen es superior a 53 ° y hay un fondo cohesivo homogéneo, se toma una zona de defecto que cruza el extremo inferior del inclinación, es decir, defectos del pie, esto lo dicho por Braja (2015).

La tabla muestra los resultados de análisis combinados de la estabilidad teórica de la pendiente del terraplén de suelos arcillosos con y sin fibra de PET.

Tabla 24

Análisis de estabilidad de taludes teóricos de terraplenes en suelos arcillosos con y sin adición de fibra de PET

% ADICION	γ_1 Kn/m3	COHESION kPa	ANGULO DE FRICCION INTERNA (°)	M. BISHOP (F.S.)
0.00%	15.14	34.323	14.90	2.737
0.30%	15.07	60.801	19.70	4.651
0.60%	15.04	73.550	20.50	5.353
0.90%	15.05	56.879	23.4	4.394
1.20%	15.06	54.917	25.70	4.339
1.50%	15.10	50.014	24.50	4.004

Fuente: (elaboración propia)

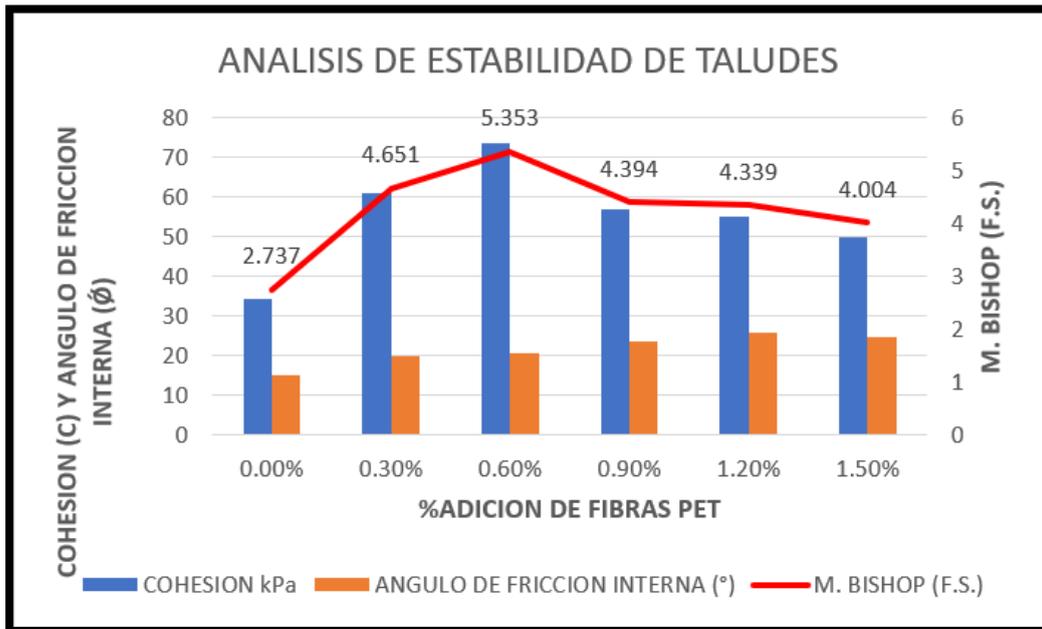


Figura 26: Análisis de estabilidad de taludes de terraplenes viales teóricos para suelo arcilloso con y sin adición de fibras de PET.

Fuente: Elaboración Propia

En la figura 27 muestra el factor de seguridad en comparación con el ángulo de fricción interna y la cohesión del suelo arcillosos de baja plasticidad en función con la cantidad de fibras de PET reciclada añadida.

Se observó que todos los porcentajes de adición representan un aumento en el factor de seguridad en el análisis de estabilidad de las pendientes teóricas de la carretera y alcanzan un pico máximo de 5.35 cuando se agrega 0.6% de fibra de PET reciclada.

En el mismo punto, el suelo arcilloso de baja plasticidad alcanza su máxima cohesión y el ángulo de fricción interna aumento en un 37.58%, lo que demuestra que el 0.6% es la dosificación óptima de la mezcla de fibra PET – suelo.

Por otro lado, la tabla 25 y la figura 27, resumen los cambios y los cálculos de mejora del factor de seguridad obtenido al agregar fibra de PET reciclada al suelo arcilloso de baja plasticidad.

Tabla 25

Comparación de la mejora del factor de seguridad de terraplenes viales al agregar fibras de PET a los suelos arcillosos

%ADICION	FACTOR DE SEGURIDAD (F.S.)
0.00%	2.737
0.30%	4.651
MEJORA	1.914
MEJORA (%)	69.93%
0.00%	2.737
0.60%	5.353
MEJORA	2.616
MEJORA (%)	95.58%
0.00%	2.737
0.90%	4.394
MEJORA	1.657
MEJORA (%)	60.54%
0.00%	2.737
1.20%	4.339
MEJORA	1.602
MEJORA (%)	58.53%
0.00%	2.737
1.50%	4.004
MEJORA	1.267
MEJORA (%)	46.29%

Fuente: (Elaboración Propia)

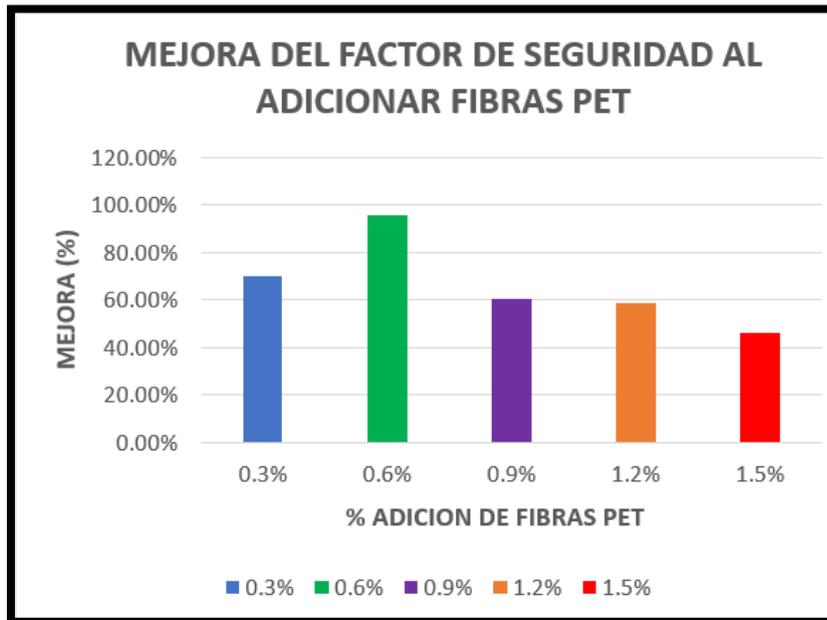


Figura 27: Grafica Comparativo de la mejora resultante del factor de seguridad en suelos arcillosos al incorporar fibras PET reciclado.

Fuente: (elaboración propia)

De acuerdo con la tabla 25 y la figura 27, el rango de la mejora de estabilidad teórica del terraplén al agregar fibra de PET con relación al suelo arcilloso natural es de 46.29% (agregando 1.5%) hasta el 95.58% (agregando 0.6%).

Este comportamiento es diferente a lo investigado por Almanza (2015), debido al uso de fibra más largas en los porcentajes estudiados, experimenta una pérdida de adhesión, el cual no logro alcanzar un óptimo equilibrio de los parámetros de ángulo de fricción interna y cohesión, lo que evito que logre una mejora en el cálculo de factor de seguridad.

Por otro lado, observamos que el suelo arcilloso natural corresponde al valor del factor de seguridad ($FS = 1.5$), pero el mejor porcentaje de adición es el 0.6% de fibra PET reciclada, esto es una mejora en la estabilidad del taludes con un 95.58%, lo que es útil para las arcillas que no cumplen las condiciones mínimas.

V. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Cabe señalar que la discusión de los resultados se basa en los objetivos definidos en la investigación que se describe a continuación.

Primer objetivo específico:

Determinar la variación del ángulo de fricción al incorporar la fibra PET reciclada aplicada en los suelos no friccionantes cohesivos relacionados con la estabilidad de talud.

(Carbonell y Quintana, 2018) Como resultado, el ángulo de fricción interna del suelo arcilloso aumenta continuamente, es proporcional al porcentaje de fibras PET añadida, el intervalo de mejora en comparación al suelo natural es de 45.35% hasta 72.73%.

Siendo esto una buena distribución, puede cubrir más niveles de daño del suelo, de este modo la tensión normal ejercida al suelo arcilloso y la resistencia al deslizamiento tienen una mejora.

Para nuestra investigación la resistencia del suelo obtuvo también valores por encima del patrón natural, alcanzando el pico más alto con adición de fibras PET al 1.2% alcanzando un aumento de 72.48% y de ahí disminuyendo, pero siempre por encima de la resistencia del suelo natural.

Por lo que se puede decir que las fibras PET reciclado contribuyen también en el aumento progresivo de la resistencia al corte impidiendo la deformación actuando como barrera antes esfuerzos de tensión.

Segundo objetivo específico:

Determinar la variación de la resistencia al corte incorporando la fibra PET reciclada en los suelos no friccionante cohesivo relacionados con la estabilidad de taludes.

(Zenteno y Sídney, 2018), en su investigación deduce que existe una disminución progresiva de capacidad de soporte al esfuerzo cortante al incorporar Tereftalato de Polietileno en suelos finos.

El cual, se obtuvo que la 2% de adición tuvo un 50.65% y así disminuyendo progresivamente hasta llegar al 10% de adición lo que corresponde a un 17.36%, lo cual concluye que a menor porcentaje de incorporación de Tereftalato de Polietileno mejora considerablemente la capacidad de soporte al esfuerzo cortante.

Para nuestra investigación los valores se obtuvieron por encima del patrón del suelo natural establecido, encontrando su pico más alto con adición de fibra de PET al 0.6% que esto equivale a un aumento de 88.00% de resistencia al corte del suelo y de ahí disminuyendo.

A ritmo constante por encima del suelo natural, por lo que las fibras PET aumenta progresivamente la resistencia del suelo natural, debido a que estas entrelazan el suelo contribuyendo a evitar deformaciones provocados por la tensión.

Tercer objetivo específico:

Determinar la variación de la cohesión al incorporar la fibra PET reciclada en los suelos no friccionantes relacionados con la estabilidad de taludes.

(Carbonell y Quintana, 2018), deduce que la cohesión del suelo arcilloso aumenta gradualmente hasta un máximo de agregar 0.6% de fibra PET logrando una mejora de 22.28% en comparación con la arcilla natural.

Desde este pico la cohesión reduce a valores menores obtenidos del suelo natural. Esto se debe a que las fibras obstaculizan la adherencia y compactación del suelo generando disgregación de esta.

Para nuestra investigación al mayor aumento de fibras PET reciclado el valor de la cohesión aumenta gracias a la correcta homogenización de la muestra logrando una buena interacción suelo – fibra alcanzando mejoras según la adición de fibras llegando a su pico mas alto con la adicción de 0.6%.

Objetivo general:

Determinar la variación de la estabilidad de taludes al incorporar la fibra PET reciclada aplicada en los suelos no friccionantes cohesivos.

(Carbonell y Quintana, 2018), se observa que al analizar la estabilidad teórica de la pendiente de la carretera, todos los porcentajes agregados representan un aumento en el factor de seguridad y alcanzan un pico máximo de 7.62 cuando se agrega 0.6% de fibra de PET.

Esto puede aumentar la estabilidad de la pendiente en un 24,64%, lo cual es muy útil para suelos arcillosos que no cumple con las condiciones mínimas.

Para nuestra investigación, también fue posible verificar un aumento en el factor de seguridad para el análisis de estabilidad respectivo y alcanzar el pico máximo de 5.353 a 0.6% de la adición de fibras de PET.

VI. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusión 1

Se concluye que el ángulo de fricción interna del suelo arcillosos está en aumento llegando a su pico más alto con la adición de 1.2% de fibras PET reciclado, alcanzando una mejora de 72.48% con respecto al suelo arcilloso natural. A partir de esta adición, el Angulo de fricción disminuye, llegando un pico más bajo con el 0.3% de adición de fibras teniendo una perdida significativa de 32.21% con respecto al suelo natural.

Conclusión 2

Se concluye que la resistencia al corte del suelo muestra un aumento proporcional en la adición de fibras de PET recicladas. Los valores de mejora están entre 50.00% y 88.00%. Este es el porcentaje de adición de 0.6% y el mejor rendimiento logrado durante la inclusión en la prueba de corte directo.

Conclusión 3

La conclusión es que con la adición de 0.6% de fibra de PET, la cohesión del suelo arcilloso de baja plasticidad aumenta gradualmente hasta alcanzar el pico máximo, que es un aumento del 114.24% en relación con la morfología del suelo arcilloso en el estado natural.

Conclusión 4

Se concluye que, de acuerdo con la evaluación teórica de la estabilidad de taludes del terraplén, usando el método Bishop, se verifico que todos los porcentajes de adición de fibras PET representa un aumento en el factor de seguridad en comparación con el suelo arcilloso natural, con un intervalo de mejora entre 46.29% al 95.58%.

6.1. Recomendaciones

En la actualidad, estabilizar las pendientes o cortar las pendientes con el método presentado puede parecer difícil, ya que se requieren muchas toneladas de fibras de PET, pero se debe alentar el reciclaje masivo de contenedores u otros derivados. para hacer tal trabajo.

La implementación de nuevas pautas de gestión de residuos, incluida la construcción de plantas de reciclaje y mecanismos eficientes de recolección. Según este estudio, se recomiendan los siguientes temas para futuros investigadores en ingeniería civil e industrias relacionadas y a profesionales interesados en el desarrollo sostenible del país:

1. Se recomienda utilizar fibras PET reciclados en otros tipos de suelos, en el cual presenten inestabilidad o fallas, debido a que en suelos arcillosos presentan una mejora en su ángulo de fricción, cohesión y resistencia al corte y esto hace que este suelo cumpla con las condiciones mínimas de construcción.
2. Se recomienda tener en consideración la resistencia al corte del suelo al incorporar fibras PET, debido a que esta influye mucho en las propiedades de mejora de un suelo arcilloso, también es fundamental analizar los diferentes porcentajes, para no generar problemas de inestabilidad de talud.
3. Se recomienda estudiar la relación que hay entre suelo-fibra de otros tipo de suelos, ver si esta genera una buena adherencia, debido a que su comportamiento del suelo con un ciertos porcentajes de fibras son muy efectivas.
4. Se recomienda evaluar los porcentajes de incorporación de fibras de PET en otro tipo de suelos, siempre teniendo en cuenta el valor mínimo del Factor de Seguridad ($FS=1.5$), para tener una correcta estabilidad de un talud.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Almanza, I. (2015). Estudio del Uso de Polietileno Tereftalato como Material de Refuerzo de Estructuras Térreas Conformadas por Suelos Cohesivos. Tesis de Maestría, México D.F

Arias. Fidias (2015), Estimación de la muestrea y su forma de estimar. Lima, 8^o edición, p. 214.

Arcioni, Juan Carlos (2018 setiembre). Puesta a tierra | Los sistemas de puestas a tierra y la aplicación de los tratamientos químicos para la mejora de las resistencias de las puestas a tierra. 335, Revista Ingeniería Eléctrica. https://www.editores-srl.com.ar/revistas/ie/335/arcioni_puesta_a_tierra

Braja, D. (2015). Fundamentos de Ingeniería Geotécnica (Cuarta ed.). México: International Thomson.

Caballero, A. (2016). Metodología Integral Innovadora para Planes y Tesis. México D.F.: CENGAGE Learning.

Centro de Innovación en Tecnología para el Desarrollo Humano de la Universidad Politécnica de Madrid. (2016). Gestión Integral de los Residuos Sólidos - Perú. Ciudad Saludable.

Duque, G., & Escobar, C. (2016). Geomecánica. Colombia: Universidad Nacional de Colombia.

ECOCE. (2017, junio). ECOCE, 15 años. México: Offset Santiago.

Fresneda, C., Cano, K., García, Y., Echeverry, O., & Valencia, Y. (2016, octubre). Efecto en las Propiedades Mecánicas del Suelos mediante el Uso de Fibras Artificiales. 87- 96

Hernández, Roberto. (2014). Métodos de análisis de investigación. 6^o edición, p. 634.

Instituto Nacional de Estadística e Informática - INEI. (2016). Registro Nacional de Municipalidades.

Instituto Nacional de Estadística e Informática - INEI. (2018). Fabricación de Productos de Plásticos. Reporte Sectorial N°02, Sociedad Nacional de Industrias, Lima.

Juárez, E. (2015). Mecánica de Suelos. México: Limus Noriega Editores.

López, J. (2016). Suelos Arcillosos Reforzados con Materiales de Plástico Reciclado (PET).

López, C. (2016). Reciclado del plástico PET para la obtención de fibra textil. Argentina: Universidad Tecnológica Nacional.

López, T., Rosales, D., Hernández, J., & Horta, J. (2015). Características mecánicas de un suelo fino reforzado con micro fibras de polipropileno. Universidad Autónoma de Querétaro, División de Estudios de Posgrado. Querétaro: Sociedad Mexicana de Ingeniería Geotécnica.

Ministerio de Transportes y Comunicaciones. (2016, abril). Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos: Sección Suelos y Pavimentos. Manual de Carreteras, Lima.

Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento. (2018, Noviembre 12). Norma CE.020. Estabilidad de Suelos y Taludes. Lima, Perú.

Ministerio del Ambiente. (2015). Mapa de Susceptibilidad Física del Perú. Lima.

Miranda, J. (2012). Arcillas: problemas en Ingeniería. Cerro de Pasco: Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión.

Monereo, J. (2016). Determinación del módulo de deformación a través del ensayo de compresión triaxial de Canhuaga. Quito: Universidad Politécnica Salesiana.

Monje Carlos, 2016, Métodos de investigación. España: Valencia, 7^o edición, p. 236.

Napcor, & APR. (2015). Report on Postconsumer PET Container Recycling Activity in 2012.

Ñaupas, 2016. Instrumento y recolección de datos, p. 258.

Ojeda, M. (2015, mayo 28). Tecnología de los Plásticos. Retrieved from <http://tecnologiadelosplasticos.blogspot.pe/2015/08/pet.html>

Pineda, L. (2015). Alternativas de Estabilización de Taludes. Universidad Centroamericana José Simeón Cañas, San Salvador.

PROVIAS Nacional. (2016). Intervenciones en la Red Vial Nacional. (R. Torres, Ed.) Lima.

Rosales, D. (2015). Mejoramiento de Suelos Expansivos mediante la Inclusión de Fibras. Tesis de Maestría, Querétaro.

Sackschewski, C. (2017). Soluciones para la estabilidad de taludes de la carretera Canta - Huayllay entre las progresivas del Km 102 al Km 110. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, Lima.

Sistema de Información para la Gestión de Residuos Sólidos. (2015). Informe Anual. Ministerio del Ambiente.

Valiente, R., Sobrecases, S., & Díaz, A. (2015). Estabilidad de Taludes: Conceptos Básicos, Parámetros de Diseño y Métodos de Cálculo. *Civilizate*, 50-54.

