



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

**“Estabilización del suelo con PET reciclado con fines de pavimentación,
Asentamiento Humano Miraflores alto – Chimbote – Ancash – 2019”**

**TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE
INGENIERO CIVIL**

AUTORES:

Castillo Ravelo Edwin Hector (0000-0003-2909-9756)

Saucedo Caldas Yeremmi Anderson (0000-0001-9907-7558)

ASESORA:

Mgtr. Fernandez Mantilla Jenisse del Rocio (0000-0003-3336-4786)

LINEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Infraestructura Vial

CHIMBOTE - PERÚ

2019

Dedicatoria

Este trabajo de investigación esta dedicado a nuestros padres, por ser el apoyo incondicional durante toda la carrera profesional, y con su aporte tanto en el ambito economico y moral, ahora a Dios por darnos la fortaleza en cada dia durante nuestras vidas, guiando nuestro camino. Tambien dedico a nuestros hermanos por su compañía y aliento durante el desarrollo de la investigacion.

Agradecimiento

A Dios por proteger nuestra vida, iluminar nuestro camino ,ayudarnos a poder lograr una de nuestras metas trazadas llegando a obtener una profesión exitosa.

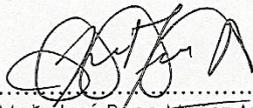
A nuestros queridos padres por su apoyo y amor, por enseñarnos en todo momento a ser honestos y perseverantes ante cualquier dificultad que se nos presente, a nuestros abuelos por aconsejarnos a no rendirnos, a nuestros hermanos por alentarnos y la confianza que nos pusieron en cada momento.

Finalmente agradezco a nuestra asesora Jenisse del Rocío Fernandez Mantilla y nuestro metodologo Jose Pepe Muñoz Arana, por su paciencia y aseoramiento en el desarrollo de la investigacion y poder culminar nuestra meta

El Jurado encargado de evaluar la tesis presentada por don(a) CASTILLO RAVELO, EDWIN HECTOR y SAUCEDO CALDAS, YEREMMI ANDERSON cuyo título es: ESTABILIZACION DEL SUELO CON PET RECICLADO CON FINES DE PAVIMENTACION , ASENTAMIENTO HUMANO MIRAFLORES ALTO - CHIMBOTE - ANCASH - 2019.

Reunido en la fecha, escuchó la sustentación y la resolución de preguntas por el/los estudiante(s), otorgándole(s) el calificativo de: 15... (número) Diez y Seis..... (letras).

Chimbote, martes, 09 de julio de 2019



Mgtr. José Pepe Muñoz Arana
PRESIDENTE



Mgtr. FERNÁNDEZ MANTILLA JENISSE DEL ROCÍO
SECRETARIO



Mgtr. ABIMAEI BELTRAN CRUZADO
VOCAL

Elaboró	Dirección de Investigación	Revisó	Representante de la Dirección / Vicerrectorado de Investigación y Calidad	Aprobó	Rectorado
---------	----------------------------	--------	---	--------	-----------

Declaratoria de Autenticidad.

Nosotros, EDWIN HECTOR CASITLLO RAVELO con DNI N° 72308119 y YEREMMI SAUCEDO CALDAS con DNI N° 72017223, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradass en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Cesar Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela Ingeniería Civil, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es veraz y auténtica.

Así mismo, declaro también bajo juramento que todos los datos e informacion que se presenta en la presente tesis son auténticos y veraces.

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

Chimbote, 09 julio 2019.



Yeremmi Anderson Saucedo Caldas

DNI N° 72017223



Edwin Hector Castillo Ravelo

DNI N° 72308119

INDICE

Carátula.....	i
Dedicatoria.....	ii
Agradecimiento.....	iii
Página de jurado.....	iv
Declaratoria de Autenticidad.....	v
Indice.....	vi
Resumen.....	vii
Abstract.....	viii
I. INTRODUCCIÓN:.....	9
II. METODO.	23
2.1. Tipo y diseño de investigación:.....	23
2.2. Operacionalización de Variables.....	23
2.3. Población y muestra.	24
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección datos, validez y confiabilidad.....	24
2.5. Procedimiento.	25
2.6. Métodos de análisis de datos.....	26
2.7. Aspectos éticos.	26
III. RESULTADOS.....	27
IV. DISCUSIÓN.....	33
V. CONCLUSIONES.....	36
VI. RECOMENDACIONES.....	37
REFERENCIAS.....	38
ANEXOS	44

RESUMEN

Esta Tesis lleva como título: “Estabilización del suelo con PET reciclado con fines de pavimentación, Asentamiento Humano Miraflores Alto, Chimbote – Ancash – 2019. Teniendo como objetivo principal determinar la influencia del PET reciclado en la estabilización del suelo en el Asentamiento Humano Miraflores alto – Chimbote – Ancash - 2019.

El tipo de Investigación, de acuerdo a la contrastación es No experimental – Correlacional. La Población que se ha escogido para el proyecto de investigación es el Asentamiento Humano Miraflores Alto. Con respecto a la muestra se analizó 9 puntos (calicatas). Según el Reglamento Nacional de Edificaciones en la norma Ce 010 “pavimentos urbanos”, se deberá tomar un punto de investigación cada 3600m² para una vía local. Los instrumentos utilizados son los protocolos que son estandarizados y pertenecen a los siguientes ensayos: ASTM D 422 “Análisis Granulométrico” (MTC E 107), ASTM D 2216 “Determinación del contenido de Humedad de un Suelo” (MTC E 108), ASTM D 4318 “Límites de Atterberg” (MTC E 111), ASTM D 1557 “Ensayo de Proctor Modificado” (MTC E 115), ASTM D 1883 “Ensayo de CBR” (MTC E 132).

De acuerdo a los ensayos realizados en el laboratorio de mecánica de suelos se determinó que el porcentaje ideal de PET para adicionar al suelo es de 3% favoreciéndolo en su proctor y CBR, concluyendo que si es posible estabilizar el suelo con material de PET reciclado respetando la adición adecuada.

Palabras Clave: Polietileno de Tereftalato, Estabilización del suelo, Propiedades del Suelo

ABSTRACT

This thesis is titled: "Stabilization of the soil with recycled PET for paving purposes, Miraflores Alto Humamo Settlement, Chimbote - Ancash - 2019, having as main objective to determine the influence of recycled PET in the stabilization of the soil in the Miraflores High Human Settlement - Chimbote - Ancash -2019.

The type of Research, according to the test is Non-experimental - Correlational. The Population that has been chosen for the research project is the Miraflores Alto Human Settlement. With respect to the sample, 9 points (pits) were analyzed. According to the National Building Regulations in the Ce 010 "urban pavements", a research point should be taken every 3600m² for a local road. The instruments used are standardized and belong to the following tests: ASTM D 422 "Granulometric analysis" (MTC E 107), ASTM D 2216 "Determination of the moisture content of a soil" (MTC E 108), ASTM D 4318 "Limits of Atterberg" (MTC E 111), ASTM D 1557 "Modified Proctor Test" (MTC E 115), ASTM D 1883 "Test of CBR" (MTC E 132).

According to the tests carried out in the laboratory of soil mechanics it was determined that the ideal percentage of PET to add to the soil is 3% favoring it in its proctor and CBR, concluding that if it is possible to stabilize the soil with recycled PET material respecting the proper addition.

Keywords: Polyethylene Terephthalate, Soil Stabilization, Soil Properties

I. INTRODUCCIÓN:

Chimbote tiene un gran índice de contaminación de diferentes formas y estados; uno de estos contaminantes es el plástico. Esta situación se ve plasmada en el A.H. miraflores alto, donde se puede apreciar contaminación en las calles por basura (plásticos) y las acumulaciones de residuos sólidos. De acuerdo al recuento de individuos del 2017 este asentamiento humano tiene un promedio de 8095 habitantes los cuales aportan a esta situación. Otro problema en la zona es la presencia de napa freatica alta; por su ubicación estar en una zona pantanosa y cerca al oceano; que directamente afecta a las viviendas deteriorando sus elementos estructurales como: columnas, vigas y cimentaciones. En la parte alta es lo contrario la humedad se encuentra más profunda, pero el suelo es arenoso que con el calor y el transito continuo generan material particulado afectando directamente a la salud y hogares de esta comunidad. En cuanto para el desarrollo de un proyecto de pavimentación la municipalidad primero requerira un estudio de suelos; para poder detectar el CBR de la subrasante y respecto a esto, que tipo de pavimento se debe usar.

Por lo que en esta investigación se pretende determinar si el PET funciona como estabilizador para ayudar a mejorar la capacidad de soporte del suelo, beneficiando a la población del A.H Miraflores Alto y al medio ambiente ya que este plastico es uno de los más comunes en cualquier población; debido a que cada año se eliminan mas de 600 000 millones de este plastico alrededor del mundo y solo se recicla un 47% dejando la diferencia a la contaminación de rios, lagos, suelos y mares (Sushovan, 2016, p. 682).

Según Jaramillo et al, 2014. En su artículo científico internacional “El comportamiento mecánico del PET y sus aplicaciones geotécnicas”. Buscaban la reutilización del polietileno de tereftalato como remplazo de algunos componentes ligeros en las conformaciones de suelos blandos. (p. 207). Su objetivo general era determinar si el pet reciclado podía influir de forma positiva en el mejoramiento de suelos blandos, con fines de construcción de edificaciones. (p. 208). La metodología que se usó en este proyecto fue experimental. Mediante su desarrollo llegaron a concluir que este tipo de plástico cumple con los requisitos para ser un material de sustitución. A su vez determinaron que gracias a su composición química su resistencia es moderada a componentes del suelo, determinando la vida útil de ese material. (p. 2018).