Vettorelo, P., & Clariá, J. (2016, marzo). Suelos Reforzados con Fibras: Estado de Arte y Aplicaciones. *Facultad de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 1(1), 27-34.

VIII. ANEXOS

ANEXO N° 1: MATRIZ DE INVESTIGACIÓN

TÍTULO: ESTUDIO DE LA VARIACIÓN AL INCORPORAR LA FIBRA PET RECICLADA EN SUELOS COHESIVOS NO FRICCIONANTES RELACIONADOS A LA ESTABILIDAD DE TALUD.

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADORES	METODOLOGÍA
<p>PRINCIPAL:</p> <p>¿Como varia la estabilidad de taludes al incorporar la fibra PET reciclada aplicada a los suelos no friccionantes cohesivos?</p> <p>ESPECÍFICOS</p> <ul style="list-style-type: none"> • ¿Como varia el del ángulo de fricción al incorporar la fibra PET reciclada aplicada a los suelos no friccionantes cohesivos? • ¿Como varia en la resistencia al corte incorporando la fibra PET reciclada aplicada a los suelos no friccionantes cohesivos? • ¿Como varia en la cohesión al incorporar la fibra PET reciclada aplicada a los suelos no friccionantes cohesivos? 	<p>PRINCIPAL:</p> <p>Determinar la variación de la estabilidad de taludes al incorporar la fibra PET reciclada aplicada en los suelos no friccionantes cohesivos.</p> <p>ESPECÍFICOS</p> <ul style="list-style-type: none"> • Determinar la variación del ángulo de fricción al incorporar la fibra PET reciclada aplicada en los suelos no friccionantes cohesivos relacionados con la estabilidad de taludes. • Determinar la variación de la resistencia al corte incorporando la fibra PET reciclada en los suelos no friccionante cohesivo relacionados con la estabilidad de taludes. • Determinar la variación de la cohesión al incorporar la fibra PET reciclada en los suelos no friccionantes relacionados con la estabilidad de taludes. 	<p>PRINCIPAL:</p> <p>La incorporación de fibra de polietileno tereftalato (PET) reciclada aumenta la estabilidad de taludes en los suelos no friccionantes cohesivos.</p> <p>ESPECÍFICOS</p> <p>Al incorporar la fibra de polietileno tereftalato (PET) reciclada de 20 mm de longitud y 0.5 mm de diámetro al 0%, 0.3%, 0.6%,0.9%,1.2% y 1.5% del peso en seco, afectara significativamente en el aumento de los valores de la resistencia del suelo arcilloso a diferentes especimenes.</p> <p>Al incorporar la fibra de polietileno tereftalato (PET) reciclada de 20 mm de longitud y 0.5 mm de diámetro al 0%, 0.3%, 0.6%,0.9%,1.2% y 1.5%del peso en seco, afectara significativamente en <u>lo</u> valores de cohesión del suelo arcilloso.</p> <p>Al incorporar la fibra de polietileno tereftalato (PET) reciclada de 20 mm de longitud y 0.5 mm de diámetro al 0%, 0.3%, 0.6%,0.9%,1.2% y 1.5% del peso en seco, afectara significativamente en los valores de ángulos de fricción del suelo arcilloso.</p>	<p>INDEPENDIENTE (V.I):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Fibra PET en los suelos no friccionaste cohesivos <p>DEPENDIENTE (V.D):</p> <ul style="list-style-type: none"> • Estabilidad de taludes 	<ul style="list-style-type: none"> • Propiedades mecánicas. • Aumento del ángulo de fricción. • Aumento de la resistencia al corte. • Aumento de la cohesión 	<ul style="list-style-type: none"> • Densidad • Fallas de taludes • 20mm de fibra PET al: <ul style="list-style-type: none"> 0.3% 0.6% 0.9% 1.2% 1.5% • Resistencia al corte • Cohesión • Angulo de fricción 	<ul style="list-style-type: none"> • Tipo investigación: Aplicada. • Enfoque: Cuantitativo. • Diseño: Cuasi Experimental. • Corte: Transversal. • Nivel: Exploratorio.

ANEXO N° 2: MATRIZ DE OPERACIONALIZACIÓN DE LAS VARIABLES

MATRIZ DE OPERACIONALIZACION DE LAS VARIABLES

TITULO: "ESTUDIO DE LA VARIACIÓN AL INCORPORAR LA FIBRA PET RECICLADA EN SUELOS COHESIVOS NO FRICCIONANTES RELACIONADOS A LA ESTABILIDAD DE TALUD

VARIABLE	DEFINICION CONCEPTUAL	DEFINICION OPERACIONAL	DIMENCIONES	INDICADORES
<p>VARIABLE DEPENDIENTE</p> <p>Estabilidad de taludes</p>	<p>En el análisis de estabilidad de taludes se abordan fenómenos de estado último o de rotura de masas de suelo. El agente externo responsable de la inestabilidad es una fuerza de masa, el peso y, eventualmente, los efectos de filtración, a los cuales hay que añadir otros factores como las sobrecargas (Braja, 2015)</p>	<p>Para determinar la estabilidad de una masa de suelo se debe determinar su coeficiente o factor de seguridad al deslizamiento, comparando los esfuerzos que tienden a producir el deslizamiento con aquellos que tienden a evitarlo. La fuerza desestabilizadora más importante será el peso de la masa deslizante, a la cual se le suman otras fuerzas, como las sobrecargas de estructuras o el empuje del agua en las grietas.</p>	<p>Aumento de Angulo de fricción</p> <p>Aumento de la resistencia al corte</p> <p>Aumento de la cohesion</p>	<p>Resistencia al corte</p> <p>cohesionn</p> <p>Angulo de fricción</p> <p>Densidad</p>
<p>VARIABLE INDEPENDIENTE</p> <p>Fibras PET en suelos no friccionantes cohesivos</p>	<p>El PET es un material que se caracteriza por ser puro, también por su alta resistencia y tenacidad. De acuerdo a muchas investigaciones y pruebas que le hicieron esta presenta propiedades de transparencia y resistencia química. Este polímero no se estira, tiene una resistencia elevada al calor y absorbe poca cantidad de agua.</p>	<p>Entre los múltiples usos dados al PET, debido a su durabilidad, impermeabilidad, estabilidad dimensional e insensibilidad a la humedad excelentes, sobresale el destino que se le ha dado en la fabricación de envases de bebidas carbonatadas y de empaques de alimentos pues, no deteriora ni causa efectos de toxicidad a estos productos.</p>	<p>Propiedades mecanicas</p>	<p>Fallas de taludes</p> <p>20mm de fibra PET al;</p> <p>0.30%</p> <p>0.60%</p> <p>0.90%</p> <p>1.20%</p> <p>1.50%</p>

ANEXO N° 3: ENSAYO DE LABORATORIO y CERTIFICADO

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO	Código	FOR-LSR-MS-001
		Revisión	1
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	2008/2019

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS
ASTM D6913 / MTC E - 204

REFERENCIA	Datos de Laboratorio
SOLICITANTE	Calero Yangui, Jean Pierre Peter / Cantoral Cabezas, Juli Andrés
TEST	Estudio de la variación al incorporar la fibra PET reciclada en suelos cohesionados no friccionantes relacionados a la estabilidad de talud
UBICACIÓN	LIMA
CALICATA	C-1
MUESTRA	M-1
PROFUNDIDAD	0.00 - 1.50 m
Fecha de ensayo: 12/09/2020	

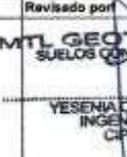
TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACIÓN	DESCRIPCIÓN DE LA MUESTRA
5"	127.000	100.0	/	CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D2216) Contenido Humedad (%) 23.3 LIMITES DE CONSISTENCIA (ASTM D4318) Limite Líquido (LL) 40.0 Limite Plástico (LP) 25.0 Indice Plástico (IP) 15.0 Grava (%) 1.2 Arena (%) 10.0 Finos (%) 88.8 CLASIFICACIÓN DE SUELOS Clasificación SUCS (ASTM D2487) CL Clasificación AASHTO (D3282) A-6 (10) Nombre del Grupo Arcilla arenosa de baja plasticidad INDICACIONES: El método de secado para el ensayo de contenido de humedad fue en horno de laboratorio controlado a 110±5°C
4"	101.600	100.0		
3"	76.200	100.0		
2 1/2"	63.500	100.0		
2"	50.800	100.0		
1 1/2"	38.100	100.0		
1"	25.400	100.0		
3/4"	19.000	100.0		
1/2"	12.500	100.0		
3/8"	9.500	99.4		
Nº 4	4.750	98.8		
Nº 10	2.000	97.4		
Nº 20	0.840	94.7		
Nº 40	0.425	91.8		
Nº 60	0.250	90.4		
Nº 100	0.150	89.6		
Nº 200	0.075	88.8		

CURVA GRANULOMETRICA



OBSERVACIONES:

- * Calicata realizada y Muestrada e identificada por el solicitante.
- * El contenido de humedad reportado corresponde a la humedad registrada a la llegada de la muestra al laboratorio de MTL GEOTECNIA.
- * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad de MTL GEOTECNIA.

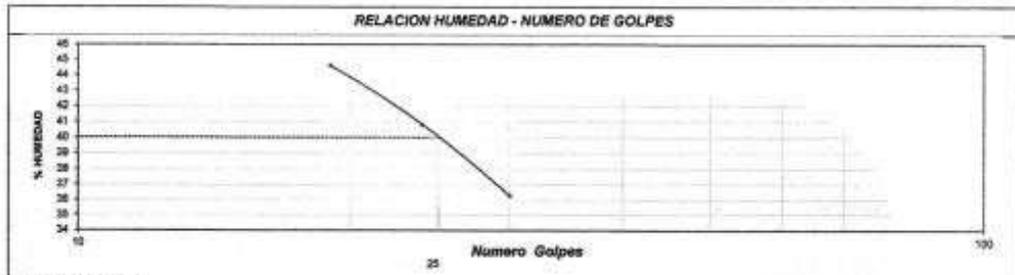
Elaborado por:  Jefe de Laboratorio	Revisado por:  MTL GEOTECNIA SAC SUELOS CONCRETO ASFALTO YESENIA CLARA BARRAZA INGENIERO CIVIL CIP. 115883 Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Aprobado por:  MTL GEOTECNIA SAC CONTROL DE CALIDAD Control de Calidad MTL GEOTECNIA
--	---	---

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO LÍMITES DE CONSISTENCIA	Código	FOR-LAB-MS-006
		Revisión	1
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	2/08/2019
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS ASTM D4318 / MTC E - 110 / MTC E - 111			

REFERENCIA	Datos de Laboratorio
PROPIETARIO	Calero Yungui Jirapiera Pitter / Cantoral Cáceres Julio Andrés
TESIS	"Estudio de la variación al incorporar la fibra PET reciclada en suelos cohesivos no friccionantes relacionados a la estabilidad de talud"
UBICACIÓN	LIMA
SONDEO	C-7
MUESTRA	M-1
PROFUNDIDAD	0.00 - 1.50 m
Fecha de ensayo: 13/06/2020	

DESCRIPCION	UNIDAD	Material Pasante Tamiz N° 40					
		LIMITE LIQUIDO			LIMITE PLASTICO		
Nro. de Recipiente		7	4	8	12	10	
Peso Recipiente + Suelo Humedo (A)	gr.	26.55	26.56	26.41	11.25	11.39	
Peso Recipiente + Suelo Seco (B)	gr.	21.09	19.15	18.26	8.64	9.11	
Peso de Recipiente (C)	gr.	9.90	9.00	6.12	3.23	3.46	
Peso del Agua (A-B)	gr.	5.49	7.51	8.15	1.61	2.28	
Peso del Suelo Seco (B-C)	gr.	15.13	13.10	12.14	5.41	5.65	
Contenido Humedad $W=(A-B)/(B-C)*100$	%	36.29	40.78	44.83	25.12	25.03	
N° De Golpes		30	24	19			

RESULTADOS OBTENIDOS	LÍMITES DE CONSISTENCIA		INDICE PLASTICO
	LIQUIDO	PLASTICO	
	40	25	16



- OBSERVACIONES:**
- * Muestra provista e identificada por el solicitante.
 - * Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del Área de Calidad de MTL GEOTECNIA

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
		
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO CORTE DIRECTO	Código	FOR-LSR-MS-015
		Revisión	1
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	1/06/2016

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS
ASTM D3080

REFERENCIA	Datos de Laboratorio
SOLICITANTE	Caleyo Yanga Jean Pierre Pector / Cantoral Cáceres Julio Andrés
PROYECTO	"Estudio de la variación al incorporar la fibra PET reciclada en suelos cohesivos no fricciones relacionados a la estabilidad de talud"
UBICACIÓN	Lima
CALCATE	C-1
MUESTRA	Plástico
PROFUNDIDAD	1.50 m

Fecha de ensayo: 02/07/2020

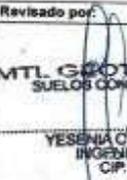
VELOCIDAD DE CORTE 0.5 mm/min

ESPECIMEN 1			ESPECIMEN 2			ESPECIMEN 3		
Altura Inicial:	23.0	mm	Altura Inicial:	23.0	mm	Altura Inicial:	23.5	mm
Lado de caja:	60.8	mm	Lado de caja:	60.8	mm	Lado de caja:	60.8	mm
Área Inicial:	29.1	cm ²	Área Inicial:	29.1	cm ²	Área Inicial:	29.1	cm ²
Densidad Seca:	1.534	g/cm ³	Densidad Seca:	1.534	g/cm ³	Densidad Seca:	1.550	g/cm ³
Humedad Inic.:	28.0	%	Humedad Inic.:	28.0	%	Humedad Inic.:	28.1	%
Est. Normal:	0.90	kg/cm ²	Est. Normal:	1.01	kg/cm ²	Est. Normal:	2.02	kg/cm ²
Est. Corte:	0.90	kg/cm ²	Est. Corte:	0.81	kg/cm ²	Est. Corte:	0.89	kg/cm ²

Deformación horizontal (%)	Esfuerzo de Corte (kg/cm ²)	Esfuerzo Normalizado (t/m ²)	Deformación horizontal (%)	Esfuerzo de Corte (kg/cm ²)	Esfuerzo Normalizado (t/m ²)	Deformación horizontal (%)	Esfuerzo de Corte (kg/cm ²)	Esfuerzo Normalizado (t/m ²)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.41	0.19	0.48	0.41	0.30	0.38	0.41	0.49	0.31
0.82	0.28	0.71	0.82	0.41	0.52	0.82	0.66	0.41
1.23	0.35	0.87	1.23	0.48	0.60	1.23	0.74	0.48
1.64	0.41	1.01	1.64	0.53	0.67	1.64	0.81	0.50
2.47	0.48	1.13	2.47	0.58	0.73	2.47	0.85	0.55
3.29	0.50	1.21	3.29	0.61	0.78	3.29	0.88	0.55
4.11	0.49	1.20	4.11	0.60	0.73	4.11	0.88	0.53
4.93	0.45	1.09	4.93	0.58	0.69	4.83	0.86	0.51
5.75	0.43	1.02	5.75	0.54	0.64	5.75	0.80	0.48
6.58	0.42	0.99	6.58	0.53	0.63	6.58	0.78	0.47
7.40	0.39	0.91	7.40	0.51	0.60	7.40	0.78	0.46
8.22	0.38	0.88	8.22	0.50	0.58	8.22	0.76	0.44
9.04	0.37	0.84	9.04	0.49	0.58	9.04	0.74	0.43
9.86	0.35	0.81	9.86	0.48	0.54	9.86	0.73	0.42
10.69	0.35	0.80	10.69	0.49	0.53	10.69	0.75	0.42
11.51	0.35	0.78	11.51	0.48	0.53	11.51	0.75	0.41
12.33	0.35	0.77	12.33	0.47	0.52	12.33	0.72	0.40
13.15	0.34	0.74	13.15	0.48	0.43	13.15	0.75	0.41
13.97	0.34	0.73	13.97	0.47	0.51	13.97	0.73	0.40
14.80	0.34	0.74	14.80	0.47	0.51	14.80	0.74	0.40
15.62	0.33	0.72	15.62	0.48	0.51	15.62	0.75	0.40
16.44	0.33	0.70	16.44	0.46	0.48	16.44	0.71	0.39

OBSERVACIONES:

Muestra remoldeada a la densidad seca de 1.544 g/cm³
 Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del Área de Calidad

Elaborado por: 	Revisado por: 	Aprobado por: 
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA

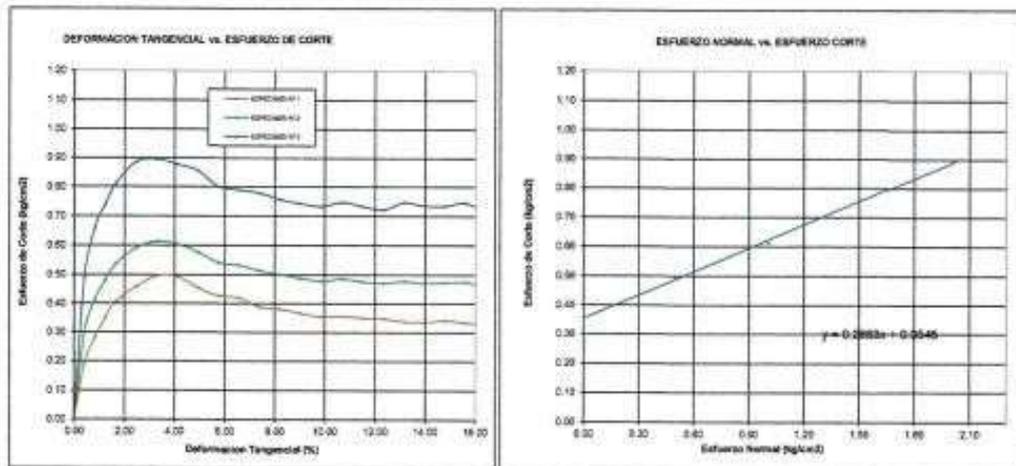
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO CORTE DIRECTO	Código	FOR-LSR-MS-015
		Revisión	1
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	1/06/2016

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS
ASTM D3080

REFERENCIA	: Datos de Laboratorio		
SOLICITANTE	: Calero Yungait, Jeanpierre Petter / Cantoral Cáceres Julio Andrés		
PROYECTO	: "Estudio de la variación al incorporar la fibra PET reciclada en suelos cohesivos no friccionalistas relacionados a la estabilidad de talud"		
UBICACIÓN	: Lima		
CALCATA	: C-1		
MUESTRA	: Patrón		
PROFUNDIDAD	: 1.50 m	Fecha de ensayo:	02/07/2025

ENSAYO DE CORTE DIRECTO BAJO CONDICIONES CONSOLIDADAS DRENADAS
ASTM D3080

VELOCIDAD DE CORTE : 0.5 mm/min



Resultados:
 Cohesión (c) : 0.35 kg/cm²
 Ángulo de fricción (φ) : 14.3°

OBSERVACIONES:
 Muestra remoldeada a la densidad seca de 1.544 g/cm³
 Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad

Elaborado por:	Revisado por:	Aprobado por:
		
Jefe de Laboratorio	Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Control de Calidad MTL GEOTECNIA

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO CORTE DIRECTO	Código	FOR-LSR-MS-015
		Revisión	1
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	1/06/2016

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS
ASTM D3080

REFERENCIA	: Datos de Laboratorio
SOLICITANTE	: Calero Yungali Jeanpierre Pether / Cantoral Cáceres Julio Andrés
PROYECTO	: "Estudio de la variación al incorporar la fibra PET reciclada en suelos cohesionados no fricciones relacionados a la estabilidad de talud"
UBICACIÓN	: Lima
CALCATA	: C-1
MUESTRA	: 0.3 % de PET
PROFUNDIDAD	: 1.5 m

Fecha de ensayo: 03/07/2020

ESPECIMEN 1			ESPECIMEN 2			ESPECIMEN 3		
Altura Inicial	23.9	mm	Altura Inicial	23.9	mm	Altura Inicial	23.9	mm
Lado de corte	50.8	mm	Lado de corte	50.8	mm	Lado de corte	50.8	mm
Área Inicial	29.1	cm ²	Área Inicial	29.1	cm ²	Área Inicial	29.1	cm ²
Densidad seca	1.534	gr/cm ³	Densidad seca	1.534	gr/cm ³	Densidad seca	1.537	gr/cm ³
Humedad Inic.	29.0	%	Humedad Inic.	29.0	%	Humedad Inic.	27.7	%
Est. Normal	0.50	kg/cm ²	Est. Normal	1.01	kg/cm ²	Est. Normal	2.02	kg/cm ²
Est. Corte	0.81	kg/cm ²	Est. Corte	0.97	kg/cm ²	Est. Corte	1.34	kg/cm ²

Deformación horizontal (%)	Esfuerzo de Corte (kg/cm ²)	Esfuerzo Normalizado (kg)	Deformación horizontal (%)	Esfuerzo de Corte (kg/cm ²)	Esfuerzo Normalizado (kg)	Deformación horizontal (%)	Esfuerzo de Corte (kg/cm ²)	Esfuerzo Normalizado (kg)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.41	0.41	1.03	0.41	0.50	0.83	0.41	0.71	0.48
0.82	0.53	1.32	0.82	0.62	0.78	0.82	0.85	0.83
1.23	0.59	1.46	1.23	0.69	0.96	1.23	0.94	0.69
1.64	0.63	1.57	1.64	0.74	0.92	1.64	1.02	0.63
2.47	0.68	1.83	2.47	0.80	0.96	2.47	1.12	0.69
3.29	0.72	1.78	3.29	0.85	1.04	3.29	1.17	0.75
4.11	0.78	1.82	4.11	0.88	1.06	4.11	1.20	0.73
4.93	0.78	1.83	4.93	0.90	1.08	4.93	1.23	0.74
5.75	0.77	1.85	5.75	0.90	1.08	5.75	1.23	0.73
6.58	0.79	1.86	6.58	0.91	1.07	6.58	1.23	0.73
7.40	0.79	1.85	7.40	0.92	1.07	7.40	1.25	0.73
8.22	0.79	1.84	8.22	0.92	1.07	8.22	1.25	0.73
9.04	0.80	1.84	9.04	0.94	1.08	9.04	1.29	0.74
9.86	0.80	1.83	9.86	0.95	1.08	9.86	1.31	0.74
10.69	0.80	1.82	10.69	0.95	1.08	10.69	1.32	0.75
11.51	0.80	1.79	11.51	0.97	1.08	11.51	1.34	0.75
12.33	0.81	1.79	12.33	0.98	1.07	12.33	1.33	0.74
13.15	0.80	1.78	13.15	0.98	1.08	13.15	1.34	0.74
13.97	0.80	1.75	13.97	0.95	1.04	13.97	1.32	0.72
14.80	0.79	1.71	14.80	0.94	1.01	14.80	1.29	0.70
15.62	0.79	1.68	15.62	0.95	1.01	15.62	1.32	0.70
16.44	0.78	1.55	16.44	0.94	0.99	16.44	1.30	0.69

OBSERVACIONES:

Muestra remoldeada a la densidad seca de 1.537 g/cm³

Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad

<p>Elaborado por:</p>  <p>Jefe de Laboratorio</p>	<p>Revisado por:</p>  <p>INGENIERO DE SUELOS Y PAVIMENTOS</p>	<p>Aprobado por:</p>  <p>CONTROL DE CALIDAD</p>
---	---	---

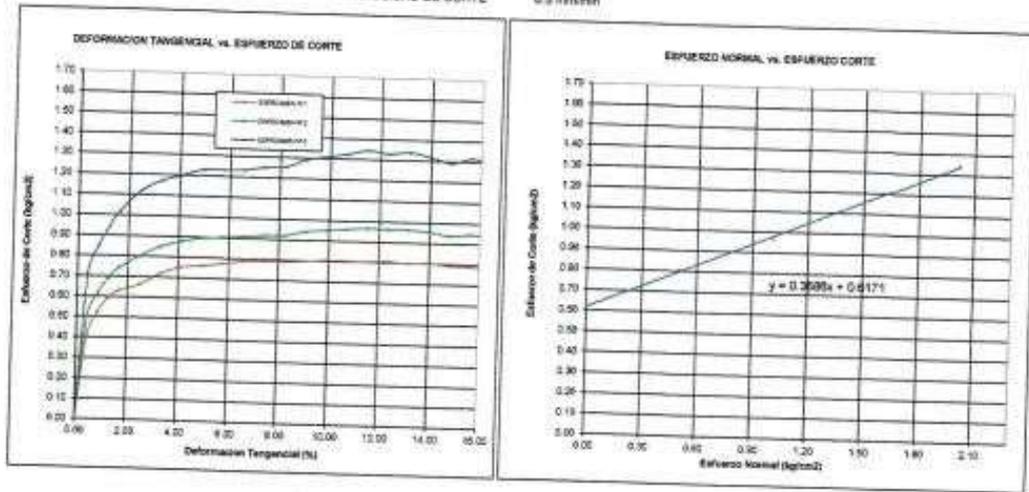
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO CORTE DIRECTO	Código	FOR-LSR-MS-015
		Revisión	1
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	1/06/2016

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS
ASTM D3080

REFERENCIA	Datos de Laboratorio
SOLICITANTE	Calero Yungai, Juanpiero Peltier / Cantoral Cáceres Julio Andrés
PROYECTO	"Estudio de la variación al incorporar la fibra PET reciclada en suelos cohesivos no friccionantes relacionados a la estabilidad de talud"
UBICACIÓN	Lima
CALICATA	C-1
MUESTRA	0.3% de PET
PROFUNDIDAD	1.5 m
Fecha de ensayo: 02/07/2016	

ENSAYO DE CORTE DIRECTO BAJO CONDICIONES CONSOLIDADAS DRENADAS
ASTM D3080

VELOCIDAD DE CORTE 0.5 mm/min



Resultados:
Cohesión (c) 0.42 kg/cm²
Angulo de fricción (φ) 19.7°

OBSERVACIONES:

Muestra remoldeada a la densidad seca de 1.537 g/cm³

Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad

Elaborado por:  Jefe de Laboratorio	Revisado por:  YESENIA OLIVERA BARRAZA INGENIERO CIVIL CIP: 115603 Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Aprobado por:  CONTROL DE CALIDAD Control de Calidad MTL GEOTECNIA
--	---	--

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO CORTE DIRECTO	Código	FOR-LSR-MS-015
		Revisión	1
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	1/06/2016

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS
ASTM D3080

REFERENCIA	Datos de Laboratorio
SOLICITANTE	Calero Yungui Jeanpierre Petter / Cantoral Cáceres Julio Andrés
PROYECTO	"Estudio de la viabilidad de incorporar la fibra PET reciclada en suelos cohesivos no friccionantes relacionados a la estabilidad de talud"
UBICACIÓN	Lima
CALICATA	C-1
MUESTRA	0.6 % de PET
PROFUNDIDAD	1.5 m
Fecha de ensayo: 02/07/2016	

ESPECIMEN 1			ESPECIMEN 2			ESPECIMEN 3		
Altura inicial:	23.9	mm	Altura inicial:	23.9	mm	Altura inicial:	23.9	mm
Lado de corte:	80.8	mm	Lado de corte:	80.8	mm	Lado de corte:	80.8	mm
Área inicial:	29.1	cm ²	Área inicial:	29.1	cm ²	Área inicial:	29.1	cm ²
Densidad seca:	1.531	g/cm ³	Densidad seca:	1.531	g/cm ³	Densidad seca:	1.534	g/cm ³
Humedad inicial:	28.1	%	Humedad inicial:	28.1	%	Humedad inicial:	28.0	%
Esf. Normal:	0.50	kg/cm ²	Esf. Normal:	1.01	kg/cm ²	Esf. Normal:	2.02	kg/cm ²
Esf. Corte:	0.94	kg/cm ²	Esf. Corte:	1.11	kg/cm ²	Esf. Corte:	1.50	kg/cm ²

Deformación horizontal (%)	Esfuerzo de Corte (kg/cm ²)	Esfuerzo Normalizado (kg)	Deformación horizontal (%)	Esfuerzo de Corte (kg/cm ²)	Esfuerzo Normalizado (kg)	Deformación horizontal (%)	Esfuerzo de Corte (kg/cm ²)	Esfuerzo Normalizado (kg)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.41	0.52	1.30	0.41	0.57	0.72	0.41	0.73	0.46
0.82	0.65	1.62	0.82	0.70	0.87	0.82	0.87	0.54
1.23	0.69	1.72	1.23	0.77	0.96	1.23	0.99	0.62
1.64	0.78	1.94	1.64	0.84	1.05	1.64	1.05	0.65
2.47	0.85	2.10	2.47	0.93	1.14	2.47	1.16	0.72
3.29	0.89	2.19	3.29	0.99	1.21	3.29	1.27	0.77
4.11	0.91	2.21	4.11	1.01	1.22	4.11	1.28	0.78
4.93	0.92	2.21	4.93	1.03	1.23	4.93	1.31	0.79
5.75	0.93	2.22	5.75	1.04	1.24	5.75	1.33	0.79
6.58	0.92	2.19	6.58	1.04	1.23	6.58	1.34	0.79
7.40	0.94	2.20	7.40	1.07	1.25	7.40	1.39	0.81
8.22	0.93	2.17	8.22	1.07	1.25	8.22	1.40	0.81
9.04	0.94	2.17	9.04	1.09	1.25	9.04	1.42	0.82
9.86	0.94	2.15	9.86	1.09	1.24	9.86	1.43	0.81
10.69	0.93	2.10	10.69	1.08	1.22	10.69	1.43	0.80
11.51	0.93	2.07	11.51	1.09	1.22	11.51	1.44	0.81
12.33	0.92	2.05	12.33	1.09	1.21	12.33	1.45	0.80
13.15	0.92	2.00	13.15	1.09	1.20	13.15	1.45	0.80
13.97	0.91	1.96	13.97	1.10	1.19	13.97	1.45	0.80
14.80	0.91	1.95	14.80	1.10	1.19	14.80	1.45	0.80
15.62	0.91	1.95	15.62	1.11	1.18	15.62	1.45	0.80
16.44	0.90	1.90	16.44	1.11	1.17	16.44	1.50	0.79

OBSERVACIONES:
 Muestra remoldeada a la densidad seca de 1.534 g/cm³
 Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad

Elaborado por:  Jefe de Laboratorio	Revisado por:  MTL GEOTECNIA SAC SUELOS CONCRETO ASFALTO YESENIA OLIVERA BARRAZA INGENIERO CIVIL CIP: 115403 Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Aprobado por:  MTL GEOTECNIA SAC CONTROL DE CALIDAD Control de Calidad MTL GEOTECNIA
--	---	---

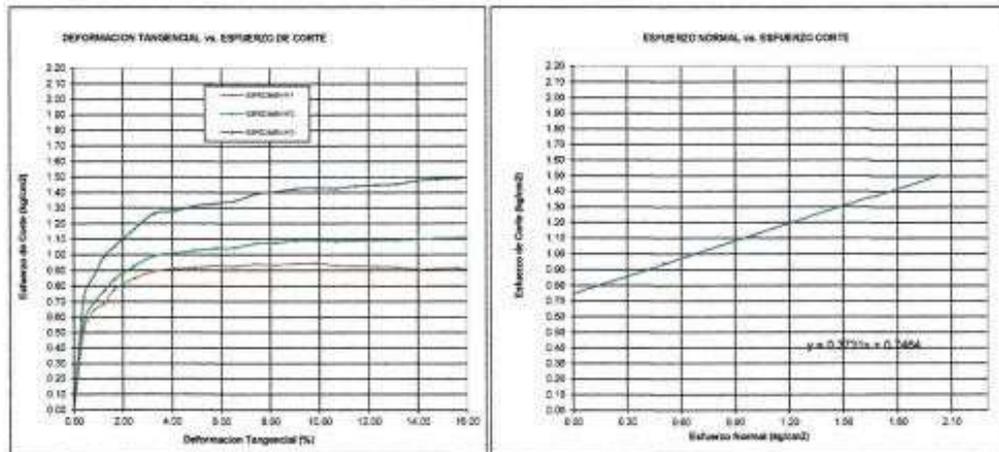
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO CORTE DIRECTO	Código	FOR-LSR-MS-015
		Revisión	1
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	1/06/2016

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS
ASTM D3080

REFERENCIA	: Datos de Laboratorio		
SOLICITANTE	: Celero Yangel Jeanpierre Petter / Cantora Cáceres Julio Andrés		
PROYECTO	: "Estudio de la variación al incorporar la fibra PET reciclada en suelos cohesivos no friccionantes relacionados a la estabilidad de talud"		
UBICACIÓN	: Lima		
CALICATA	: C-1		
MUESTRA	: 0.6 % de PET		
PROFUNDIDAD	: 1.5 m		Fecha de ensayo: 02/07/2020

ENSAYO DE CORTE DIRECTO BAJO CONDICIONES CONSOLIDADAS DRENADAS
ASTM D3080

VELOCIDAD DE CORTE 0.5 mm/min



Resultados:
 Cohesión (c) : 0.75 kg/cm²
 Ángulo de fricción (φ) : 20.5°

OBSERVACIONES:
 Muestra remoldeada a la densidad seca de 1.534 g/cm³
 Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad

Elaborado por:  Jefe de Laboratorio	Revisado por:  MTL GEOTECNIA SAC SUELOS CONCRETO ASPALTO YESENA OLIVERA BARRAZA INGENIERO CIVIL CIP. 115803 Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Aprobado por:  MTL GEOTECNIA SAC CONTROL DE CALIDAD Control de Calidad MTL GEOTECNIA
--	--	---

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO CORTE DIRECTO	Código	FOR-LSR-MS-015
		Revisión	1
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	1/08/2016

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS
ASTM D3080

REFERENCIA	Cajos de Laboratorio
SOLICITANTE	Carivero Yampel Jeanpiere Peltier / Cantoral Cáceres Julio Andrés
PROYECTO	"Estudio de la variación al incorporar la fibra PET reciclada en suelos cohesivos no friccionantes relacionados a la estabilidad de talud"
UBICACIÓN	Lima
CALCATA	C-1
MUESTRA	0.9 % de PET
PROFUNDIDAD	1.5 m
Fecha de ensayo: 02/07/2016	

ESPECIMEN 1			ESPECIMEN 2			ESPECIMEN 3		
Altura Inicial	23.9	mm	Altura Inicial	23.9	mm	Altura Inicial	23.9	mm
Lado de caja	50.8	mm	Lado de caja	50.8	mm	Lado de caja	50.8	mm
Área Inicial	29.1	cm ²	Área Inicial	29.1	cm ²	Área Inicial	29.1	cm ²
Densidad Seca	1.533	g/cm ³	Densidad Seca	1.533	g/cm ³	Densidad Seca	1.533	g/cm ³
Humedad Inic.	28.3	%	Humedad Inic.	28.3	%	Humedad Inic.	28.1	%
Est. Normal	0.50	kg/cm ²	Est. Normal	1.01	kg/cm ²	Est. Normal	2.02	kg/cm ²
Est. Corte	0.81	kg/cm ²	Est. Corte	1.01	kg/cm ²	Est. Corte	1.45	kg/cm ²

ESPECIMEN 1			ESPECIMEN 2			ESPECIMEN 3		
Deformación horizontal (%)	Esfuerzo de Corte (kg/cm ²)	Esfuerzo Normal (kg)	Deformación horizontal (%)	Esfuerzo de Corte (kg/cm ²)	Esfuerzo Normal (kg)	Deformación horizontal (%)	Esfuerzo de Corte (kg/cm ²)	Esfuerzo Normal (kg)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.41	0.41	1.04	0.41	0.51	0.64	0.41	0.71	0.45
0.82	0.46	1.10	0.82	0.59	0.74	0.82	0.86	0.54
1.23	0.52	1.30	1.23	0.69	0.86	1.23	1.00	0.63
1.64	0.56	1.41	1.64	0.74	0.92	1.64	1.08	0.67
2.47	0.63	1.66	2.47	0.83	1.03	2.47	1.22	0.75
3.29	0.69	1.89	3.29	0.90	1.10	3.29	1.31	0.80
4.11	0.72	1.74	4.11	0.93	1.12	4.11	1.34	0.81
4.93	0.75	1.79	4.93	0.96	1.15	4.93	1.38	0.83
5.75	0.75	1.78	5.75	0.96	1.15	5.75	1.38	0.83
6.58	0.78	1.84	6.58	0.99	1.18	6.58	1.41	0.83
7.40	0.78	1.83	7.40	0.99	1.18	7.40	1.42	0.83
8.22	0.78	1.80	8.22	0.99	1.15	8.22	1.43	0.83
9.04	0.81	1.87	9.04	1.01	1.16	9.04	1.43	0.82
9.86	0.79	1.81	9.86	1.00	1.14	9.86	1.44	0.82
10.69	0.79	1.78	10.69	1.01	1.14	10.69	1.45	0.82
11.51	0.78	1.75	11.51	1.01	1.13	11.51	1.46	0.81
12.33	0.78	1.73	12.33	1.01	1.12	12.33	1.46	0.81
13.15	0.78	1.71	13.15	1.01	1.11	13.15	1.46	0.80
13.97	0.78	1.69	13.97	1.00	1.09	13.97	1.46	0.79
14.80	0.79	1.68	14.80	1.00	1.08	14.80	1.45	0.78
15.62	0.77	1.65	15.62	1.00	1.06	15.62	1.44	0.77
16.44	0.75	1.58	16.44	0.98	1.04	16.44	1.44	0.76

OBSERVACIONES:

Muestra remoldada a la densidad seca de 1.535 g/cm³

Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad

Elaborado por:  Jefe de Laboratorio	Revisado por:  INGENIERO DE SUELOS Y PAVIMENTOS YESENIA CUEVA BARRAZA INGENIERO CIVIL C.P. 115893	Aprobado por:  CONTROL DE CALIDAD MTL GEOTECNIA SAC
--	---	---

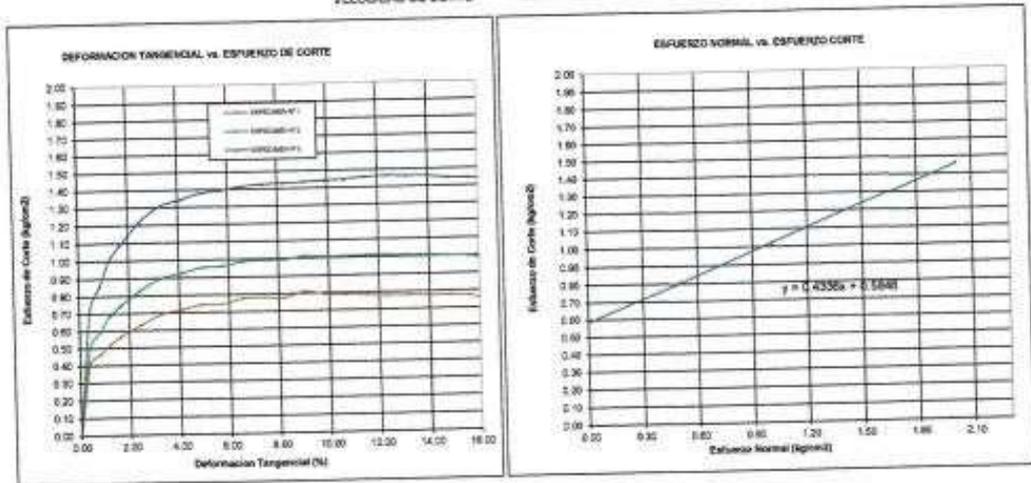
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO CORTE DIRECTO	Código	FOR-LSR-MS-015
		Revisión	1
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	1/06/2018

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS
ASTM D3080

REFERENCIA	: Datos de Laboratorio		
SOLICITANTE	: Carlos Yungui Jianpiere Potter / Cantoral Cáceres Julio Andrés		
PROYECTO	: "Estudio de la variación al incorporar la fibra PET reciclada en suelos cohesivos no friccionantes relacionados a la estabilidad de talud"		
UBICACIÓN	: Lima		
CALCATA	: C-1		
MUESTRA	: 0.9 % de PET		Fecha de ensayo: 02/07/2020
PROFUNDIDAD	: 1.5 m		

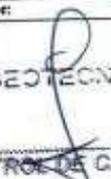
ENSAYO DE CORTE DIRECTO BAJO CONDICIONES CONSOLIDADAS DRENADAS
ASTM D3080

VELOCIDAD DE CORTE : 0.5 mm/min



Resultados:
 Cohesión (c) : 0.58 kg/cm²
 Ángulo de fricción (φ) : 23.4°

OBSERVACIONES:
 Muestra remoldeada a la densidad seca de 1.535 g/cm³
 Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad

Elaborado por:  Jefe de Laboratorio	Revisado por: MTL GEOTECNIA SAC SUELOS CONCRETO ASPALTO  YESENIA CUBA BARRAZA INGENIERO CIVIL CIP 115903 Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Aprobado por:  MTL GEOTECNIA SAC CONTROL DE CALIDAD Control de Calidad MTL GEOTECNIA
--	---	---

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO CORTE DIRECTO	Código	FOR-LSR-MS-015
		Revisión	1
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	1/06/2016

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS
ASTM D3080

REFERENCIA	: Datos de Laboratorio		
SOLICITANTE	: Calero Yungai Jeanpierre Peltier / Cantoral Cáceres Julio Andrés		
PROYECTO	: "Estudio de la variación al incorporar la fibra PET reciclada en suelos cohesionados no friccionalistas relacionados a la estabilidad de talud"		
UBICACIÓN	: Lima		
CLASIFICACIÓN	: C-1		
MUESTRA	: 1.2 % de PET		
PROFUNDIDAD	: 1.5 m		
		Fecha de ensayo:	02/07/2020

ESPECIMEN 1			VELOCIDAD DE CORTE: 0.5 mm/min			ESPECIMEN 2			ESPECIMEN 3		
Altura Inicial:	33.9	mm	Altura Inicial:	33.9	mm	Altura Inicial:	33.9	mm	Altura Inicial:	33.9	mm
Lado de corte:	60.8	mm	Lado de corte:	60.8	mm	Lado de corte:	60.8	mm	Lado de corte:	60.8	mm
Área Inicial:	29.1	cm ²	Área Inicial:	29.1	cm ²	Área Inicial:	29.1	cm ²	Área Inicial:	29.1	cm ²
Densidad Seca:	1.533	g/cm ³	Densidad Seca:	1.533	g/cm ³	Densidad Seca:	1.540	g/cm ³	Densidad Seca:	1.540	g/cm ³
Humedad Inic.:	28.4	%	Humedad Inic.:	28.4	%	Humedad Inic.:	28.2	%	Humedad Inic.:	28.2	%
Est. Normal:	0.50	kg/cm ²	Est. Normal:	1.01	kg/cm ²	Est. Normal:	2.02	kg/cm ²	Est. Normal:	2.02	kg/cm ²
Est. Corte:	0.81	kg/cm ²	Est. Corte:	1.03	kg/cm ²	Est. Corte:	1.53	kg/cm ²	Est. Corte:	1.53	kg/cm ²

Deformación horizontal (%)	Esfuerzo de Corte (kg/cm ²)	Esfuerzo Normalizado (t/m ²)	Deformación horizontal (%)	Esfuerzo de Corte (kg/cm ²)	Esfuerzo Normalizado (t/m ²)	Deformación horizontal (%)	Esfuerzo de Corte (kg/cm ²)	Esfuerzo Normalizado (t/m ²)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.41	0.41	1.04	0.41	0.51	0.76	0.41	0.57	0.91
0.82	0.40	1.22	0.82	0.71	0.89	0.82	1.12	0.73
1.23	0.53	1.34	1.23	0.75	0.94	1.23	1.18	0.73
1.64	0.57	1.42	1.64	0.80	0.99	1.64	1.24	0.77
2.47	0.62	1.63	2.47	0.86	1.06	2.47	1.32	0.82
3.29	0.64	1.66	3.29	0.90	1.10	3.29	1.41	0.86
4.11	0.69	1.67	4.11	0.82	1.11	4.11	1.40	0.85
4.93	0.71	1.72	4.93	0.93	1.12	4.93	1.40	0.84
5.75	0.74	1.76	5.75	0.97	1.15	5.75	1.46	0.87
6.58	0.75	1.78	6.58	0.98	1.15	6.58	1.47	0.86
7.40	0.78	1.82	7.40	1.00	1.17	7.40	1.50	0.88
8.22	0.79	1.80	8.22	1.01	1.17	8.22	1.52	0.88
9.04	0.79	1.82	9.04	1.01	1.16	9.04	1.50	0.86
9.86	0.80	1.81	9.86	1.02	1.16	9.86	1.52	0.86
10.69	0.80	1.81	10.69	1.02	1.16	10.69	1.52	0.86
11.51	0.81	1.81	11.51	1.02	1.14	11.51	1.51	0.84
12.33	0.81	1.79	12.33	1.02	1.13	12.33	1.50	0.82
13.15	0.81	1.77	13.15	1.01	1.11	13.15	1.50	0.82
13.97	0.81	1.75	13.97	1.01	1.10	13.97	1.50	0.81
14.80	0.80	1.73	14.80	1.01	1.09	14.80	1.50	0.81
15.62	0.81	1.73	15.62	1.02	1.09	15.62	1.51	0.80
16.44	0.80	1.70	16.44	1.03	1.09	16.44	1.53	0.81

OBSERVACIONES:

Muestra remoldeada a la densidad seca de 1.536 g/cm³
 Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad

 Jefe de Laboratorio	Revisado por:  INGENIERO DE SUELOS Y PAVIMENTOS	Aprobado por:  CONTROL DE CALIDAD MTL GEOTECNIA
---	--	--

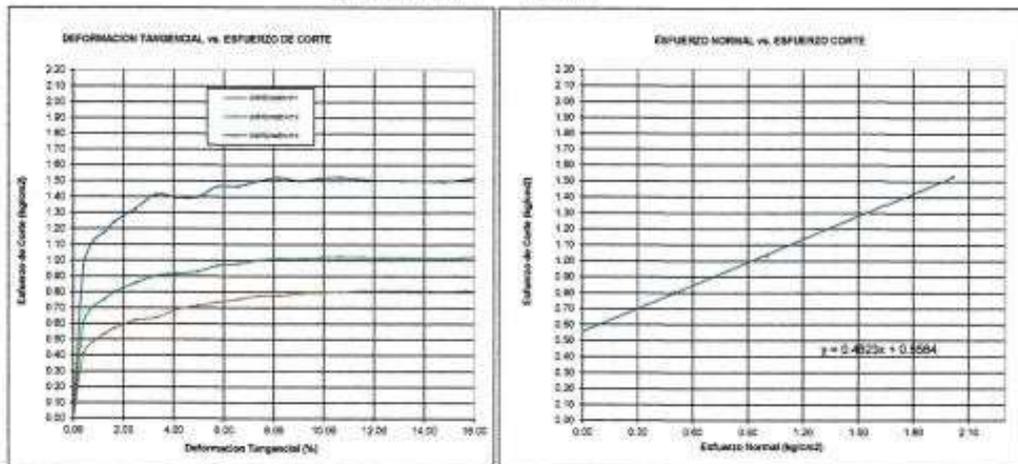
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO CORTE DIRECTO	Código	FOR-LSR-MS-015
		Revisión	1
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	1/06/2015

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS
 ASTM D3080

REFERENCIA	Datos de Laboratorio
SOLICITANTE	Calero Yungel Jeanyriam Peltor / Cantoral Cáceres Julio Andrés
PROYECTO	"Estudio de la variación e incorporar la fibra PET reciclada en suelos cohesivos no friccionantes relacionados a la estabilidad de talud"
UBICACIÓN	Lima
CALICATA	C-1
MUESTRA	1.2 % de PET
PROFUNDIDAD	1.5 m
Fecha de ensayo: 02/07/2015	

ENSAYO DE CORTE DIRECTO BAJO CONDICIONES CONSOLIDADAS DRENADAS
 ASTM D3080

VELOCIDAD DE CORTE 0.5 mm/min



Resultados:
 Cohesión c : 0.56 kg/cm²
 Angulo de fricción ϕ : 25.7°

OBSERVACIONES:

Muestra remoldeada a la densidad seca de 1.536 g/cm³
 Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad

Elaborado por:  Jefe de Laboratorio	Revisado por:  INGENIERO CIVIL BARRAZA CIP-115803 Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Aprobado por:  CONTROL DE CALIDAD Control de Calidad MTL GEOTECNIA
---	--	--

LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO CORTE DIRECTO	Código	FOR-LSR-MS-015
		Revisión	1
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	1/06/2016

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS
ASTM D3080

REFERENCIA	Datos de Laboratorio
SOLICITANTE	Calera Yungali Jeanpierre Peder / Cantoral Cáceres Julio Andrés
PROYECTO	"Estudio de la viabilidad e incorporar la fibra PET reciclada en suelos cohesivos no friccionantes relacionados a la estabilidad de talud"
UBICACIÓN	Lima
CALICATA	C-1
MUESTRA	1.5 % de PET
PROFUNDIDAD	1.5 m
	Fecha de ensayo: 02/07/2016

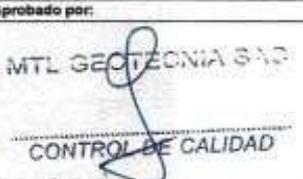
ESPECIMEN 1			VELOCIDAD DE CORTE 0.5 mm/min			ESPECIMEN 2			ESPECIMEN 3		
Altura Inicial:	23.9	mm	Altura Inicial:	23.9	mm	Altura Inicial:	23.9	mm	Altura Inicial:	23.9	mm
Lado de caja:	60.8	mm	Lado de caja:	60.8	mm	Lado de caja:	60.8	mm	Lado de caja:	60.8	mm
Área Inicial:	29.1	cm ²	Área Inicial:	29.1	cm ²	Área Inicial:	29.1	cm ²	Área Inicial:	29.1	cm ²
Densidad Seca:	1.542	gr/cm ³	Densidad Seca:	1.542	gr/cm ³	Densidad Seca:	1.539	gr/cm ³	Densidad Seca:	1.539	gr/cm ³
Humedad Inic.:	28.0	%	Humedad Inic.:	28.0	%	Humedad Inic.:	28.4	%	Humedad Inic.:	28.4	%
Est. Normal:	0.90	kg/cm ²	Est. Normal:	1.01	kg/cm ²	Est. Normal:	2.02	kg/cm ²	Est. Normal:	2.02	kg/cm ²
Est. Corte:	0.75	kg/cm ²	Est. Corte:	0.95	kg/cm ²	Est. Corte:	1.45	kg/cm ²	Est. Corte:	1.45	kg/cm ²

Deformación Horizontal (%)	Esfuerzo de Corte (kg/cm ²)	Esfuerzo Normalizado (psi)	Deformación Horizontal (%)	Esfuerzo de Corte (kg/cm ²)	Esfuerzo Normalizado (psi)	Deformación Horizontal (%)	Esfuerzo de Corte (kg/cm ²)	Esfuerzo Normalizado (psi)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.41	0.37	0.93	0.41	0.60	0.76	0.41	1.00	0.63
0.82	0.44	1.11	0.82	0.68	0.85	0.82	1.10	0.69
1.23	0.48	1.19	1.23	0.71	0.89	1.23	1.14	0.71
1.64	0.50	1.25	1.64	0.74	0.92	1.64	1.18	0.73
2.47	0.55	1.35	2.47	0.78	0.97	2.47	1.24	0.76
3.29	0.58	1.42	3.29	0.82	1.00	3.29	1.29	0.79
4.11	0.62	1.51	4.11	0.84	1.02	4.11	1.28	0.78
4.93	0.66	1.59	4.93	0.87	1.05	4.93	1.32	0.79
5.75	0.69	1.63	5.75	0.88	1.05	5.75	1.32	0.79
6.58	0.69	1.64	6.58	0.90	1.06	6.58	1.35	0.79
7.40	0.71	1.67	7.40	0.92	1.08	7.40	1.39	0.81
8.22	0.72	1.68	8.22	0.93	1.08	8.22	1.39	0.81
9.04	0.73	1.69	9.04	0.94	1.08	9.04	1.40	0.80
9.86	0.74	1.68	9.86	0.95	1.09	9.86	1.43	0.82
10.69	0.75	1.69	10.69	0.95	1.07	10.69	1.41	0.80
11.51	0.75	1.68	11.51	0.94	1.05	11.51	1.39	0.78
12.33	0.74	1.63	12.33	0.93	1.04	12.33	1.39	0.77
13.15	0.74	1.63	13.15	0.94	1.03	13.15	1.40	0.77
13.97	0.74	1.61	13.97	0.94	1.02	13.97	1.39	0.75
14.80	0.73	1.58	14.80	0.93	1.01	14.80	1.39	0.75
15.62	0.73	1.56	15.62	0.93	0.99	15.62	1.39	0.74
16.44	0.72	1.53	16.44	0.93	0.98	16.44	1.39	0.73

OBSERVACIONES:

Muestra remoldeada a la densidad seca de 1.540 g/cm³

Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad

Elaborado por:  Jefe de Laboratorio	Revisado por:  YESENIA CUBA BARRAZA INGENIERO CIVIL CIP. 115863 Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Aprobado por:  CONTROL DE CALIDAD Control de Calidad MTL GEOTECNIA
--	---	--

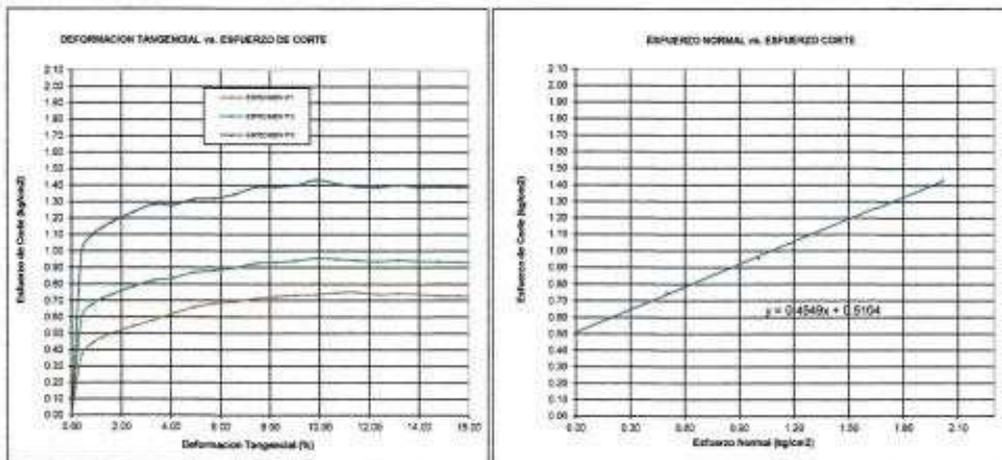
LABORATORIO DE ENSAYO DE MATERIALES	CERTIFICADO DE ENSAYO CORTE DIRECTO	Código	FOR-LSR-MS-015
		Revisión	1
		Aprobado	CC-MTL
		Fecha	1/06/2020

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS Y ROCAS
ASTM D3080

REFERENCIA	Datos de Laboratorio		
SOLICITANTE	Cakero Yanqal Jeanpierre Peltier / Cantoral Cáceres Julió Andrés		
PROYECTO	"Estudio de la variación al incorporar la fibra PET reciclada en suelos cohesionados no fibrosos relacionados a la estabilidad de talud"		
UBICACIÓN	Lima		
CALICATA	C-1		
MUESTRA	1.5 % de PET		
PROFUNDIDAD	1.5 m		Fecha de ensayo: 02/07/2020

ENSAYO DE CORTE DIRECTO BAJO CONDICIONES CONSOLIDADAS DRENADAS
ASTM D3080

VELOCIDAD DE CORTE: 0.5 mm/min



Resultados:
 Cohesión c : 0.51 kg/cm²
 Ángulo de fricción ϕ : 24.5°

OBSERVACIONES:
 Muestra remodelada a la densidad seca de 1.540 g/cm³
 Prohibida la reproducción parcial o total de este documento sin la autorización escrita del área de Calidad

Elaborado por:  Jefe de Laboratorio	Revisado por:  YESENIA OLIVERA BARRAZA INGENIERO CIVIL CIP 1415803 Ingeniero de Suelos y Pavimentos	Aprobado por:  CONTROL DE CALIDAD Control de Calidad MTL GEOTECNIA
---	--	--

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
TC - 4371 - 2020

PROFORMA : 1696A

Fecha de emisión : 2020 - 05 - 27

Página : 1 de 5

SOLICITANTE : MTL GEOTECNIA S.A.C.