De acuerdo a Brajesh y Kumar (2018, p. 5), en su artículo científico internacional “ Use of randomly oriented polyethylene terephthalate (PET) fiber in combination with fly ash in subgrade of flexible pavement”. Buscaba indentificar el efecto que genera las fibras de PET reciclado y la adición de cenizas volantes en las propiedades de la subrasante de pavimento. Su objetivo general era determinar si el pet reciclado en combinación de las cenizas volantes aumentan el CBR del subrasante y específicos determinar las propiedades físicas y mecánicas del suelo. La metodología que emplearon fue experimental y mediante su desarrollo determino que el porcentaje optimo de pet reciclado es 1.2% con un 1.5% de ceniza del peso respecto del suelo.

Así también Fuentes y Meneses (2015, p. 73), en su investigación a nivel internacional “Base estabilizada con cemento modificado con polietileno de tereftalato reciclado”, tenían el objetivo general determinar sus características físicas y mecánicas del suelo con adiciones de cemento y Polietileno de Tereftalato(PET) con porcentajes variables; bajo la normativa de INVIAS 2007. En sus tesis utilizó la metodología experimental y al finalizar con su desarrollo llegaron a concluir, que el mejor porcentaje de adición es el 5% de grano de pet, para el tipo de suelo en estudio; aunque el aumento de resistencia fue mínima, cumplía las condiciones del 2.1 Mpa; el porcentaje óptimo de humedad y su máxima densidad seca respecto al suelo patrón varió en un 2%. Determinándose al final como modificador a nivel de base en pavimentación.

De acuerdo a Arteaga (2018, p. 84), a nivel Internacional su Tesis titulada “Análisis del comportamiento de la base- cemento con adiciones de polietileno de tereftalto reciclados. Su objetivo general fue identificar cuanto variaba sus propiedades físicas y mecánicas de la base añadiendole Polietileno de Tereftalato. Entre sus otros objetivos estaba comparar la base estabilizada solo con cemento y la base con adiciones de cemento y pet reciclado en porcentajes de 2%, 4%, 6% de tipo escamas N° 4 y determinar si el tipo de adición del pet aumentaría la capacidad de soporte. El método utilizado fue experimental. Llegando a concluir que la mejor adición es la del 6% de PET, porque reduce un 5 % de la adición del cemento y permite aumentar la resistencia del suelo de acuerdo al óptimo contenido de humedad y máxima densidad seca de la muestra patrón.

Según Ramos (2014, p. 103), a nivel nacional en su tesis titulada “Mejoramiento de subrasante de baja capacidad portante con la adición de polímeros reciclados en las carreteras

de Huancavelica 2014”. Tuvo como objetivo principal determinar las propiedades del suelo que afectan su baja capacidad de soporte; también fue determinar la dosificación correspondiente para poder estabilizar la sub rasante de dicha carretera. El tipo y método de investigación empleado fueron: aplicada y experimental. Llegando a determinar en sus conclusiones que el mejor porcentaje de Pet reciclado fue de 1.5% lo cual afecta positivamente a la compactación y esto se refleja en el incremento del CBR del proyecto que tuvo un incremento de 26% ; llegándose a determinar que este tipo de estabilización es más costosa respecto a las recomendaciones del MTC.

Vargas (2017, p. 131), en su tesis a nivel nacional “Efecto de la adición de fibra de polímeros reciclados en el valor de CBR de suelos granulares en Huancayo 2017”. El objetivo general de su investigación fue determinar el efecto que produciría la adición del pet reciclado en la humedad óptima y MDS en los suelos granulares de Huancayo en forma de fibras recicladas; así también determinar la capacidad de soporte con la adición de los polímeros en fibras con diferentes porcentajes en diferentes en cada CBR correspondiente. El método de investigación que empleó fue experimental. Llegando a determinar en sus conclusiones que el tamaño de fibra de PET más adecuado para la realización de este proyecto es de 2mm de espesor por una longitud de 40mm. En cuanto al porcentaje ideal sería el 0.75% de la muestra analizada; para tener una variación de humedad óptima y máxima densidad seca de 3% según muestra patrón. Según los resultados de CBR tuvo un incremento de 28% con estas proporciones de PET de acuerdo a la muestra del suelo del terreno natural; en otras palabras aumento la capacidad de soporte del suelo, como también se determinó que la Obtención del PET de forma manual es más costosa e imperfecta a diferencia de una producción industrial la cual sería adecuada y eficaz para la realización de este proceso.

Para poder enriquecer de contenido se procede a definir las variables que se van a investigar, como son el suelo y el polietileno de tereftalato.

Según Jiménez, (2017, p. 4), el suelo nace a partir de la roca madre o material parental, el cual está compuesto por minerales que están afianzados unos con otros y son alterados por las condiciones climáticas en un determinado periodo de tiempo lo que se denomina meteorización. En este proceso se forman las capas verticales denominadas subsuelo y suelo en los cuales se puede encontrar materia orgánica e inorgánica. A su vez estas capas cuentan con propiedades físicas y químicas como: densidad, porosidad, textura, retención de agua

etc. Haciendo hincapié los tipos de suelos son determinados mediante un análisis granulométrico bajo la norma AASHTO, la cual los clasifica en 7 grupos : desde A1 a A7 para un estudio con fines de pavimentación.

Según Gisbert (2014, p. 8), los suelos plásticos o arcillosos son un material difícil de trabajar porque tienden a retener mucha humedad por su microporosidad y gran capacidad de intercambio catiónico. Esto afecta a su resistencia ya que su estabilidad volumétrica se ve afectada; por ende presenta una permeabilidad baja. Siendo un suelo que necesita ser mejorado mediante una adición como la cal o cemento para que sea un suelo estable y resistente.

Uno de estos tipos de suelos es el que contine arcillas dispersivas, características de contar con baja plasticidad. Debido a esto sus partículas se repelen entre si por lo que no se consolidan por si solos, son elevadamente erosivos y presenta un grado de sodio moderado generando una reacción de repulsión entre sus partículas en vez de atracción haciendolo un suelo problemático en lo que desde antes se ha investigado mejorar este suelo con adicción de distintas fibras (Colley, 2014, p. 14).

La formación de los suelos arenosos se debe a distintos orígenes entre ellos están: la erosión de las rocas los cuales pueden ser de cuarzo o granito; las que son transportadas del viento básicamente este tipo de suelo se presenta en zonas áridas o costeras; provenientes de la sedimentación de los ríos o los cuales son transportados por el agua. Las cuales se puede contemplar dos tipos de arenas gruesas o finas lo cual depende del tamaño de sus partículas (Tiviano, 2017, p. 6).

Los suelos arenosos carecen de la capacidad de poder reterner humedad debido a ser un material granular libre de finos, representando un factor principal en la erosión en un suelo con estas características (Zhou, 2017, p. 1).

Según Rucks et al (2004, p. 4), dice que los componentes del limo están estructurados de forma irregular, con varias formas y en ocasiones son pulidas o lisas, esto se debe al cuarzo por ser el material predominante que prevalece en su estructura.

En cuanto a su denominación “limoso” se utiliza siempre y cuando sus partículas del suelo natural tengan un índice de plasticidad igual a 10 o menos (Braja, 2013, p. 78).

Otro suelo son los salinos-sódicos; están presentes alrededor de 75 países en todo el mundo, y en Sudamérica se encuentran en Argentina, presentes en 11,58 millones de hectáreas. Tienen un punto negativo que limitan que las plantas crezcan porque tiene su pH alto, otra característica es que tiene baja estabilidad a nivel estructural, también tiene bajo nivel de agua que le permita obtener nutrientes (Otondo et al, 2015, p. 120).

Ya mencionados los suelos se proseguirá con el método para mejorarlo; la estabilización de subrasantes, esta consiste en modificar las propiedades físicas y mecánicas del suelo, siempre y cuando lo requiera. El proceso puede realizarse mediante la adición de un químico o un proceso mecánico como el compactado. En cuanto a los tipos de estabilizantes ya normados por cada tipo de suelo y se pueden encontrar detallados en el manual de carreteras del ICG. Ahora si bien el manual indica que tipo de adición recomienda; lo hace de acuerdo a las propiedades del suelo entre estas tenemos:

Estabilidad volumétrica: esta propiedad representa a los suelos arcillosos puesto que su volumen es muy susceptible a la humedad, debido a la plasticidad que cuenta. Lo que genera una contracción o expansión del suelo, por eso es importante impermeabilizar la base para evitar estos problemas puntuales en la estructura del pavimento o estabilizarlo con cal o cemento. Donde la humedad del suelo no puede ser considerada como propiedad física porque es el componente principal que representa la cantidad de humedad que almacena una muestra de suelo determinada. Siendo el factor principal que altera las propiedades físicas del suelo como: densidad, porosidad, textura y color (Largaespada y Enríquez, 2015, p. 138).

Para Montejo (2002, p. 79), la permeabilidad es una propiedad física del suelo que permite el desplazamiento del agua por su estructura interior sin ser afectada. Esta propiedad básicamente dependerá de la estructura del suelo si es rápida o lenta. En suelos arcillosos que presentan una permeabilidad moderada una opción es estabilizarlo mecánicamente de tal manera que los vacíos se deformen y se cierren; ganando mayor estabilidad.

La densidad del suelo expresa la organización de las partículas individuales por mayores, haciendo que el suelo se torne medio poroso. Pudiendo definir dos tipos de densidades la densidad real y la densidad aparente o de volumen (Rubio, 2010, p. 19).

En cuanto a la capacidad de soporte representa la resistencia del suelo, respecto a la cantidad de humedad que tiene. Porque a mayor humedad la resistencia disminuye en suelos

cohesivos, todo lo contrario se da en los suelos granulares que a mayor humedad la resistencia aumenta. Siendo la mejor manera para aumentar la resistencia del terreno natural es escarificarlo adicionarle humedad si es necesario y compactarlo (Montejo, 2002, p. 78).

La compresibilidad está sujeto a la variación del suelo que presenta respecto a la carga de se aplica, siendo la humedad el factor principal en la compresibilidad. La magnitud de esta propiedad es menor en los suelos granulares que en los suelos cohesivos debido a que mas alto es el índice de plasticidad mas incrementa la compresibilidad (Ravines, 2010, p. 22).

En estos últimos años, las tecnologías han influido como remediación para los suelos que se basan en esabilizadores generando resultados positivos en aplicaciones prácticas de ingeniería. De forma común los estabilizadores del suelo se derivan en 5 categorías: silicato de escoria, iones, cemento grapppler, enzimas biológicas y polímeros. Los estabilizadores mas comunes como el cemento y cal se han estudiado de manera profunda probando su aporte beneficioso en estabilizar los suelos (Pu et al, 2019, p. 103).

Como se menciona anteriormente existe una gran variedad de tipos de estabilización en el manual del ministerio de transporte y comunicación, según el tipo de suelo entre ellos tenemos:

La estabilización mecánica de los suelos es un proceso que tiene el propósito de mejorar la capacidad portante del suelo, sin tener que modificar su estructura física ni química, ya que este método mediante la compactación logra minimizar el volumen de vacíos y consolidar las partículas que contiene el suelo haciendo incrementar su máxima densidad seca y por consecuente mejorar su porcentaje de compactación y capacidad de soporte (Ravines, 2010, p. 12).

En cuanto a la estabilización por sustitución de suelos, consistira en trabajar de dos manera y dependerán del CBR del terreno natural. La primera consiste en cortar 15 cm el terreno natural, escarificarlo en conjunto con material de préstamo y compactarlo. La segunda forma es por sustitución con material de préstamo, siempre y cuando el CBR sea bajo (Ministerio de transportes y comunicaciones, 2014, p. 98).

Estabilización con cemento, también conocido como suelo-cemento se desarrolla mediante un proceso. Este se inicia con el mezclado del suelo y conglomerante, Al producirse un contacto entre el silicato de calcio del cemento, el agua y la sílice del suelo se genera una

reacción; dado esa reacción se forman masas de fibras por la unión de partículas las cuales al ser compactadas acelera la unión de estas, aumentando la densidad del suelo y generando un aumento en la resistencia de dicha mezcla aun más durante un tiempo de curado. Los suelos de tipo A-1, A-2, A-3, se estabilizan mejor con cemento, igual que los finos que tienen baja plasticidad pueden estabilizarse con este aditivo (Ministerio de transportes y comunicaciones, 2014, p. 102).

Otro modo de estabilizar el suelo es mejorarlo con materiales bituminosos, como por ejemplo: líquidos y emulsiones asfálticas, para estabilizar los suelos. En los suelos arenosos, este material bituminoso funciona como ligante porque uniformiza sus partículas, impidiendo que se deforme la subrasante. A los suelos cohesivos, le ayuda a que los fragmentos del suelo se adhieran entre sí, para anular los vacíos, capilaridad y darle consistencia al suelo (Montejo, 2010, p. 117).

Cuando se estabiliza un suelo con cloruro de sodio, tiene la propiedad que evita el agua del suelo se evapore, denominada propiedad “higroscópica”; este estabilizador se usa mayormente en suelos secos para evitar perder más humedad. La proporción usada en este aditivo es un 2 % de arcilla que tenga presencia de limos y de cloruro de sodio un 98%, porque debido a su propiedad absorbe la humedad de la atmósfera y eso aporta al suelo de manera positiva para mejorar su estructura (Ministerio de transportes y comunicaciones, 2014, p. 104).

También existe la estabilización con cloruro de calcio, al igual que el cloruro de sodio tiene la propiedad higroscópica, pero la diferencia es que no tiene el efecto de oxidación. Donde al no liberarse la humedad del suelo, se genera un aumento de grado de compactación, firmeza y resistencia. Se emplea de dos formas una es granular y la otra en hojuelas; así para su uso se emplea 1% o 2% de adición del suelo seco a mejorar, seguido será escarificado y compactado (Ministerio de transportes y comunicaciones, 2014, p. 106).

Otro tipo de estabilización es con la adición de cal; esta se emplea mayormente en suelos arcillosos, porque permite incrementar la capacidad portante del suelo. Esto se da por la reacción del óxido cálcico (CaO) y el agua que al entrar en contacto; debido a que la unión de la alúmina y el sílice del suelo generan los aluminatos cálcicos y silicatos. Estos permiten evitar que en los suelos se produzca una compresión y expansión. Cabe resaltar que estos componentes se compatibilizan mejor con las propiedades físicas y

propiedades mecánicas de la mayoría de suelos (Ministerio de transportes y comunicaciones, 2014, p. 101).

Ya como menciona Shenbaga (2018, p. 1548), en su artículo científico que también existe una estabilización de suelo con fibras cortas discretas no reactivas las cuales aportan mayor resistencia y mejor comportamiento de tensión lateral y deformaciones en el suelo debido a cargas.

La estabilización del suelo también se puede realizar añadiéndole cenizas de carbón, ya que son granos finos que están compuesto por aluminios, silicatos, cal y óxidos que provoca una reacción puzolánica con un suelo tipo arcilloso, donde le disminuye el límite líquido y anula el índice de plasticidad; haciendo que el suelo sea más resistente y tenga mejor cohesión al minimizar la propiedad de expansión del suelo arcilloso (Pérez, 2014, p. 68).

Según Elías y Jurado (2012, p. 999), los plásticos son una conformación de polímeros con respectivos aditivos, este material contiene nuevas propiedades que producen un impacto positivo dentro del ámbito de la construcción en la Ingeniería Civil, y también en la medicina, en la cual se le puede dar gran variedad de usos dependiendo de su aplicación. Esto se debe a que se obtiene propiedades nuevas en su desarrollo como: fotosensible, alta resistencia térmica y piezoeléctrica.

Según alfahdawi et al (2016, p. 1157), dice que existe diferentes formas de usar los residuos sólidos como las botellas plásticas, en casos de investigación se ha empleado como adición para mejorar las propiedades del concreto y a su vez ganar características como disminución de peso.

como su uso en la carpeta asfáltica ya que aporta sus propiedades impermeabilizante y viscosidad le da mayor resistencia, durabilidad y minimiza la cantidad del material bituminoso volviéndose un pavimento ecológico (Yash y Rupal, 2015, p. 300).

Como recalca Ahmad et al, (2017, p. 3), en su investigación, diciendo que el uso de fibras de poliéster en mezclas asfálticas es beneficiosa, debido a que mejora su resistencia al ahuellamiento, punto de reblandimiento, durabilidad, viscosidad y fatiga.

Del mismo modo se vio reflejado en otra investigación que el PET reciclado funciona adecuadamente así sea en forma de escamas (trituradas) para adición en mezclas asfálticas

ya que mejora la estabilidad y propiedades mecánicas del asfalto (Quesada, Raposeiras y Olavarría, 2019, p. 4).

Otra innovación para la estabilización de suelos taludes o terraplenes es el método de mezclas profundas con adiciones de polímeros en suelos blandos, consistiendo en mejorar la capacidad de soporte y permeabilidad del suelo mediante la mezcla de los materiales del terreno en el profundo con aglomerantes y en el caso con polímeros, como se determinó en una investigación que el uso del PET y goma guar aporta en la resistencia de la mezcla por ende mejora la resistencia del suelo (Arasan et al, 2017, p. 9).

El polietileno de tereftalato es un polímero que tiene más uso en esta época por su variedad, por eso es conocido como un plástico influyente en esta era de la ingeniería desde 1970 en adelante (Azzawi, 2015, p. 5).

Ya que inicialmente fue utilizada para procesos textiles, de tal modo que al transcurrir los años su variación fue incrementándose debido a su demanda y a partir del año 1977 se empezaron a crear botellas a partir de este material para el almacenamiento y distribución de bebidas (Holguin, 2015, p. 12).

En otras investigaciones se ha empleado este plástico también en fibras como adición en el concreto para mejorar sus propiedades, generando un aumento de carga máxima, módulo de elasticidad y ductibilidad (Juarez, et al, 2015, p. 254).

Este polímero se divide en 2 tipos, el de baja densidad y el de alta, y con respecto a su parte estructural química, se debe a su unión de moléculas, que forma una cadena regular y flexible, teniendo una buena resistencia, pero es débil ante el calor en altas temperaturas afectando a sus partículas provocándole que se separen y pierdan su rigidez (Madrigal, 2011, p. 19).

Existen tipos de polietilenos que se clasifican según la ASTM D7611, esta los agrupa y etiqueta según el número de tipo de resina de plástico. El Polietileno de tereftalato (PET) es un poliéster de tipo termoplástico donde su contenido está compuesto por dos componentes que se derivan del petróleo, como son: El etilenglicol y el ácido tereftálico. En la cual 1 Kg de material PET presenta 13% de aire, 23% de líquidos que se derivan del gas y por último un 64% de petróleo (López, 2013, p. 10).

Según Goldmeier, (2018, p. 2), menciona que el polietileno de tereftalato es una resina polimérica termoplástica que resulta o que se crea mediante una combinación de productos químicos del ácido tereftálico y el etilenglicol, siendo muy versátil y bastante utilizado para el envasado de bebidas y alimento. Este material es identificable con el código N° 1 y son 100% reciclables teniendo la resistencia, la seguridad del vidrio y la durabilidad del metal.

El Pet tiene una categoría que contiene el grupo funcional éster en su cadena principal, dado que su uso es bastante en fibras para ropa, artículos para el hogar, refuerzos de neumáticos y materiales aislantes, teniendo una producción del 18% de polímeros a nivel mundial, siendo el cuarto a nivel de producción (Gao et al, 2018, p. 1646).

Los envases que se realizan a base de este material(PET) son elementos que se reciclan dándole muchos tipos de uso alrededor del mundo por tener características importantes como la flexibilidad, impermeabilidad, alta resistencia, durabilidad , bajo peso y una facilidad para modificar su estructura en altas temperaturas. Ya que según investigaciones se determino que el PET es capaz de soportar hasta más de 30% de su tensión axial soportando altas presiones como a 5000kpa en un ensayo de compresión (Dutta, 2014, p. 689).