Dirección : Cal.La Madrid Nro. 264 Asc. Los Olivos Lima-Lima-San Martín De Porres

EQUIPO : **HORNO**
Marca : GEMMY
Modelo : YC0-010
N° de Serie : 510847
Tipo de Ventilación : Turbulencia
Procedencia : ALEMANIA
Identificación : NO INDICA
INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : **TERMÓMETRO DIGITAL**
Marca : No Indica
Alcance : 1°C a 250°C
Resolución : 1 °C
TIPO DE CONTROLADOR : **DIGITAL**
Marca : No Indica
Alcance : 1°C a 250°C
Resolución : 1 °C
Fecha de Calibración : 2020 - 05 - 25
Ubicación : LABORATORIO

TEST & CONTROL S.A.C. es un Laboratorio de Calibración y Certificación de equipos de medición basado a la Norma Técnica Peruana ISO/IEC 17025.

TEST & CONTROL S.A.C. brinda los servicios de calibración de instrumentos de medición con los más altos estándares de calidad, garantizando la satisfacción de nuestros clientes.

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

LUGAR DE CALIBRACIÓN

Instalaciones de MTL GEOTECNIA S.A.C.

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones se le recomienda al usuario recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados de acuerdo al uso.

MÉTODO DE CALIBRACIÓN

La calibración se realizó por comparación directa con nuestro sistema de medición de temperatura patrón según procedimiento PC- 018 "Procedimiento de calibración o caracterización de medios isotermos con aire como medio termostático". Segunda Edición - Junio 2009. SNM - INDECOPI.

Los resultados en el presente documento no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

CONDICIONES AMBIENTALES

Magnitud	Inicial	Final
Temperatura	29,3 °C	29,6 °C
Humedad Relativa	45,3 %	43,2 %

TEST & CONTROL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan ocurrir después de su calibración debido a la mala manipulación de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en el presente documento.

El presente documento carece de valor sin firma y sello.



Lic. Nicolás Ramos Paucar
Gerente Técnico
CFP: 0316

TRAZABILIDAD

Patrón de Referencia	Patrón de Trabajo	Certificado de Calibración
Dos Termómetros Digitales Incertidumbre 0,007 °C DM - INACAL	Termómetro Digital -200 °C a 400 °C	LT-247-2018

RESULTADOS DE MEDICIÓN

Temperatura de Trabajo	Posición del Controlador	Tiempo de Calentamiento	Tiempo de Estabilización	Porcentaje de carga	Tipo de Carga / Muestra
110 °C ± 10 °C	110	40 min	180 min	30 %	ENVASE METALICO C/ MUESTRAS CLIENTE

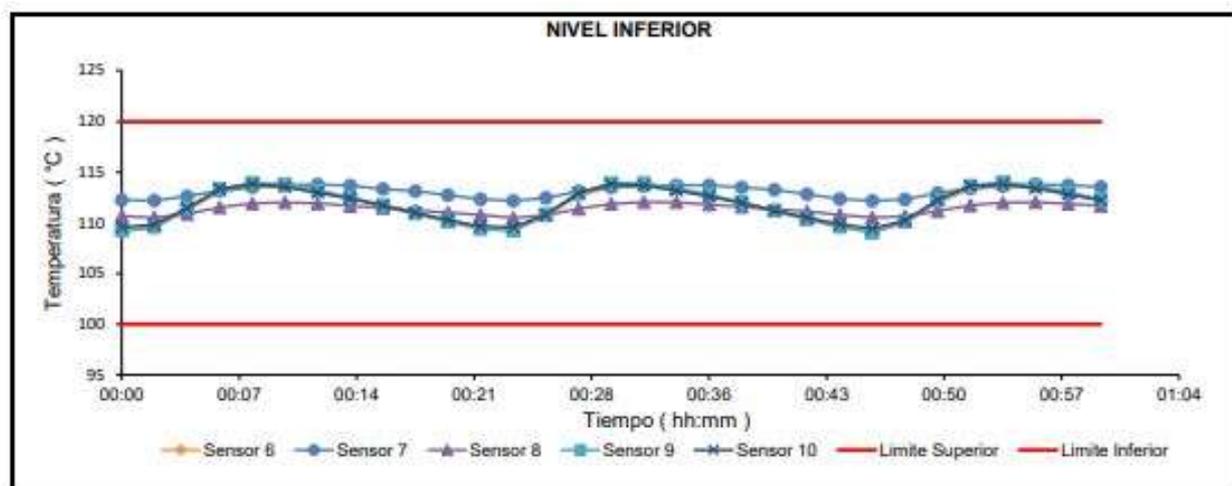
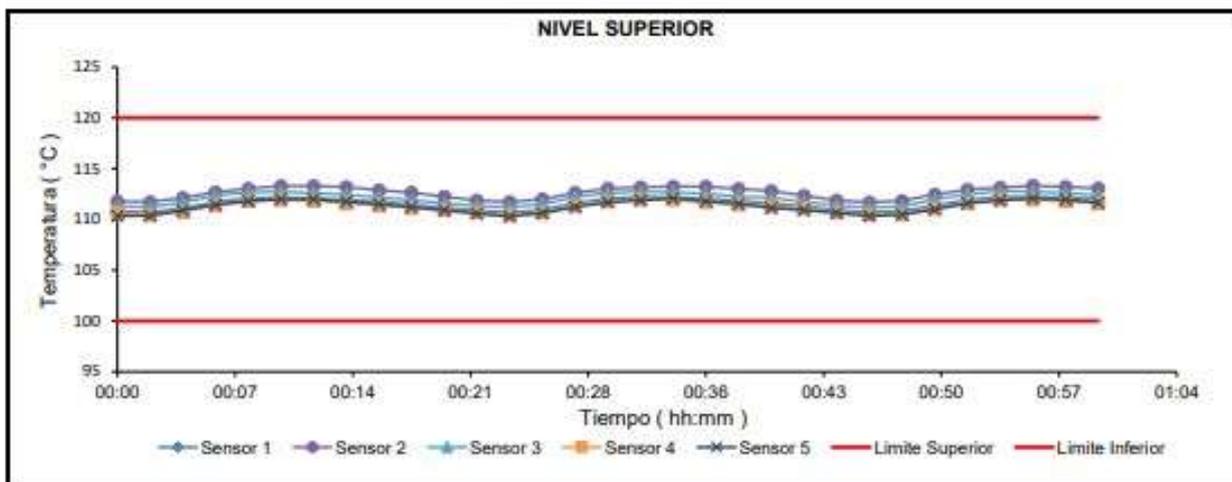
Tiempo (hh:mm)	Termómetro Homo (°C)	Temperaturas en las Posiciones de Medición (°C)										T _{prom} ^{PI} (°C)	T _{max} - T _{min} (°C)
		Nivel Superior					Nivel Inferior						
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10		
0:00	110	110,8	111,8	111,3	110,8	110,3	109,2	112,3	110,7	109,3	109,6	110,6	3,1
0:02	110	110,7	111,7	111,2	110,4	110,4	109,5	112,2	110,5	109,6	109,8	110,6	2,7
0:04	110	111,1	112,1	111,7	110,8	110,9	111,3	112,6	110,9	111,5	111,5	111,4	1,8
0:06	110	111,7	112,7	112,3	111,5	111,4	113,0	113,2	111,6	113,3	113,4	112,4	1,9
0:08	110	112,1	113,0	112,7	111,8	111,8	113,6	113,5	111,9	114,0	113,9	112,8	2,2
0:10	110	112,2	113,3	112,7	111,9	112,0	113,5	113,6	112,0	113,8	113,6	112,9	1,9
0:12	110	112,1	113,3	112,6	111,8	112,0	113,1	113,6	111,9	113,3	113,0	112,7	1,9
0:14	110	111,9	113,2	112,4	111,6	111,8	112,4	113,7	111,7	112,5	112,4	112,4	2,1
0:16	110	111,8	112,9	112,2	111,4	111,5	111,6	113,4	111,5	111,8	111,7	112,0	2,0
0:18	110	111,4	112,6	111,9	111,1	111,2	110,9	113,1	111,2	111,0	111,0	111,6	2,3
0:20	110	111,2	112,2	111,6	110,9	110,9	110,1	112,7	111,0	110,2	110,3	111,1	2,6
0:22	110	110,9	111,9	111,3	110,7	110,6	109,4	112,4	110,6	109,4	109,7	110,7	3,0
0:24	110	110,7	111,7	111,2	110,4	110,3	109,2	112,2	110,5	109,3	109,6	110,5	3,0
0:26	110	111,0	112,0	111,5	110,7	110,6	110,7	112,5	110,8	110,9	110,8	111,1	1,9
0:28	110	111,6	112,6	112,2	111,3	111,2	112,7	113,1	111,4	112,9	113,0	112,2	1,9
0:30	110	112,1	113,0	112,6	111,8	111,7	113,6	113,5	111,9	113,9	113,8	112,8	2,2
0:32	110	112,2	113,2	112,7	112,0	111,9	113,6	113,7	112,1	114,0	113,7	112,9	2,1
0:34	110	112,2	113,2	112,7	111,9	112,1	113,3	113,7	112,0	113,5	113,2	112,8	1,8
0:36	110	112,0	113,2	112,5	111,7	111,8	112,7	113,7	111,8	112,8	112,6	112,5	2,0
0:38	110	111,9	113,0	112,3	111,5	111,5	111,9	113,5	111,6	112,0	112,0	112,1	2,0
0:40	110	111,6	112,8	112,1	111,3	111,1	111,1	113,3	111,4	111,2	111,2	111,7	2,2
0:42	110	111,3	112,3	111,7	111,1	110,9	110,3	112,8	111,2	110,4	110,5	111,3	2,5
0:44	110	110,9	111,9	111,4	110,7	110,6	109,6	112,4	110,8	109,6	109,9	110,8	2,8
0:46	110	110,7	111,7	111,2	110,5	110,3	109,1	112,2	110,6	109,1	109,4	110,5	3,1
0:48	110	110,8	111,8	111,3	110,5	110,5	110,0	112,3	110,6	110,1	110,2	110,8	2,3
0:50	110	111,4	112,5	112,0	111,1	111,0	112,0	113,0	111,2	112,2	112,3	111,8	2,0
0:52	110	111,9	112,9	112,5	111,7	111,6	113,3	113,4	111,8	113,7	113,7	112,6	2,1
0:54	110	112,2	113,2	112,8	111,9	111,9	113,7	113,7	112,0	114,0	113,8	112,9	2,1
0:56	110	112,2	113,3	112,8	112,0	112,1	113,4	113,8	112,1	113,7	113,4	112,9	1,8
0:58	110	112,1	113,2	112,6	111,8	111,9	112,9	113,7	111,9	113,1	112,9	112,6	1,9
1:00	110	112,0	113,1	112,4	111,6	111,7	112,2	113,6	111,7	112,3	112,2	112,3	2,0
T. PROM ^{PI}	110,0	111,6	112,6	112,1	111,3	111,3	111,7	113,1	111,4	111,9	111,9		
T. MAX ^{PI}	110,0	112,2	113,3	112,8	112,0	112,1	113,7	113,8	112,1	114,0	113,9		
T. MIN ^{PI}	110,0	110,7	111,7	111,2	110,4	110,3	109,1	112,2	110,5	109,1	109,4		
DTT ^{PI}	0,0	1,6	1,6	1,6	1,6	1,8	4,6	1,6	1,6	4,9	4,4		

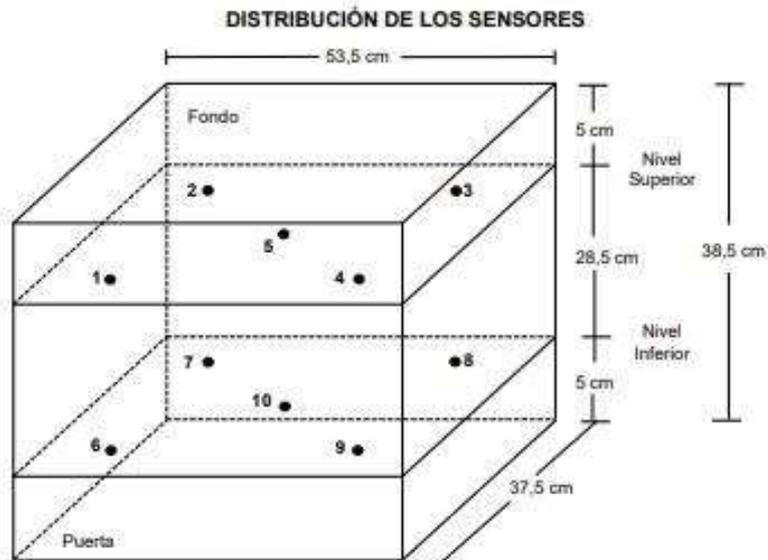
RESULTADOS DE MEDICIÓN

Parámetro	Valor (°C)	Incertidumbre Expandida (°C)
Máxima Temperatura Medida	114,0	0,4
Mínima Temperatura Medida	109,1	0,5
Desviación Temperatura en el Tiempo	4,9	0,1
Desviación Temperatura en el Espacio	1,8	0,5
Estabilidad Medida (±)	2,45	0,04
Uniformidad Medida	3,1	0,5

GRAFICO DE TEMPERATURA DE LOS SENSORES

GRAFICO DE TEMPERATURA DE LOS SENSORES





Los sensores 5 y 10 están ubicados en el centro de sus respectivos niveles.

Los sensores del 1 al 5 están ubicados a 6,5 cm por encima de la parrilla superior.

Los sensores del 6 al 10 están ubicados a 1,5 cm por debajo de la parrilla inferior.

Los sensores del 1 al 4 y del 6 al 9 están ubicados a 5 cm de las paredes laterales y a 6 cm del frente y fondo del equipo.

FOTOGRAFÍA DEL MEDIO ISOTERMO



📍 Jr. Condesa de Lemos N°117
San Miguel, Lima

☎️ (01) 262 9536
📞 (51) 988 901 065

✉️ informes@testcontrol.com.pe
🌐 www.testcontrol.com.pe

Certificado : TC - 4371 - 2020

Página : 5 de 5

OBSERVACIONES

Con fines de identificación de la calibración se colocó una etiqueta autoadhesiva con el número de certificado.

[1] T. PROM: Promedio de las temperaturas en una posición de medición durante el tiempo de calibración.

[2] T prom: Promedio de las temperaturas en las doce posiciones de medición para un instante dado.

[3] Tmax: Temperatura máxima.

[4] Tmin: Temperatura mínima.

[5] DTT: Desviación de Temperatura en el Tiempo.

Para cada posición de medición su "**desviación de temperatura en el tiempo**" DTT está dada por la diferencia entre la máxima y la mínima temperatura registradas en dicha posición.

Incertidumbre expandida de las indicaciones del termómetro propio de Medio Isothermo: 0,6 °C

La Uniformidad es la máxima diferencia medida de temperatura entre las diferentes posiciones espaciales para un mismo instante de tiempo.

La Estabilidad es considerada igual a $\pm \frac{1}{2}$ máx. DTT.

INCERTIDUMBRE

La incertidumbre expandida que resulta de multiplicar la incertidumbre típica combinada por el factor de cobertura $k=2$ que, para una distribución normal, corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente el 95%.

FIN DEL DOCUMENTO



CERTIFICADO DE CALIBRACION

TC - 4370 - 2020

PROFORMA : 1696A

Fecha de emisión : 2020-05-25

SOLICITANTE : MTL GEOTECNIA S.A.C.

Dirección : CAL.LA MADRID NRO. 264 ASC. LOS OLIVOS LIMA-LIMA-SAN MARTÍN DE PORRES

INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : BALANZA

Tipo : ELECTRÓNICA

Marca : SARTORIUS

Modelo : LC2201S

N° de Serie : 50310007

Capacidad Máxima : 2200 g

Resolución : 0,01 g

División de Verificación : 0,1 g

Clase de Exactitud : II

Capacidad Mínima : 5 g

Procedencia : ALEMANIA

N° de Parte : No Indica

Identificación : No Indica

Ubicación : LABORATORIO

Variación de ΔT Local : 5 °C

Fecha de Calibración : 2020-05-25

TEST & CONTROL S.A.C. es un Laboratorio de Calibración y Certificación de equipos de medición basado a la Norma Técnica Peruana ISO/IEC 17025.

TEST & CONTROL S.A.C. brinda los servicios de calibración de instrumentos de medición con los más altos estándares de calidad, garantizando la satisfacción de nuestros clientes.

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

LUGAR DE CALIBRACIÓN

Instalaciones de MTL GEOTECNIA S.A.C.

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones se le recomienda al usuario recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados.

MÉTODO DE CALIBRACIÓN

La calibración se realizó por comparación directa entre las indicaciones de lectura de la balanza y las cargas aplicadas mediante pesas patrones según procedimiento PC-011 "Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento No Automático Clase I y II". Cuarta Edición - Abril 2010. SNM - INDECOPI.

Los resultados son válidos solamente para el ítem sometido a calibración, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

TEST & CONTROL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan ocurrir después de su calibración debido a la mala manipulación de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en el presente documento.

El presente documento carece de valor sin firma y sello.



Lic. Nicolás Ramos Paucar
Gerente Técnico
CFP: 0316



Certificado de Calibración
TC - 4370 - 2020

TRAZABILIDAD

Trazabilidad	Patrón de Trabajo	Certificado de Calibración
Patrones de Referencia de LO JUSTO	Juego de Pesas 1 mg a 1 kg Clase de Exactitud F1	IP-140-2019 Mayo 2019
Patrones de Referencia de DM-INACAL	Juego de Pesas 2 kg a 5 kg Clase de Exactitud F1	LM-147-2019 Mayo 2019

RESULTADOS DE MEDICIÓN

INSPECCION VISUAL

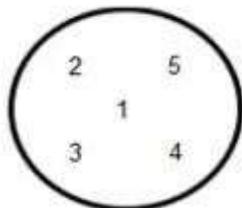
Ajuste de Cero	Tiene	Escala	No Tiene
Oscilación Libre	Tiene	Cursor	No Tiene
Plataforma	Tiene	Nivelación	Tiene
Sistema de Traba	No Tiene		

ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Magnitud	Inicial	Final
Temperatura	21,9 °C	21,9 °C
Humedad Relativa	64 %	64 %

Medición N°	Carga (g)	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	Medición N°	Carga (g)	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)
1	1 100,000	1 099,99	5	-10	1	2 200,000	2 199,98	4	-19
2		1 099,99	3	-8	2		2 199,99	4	-9
3		1 099,98	4	-19	3		2 199,98	5	-20
4		1 099,98	4	-19	4		2 199,98	4	-19
5		1 099,99	4	-9	5		2 199,99	4	-9
6		1 099,98	5	-20	6		2 199,98	4	-19
7		1 099,98	3	-18	7		2 199,98	3	-18
8		1 099,98	5	-20	8		2 199,99	4	-9
9		1 099,99	5	-10	9		2 199,99	5	-10
10		1 099,99	5	-10	10		2 199,99	5	-10
Emáx - Emin (mg)				12	Emáx - Emin (mg)				11
error máximo permitido (±mg)				200	error máximo permitido (±mg)				300

Certificado de Calibración
TC - 4370 - 2020



ENSAYO DE EXCENTRICIDAD

Magnitud	Inicial	Final
Temperatura	22,1 °C	22,2 °C
Humedad Relativa	63 %	63 %

N°	Determinación de Error Eo				Determinación de Error Corregido Ec					e.m.p. (±mg)
	Carga (g)	I (g)	ΔL (mg)	Eo (mg)	Carga (g)	I (g)	ΔL (mg)	E (mg)	Ec (mg)	
1	1,000	1,00	4	1	800,000	799,99	4	-9	-10	200
2		1,00	5	0		799,98	4	-19	-19	
3		1,00	4	1		799,98	5	-20	-21	
4		1,00	4	1		799,98	5	-20	-21	
5		1,00	5	0		799,99	5	-10	-10	

ENSAYO DE PESAJE

Magnitud	Inicial	Final
Temperatura	22,2 °C	22,3 °C
Humedad Relativa	63 %	63 %

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN
TC - 4373 - 2020

PROFORMA : 1696A Fecha de emisión : 2020-05-25 Página : 1 de 2

SOLICITANTE : MTL GEOTECNIA S.A.C.