Este polímero pasa por un procesamiento, realizando una combinación de dos componentes químicos; el paraxileno etileno. Estos se someten a altas presiones y temperaturas, generando sus derivadas que son, el ácido tereftálico y el etilenglicol respectivamente. Estos vuelven a generar una reacción produciendo un componente nuevo, que es la resina del PET(polietileno de tereftalato), esta pasa por un proceso de polimerización y se cristaliza para darle un aumento de su peso molecular y alta viscosidad, dando como resultado final la resina ideal para poder crear o realizar los envases de botellas. Pasa por un proceso de secado y empaquetado para después ser procesada y obtener nuevos componentes (Toro, 2004, p. 39).

Según Muños, (2012, p.34), este proceso de creación del PET es detallado se da de la siguiente manera: En la primera etapa se da el proceso de esterificación entre el ácido Tereftálico y el etilenglicol, generando bis-B-hidroxietil, el cual pasa por un proceso de poli condensación y se crea una cadena larga que presenta particularidades como buena viscosidad y peso molecular.

En este estado se procede a extraer una cuerda de PET mediante un dado con múltiples orificios, seguido se deja enfriar obteniéndose el pet en estado semisólido. Esta cuerda es cortada en pequeñas partículas volviéndose un material granular, que tiene como cualidades, bajo peso molecular, es amorfo y contiene demasiado etanal. En la segunda etapa se somete el pet aun proceso térmico de 130° C a 160° C, durante un periodo determinado. Esto hace que su densidad aumente de 1.33gr/cm³ a 1.40 gr/cm³ llegando a aumentar su resistencia en su estado cristalino (Arasan , 2017, p. 2).

Por último debe pasar por un proceso de polimerización en fase sólida, que trata en poner a calentar el material a más de 270°C y que este en una atmósfera inerte, para que sus características mejoren y que permita que el secado y moldeado sea más fácil y eficiente. eficiente (Muños, 2012, p. 35) (Ver anexos).

La estructura del PET se desglosa en 2 tipos dependiendo cual sea su composición química: Está el termoplástico que es un material que se puede moldear a temperaturas del medio ambiente y al aumentar la temperatura esta cambia de estado. El otro son los Termoestables que una vez que pasen por 2 procesos que son el calentamiento-fusión y formación-solidificación se vuelven en materiales rígidos que no se pueden volver a fundir (Muños, 2012, p. 43).

Con respecto a la estructura química del PET se encuentra el Etilenglicol, este componente resulta de refinar el petróleo donde pasa por un proceso de oxidación que reacciona para obtener el óxido de etileno, para que después pasar por la hidrólisis y finalmente obtener el etilenglicol. Se encuentra también el Ácido Tereftálico, es tipo aromático y se obtiene cuando el paraxileno pasa por una oxidación (Muños, 2012, p. 45).

El PET tiene propiedades que se han visto modificadas a través del tiempo por su evolución. La normativa ASTM D7611 es la que se encarga de las propiedades las cuales son: tiene alta resistencia al desgaste y a la corrosión, frente a esfuerzos permanentes tiene un buen comportamiento, buen coeficiente de deslizamiento, buena resistencia a la fluencia, totalmente reciclable, ligero, resistencia y rigidez elevadas, buenas propiedades térmicas, elevada dureza de la superficie, gran estabilidad dimensional, buen comportamiento como aislante eléctrico y alta impermeabilidad (Muños, 2012, p. 48).

Dentro de las propiedades del PET están: la Densidad es la cantidad de masa que puede ocupar en un espacio volumétrico donde se refleja que tan compacto están las partículas del material, influyendo directamente el peso con el posible aumento del precio en diferencia de otros plásticos. (Ver anexos – Tabla 1).

Absorción del agua es una característica que consiste en cuanta agua puede retener el plástico, ya que afecta directo al peso del material. Los plásticos poseen un recubrimiento que les brinda alta impermeabilidad y evita la alteración de su volumen. (Ver anexos – Tabla 2).

La permeabilidad es una de las características que más influyen de manera positiva ya que puede interrumpir la capilaridad del suelo. Esto se obtiene por medio de ensayos que miden cuanta cantidad de oxígeno, gas, dióxido de carbono, humedad y nitrógeno pasa por una determinada superficie con respecto al tiempo. Cuanto menor es la permeabilidad a un gas, mayor es su barrera al mismo (Muños, 2012, p. 50), (Ver anexos – Tabla 3). Mantiene su estructura cuando es sometido a factores atmosféricos porque es resistente al interperie, así pierda tonalidad, se reseque, su descomposición es bien prolongada. Además, los ácidos ni gases de la atmosfera afectan a este polímero (Muños, 2012, p. 51).

Un estudio que se realizó en Argentina pretendió determinar el tiempo de envejecimiento del plástico, sometiendo al método de UQV – panel, teniendo buenos resultados como que el material es muy resistente a los rayos ultravioleta y tiene una buena impermeabilidad, observó que hubo una disminución de resistencia a la compresión respecto al envejecimiento en un 25%”. El PET también tiene Propiedades Químicas, siendo muy resistente al alcohol, aceites y diversos agentes químicos como: hidrocarburos asfálticos, jabones, sales, ácidos minerales y álcalis. Un punto importante es que no resiste mucho a las cetonas y los solventes halogenados de bajo peso (Muños, 2012, p. 51). (Ver anexos)

Dentro de las propiedades biológicas del PET, se considera como un material no biodegradable, porque su vida útil es bien prolongada por su composición química, teniendo una descomposición natural. Donde el principal factor de degradación es la exposición al sol e interperie ya que al estar expuestas por un largo periodo, en su composición se genera un incremento de hidroxilos haciendo que el PET sufra una reacción conocida como hidrólisis (Chaisupakitsin et al, 2017, p. 261).

El Policloruro de Vinilo mas conocido como PVC, es el resultado cuando se polimeriza el cloruro de vinilo y el policloruro de vinilo, se considera un material termoplástico siendo transparente e incoloro y dentro de sus características físicas es rígido, duro y es muy resistente a lo químicos (Rondón et al, 2007, p. 94).

Otro tipo de polímero es el Poliestireno que resulta cuando el estireno monómero pasa por un proceso de polimerización. Dentro de sus características generales es un material plástico frágil que tiene una buena estabilidad con respecto a su dimensión y se pueden moldear y procesar de manera fácil a bajo costo (Rondón et al, 2007, p. 95).

Se Formuló el siguiente Problema. ¿Cómo influye el PET reciclado en la estabilización del suelo con fines de pavimentación en el Asentamiento Humano Miraflores Alto – Chimbote – Ancash - 2019?

Esta investigación priorizó estudiar y analizar la estabilización del suelo añadiendo PET reciclado, ya que este contiene características que influyen de manera positiva en le suelo y a la zona donde se hizo los respectivos estudios, porque la población esta rodeado de un suelo de baja capacidad de soporte y presenta un nivel freático medio. Según Forrest (2016, p. 21), menciona que un punto importantes es contribuir con el reciclaje, como es el caso del polietileno de tereftalato ya que conserva el combustible fósil, reduce el uso de energía y ahorra espacio en los vertederos, reduciendo la emisiones de gases del efecto invernadero. Cabe resaltar que en la provincia de Chimbote se presenta contaminación con plásticos en el mar y en el rio Lacramarca, es por esos motivos que se apunto a realizar esta investigación contribuyendo con la mejoría del suelo del A.H. Miraflores Alto y tambien disminuyendo con el impacto ambiental negativo que genera la contaminación.

Por ende, se planteó la hipótesis; que el PET reciclado influye significativamente en la estabilización de suelos con fines de pavimentación en el Asentamiento Humano Miraflores Alto – Chimbote – Ancash 2019.

Teniendo en consideración el proyecto de investigación se planteó como objetivo general: Determinar la influencia del PET reciclado en la estabilización del suelo en el Asentamiento Humano Miraflores alto – Chimbote – Ancash -2019 y como objetivos específicos: Determinar las características físicas y mecánicas del suelo en Miraflores Alto – Chimbote – Ancash; determinar las propiedades químicas del PET reciclado y determinar las

características mecánicas y físicas del suelo de Miraflores Alto– Chimbote – Ancash, con 3%, 6%, 9% de PET reciclado.

II. METODO.

2.1. Tipo y diseño de investigación:

El tipo de diseño de investigación que se empleara en el presente trabajo es Correlacional. Porque se tiene como finalidad determinar la relación de las dos variables con variaciones porcentuales en un momento determinado.

$$M \rightarrow X_i \rightarrow O_i \leftarrow Y_i$$

M1 = Muestras de Suelo.

Xi = Adición de Polietileno de Tereftalato.

Yi = Estabilización de suelo.

2.2. Operacionalización de Variables

- Variable Dependiente: Estabilización de suelo
- Variable independiente: Polietileno de Tereftálato reciclado.

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
ESTABILIZACIÓN DE SUELO <u>DEPENDIENTE</u>	Es el mejoramiento de las propiedades físicas y mecánicas de un suelo por métodos mecánicos o la adición de un químico. (instituto de la construcción y gerencia, 2013, p.64)	Se recolectara los datos en función de los formatos del estudio de suelos.	Propiedades Físicas	Clasificación de suelo	Nominal
				Humedad	Razón
				Densidad	Nominal
			Propiedades Mecánicas	Capacidad de Soporte	Razón

VARIABLES	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIÓN	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
POLIETILENO DE TEREFALATO RECICLADO <u>INDEPENDIENTE</u>	Es un poliéster termoplástico, que está compuesto por dos derivados del petróleo: el ácido tereftálico y el etilenglicol (López, Cinthia, 2013, p. 10).	Se analizara el material en forma proporcional de la muestra de suelo en 3%, 6%, 9%.	Propiedades Físicas	Absorción de Agua	Razón
				Densidad.	Nominal
				Permeabilidad	Nominal
			Propiedades Mecánicas.	Dureza	Razón
				Coefficiente de Fricción	Razón
				Resistencia a la tracción	Nominal
			Composición Química	etilenglicol	Nominal
				Ácido tereftalico.	