Dirección : Cal.La Madrid Nro. 264 Asc. Los Olivos Lima-Lima-San Martín De Porres

INSTRUMENTO DE MEDICIÓN : EQUIPO DE CORTE DIRECTO

Marca : PERU TEST
Modelo : PT-CD-500
Serie : 1011
Alcance : 500 kg
Resolución : 0,01 kg
Procedencia : Perú
Identificación : No indica
Ubicación : LABORATORIO
Fecha de Calibración : 2020-05-25

TEST & CONTROL S.A.C. es un Laboratorio de Calibración y Certificación de equipos de medición basado a la Norma Técnica Peruana ISO/IEC 17025.

TEST & CONTROL S.A.C. brinda los servicios de calibración de instrumentos de medición con los más altos estándares de calidad, garantizando la satisfacción de nuestros clientes.

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

LUGAR DE CALIBRACIÓN

Instalaciones de MTL GEOTECNIA S.A.C.

MÉTODO DE CALIBRACIÓN

La calibración se efectuó por comparación directa utilizando el PIC-023 " Procedimiento interno de Calibración de Prensas, Celdas y Anillos de Carga".

Con el fin de asegurar la calidad de sus mediciones se le recomienda al usuario recalibrar sus instrumentos a intervalos apropiados de acuerdo al uso.

CONDICIONES AMBIENTALES

MAGNITUD	INICIAL	FINAL
TEMPERATURA	22,4	22,5
HUMEDAD RELATIVA	70,0%	70,0%

Los resultados en el presente documento no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

TEST & CONTROL S.A.C. no se responsabiliza de los perjuicios que puedan ocurrir después de su calibración debido a la mala manipulación de este instrumento, ni de una incorrecta interpretación de los resultados de la calibración declarados en el presente documento.
El presente documento carece de valor sin firma y sello.



Lic. Nicolas Ramos Paucar
Gerente Técnico.
CFP :0316



Certificado : TC - 4373 - 2020

Página : 2 de 2

TRAZABILIDAD

Patrón de Referencia	Patrón de Trabajo	Certificado de calibración
Manómetro Digital 700 bar TEST & CONTROL	CELDA ANYLOAD	LM-0033-2019

RESULTADOS DE MEDICIÓN**RESULTADOS DE MEDICIÓN**

Indicación del Equipo (kg)	Indicación del Patrón (kg)	Error (kg)	Incertidumbre (kg)
10,00	9,65	-0,35	0,01
100,00	99,35	-0,65	0,10
150,00	150,60	0,60	0,15
200,00	199,20	-0,80	0,20
250,00	249,16	-0,84	0,25
300,00	299,20	-0,80	0,30
350,00	348,90	-1,10	0,35
400,00	398,85	-1,15	0,40
450,00	449,16	-0,84	0,45
500,00	498,56	-1,44	0,50

OBSERVACIONES

Con fines de identificación de la calibración se colocó una etiqueta autoadhesiva con el número de certificado.

INCERTIDUMBRE

La incertidumbre expandida de medida se ha obtenido multiplicando la incertidumbre típica de medición por el factor de cobertura $k=2$ que, para una distribución normal, corresponde a una probabilidad de cobertura de aproximadamente el 95%.

FIN DEL DOCUMENTO



 Jr. Condesa de Lemos N°117
San Miguel, Lima

 (01) 262 9536
 (51) 988 901 065

 informes@testcontrol.com.pe
 www.testcontrol.com.pe

ANEXO N° 4: DESARROLLO DE ESTABILIDAD DE TALUDES

ANALISIS DE ESTABILIDAD DE TALUD

Características de un terraplén

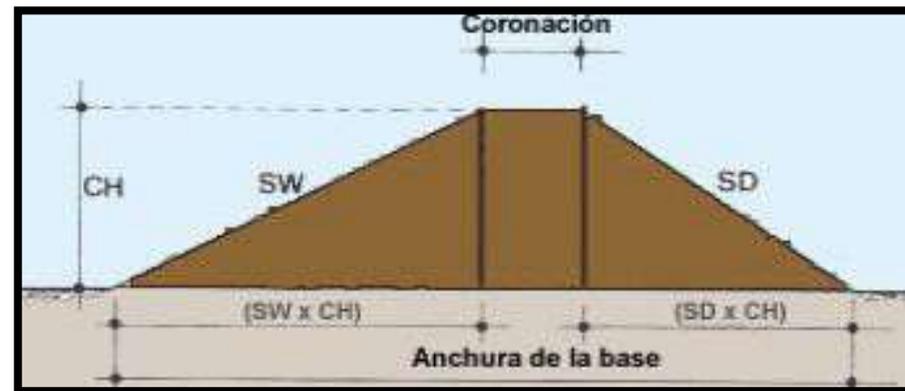
Altura = 5.00m

Base = 14.77 m

Pendiente = 60°

Área de sección = 59.43m²

Corona: 9.00



ANALISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES CON EL METODO DE BISHOP SUELO PATRON

PATRON																								
		γ_1 (kN/m ³)	15.14			C (Kpa)	34.3233			ϕ (°)	14.9													
																						FS Semilla	2.7	
Dovelas	Xi (m)	Yi (m)	Yi+1 (m)	Yi-Yi+1 (m)	bi (m)	θ (°)	θ rad	hmedia (m)	γ_1 (kN/m ³)	Wi (KN)	C (Kpa)	ϕ (°)	ϕ (rad)	cos θ	sen θ	tg θ	Wi cos θ (KN)	Wi sen θ (KN)	Δ li (m)	c Δ li (KPa)	Fr (Kpa)	*Fr (Kpa)	*m α	
1	4.5	15	13.5	1.5	0.92	58.4	1.02	0.75	15	11.14	34	15	0.26	0.52	0.85	1.63	5.84	9.49	1.76	60.4	34.3721927	56.65467485	0.6067	
2	5.42	13.5	12.46	1.04	0.92	48.27	0.84	2.02	15	29.97	34	15	0.26	0.67	0.75	1.12	19.95	22.37	1.39	47.7	39.4845812	53.49541108	0.7381	
3	6.35	12.46	11.69	0.77	0.92	39.94	0.70	2.92	15	43.4	34	15	0.26	0.77	0.64	0.84	33.28	27.86	1.2	41.2	42.8825348	51.72429289	0.8291	
4	7.27	11.69	11.1	0.59	0.92	32.55	0.57	3.6	15	53.52	34	15	0.26	0.84	0.54	0.64	45.11	28.80	1.1	37.8	45.8189	51.18455241	0.8952	
5	8.19	11.1	10.66	0.44	0.92	25.74	0.45	4.02	15	59.71	34	15	0.26	0.90	0.43	0.48	53.79	25.93	1.02	35.0	47.1790019	50.03354314	0.9429	
6	9.12	10.66	10.33	0.33	0.92	19.3	0.34	3.5	15	52.04	34	15	0.26	0.94	0.33	0.35	49.12	17.20	0.98	33.6	45.3471273	46.46712602	0.9759	
7	10.04	10.33	10.12	0.21	0.92	13.11	0.23	2.17	15	32.28	34	15	0.26	0.97	0.23	0.23	31.44	7.32	0.95	32.6	40.1001137	40.26266019	0.9960	
8	10.96	10.12	10	0.12	0.92	7.07	0.12	0.74	15	10.96	34	15	0.26	0.99	0.12	0.12	10.88	1.35	0.93	31.9	34.3486005	34.19986831	1.0043	
																					METODO BISHOP			
																					$\sum F_r$	384.022129	=	2.737
																					$\sum F_s$	140.31		

- Dónde:**
- h_m Altura media de la rebanada correspondiente a un suelo
 - y_i Distancia vertical desde el eje de abscisas a la intersección de la dovela con el círculo de rotura de la dovela i en el lado i
 - y_{i+1} Distancia vertical desde el eje de abscisas a la intersección de la dovela con el círculo de rotura de la dovela i+1 en el lado i+1
 - b_i Ancho de la dovela i
 - γ Peso específico del suelo
 - c Cohesión del suelo correspondiente al suelo en contacto con la línea de rotura.
 - ϕ Ángulo de rozamiento correspondiente al suelo en contacto con la línea de rotura.

ANALISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES CON EL METODO DE BISHOP SUELO INCORPORADO FIBRA 0.9%

0.90%																										
		Y1 (kN/m3)		15.00		C (Kpa)		56.875				φ (°)		23.4									FS Semilla		4.3	
Dovelas	Xi (m)	Yi (m)	Yi+1 (m)	Yi-Yi+1 (m)	bi (m)	θ (°)	θ rad	hmedia (m)	Y1 (kN/m3)	Wi (KN)	C (Kpa)	φ (°)	φ (rad)	cos θ	sen θ	tg θ	Wi cos θ (KN)	Wi sen θ (KN)	Δli (m)	c Δli (KPa)	Fr (Kpa)	*Fr (Kpa)	*mα			
1	4.5	15	13.5	1.5	0.92	58.4	1.02	0.75	15	11.14	57	23	0.41	0.52	0.85	1.63	5.84	9.49	1.76	100.1	56.8759118	93.55455516	0.6079			
2	5.42	13.5	12.46	1.04	0.92	48.27	0.84	2.02	15	29.97	57	23	0.41	0.67	0.75	1.12	19.95	22.37	1.39	79.1	65.1936207	83.20972532	0.7835			
3	6.35	12.46	11.69	0.77	0.92	39.94	0.70	2.92	15	43.4	57	23	0.41	0.77	0.64	0.84	33.28	27.86	1.2	68.3	70.7144413	81.45808731	0.8681			
4	7.27	11.69	11.1	0.59	0.92	32.55	0.57	3.6	15	53.52	57	23	0.41	0.84	0.54	0.64	45.11	28.80	1.1	62.6	75.4975635	81.36423192	0.9279			
5	8.19	11.1	10.66	0.44	0.92	25.74	0.45	4.02	15	59.71	57	23	0.41	0.90	0.43	0.48	53.79	25.93	1.02	58.0	77.7006633	80.15643045	0.9694			
6	9.12	10.66	10.33	0.33	0.92	19.3	0.34	3.5	15	52.04	57	23	0.41	0.94	0.33	0.35	49.12	17.20	0.98	55.7	74.7278757	75.02796135	0.9960			
7	10.04	10.33	10.12	0.21	0.92	13.11	0.23	2.17	15	32.28	57	23	0.41	0.97	0.23	0.23	31.44	7.32	0.95	54.0	66.1947204	65.55495995	1.0098			
8	10.96	10.12	10	0.12	0.92	7.07	0.12	0.74	15	10.96	57	23	0.41	0.99	0.12	0.12	10.88	1.35	0.93	52.9	56.8382968	56.17346645	1.0118			
																					METODO BISHOP					
																					$\sum \frac{F_i}{F_i}$	616.499418	=	4.394		
																					$\sum F_i$	140.31	=			

ANALISIS DE ESTABILIDAD DE TALUDES CON EL METODO DE BISHOP SUELO INCORPORADO FIBRA 1.2%

1.20%																										
		Y1 (kN/m3)		15.00		C (Kpa)		54.917				φ (°)		25.3									FS Semilla		4.3	
Dovelas	Xi (m)	Yi (m)	Yi+1 (m)	Yi-Yi+1 (m)	bi (m)	θ (°)	θ rad	hmedia (m)	Y1 (kN/m3)	Wi (KN)	C (Kpa)	φ (°)	φ (rad)	cos θ	sen θ	tg θ	Wi cos θ (KN)	Wi sen θ (KN)	Δli (m)	c Δli (KPa)	Fr (Kpa)	*Fr (Kpa)	*mα			
1	4.5	15	13.5	1.5	0.92	58.4	1.02	0.75	15	11.14	55	26	0.45	0.52	0.85	1.63	5.84	9.49	1.76	96.7	55.5630009	89.84454768	0.6184			
2	5.42	13.5	12.46	1.04	0.92	48.27	0.84	2.02	15	29.97	55	26	0.45	0.67	0.75	1.12	19.95	22.37	1.39	76.3	64.788482	81.32071273	0.7967			
3	6.35	12.46	11.69	0.77	0.92	39.94	0.70	2.92	15	43.4	55	26	0.45	0.77	0.64	0.84	33.28	27.86	1.2	65.9	70.9714018	80.69712771	0.8795			
4	7.27	11.69	11.1	0.59	0.92	32.55	0.57	3.6	15	53.52	55	26	0.45	0.84	0.54	0.64	45.11	28.80	1.1	60.4	76.2312578	81.31980295	0.9374			
5	8.19	11.1	10.66	0.44	0.92	25.74	0.45	4.02	15	59.71	55	26	0.45	0.90	0.43	0.48	53.79	25.93	1.02	56.0	78.7516841	80.60110815	0.9771			
6	9.12	10.66	10.33	0.33	0.92	19.3	0.34	3.5	15	52.04	55	26	0.45	0.94	0.33	0.35	49.12	17.20	0.98	53.8	75.3943488	75.25481311	1.0019			
7	10.04	10.33	10.12	0.21	0.92	13.11	0.23	2.17	15	32.28	55	26	0.45	0.97	0.23	0.23	31.44	7.32	0.95	52.2	65.9016309	65.00607875	1.0138			
8	10.96	10.12	10	0.12	0.92	7.07	0.12	0.74	15	10.96	55	26	0.45	0.99	0.12	0.12	10.88	1.35	0.93	51.1	55.5152166	54.7479112	1.0140			
																					METODO BISHOP					
																					$\sum \frac{F_i}{F_i}$	608.792102	=	4.339		
																					$\sum F_i$	140.31	=			

ANEXO N° 5: MAPA DE DESLISAMIENTOS Y OCURRENCIAS

DESLIZAMIENTOS DE MASAS EN EL PERU

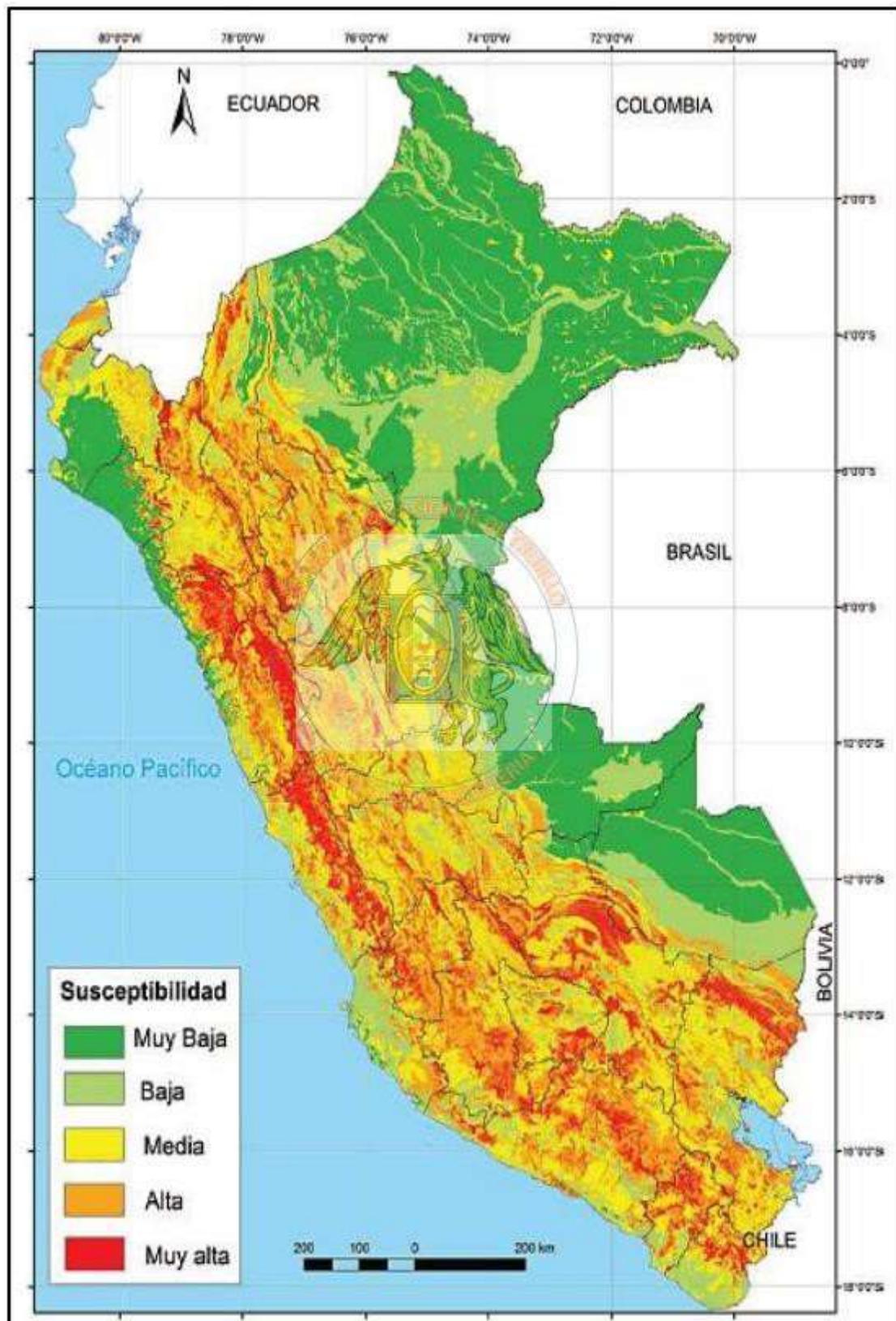


Figura 2.1 Mapa de susceptibilidad a Deslizamientos de Masa del Perú

Fuente: (Instituto Geológico, Minero y metalúrgico, 2015)