2.3. Población y muestra.

2.3.1. Población.

En la presente investigación, se tomara como población el Asentamiento Humano Miraflores Alto.

2.3.2. Muestra.

La muestra que se estudió fueron 9 puntos (Calicatas). Según la norma Ce 010 “pavimentos urbanos” del Reglamento Nacional de edificaciones, la cual nos indica que cada punto de investigación debiera ser 3600m² a una altura de 1.5m para una vía local.

2.4. Técnicas e instrumentos de recolección datos, validez y confiabilidad.

2.4.1. Técnicas.

Se empleó la técnica de observación experimental, en conjunto a evaluación ligado a la hipótesis; porque se contaba con una hipótesis e información a primera mano, la

cual representaba una probabilidad de que la adición de fibras de PET reciclado funcionara como estabilizador o no. Para llegar a eso se debía tener información de primera mano de la investigación durante la realización de los ensayos de mecánica de suelos. Y en cuanto a la técnica también conocida evaluación de muestra control y experimental, consistió en la manipulación de la muestra de suelo y observación de los cambios que sufre la muestra original.

2.4.2. Instrumentos.

Se empleo los protocolos estandarizados por la normativa ASTM presentados por el manual de ensayos del MTC, lo que permitió obtener datos necesarios para determinar el objetivo general y los especificados de esta investigación. Los instrumentos que se empleo fueron las normas:

- ASTM D 6913 “Análisis Granulométrico” (MTC E 107)
- ASTM D 2216 “Ensayo de humedad natural” (MTC E 108)
- ASTM D 4318 “Límites de Atterberg” (MTC EM 110, 111)
- ASTM D 1557 “Ensayo de Proctor modificado” (MTC E 115 – 2000)
- ASTM D 1883 “Ensayo de CBR” (MTC E 132-2000)

2.4.3. Validez y confiabilidad.

Estos dos criterios son necesarias en los instrumentos en toda investigación, por que con esto certifica la veracidad de los resultados y el desarrollo eficaz de cada ensayo para determinar cada objetivo planteado. En esta investigación se empleo los Protocolos bajo la normativa ASTM y ASSHTO las cuales certifican la validez y confiabilidad y calidad cada ensayo, además se presentarán la certificación del laboratorio de la universidad Cesar Vallejo, Donde se desarrollo cada ensayo.

2.5. Procedimiento.

El procedimiento para la identificación de las propiedades físicas y mecánicas del suelo del Asentamiento Humano Miuraflores Alto. también el estudio de suelos con la adición, consistió en la realización de ensayos según las normativas CE. 010 pavimentos urbanos, la cual designa el estudio de 9 calicatas de acuerdo a la área en estudio y los protocolos de las normativas MTC E 132, MTC E 115, ASTM D 4318 Y MTC EM 108; los que

indican los procedimientos, materiales, equipos y la cantidad de muestra necesaria para la realización de los ensayos. En cuanto para la determinación de las propiedades físicas, mecánicas y químicas del polietileno de tereftalato se realizaron ensayos en laboratorios químicos con muestras de PET reciclado, bajo los protocolos de las normas ASTM D570, ISO 1183, ASTM D3985, ASTM D795, ASTM D 1894 Y ASTM D 882.

2.6. Métodos de análisis de datos.

En la investigación se realizó un análisis ligado a la hipótesis. Básicamente se obtuvo distintos valores para cada resultado según el ensayo realizado; como, por ejemplo: unidades de densidad, resistencia, porcentajes en la capacidad de soporte y de fibra de PET reciclado. En lo que para procesar estos datos se empleó un análisis cuantitativo de estadística, mediante la realización de cuadros, y gráficas (barras, líneas) en el programa de Microsoft Excel 2016.

2.7. Aspectos éticos.

Para el desarrollo de la investigación se realizó las citas respectivas a cada autor mencionado en la tesis, por el respeto a la propiedad intelectual. Además se consideró el respeto al medio ambiente con la aportación de esta investigación para promover el reciclaje en la ciudad de Chimbote y en cuanto a la responsabilidad social se desarrolló esta investigación la finalidad de mejorar el suelo del Asentamiento Miraflores Alto y mejorar su calidad de vida actual.

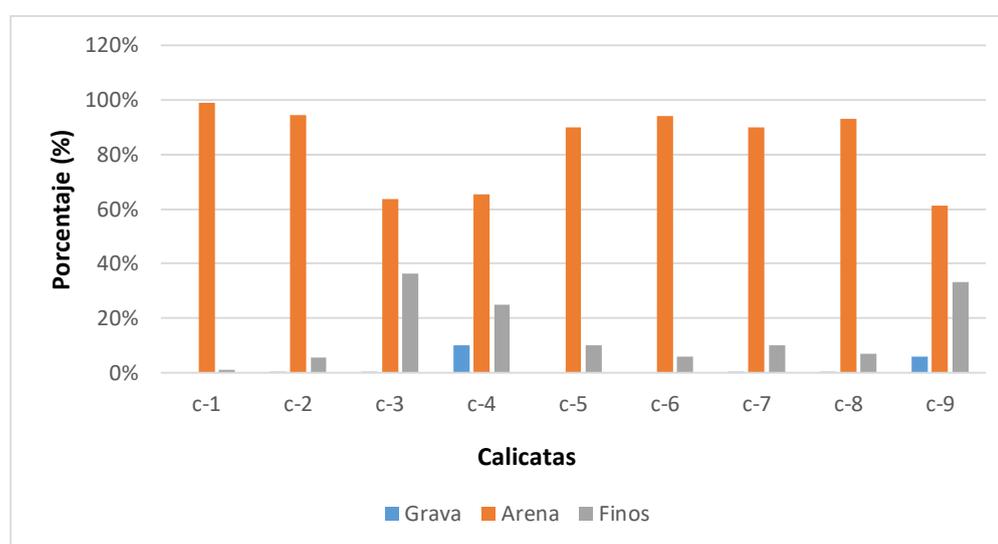
III. RESULTADOS.

Primer Objetivo Específico: Determinar las características físicas y mecánicas del suelo en Miraflores Alto – Chimbote – Ancash.

Se realizó los ensayos de suelos para la determinación de las características físicas y mecánicas del suelo, se presenta a continuación los resultados de los ensayos.

Características Físicas.

Gráfico N°1: Análisis Granulométrico por tamizado (ASTM-6913)



Fuente: Laboratorio de Suelos UCV

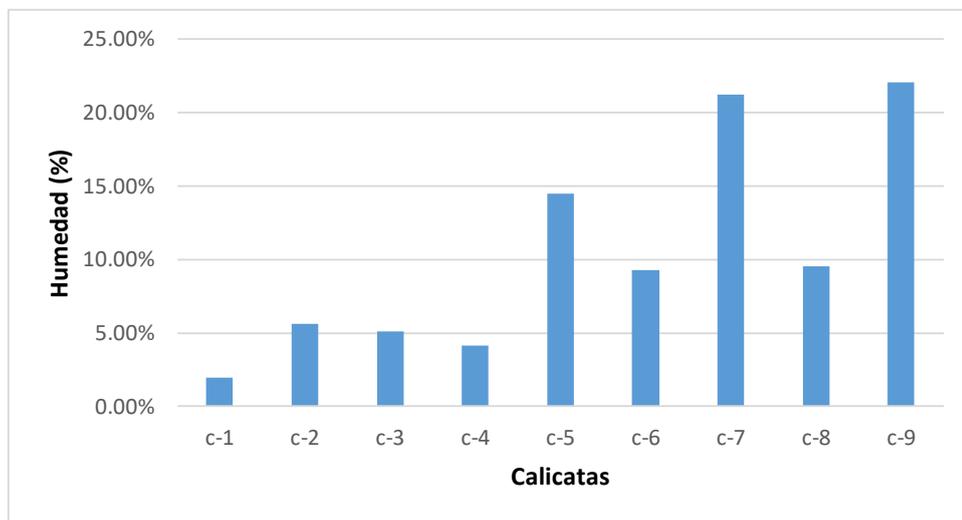
Interpretación: Como se puede apreciar en el gráfico se ha trabajado con 9 calicatas extraídas del área de estudio, luego de ello fueron analizadas, mostrando la siguiente distribución de las partículas encontradas en las muestras de suelo: En la calicata N°1 encontramos un 0.00% de Grava; 98.83% de Arena; 1.17% de Finos, según la clasificación de AASHTO es de tipo A-2-4. En la calicata N°2 encontramos un 0.04% de Grava; 94.27% de Arena y 5.68% de Finos, es un suelo de tipo A-2-4. En la calicata N°3 se encontró un 0.07% de Grava, 63.73% de Arena y 36.20% de Finos y es un suelo tipo A-4. En la calicata N°4 hallamos un 9.91% de Grava; 65.3% de Arena y 24.76% de Finos y es tipo A-2-4. En la calicata N°5 hallamos un 0.00% de Grava; 89.78% de Arena y 10.22% de Finos y es un suelo tipo A-2-4. En la calicata N°6 hallamos un 0.00% de Grava; 94.24% Arena y 5.76% de Finos y es un suelo tipo A-2-4. En la calicata N°7 hallamos un 0.05% de Grava; 89.98%

de Arena y 9.98% de Finos y es un suelo tipo A-2-4. En la calicata N°8 encontramos un 0.03% de Grava; 92.96% de Arena y 7.01% de Finos y es un suelo tipo A-2-4. En la calicata N°9 encontramos un 5.81% de Grava; 61.11% de Arena y 33.08% de Finos y es un suelo tipo A-2-4.

En cuanto a los Limites de Atterberg: El suelo estudiado no presenta limite líquido, ni limite plástico por ser una arena.

Humedad Natural

Gráfico N°2: Contenido de Humedad(%) (ASTM-D2216)

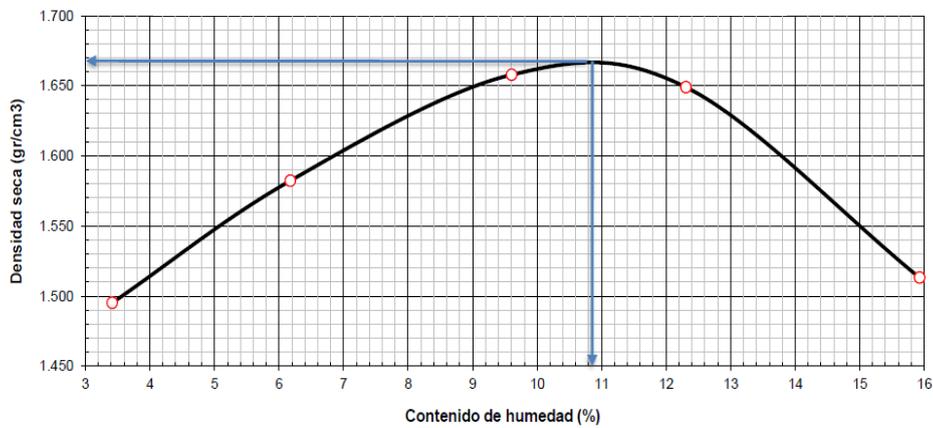


Interpretación: Como se puede observar en el gráfico de barras, el porcentaje de humedad que tiene la C-1 es de 1.93%, la C-2 tiene un 5.60% de humedad, la C-3 tiene 5.12% de humedad, la C-4 tiene 4.15% de humedad, la C-5 tiene 14.46% de humedad, la C-6 tiene 9.25% de humedad, la C-7 tiene 21.25% de humedad, la C-8 tiene 9.51% de humedad y por último la C-9 tiene 22.07% de humedad; el incremento de la humedad en las últimas calicatas se debe a su ubicación ya que representa nivel de napa freática en el suelo.

Características Mecánicas.

Ensayo de Proctor Modificado: Suelo Patrón.

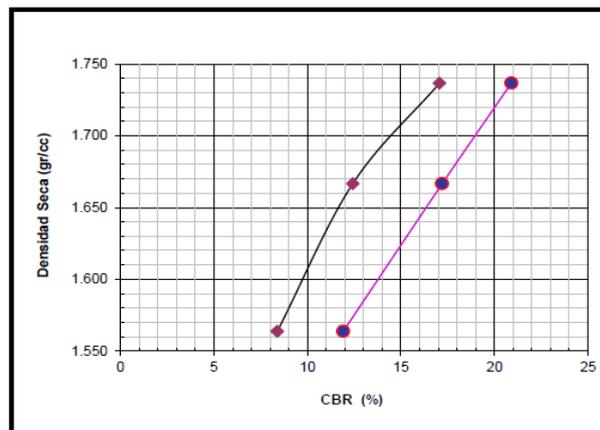
Grafico N°2: Relacion Humedad - Densidad



Fuente: Laboratorio de Suelos UCV

Interpretación: Como se puede observar en el gráfico, lo que indica es que el suelo natural tiene un óptimo contenido de humedad de 10.80% con una Densidad Maxima Seca de 1.668 gr/cm^3

Grafico N° 3: CBR. Suelo Patrón



Fuente: Laboratorio de Suelos UCV

Interpretación: Como se observa en el gráfico, el CBR obtenido del suelo con respecto a la maxima densidad seca al 95%, es de 8.94%.

Segundo Objetivo Especifico: Determinar las propiedades químicas del PET reciclado.

Tabla N°1: Propiedades Físicas y Mecánicas.

Propiedades	Método	Unidad	Resultados	Parametros	
Físicas	Absorción de Agua	ASTM D570	%	0.08	< 0.1
	Densidad	ISO 1183	g/cm ³	1.36	1.3 - 1.4
	Permeabilidad	ASTM D3985	cc/m ² , Dia	9.7	10
Mecánicas	Dureza	ASTM D795	-	M95	M94 - 101
	Coefficiente de Fricción	ASTM D1894	-	0.21	0.2 - 0.4
	Resistencia a la Tracción	ASTM D882	Mpa	67	80

Fuente: Sistema de Servicios y Analisis Quimicos S.A.C. Slab.

Interpretación.

Según la tabla N°1, las propiedades físicas: absorción de agua, densidad y permeabilidad están por debajo de los parámetros máximos, siendo considerado un material de buena calidad a pesar de ser un material reciclado. Pero entre estas propiedades físicas, la más beneficiosa teóricamente para la estabilización de suelo es la densidad proporcionada por el etilenglicol, porque a mayor densidad se aporte al suelo; mayor será su resistencia. La misma situación se da para las propiedades mecánicas en las cuales todas están dentro de los parámetros pero en este caso la propiedad mecánica más afectada es el coeficiente de fricción porque la sustancia que se adiciona al envase, disminuye su capacidad dando a entender que a mayor humedad su coeficiente de fricción se verá afectado. Pero de forma mínima; En cambio la resistencia a tracción y la dureza serán las propiedades que aportarán mayor resistencia debido al ácido tereftálico.

Tabla N°2: Composición Química

Parámetro	Método	Unidad	Resultados
Determinación de Etilenglicol	NTP. 399. 163 - 13	mg/kg	<3.00
Determinación de A. Tereftálico	NTP. 399. 163 - 12	mg/kg	<0.20

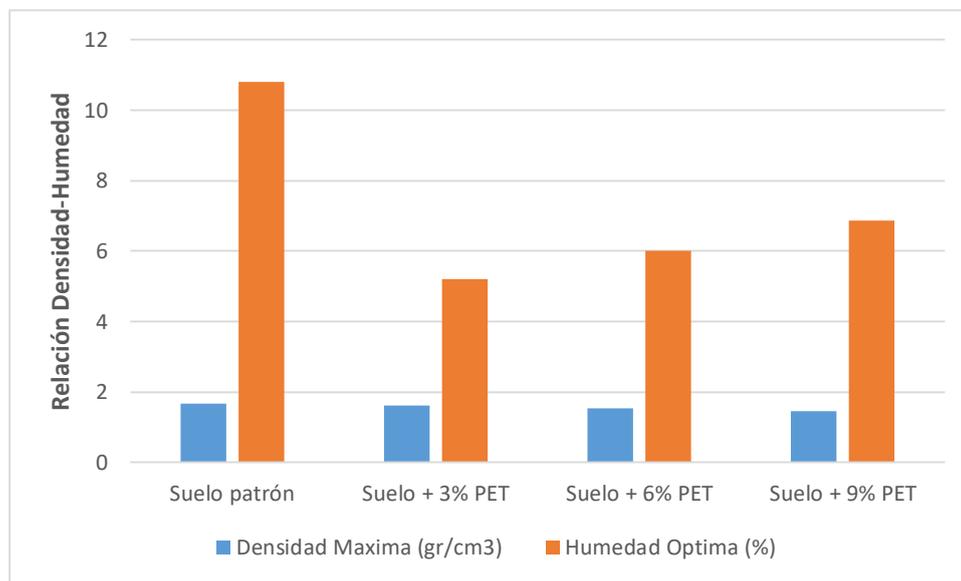
Fuente: Sistema de Servicios y Analisis Quimicos S.A.C. Slab.

Intepretación:

Una botella de polietileno de tereftalato reciclado debe estar dentro de los parametros de la norma tecnica peruana; en lo que según los ensayos de migración de monomeros en el laboratorio quimico SLAB. Perú, determino que el PET reciclado contiene menos 3 mg/kg y menos de 0.2 mg/kg estando en buen estado dentro de los parametros a pesar de su uso.

Tercer Objetivo: Determinar las características mecánicas y físicas del suelo de Miraflores Alto– Chimbote – Ancash, con 3%, 6%, 9% de PET reciclado.

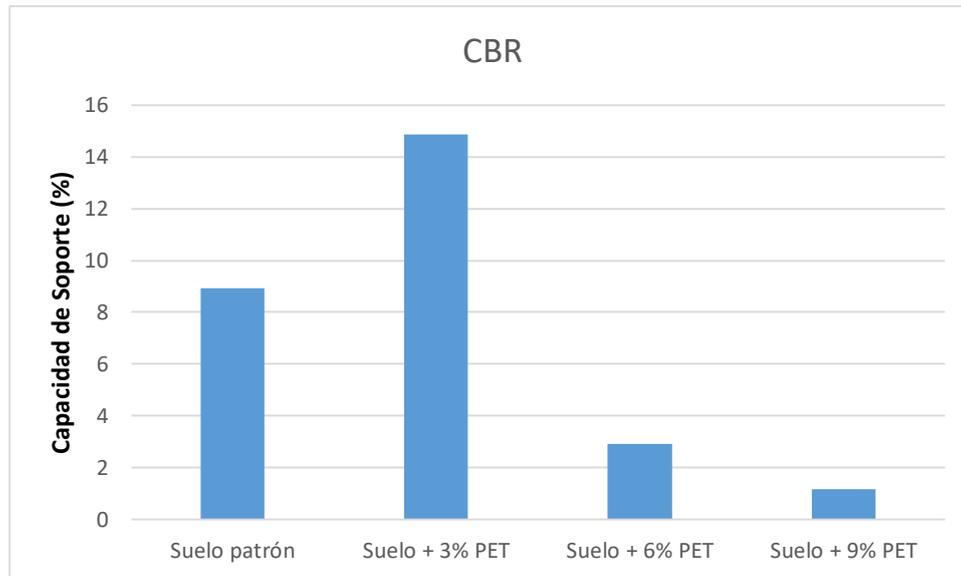
Grafico N° 4: Proctor Modificado con Adición de pet reciclado



Fuente: Laboratorio de Suelos UCV

Interpretación: Se puede observar en el gráfico, que la humedad optima del suelo patrón es de 10.80% y 1.668 gr/cm³ de densidad maxima, al adicionar el 3% de PET la humedad optima disminuye a un 5.2% y la densidad maxima es de 1.618 gr/cm³, ocurre lo contrario cuando se adiciona el 6% de PET, su humedad optima aumenta a 6% y su densidad maximan es de 1.53 gr/cm³, lo cual disminuyó; de igual manera ocurre cuando se adiciona el 9% de PET, la humedad optima aumenta a 6.87% y su densidad maxima dismnujó a 1.471 gr/cm³. Esto quiere decir que cuando mas sea el porcentaje de adición de PET, perjudica al suelo disminuyendole la densidad maxima seca y aumentando la humedad optima, haciendo que pierda resistencia.