OCURRENCIAS Y CANTERAS DE ARCILLA EN PERU

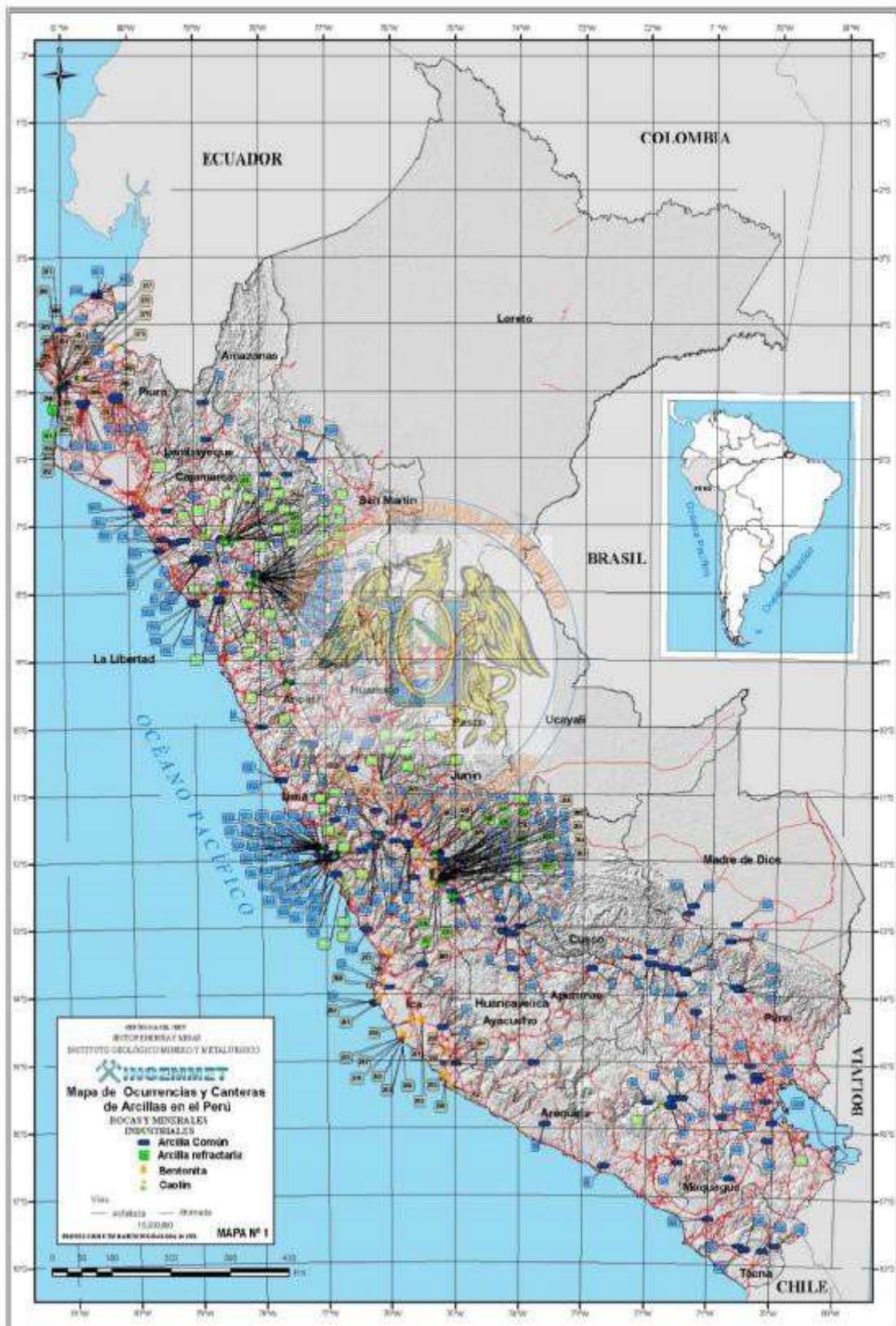


Figura 3.1 Mapa de Ocurrencias y Canteras de Arcillas en el Perú.

Fuente: (Instituto Geológico, Minero y metalúrgico, 2015)

ANEXO N° 6: COPIA DE COTIZACION DEL LABORATORIO



RUC: 20600375262

REFERENCIA	Solicitado presencialmente el 09/06/2020
SOLICITANTE	-----
ATENCIÓN	Cantoral Cáceres Julio Andrés – Calero Yangali Jeanpierre Petter
TESIS	"Estudio de la variación al incorporar la fibra PET reciclada en suelos cohesivos no friccionantes relacionados a la estabilidad de talud"
UBICACIÓN	Lima
FECHA	San Martín de Porres, 09 de junio de 2020

EJECUCIÓN DE ENSAYOS EN LABORATORIO

ITEM	CONCEPTO	NORMA	UND.	CANTIDAD	PARCIAL	SUB. TOTAL
1.0	ENSAYOS EN LABORATORIO DE CONCRETO					
1.1	Clasificación de suelos (incluye granulometría por sedimentación, contenido de humedad y límites de consistencia)	ASTM D2487	Und	1	S/. 300.00	S/. 300.00
1.2	Límite de contracción	ASTM D427	Und	1	S/. 80.00	S/. 80.00
1.3	Gravedad específica	ASTM D854	Und	1	S/. 50.00	S/. 50.00
1.4	Proctor estandar	ASTM D698	Und	1	S/. 80.00	S/. 80.00
1.5	Corte directo (Patrón - 0.3%- 0.6%-0.9% - 1.2% - 1.5%)	ASTM D3080	Und	6	S/. 250.00	S/. 1,500.00
					SUB TOTAL	S/. 2,010.00

NOTAS / ANOTACIONES:

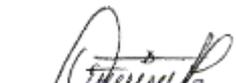
- * Validez de oferta 30 días desde su emisión
- * El cliente debe proporcionar la información necesaria para la emisión de los certificados de ensayo
- * **El cliente deberá proporcionar las muestras.**

FORMA DE PAGO:

- 50% adelanto para comenzar los trabajos
- 50% a la entrega de los resultados.

CUENTAS DE PAGO:

CTA CORRIENTE BANCO CONTINENTAL
 AHORROS SOLES: 0011-0752-0200099965
 AHORROS DOLARES: 0011-0200099965-32
 CCI BANCO CONTINENTAL: 011-752-000200099965-32



MTL GEOTECNIA S.A.C
 RUC: 20600375262

DANY CCOTO TRUJILLO

GERENTE COMERCIAL

Calle La Madrid N° 264 - Asociación Los Olivos - San Martín de Porres (Alt. Av. Antunez de Mayolo con Av. Universitaria)

Telf.: (01) 457 2237 RPC 989 349 903

informes@mtlgeotecniasac.com www.mtlgeotecniasac.com

ANEXO N° 7: INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Título de investigación:

ESTUDIO DE LA VARIACION AL INCORPORAR LA FIBRA PET RECICLADA EN SUELOS COHESIVOS NO FRICCIONANTES RELACIONADOS A LA ESTABILIDAD DE TALUD

Apellidos y Nombres de los investigadores: Calero Yaneali Jeamoierre y Cantoral Caceres Julio Andres

Apellidos y Nombre del experto:

Item	Cuestionario	Casi Nunca	Nunca	A veces	Siempre	Casi Siempre
1	¿En su experiencia Cree Ud. que la adición de fibras PET a los suelos arcillosos mejore sus propiedades físicas y mecánicas del suelo?					X
2	¿En su experiencia Cree Ud. que la adición de fibras PET sea favorable para incorporar a los suelos arcillosos?			X		
3	En su experiencia cree Ud. ¿Que el porcentaje de adición de fibras PET influya en con el comportamiento del suelo arcilloso?	X				
4	¿En su experiencia cree Ud. que al incorporar las fibras PET, mejorara el Angulo de fricción del suelo?		X			
5	¿En su experiencia cree Ud. que la adición de fibras PET mejora la resistencia del suelo arcilloso?					X
6	¿En su experiencia cree Ud. que la cohesión se <u>vera</u> afectada al incorporar las fibras PET?			X		
7	¿En su experiencia cree Ud. ¿Al incorporar la fibra PET mejorara la resistencia al corte del suelo arcilloso?					X
8	¿En su experiencia cree Ud. que se pueda agregar fibras PET a cualquier tipo de suelo para mejorar sus propiedades mecánicas?					X
9	¿En su experiencia cree Ud. que se podría mejorar la estabilidad del talud al agregar las fibras PET a los suelos arcillosos?		X			
10	¿En su experiencia cree Ud. que con la adición de las Fibras PET mejorara el factor de seguridad de los suelos arcillosos?				X	

Firma del Experto

ANEXO N° 8: FORMATOS DE VALIDACIÓN

Tabla: Códigos, propiedades y usos del plástico reciclado

Símbolo	Tipo de Plástico	Propiedades	Usos Comunes
	PET Poliétilen Tereftalato (Polyethylene Terephthalate)	Contacto alimentario, resistencia física, propiedades térmicas, propiedades barreras, ligereza y resistencia química.	Bebidas, refrescos y agua, envases para alimentos (aderezos, mermeladas, jaleas, cremas, farmacéuticos, etc.)
	HDPE Poliétileno de alta densidad (High Density Polyethylene)	Poco flexible, resistente a químicos, opaco, fácil de pigmentar, fabricar y manejar. Se suaviza a los 75°C.	Algunas bolsas para supermercado, bolsas para congelar, envases para leche, helados, jugos, shampoo, químicos y detergentes, cubetas, tapas, etc.
	PVC Policloruro de vinilo (Plasticised Polyvinyl Chloride PCV-P)	Es duro, resistente, puede ser claro, puede ser utilizado con solventes, se suaviza a los 80°C. Flexible, claro, elástico, puede ser utilizado con solventes.	Envases para plomería, tuberías, "blíster packs", envases en general, mangueras, suelas para zapatos, cables, correas para reloj.
	LDPE Poliétileno de baja densidad (Low Density Polyethylene)	Sueve, flexible, traslúcido, se suaviza a los 70°C, se raya fácilmente.	Película para empaque, bolsas para basura, envases para laboratorio.
	PP Polipropileno (Polypropylene)	Difícil pero aún flexible, se suaviza a los 140°C, traslúcido, soporta solventes, versátil.	Bolsas para frituras, popotes, equipo para jardinería, cajas para alimentos, cintas para empacar, envases para uso veterinario y farmacéutico.
	PS Poliestireno (Polystyrene)	Claro, rígido, opaco, se rompe con facilidad, se suaviza a los 95°C. Afectado por grasas y solventes.	Cajas para discos compactos, cubiertos de plástico, imitaciones de cristal, juguetes, envases cosméticos.
	PS-E Poliestireno Expandido (Expanded Polystyrene)	Esponjoso, ligero, absorbe energía, mantiene temperaturas.	Tazas para bebidas calientes, charolas de comida para llevar, envases de hielo seco, empaques para proteger mercancía frágil.
	OTHER Otros (SAN, ABS, PC, Nylon)	Incluye de muchas otras resinas y materiales. Sus propiedades dependen de la combinación de los plásticos.	Autopartes, hieleras, electrónicos, piezas para empaques.

Fuente: (Ojeda, 2016)

ANEXO N° 9: NORMAS

NORMA CE.020

SUELOS Y TALUDES

1. GENERALIDADES

Los suelos con poca capacidad de carga o susceptibles a los asentamientos, requieren ser estabilizados, ya sea cuando se realizan excavaciones o cuando se alteran las condiciones de equilibrio de los taludes, puesto que se produce inestabilidad, poniendo en riesgo la vida humana, los bienes materiales y el ambiente.

2. OBJETIVO

Establecer las consideraciones técnicas mínimas, para el mejoramiento requerido de la resistencia de los suelos y de la estabilidad de taludes, mediante métodos químicos, mecánicos o de modificación topográfica.

3. CAMPO DE APLICACION

La presente norma es obligatoria para todo el territorio nacional. Se exige su aplicación a todos los Estudios de Estabilización de Suelos y Taludes para las obras de Ingeniería civil.

La presente norma considera exigencias mínimas, sin ser limitativo para los estudios de evaluación y mitigación de los riesgos de deslizamientos de laderas o taludes brindando un enfoque ambiental orientado a la Gestión de Riesgos.

La presente norma toma en cuenta los fenómenos de geodinámica externa, así como el control de la erosión de los taludes.

La presente norma no se aplica en los casos que haya presunción de existencia de ruinas arqueológicas, patrimonios históricos, reservas naturales, galerías u oquedades subterráneas de origen natural o artificial; en cuyos casos se deberán efectuar estudios específicos orientados a evaluar y solucionar dichos problemas.

4. REFERENCIAS NORMATIVAS

Las siguientes referencias contienen disposiciones que al ser citadas en este texto constituyen requisitos de la presente Norma. Las mismas que deberán ser de la edición vigente.

- NTP 341.127:1975 Planchas gruesas de acero al carbono para servicio a temperaturas medianas y bajas para recipiente a presión.
- NTP 334.113:2002 Método de Ensayo para la determinación del cambio de longitud de barras de mortero, debido a la reacción entre el Cemento Portland y los agregados álcáli – reactivos.
- NTP 334.125:2002 Cal viva y cal hidratada para Estabilización de Suelos.

- 5.44. SUELO DELEZNABLE:** Suelo en proceso de formación que se desliza y resbala con facilidad
- 5.45. TALUD:** Perfil conseguido tras una excavación o terraplenado no necesariamente vertical, sino con cierto ángulo con la horizontal, llamado ángulo de talud.
- 5.46. VALOR DE ACELERACION:** Coeficiente que permite ajustar el cálculo de la sobrecarga sísmica horizontal en la base del talud, a la relación entre el período de vibración del talud y del temeno natural.
- 5.47. VUELCO DE MURO:** Rotación de muro sobre el punto más alejado de la base en su sección transversal y la aplicación del empuje.

6 SUELOS

Se debe estabilizar todos los suelos que al perder su capacidad de carga, o al tener deformaciones excesivas, pongan en riesgo la vida humana, bienes materiales y el ambiente, de acuerdo al análisis realizado por el Profesional Responsable.

6.1 ESTABILIZACIÓN DE SUELOS MEDIANTE MÉTODOS QUÍMICOS

Se aplican métodos químicos en la estabilización de suelos, en casos que:

- No cumpla con los requisitos mínimos de resistencia o deformación para sustentar obras de Ingeniería Civil.
- No pueda ser empleado en condiciones naturales.
- No pueda ser eliminado o reemplazado por otro.

Para aplicar métodos químicos, el Profesional Responsable deberá sustentar previamente mediante un estudio técnico, que el suelo alcanzará estabilidad volumétrica, adecuada resistencia, permeabilidad, compresibilidad y durabilidad.

Tanto la técnica, como los insumos empleados, no deben generar riesgo para el hombre, otros seres vivos y el ambiente, o por lo que debe desarrollarse un EIA.

Los productos deberán estar fabricados a base de enzimas o compuestos multi enzimáticos que trabajen en forma eficiente para el beneficio del medio ambiente según el Trabajo Técnico del Banco Mundial N°140 "Libro de Consulta para la Evaluación Ambiental" y sólo requerirán de agua para su dilución y aplicación.

6.1.1 ADITIVO ESTABILIZADOR

Sin ser limitativo, el aditivo estabilizador debe emplearse en el tratamiento de superficies de suelos con materiales orgánicos o de granulometrías muy finas (por ejemplo, en zonas de selva tropical, zonas de lluvias torrenciales, zonas pantanosas, etc.).

El aditivo estabilizador, debe cumplir normas internacionales de certificación ISO. El aditivo debe ser capaz de mezclarse íntima y homogéneamente con el suelo y curarse de acuerdo a especificaciones técnicas propias del producto.

Los métodos, dosificaciones y pruebas de control, deberán ser verificados por el profesional responsable junto al proveedor del aditivo, antes de su empleo.

El producto terminado de suelo con aditivo, deberá presentar mejores características de resistencia, con control volumétrico y de polvo superficial, tanto en la etapa de construcción como de servicio.

El profesional responsable debe utilizar el aditivo apropiado de acuerdo a las condiciones geográficas y climáticas, tales como: la temperatura, humedad, dirección y velocidad del viento.

Se debe emplear aditivos que reduzcan el agua contenida entre las partículas del suelo aumentando los vacíos y facilitando su compactación.

De requerirse mejoras en el comportamiento estructural, debe emplearse aditivos en suelos que contengan más de 25% de finos cohesivos. Estos aditivos también deben ser controladores de polvo.

En caso que el estabilizador sea líquido soluble en agua se debe tener en cuenta la evaporación, observando la pérdida de humedad en el suelo, su solidificación y el aumento de la cohesión y resistencia.

La efectividad de los agentes estabilizadores debe cumplir con lo indicado en el siguiente cuadro:

TIPO DE SUELO	Arollac Finac	Arollac Gruecac	Limos finos	Limos Gruecos	Arenac Finac	Arenac Gruecac
Tamaño de partícula (mm)	< 0,0006	0,0006 - 0,002	0,002 - 0,01	0,01 - 0,06	0,06 - 0,4	0,4 - 2,0
Estabilidad volumétrica	Muy pobre	Regular	Regular	Bueno	Muy bueno	Muy bueno
CAL	SI	SI	SI			
CEMENTO	NO	NO	NO	NO	SI	SI
ASFALTO					SI	SI

6.1.1.1 ESTABILIZACIÓN CON CAL

La dosificación depende del tipo de arcilla. Se agregará de 2% a 8% de cal por peso seco de suelo. Este porcentaje debe determinarse en el laboratorio, siguiendo los pasos siguientes:

- Estimar el porcentaje de cal en función del pH.
- Elaborar especímenes para el ensayo de compresión no confinada a la humedad óptima y máxima densidad seca.
- Determinar el incremento de la resistencia del suelo estabilizado con cal.
- Si el incremento de resistencia, con el porcentaje de cal elegido, es mayor a 3.5 kg/cm², determinar la variación en la resistencia para especímenes elaborados con + 2% de cal.
- Determinar el contenido de cal para el cual la resistencia no aumenta en forma importante.
- Elaborar una gráfica de resistencia y % de cal.

En todo documento técnico o análisis técnico, deberá adjuntarse los gráficos y sustento técnico que ilustren objetivamente las mejoras obtenidas con cal hidratada, indicando claramente los porcentajes de participación y valores alcanzados con ello. Además se debe reportar resultados de la capacidad de soporte según la

7 TALUDES

7.1 ESTABILIZACIÓN DE UN TALUD EXISTENTE

Para estabilizar un talud existente, es necesario que el Profesional Responsable establezca previamente las siguientes situaciones de inestabilidad:

- Talud existente aparentemente estable: Corresponde a las laderas modificadas y que por largo tiempo han permanecido estables.
- Talud en proyecto, o por construir: Modificación geométrica de las laderas con fines de sustento de obras de Ingeniería civil.
- Talud con insuficiencia de estabilidad: Ladera modificada cuyo factor de seguridad a la estabilidad es menor a la unidad.
- Talud colapsado, a ser reconstruido: Corresponde a los taludes afectados por la geodinámica externa asociado al derrumbe

La solución geotécnica integral de estabilización del talud para cualquiera de las cuatro situaciones mencionadas incluirá necesariamente la formulación y desarrollo de dos componentes:

Componente 1: Evaluación de la condición de estabilidad del talud.

Componente 2: Metodología de estabilización y remediación del talud.