Grafico N° 5: CBR con adiciones de PET reciclado.



Fuente: Laboratorio de Suelos UCV

Interpretación: Con respecto al suelo patrón tiene un CBR de 8.94%, cuando se le adicionó el 3% de PET el CBR aumenta a un 14.88%, lo cual indica que beneficia en su capacidad portante del suelo. Ocurre lo contrario cuando se le adicionó el 6% de PET, surgió un efecto negativo porque el CBR Disminuyó a 2.93%, de igual manera ocurrió cuando se le adicionó el 9% de PET, el CBR disminuyó a un 1.16%, lo que quiere decir que cuanto mas sea el porcentaje de adición de PET, perjudicará al suelo en su capacidad portante.

Analisis de Hipotesis.

En cuanto a la hipótesis se planteó, que el PET reciclado influye significativamente en la estabilización de suelos con fines de pavimentación en el Asentamiento Humano Miraflores Alto – Chimbote – Ancash 2019. Esta fue acertada porque se demostró su veracidad a través de los ensayos realizados, como el Proctor Modificado basado en la norma ASTM D-1557 y el CBR bajo la norma ASTM D-1883, donde se determinó que este material sirve como estabilizador con un porcentaje requerido de PET reciclado que es el 3%, mejorando su densidad y elevando la capacidad de soporte del suelo.

IV. DISCUSIÓN.

De acuerdo a los resultados de la investigación se pudo determinar que el polietileno de tereftalato mejoro las propiedades físicas y mecánicas del suelo; coincidiendo con las conclusiones de los antecedentes.

Según los resultados de esta investigación, se determino que suelo predominante en la zona en estudio tiene un suelo A-2 – 4, siendo considerado un suelo granular con una humedad óptima de 10.80% , Densidad Maxima Seca de 1.67 gr/cm³ y un CBR de 8.95% siendo un suelo regular que necesita una cantidad de agua moderada y una fuerza de compactado uniforme además para volverse un suelo bueno, además en ciertas partes del area en investigación existe napa freatica a un nivel de 1.2 metros del terreno natural. En comparación al tipo de suelo que evaluo Ramos (p.103) se dio lo contrario porque el suelo estudiado por ramos, requería menor humedad y mayor compactación al ser un suelo A4 y A6 (Suelo fino-cohesivo) con un CBR promedio de 5.76% al 95% del MDS; por si ya “Malo” según los valores del CBR.

De acuerdo a los resultados de Vargas (p.131) el suelo que analizó era regular por que requería de una humedad óptima de 11.98%, una Maxima Densidad Seca de: 2.07gr/cm³ siendo un suelo A-1a (Suelo granular) según ASSHTO y un CBR de 8.4%. obtuvo estos valores debido a que el material analizado fue de una cantera cuya particularidad es la presencia de gravas de mayor dimension con nada de finos. Distinto al suelo analizado en esta investigación por ser un suelo granular A-2-4 con un porcentaje mínimo de finos, pero al igual que en nuestros resultados el polietileno reciclado tuvo un impacto positivo en las propiedades físicas y mecánicas de suelo analizado por vargas ya que aumento su CBR en un 28%..

Según a los resultados de la investigación, las propiedades físicas y mecánicas del suelo con la adición del polietileno de tereftalato reciclado; se tuvo una disminución en los valores de humedad óptima en un 5.6%, una Maxima densidad seca de 1.618 gr/cm³ y un CBR de 14.88% teniendo un aumento de 5.94% con la adición de 3% de adición de polietileno de tereftalato reciclado a la muestra. A diferencia de Ramos(p.103) el cual empleo un porcentaje de adición de 1.5% de fibras de polietileno de tereftalto con dimensiones de 5mm y 10mm obtuvo un incremento en su CBR de 26% a un 95% de su maxima densidad seca. La variación que presento es debido al material del suelo analizado por la mayor presencia de

finos y carencia de gravas, pero ahí es donde las fibras intervienen haciendo que las partículas del suelo se unan proporcionando mayor consistencia al suelo.

En cuanto a las propiedades físicas y mecánicas del suelo analizado con la adición de 3% del polietileno de tereftalato reciclado resultó ser el más favorable, por que como se menciona se obtuvo una baja cantidad de humedad óptima para una adecuada máxima densidad seca y un aumento moderado de CBR. Esto comparado a los resultados de la investigación de Vargas (p.131) el aumento es mínimo y distinto pero positivo porque ella determinó que la mejor proporción de adición de PET reciclado fue de 0.50% y 0.75% lo cual generó un incremento de CBR en un porcentaje de 28% de su CBR patrón pero esta variación se debe a la calidad del material analizado del suelo.

Además en la investigación se determinó, que al adicionar el 6% y 9% de polietileno de tereftalato reciclado disminuyó drásticamente el CBR del suelo; ya que al aumentar el PET reciclado la capacidad de soporte varió porque a mayor cantidad de fibras de PET reciclado el suelo se acolchona, generando un aumento de humedad y no permite su cohesión haciendo que el suelo sea más inestable que por sí solo. En cuanto a la comparación de los de Vargas (p.131) se coincide con sus resultados; porque nos indica que a mayor sección y proporción de fibra de PET genera efectos negativos que disminuyen el CBR del suelo.

En cuanto a los resultados de la investigación de Meneses y Fuentes (2015, p.57) ellos determinaron que el mejor porcentaje de adición óptima de PET reciclado al suelo debería ser de 5%, porque aumentó el valor de CBR del material cumpliendo con los parámetros mínimos de su normativa; Sus resultados fueron distintos en cierta parte a los de nuestra investigación, porque se determinó que el porcentaje óptimo de PET reciclado es de 3% y un porcentaje mayor traería efectos negativos. Ahora si bien los resultados difieren en los porcentajes de CBR es debido a las propiedades del material porque ellos analizan el material de una cantera para base con adición de cemento, y la sección o forma del PET que se está empleando es distinta. Pero al final concluimos que este material sirve como aditivo para mejorar las propiedades de un suelo granular o cohesivo.

Para finalizar la discusión se tendrá en cuenta que el PET reciclado sirve como estabilizador por sí solo, pero también se ha demostrado que puede trabajar muy bien en combinación de otros materiales como el cemento mencionado anteriormente, o cenizas volantes haciendo que las propiedades físicas y mecánicas del suelo mejoren; de tal manera estabilizándolo

como se determino en la investigación de Mishra y Gupta (2018, p.689) determinando que el el PET reciclado aumento el CBR de forma positiva en una proporción de 1.2% de PET y 1.5% de ceniza volante. Confirmando al igual que nuestra investigación el cual se obtuvo un porcentaje optimo de 3% de Fibras de PET reciclado, que a menor porcentaje de fibras de este plastico aumenta la resistencia debido a la consolidación con el material, pero todo lo contrario sucede si se aumenta el porcentaje de adición el suelo tiende a acolchonarse y perder resistencia.

Del mismo modo, según nuestra investigación se obtuvo un incremento de CBR y determinando un porcentaje optimo de 3% de adicción de fibras de PET reciclado, generando asi un suelo bueno y garantizando la estabilización en un suelo granular, de la misma manera que Artega (2018, p.84) determino que el porcentaje para un material granular, A1- a (material de base de pavimento) sería 2% de adición de PET reciclado ya que cumplia con los parametros minimos de resistencia a la compresión según la normativa colombiana de 3.5 Mpa, pero con la combinación de cemento en proporción 1.33% de la muestra de suelo.

V. CONCLUSIONES.

1. En la investigación se determinó que el tipo de suelo que se encuentra en el Asentamiento Humano Miraflores Alto, según el método AASHTO es un A-2-4, considerando que el material que predomina es arena. Se visualizó presencia de Napa Freática a 1.20m de profundidad al momento de realizar las respectivas calicatas. De acuerdo al ensayo de proctor modificado y CBR, se obtuvo una humedad óptima de 10.80% con una máxima densidad seca de 1.668 gr/cm³ y un CBR de 8.94% ubicándolo en una Subrasante regular.
2. Se determinó que una botella de PET reciclada contiene menos de 3mg/kg de etilenglicol siendo el elemento químico que favorece al suelo debido al etileno que aumenta su densidad y menos de 0.2 mg/kg de Ácido Tereftálico la cual aporta la propiedad higroscópica. Siendo estos factores analizados en el laboratorio Sistema de Servicios y Análisis Químicos S.A.C. Slab.
3. Al adicionar un 3% de material PET(Polietileno de Tereftalato) al suelo del Asentamiento Humano Miraflores Alto, benefició en su característica mecánica aumentando la capacidad de soporte(CBR) a un 14.88% evaluado al 95% de la máxima densidad seca(MDS), lo cual mejora una Subrasante Regular a una Subrasante Buena. Ocurre lo contrario cuando se le añade el 6% de PET su Capacidad de Soporte disminuye considerablemente a un 2.93% ubicándolo en una Subrasante Inadecuada, lo mismo ocurre al añadir el 9% de PET su Capacidad de Soporte disminuye a 1.16% siendo una Subrasante Inadecuada, por lo tanto concluimos que al añadir mayor material de PET afecta de manera considerable al suelo en todo aspecto.

VI. RECOMENDACIONES.

1. Se recomienda a los futuros investigadores y proyectistas que se puede emplear el material PET reciclado para la estabilización de la subrasante en una obra de mejoramiento de calles, porque las propiedades de este polímero benefician a suelos granulares y finos.
2. Se recomienda a la Municipalidad Provincial del Santa, un mejoramiento del suelo del A.H. Miraflores Alto ya que sus características que presenta no son buenas, en lo cual sería beneficioso mejorarlo con el Material Polietileno de Tereftalato reciclado (PET) contribuyendo con el reciclaje para aportar con la disminución de la contaminación ambiental en todo Chimbote, generando un impacto positivo en el medio Ambiente.
3. Se recomienda a los futuros proyectistas que para una pavimentación en el A.H. Miraflores Alto, al estabilizar la subrasante se deberá utilizar un porcentaje del 3% de Polietileno de Tereftalato reciclado(PET) para la estabilización del suelo ya que con este porcentaje se determinó que cuando se le añade al suelo trabaja de manera óptima generándole un beneficio.