7.1.1 EVALUACIÓN DE LA CONDICIÓN DE ESTABILIDAD DE UN TALUD

Para evaluar la condición de estabilidad del talud el Profesional Responsable incluirá el desarrollo de los siguientes criterios de evaluación:

- La mecánica de suelos.
- El comportamiento geodinámico del área.
- El flujo de agua.
- La geometría del talud y
- La topografía del entorno.

El Profesional Responsable deberá evaluar la condición de estabilidad del talud para sollicitaciones estáticas y sísmicas. El factor de seguridad mínimo del talud deberá ser 1.5 para sollicitaciones estáticas y 1.25 para sollicitaciones sísmicas. Si estos factores de seguridad no son cumplidos, el Profesional Responsable deberá seleccionar un método de estabilización o la combinación de varios métodos de estabilización y probarlos hasta que la solución propuesta alcance la aprobación de ambos factores de seguridad. La solución de forma complementaria, pero necesaria, deberá prever protección adecuada de la superficie del talud contra la erosión.

Las propiedades físicas y mecánicas de los materiales geotécnicos se determinarán mediante ensayos de campo y laboratorio, de acuerdo al tipo de material e importancia de la obra, cuya decisión es responsabilidad del Profesional Responsable. Será necesario tener en cuenta los modos operativos correspondientes a cada ensayo y a cada necesidad.

Para el análisis de estabilidad de los taludes en roca y suelos será necesario realizar los estudios geotécnicos, que permitan caracterizar los materiales y evaluar los parámetros de diseño que el Profesional Responsable considere necesario, a fin de obtener la estabilidad del talud.

Las cargas sísmicas pueden generar problemas de movimientos del talud. Un sismo establece mayor probabilidad de riesgo de ocurrencias de geodinámicas.

externas. El Profesional Responsable en su estudio deberá detallar aquellas zonas identificadas como críticas. El coeficiente sísmico para el análisis seudo estático corresponderá a un sismo de 475 años de periodo de retorno.

7.1.2 METODOLOGIA DE ESTABILIZACIÓN Y REMEDIACIÓN DEL TALUD

Determinada la condición de estabilidad del talud, el Profesional Responsable seleccionará y aprobará el método o la combinación de métodos de estabilización que, de acuerdo a su análisis, muestren potencialidades suficientes para estabilizar y remediar el talud. Dichos métodos deberán mostrar su eficacia y eficiencia, teniendo que nuevamente ser verificada la condición de estabilidad del talud para condiciones estáticas y seudo estáticas. Asimismo, el Profesional Responsable desarrollará y recomendará si es necesario incorporar a la solución integral un método de control contra la erosión, a fin de otorgarle sostenibilidad a la solución de estabilización del talud.

Los métodos de estabilización y remediación de taludes serán establecidos de acuerdo a la identificación de peligros y los resultados de la evaluación de los mecanismos que generan la inestabilidad del mismo. Se podrán aplicar los siguientes métodos:

- Per disminución de las presiones hidrostáticas
- Per disminución de los esfuerzos cortantes solicitantes
- Per introducción de fuerzas resistentes
- Per mejora de las propiedades del depósito y/o macizo
- Per incorporación de inhibidores o controladores de energía de caída

Sin embargo, otros métodos podrán ser empleados también bajo responsabilidad del Profesional Responsable.

7.2 ESTABILIZACIÓN DE UN TALUD RECIENTE CORTADO

7.2.1 CÁLCULO DE EMPUJES

El Profesional Responsable debe aplicar las herramientas correspondientes al cálculo de los empujes en sus diferentes estados, que permita la determinación de los elementos de contención más adecuados. Ver Anexos Informativos 8.3 y 8.4.

7.2.2 DISEÑO GEOTÉCNICO DE MURO

El Profesional Responsable debe pre-dimensionar y diseñar geotécnicamente un tipo de muro, considerando como mínimo, las etapas siguientes:

- Seguridad al posible vuelco del muro.
- Seguridad al posible deslizamiento del muro.
- Seguridad de la cimentación del muro:
- Capacidad resistente de la base
- Deformación (asentamiento)

El diseño del muro debe presentar seguridad al vuelco, deslizamiento y se deberá evaluar la capacidad de carga

Ver Anexos Informativos 8.5, 8.6, 8.7 y 8.8

7.2.3 DRENAJE Y SUBDRENAJE

Todo diseño de muro debe garantizar el drenaje del relleno del muro, evacuando las aguas o evitando que éstas ingresen. Ver Anexo Informativo 8.9.

Para impedir que el agua se introduzca en el relleno, en la etapa de proyecto y/o construcción, debe realizarse lo siguiente:

- Localizar los lugares de donde proviene el agua, con la finalidad de tomar las medidas pertinentes para evitar que el material se sature.
- Desviar el agua alejándola del relleno, en lo posible con zanjas de coronación, que evacúen el agua hacia los lados del talud sin causar erosión.
- Proteger la superficie del relleno, mediante sistemas de absorción del agua excedente que desequilibre el talud, Ver Anexo Informativo 8.1.
- Colocar drenes interceptores de posibles filtraciones subterráneas, que no aumenten los empujes no previstos en la etapa de diseño.

7.2.4 ENTIBACIONES

Se debe emplear entibaciones en toda obra, que requiera excavaciones en materiales deleznable que ponga en riesgo la vida humana. Este sistema será del tipo temporal durante el proceso constructivo de obras de Ingeniería civil. Ver Anexo Informativo 8.10.

8 ANEXO 8 INFORMATIVO 8

8.1 VEGETACIÓN PARA TALUDE 8

Tipo	Ventajas	Desventajas
Pastos	Versátiles y baratos; variedades para escoger con diferentes tolerancias; fácil de establecer; buena densidad de cobertura.	Raíces poco profundas y se requiere mantenimiento permanente.
Juncos	Crece rápidamente y son fáciles de establecer.	Difíciles de obtener y el sistema de plantación no es sencillo.
Hierbas	Raíz relativamente profunda.	Algunas veces son difíciles de establecer y no se consiguen raíces.
Arbustos	Variedades para escoger. Existen especies que se reproducen por estaca. Raíz profunda buena cobertura, bajo mantenimiento.	Algunas veces son difíciles de establecer.
Árboles	Raíces profundas, no requieren mantenimiento,	Es demorado su establecimiento y generalmente son más costosos.
Gel germinador de plantas	Fácil aplicación. Forestación iniciada con semillas según tipo a emplear.	Costo inicial elevado. Requiere de mantenimiento periódico.

Fuente: ww3.vivienda.gob.pe

3.2 ALTERNATIVA 8 DE ESTABILIZACIÓN DE SUELO 8

MATERIAL	TIPOS DE ESTABILIZACIÓN			
	MECÁNICA	CON CEMENTO	CON CAL	CON EMULSIÓN
Grava	Puede ser necesaria la adición de finos para prevenir desprendimiento.	Probablemente no es necesaria, salvo si hay finos plásticos. Cantidad de 2 a 4%.	No es necesaria, salvo que los finos sean plásticos. Cantidad de 2 a 4%.	Apropiada si hay deficiencia de finos. Aproximadamente 3% de asfalto residual.
Arena limpia	Adición de gruesos para dar la estabilidad y de finos para prevenir desprendimientos.	Inadecuada: produce material quebradizo.	Inadecuada: no hay reacción.	Muy adecuada: De 3 a 5% de asfalto residual.
Arena arenosa	Adición de gruesos para mejorar resistencia.	Recomendable 4 - 8%	Es factible dependiendo del contenido de arena.	Se puede emplear de 3 a 4% de asfalto residual.
Arenilla arenosa	Usualmente no es aconsejable.	Recomendable 4 - 12%	4 a 8% dependiendo del contenido de arena.	Se puede emplear pero no es muy aconsejable.
Arenilla	Inadecuada	No es muy aconsejable. La mezcla puede favorecerse con un mezcla con 2% de cal y luego entre 8 y 15% de cemento.	Muy adecuada. Entre 4 y 8% dependiendo de la arena.	Inadecuada.

Nota. - Conviene tomarlo como partida para los trabajos de investigación sobre estabilidad.

3.3 MÉTODO DE RANKINE ($\alpha=\beta=\delta m=0$) - EMPUJE DE TIERRA 8

Tipo de Empuje	Condición necesaria	Estado Tensional	Modelo utilizado del suelo	Condición del suelo	Empuje	Coefficiente de empuje de tierra K_e	Observación	Efecto de sobrecarga (P_s)
Reposo (P_0)	No hay deformación lateral	Alejado de la falla	Lineal	Equilibrio estático	$P_0 = K_0 \gamma z$	$K_0 = \frac{1 - \mu}{1 + \mu}$	$\mu = (0,45)$ $K_0 = (0,41)$	
Activo (P_a)	Presencia deformación lateral	Falla	Plástico	+	$P_a = K_a \gamma z$	$K_a = \frac{1 - \sin \phi}{1 + \sin \phi}$		$P_s = K_a \frac{q}{\sigma}$ $K_a = \frac{q}{\sigma}$
				o	$P_a = \gamma z - 2c$			
				$c > 0$	$P_a = K_a \gamma z - 2c \sqrt{K_a}$			
Pasivo (P_p)	Presencia deformación lateral	Falla	Plástico	+	$P_p = K_p \gamma z$	$K_p = \frac{1 + \sin \phi}{1 - \sin \phi}$	$P_p = 10 \cdot P_a$	$P_s = K_p \frac{q}{\sigma}$ $K_p = \frac{q}{\sigma}$
				o	$P_p = \gamma z + 2c$			
				$c > 0$	$P_p = K_p \gamma z + 2c \sqrt{K_p}$			

Fuente: ww3.vivienda.gob.pe

ANEXO N° 10: PANEL FOTOGRÁFICO



FACULTAD DE INGENIERIA - ESCUELA ACADÉMICA PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

PANEL FOTOGRAFICO

TESIS

"ESTUDIO DE LA VARIACION AL INCORPORAR LA FIBRA PET RECICLADA EN SUELOS COHESIVOS NO FRICCIONANTES RELACIONADOS A LA ESTABILIDAD DE TALUD"

TESISTAS

CALERO YANGALI, JEANPIERRE

CANTORAL CACERES JULIO ANDRES

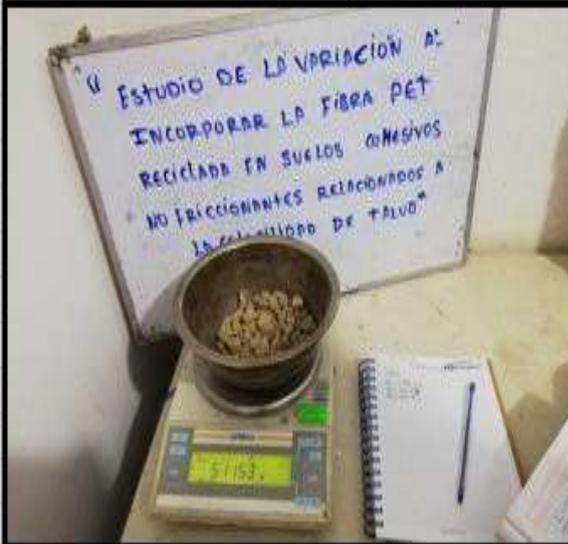


FOTO N°1

PESO DE LA MUESTRA



FOTO N°2

VERIFICACION Y ANOTACION DE LA MUESTRA



FOTO N°3

SECADO AL HORNO DE LA MUESTRA



FOTO N°4

TAMIZADO DE LA MUESTRA



FACULTAD DE INGENIERIA - ESCUELA ACADEMICA PORFECIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

PANEL FOTOGRAFICO

TESIS

"ESTUDIO DE LA VARIACION AL INCORPORAR LA FIBRA PET RECICLADA EN SUELOS
COHESIVOS NO FRICCIONANTES RELACIONADOS A LA ESTABILIDAD DE TALUD"

TESISTAS

CALERO YANGALI, JEANPIERRE

CANTORAL CACERES JULIO ANDRES



FOTO N°5

PESO DE LA MUESTRA PATRON



FOTO N°6

PESO DE MUESTRA PATRON



FOTO N°7

ENSAYO CORTE DIRECTO PATRON



FOTO N°8

PESO DE MUESTRA AL 0.3% INCORPORACION DE FIBRA PET



FACULTAD DE INGENIERIA - ESCUELA ACADEMICA PORFECIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

PANEL FOTOGRAFICO

TESIS

"ESTUDIO DE LA VARIACION AL INCORPORAR LA FIBRA PET RECICLADA EN SUELOS COHESIVOS NO FRICCIONANTES RELACIONADOS A LA ESTABILIDAD DE TALUD"

TESISTAS

CALERO YANGALI, JEANPIERRE

CANTORAL CACERES JULIO ANDRES



FOTO N°9

ENSAYO CORTE DIRECTO 0.3% DE FIBRA PET



FOTO N°10

ENSAYO CORTE DIRECTO 0.3% DE FIBRA PET



FOTO N°11

PESO DE MUESTRA AL 0.6% INCORPORACION DE FIBRA PET



FOTO N°12

ENSAYO CORTE DIRECTO 0.6% DE FIBRA PET



FACULTAD DE INGENIERIA - ESCUELA ACADEMICA PORFECIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

PANEL FOTOGRAFICO

TESIS

"ESTUDIO DE LA VARIACION AL INCORPORAR LA FIBRA PET RECICLADA EN SUELOS COHESIVOS NO FRICCIONANTES RELACIONADOS A LA ESTABILIDAD DE TALUD"

TESISTAS

CALERO YANGALI, JEANPIERRE

CANTORAL CACERES JULIO ANDRES



FOTO N°13

PESO DE LA MUESTRA 0.9% DE FIBRA PET



FOTO N°14

PESO DE MUESTRA 0.9% DE INCORPORACION DE FIBRA PET



FOTO N°15

ENSAYO CORTE DIRECTO 0.9% DE FIBRA PET



FOTO N°16

MEZCLA DE FIBRA-SUELO 1.2%



FACULTAD DE INGENIERIA - ESCUELA ACADEMICA PORFECIONAL DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS

PANEL FOTOGRAFICO

TESIS

"ESTUDIO DE LA VARIACION AL INCORPORAR LA FIBRA PET RECICLADA EN SUELOS COHESIVOS NO FRICCIONANTES RELACIONADOS A LA ESTABILIDAD DE TALUD"

TESISTAS

CALERO YANGALI, JEANPIERRE

CANTORAL CACERES JULIO ANDRES



FOTO N°17

PESO DE MUESTRA 1.2% DE FIBRA PET



FOTO N°18

PESO DE MUESTRA 1.2% DE INCORPORACION DE FIBRA PET



FOTO N°19

ENSAYO CORTE DIRECTO 1.2% DE FIBRA PET



FOTO N°20

PESO DE MUESTRA 1.5% DE FIBRA PET



PANEL FOTOGRAFICO

TESIS

"ESTUDIO DE LA VARIACION AL INCORPORAR LA FIBRA PET RECICLADA EN SUELOS COHESIVOS NO FRICCIONANTES RELACIONADOS A LA ESTABILIDAD DE TALUD"

TESISTAS

CALERO YANGALI, JEANPIERRE

CANTORAL CACERES JULIO ANDRES



FOTO N°21

PESO DE MUESTRA 1.5% DE INCORPORACION DE FIBRA PET



FOTO N°22

ENSAYO CORTE DIRECTO 1.5% DE FIBRA PET



FOTO N°23

PROBETAS PARA ENSAYOS EN DISTINTOS PORCENTAJES

ANEXO N° 11: CERTIFICADO OMITIDO POR EL LABORATORIO

Certificado



La Dirección de Acreditación del Instituto Nacional de Calidad - INACAL, en el marco de la Ley N° 30224, OTORGA el presente certificado de Renovación de la Acreditación a:

TEST & CONTROL S.A.C.

Laboratorio de Calibración

En su sede ubicada en: Calle Condasa de Lemos N° 117, Urb. San Miguelito, distrito de San Miguel, provincia de Lima y departamento de Lima

Con base en la norma

NTP-ISO/IEC 17025-2006 Requisitos Generales para la Competencia de los Laboratorios de Ensayo y Calibración

Facultándolo a emitir Certificados de Calibración con Símbolo de Acreditación. En el alcance de la acreditación otorgada que se detalla en el DA-act-05P-21F que forma parte integral del presente certificado llevando el mismo número de registro indicado líneas abajo.

Fecha de Renovación: 24 de marzo de 2019

Fecha de Vencimiento: 23 de marzo de 2023

ESTELA CONTRERAS JUGO
Directora, Dirección de Acreditación - INACAL

Cedula N° : 236-2019-INACAL/DA
Contrato N°: Adenda al Contrato de Acreditación N°004-16/INACAL-DA
Registro N° : LC-016

Fecha de emisión: 05 de junio de 2019.

El presente certificado tiene validez con su correspondiente Alcance de Acreditación y cubre de certificación (tanto por el alcance por el sector Agrega a organizaciones, instituciones, asociaciones y organizaciones empresariales. El alcance y vigencia debe constar en la página web www.inacal.gob.pe/actividades/organismos/acreditados al momento de haber sido certificado

La Dirección de Acreditación de INACAL, en el marco del Acuerdo de Reconocimiento Mutuo (ARM) del Nivel Alto entre Acreditados Cooperativos (IIMAC) e Internacionales Acreditados Fullan (IAF) y del Acuerdo de Reconocimiento Mutuo con la International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC)

DA-act-05P-02A/Ve. 02

ANEXO N° 12: FICHA TECNICA



PRODUCTO: HUDE ESCOBON		SKU: 100245	
CODIGO EAN: 100002415451545		CODIGO EA: N.A	
ESPECIFICACIONES TECNICAS			
DIMENSIONES x ESCOBA		RANGO EN CM Y GRAMOS	
PESO BASE (g)		148	-
CONSUMO DE FIBRA PET (g)		98	+/- 7%
LARGO		34	-
ANCHO		7	-
ALTO		12,5	+
COLOR: BASE ROJO; FIBRAS ROJAS, VERDES, AMARILLAS. VERDE			
ESPECIFICACIONES DE LOS MATERIALES DE FABRICACION			
CODIGO DE MATERIA PRIMA	DESCRIPCION	UND DE MEDIDA	CANTIDAD
M004003	ALAMBRE GALVANIZADO CALIBRE 21	K	0.0053
M004112	STICKER ESCOBA ROJO HUDE	UND	1.0
M001515	STICKER TRANSPARENCIA 10"5	UND	0.02084
M001545	CAJA DE ESCOBA	UND	0.02084
M004026	BASE ESCOBA HUDE	UND	1.0
M005841	FIBRA PET SUABE ROJA 20MM	K	0.03266
M004055	FIBRA PET SUABE AZUL 20MM	K	0.03266
M054522	FIBRA PET SUABE VERDE 20MM	K	0.03266
M200211	ESPESOR DE LAS FIBRAS PET	MM	0.5
M012055	DENSIDAD DE LAS FIBRAS PET	GR/CM3	0.91
M004544	CINTA IMPRESA 72 MM 100M ILKO ARCOASEO	M	0.055
<ul style="list-style-type: none"> EL MATERIAL DE LA BASE ES EN POLIPROPILENO RECUPERADO 			