REFERENCIAS

1. ARTEAGA, Jefferson. Análisis del Comportamiento de la Base – Cemento para Pavimentos con adición de Residuos PET Reciclado. Bogotá: Universidad Católica de Colombia, 2018. 91 pp.
2. AHMAD, A. Razali, A. Razelan, S. Utilization of polyethylene terephthalate (PET) in asphalt pavement: A review. *Materials Science and Engineering*, [en línea]. Febrero 2019. [fecha de consulta: 08 de mayo del 2019]. Disponible en: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=iih&AN=134818431&lang=es&site=eds-live>
3. AZZAWI, Ali. Degradation studies on reeyeled polyethylene terephthalate [en línea]. London metropolitan university, 2015. [fecha de consulta: 11 de mayo del 2019]. Disponible en: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edsble&AN=edsble.681923&lang=es&site=eds-live>
4. BRAJA, M. fundamentos de Ingenieria Geotécnica [en línea]. 4a ed. Mexico: Cengage Learning Editores, S.A, 2015 [fecha de consulta: 13 de mayo, 2019]. Disponible en: <http://latinoamerica.cengage.com>
ISBN: 978-607-519-373-1
5. BRAJESHA, Mishra and KUMAR, Mohitb. Use of randomly oriented polyethylene terephthalate (PET) fiber in combination with fly ash in subgrade of flexible pavement [en línea]. Noviembre 2018. [fecha de consulta: 07 de mayo del 2019]. Disponible en: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edselp&AN=S0950061818322505&lang=es&site=eds-live>
ISSN: 0950-0618
6. COLLEY, Ebrima. Effects of Polyethylene Terephthalate Fibers in The Water Resistance of Compressed Stabilized Earth Blocks [en línea]. Mayo 2014. [fecha de consulta: 03 de mayo del 2019]. Disponible en: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edsbas&AN=edsbas.FF6E1225&lang=es&site=eds-live>

7. DEGRADATION of polyethylene terephthalate bottles after long sunlight exposure by Malinee Chaisupakitsin [et al]. Songklanakarin Journal of Science & Technology [en línea]. Marzo 2019. Vol.41. [fecha de consulta: 27 de abril del 2019]. Disponible en:
<http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=a9h&AN=136566911&lang=es&site=eds-live>
 ISSN: 0125-3395
8. ELIAS, Xavier. Métodos de Valorización y Tratamiento de residuos municipales [en línea]. Ediciones Díaz de santos, 2012. 126p. [fecha de consulta: 21 de septiembre, 2018]. Disponible en:
https://books.google.com.pe/books?id=sjpdEHOV7zYC&printsec=frontcover&hl=es&source=gbg_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false
 ISBN: 978-84-9969-373.6
9. FORREST, Martin, Recycling of Polyethylene Terephthalate [en línea].2016. Smithers Rapra. Reino Unido. 281 pp. [fecha de consulta: 10 de mayo del 2019]. Disponible en:
<http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=nlebk&AN=1284400&lang=es&site=eds-live>
 ISBN: 9781910242612.
10. FUENTES, Lizeth y MENESES, Liz. Base Estabilizada con Cemento, Modificada con PET Reciclado. Bogotá: Universidad de la Salle, 2015. 73 pp.
11. GISBERT, Juan. La Textura de un Suelo. Valencia: Universidad Politecnica de Valencia. 2014. 9 pp.
12. GOLDMEIER., Harold. Polyethylene terephthalate. Salem Press Encyclopedia of Science [en línea]. 2018. [fecha de consulta: 30 de mayo de 2019]. Disponible en <http://eds.a.ebscohost.com/eds/delivery?sid=c9a87546-6549-4fe5-a46e>
13. HOLGUIN, Isabel. Study of the behavior of recycled PET and PP subjected to weather and their possible applications 2015 [en línea]. Agosto 2017. [fecha de consulta: 19 de abril del 2019]. Disponible en:
<http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edsbas&AN=edsbas.2194364A&lang=es&site=eds-live>

14. INSTITUTO DE LA CONSTRUCCIÓN Y GERENCIA. Manual de carreteras Suelos, Geología, Geotecnia y pavimentos sección: Suelos y pavimentos. 1a ed. Perú, 2013. 196pp.
15. JARAMILLO et al, Mechanical behavior of polyethylene terephthalate (PET) and geotechnical applications, [en línea]. Marzo 2014. [Fecha de consulta: 20 de abril del 2019]. Disponible en <https://www.redalyc.org/html/430/43030033019/>
16. JIMENEZ, Raimondi. Introducción a la contaminación de suelos [en línea]. España: Ediciones Mundi-Prensa, 2017 [fecha de consulta: 20 de abril de 2019]. Disponible: https://books.google.com.pe/books?id=iZg6DwAAQBAJ&printsec=frontcover&dq=suelos+by+jimenez+2017&hl=es419&sa=X&ved=0ahUKEwjL_9bG_IDjAhXmt1kKH SzXDPsQ6AEIKDAA#v=onepage&q=suelos%20by%20jimenez%202017&f=false ISBN: 978-84-8476-789-3
17. LARGAESPADA, Carlos. Distribución Espacial de la Humedad y su relación con la Textura en un suelo. *Agronomía Costarricense*, 39 (3): 137-147, julio 2015. ISSN: 0377-9424
18. LÓPEZ, Cinthia. Reciclado del plástico (PET) para la obtención de fibra textil. Argentina: Universidad tecnológica Nacional, 2016. 123pp.
19. MADRIGAL, José, Manual de Plásticos para diseñadores. México: Universidad Autónoma de San Luis Potosí. 2011. 165 pp.
20. MONTEJO, Alfonso. Ingeniería de pavimentos para carreteras. 2a ed. Colombia: Universidad Católica de Colombia, 2002. 733pp.
21. MUÑOS, Liliana. Estudio del uso del polietileno tereftalato (PET) como material de restitución en suelos de baja capacidad de carga. México: Universidad Nacional Autónoma de México, 2012. 120pp.
22. MECHANICAL behavior of sustainable building materials using PET waste and industrial by – products by Juárez [et al]. Facultad de ingeniería, unideversidad de Zulia, [en línea]. 2015. [fecha de consulta: 07 de mayo del 2019]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/289539742_Mechanical_behavior_of_sustainable_building_materials_using_PET_waste_and_industrial_by-products
23. OTONDO, José, JACOBO, Elizabeth y TABOADA, Miguel. Mejora de propiedades físicas por el uso de especies Megatérmicas en un suelo Sódico Templado. *Ciencia del Suelo*, 33 (1): 119-130, marzo 2015.

24. PEREZ, Alejandra. Estabilización de suelos arcillosos con cenizas de carbón para su uso como subrasante mejorada [en línea]. Perú: Universidad Nacional de Ingeniería, 2014. [fecha de consulta: 17 de mayo, 2019]. Disponible en: <http://cybertesis.uni.edu.pe/handle/uni/4466>
25. Polietileno de Tereftalato. Reino Unido. (2008). [Fecha de consulta: 30 de mayo del 2019]. Recuperado de <http://www.goodfellow.com/S/Politereftalato-de-Etileno-Polimero.html?fbclid=IwAR2WMnvyi76WKiBO7A0lJtdGZPahLCRogeTdQ2nNhJ0V-9yAWkaOjJGOHkw>
26. PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO POR RUCKS [ET AL]. [en línea] estados unidos: montevideo, 2004.[Fecha de consulta: 20 de abril de 2019]. Disponible en: <http://bibliofagro.pbworks.com/f/propiedades+fisicas+del+suelo.pdf>
27. RAMOS, Gabriel. Mejoramiento de subrasantes de baja capacidad portante mediante el uso de polimeros reciclados en carreteras, paucará, huancavelica 2014 tema: geotecnia vial. Perú: Universidad Nacional de Huancayo, 2014. 211pp.
28. RAVINES, Alejandra. Pruebas con un producto enzimático como agente estabilizador de suelos para carreteras [en línea]. Perú: Universidad de Piura, 2010. 247p. [fecha de consulta: 13 de mayo, 2019]. Disponible en: https://pirhua.udep.edu.pe/bitstream/handle/11042/1354/ICI_185.pdf
29. RUBIO, Ana. La Densidad Aparente en suelos forestales del parque natural los alcornales [en línea]. 2010. [fecha de consulta: 17 de mayo, 2019]. Disponible en: <http://digital.csic.es/bitstream/10261/57951/1/La%20densidad%20aparente%20en%20suelos%20forestales%20.pdf>.
30. RONDÓN, Hugo, RODRIGUEZ, Edgar y MORENO, Luis. Resistencia Mecánica evaluada en el ensayo Marshall de mezclas densas en caliente elaboradas con Asfaltos modificados con desechos de Policloruro de Vinilo(PVC), Polietilo de Alta Densidad (PEAD) y Poliestireno (PS). Revista Ingenierías, 6 (11): 91-104, diciembre 2007
ISSN: 1692-3324.
31. SHENBAGA, Kaniraj and YUNG, Y. Influence of Discrete Fibers and Mesh Elements on the Behaviour of Lime Stabilized Soil [en línea]. Octubre 2018. Vol. 26. [fecha de consulta: 06 de mayo del 2019]. Disponible en: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=iih&AN=133409485&lang=es&site=eds-live>

ISSN: 0128-7680

32. STABILIZATION Behavior and Performance of Loess Using a Novel Biomass-based Polymeric Soil Stabilizer by Shengyan Pu [et al]. Sichuan: Chengdu University of Technology, 25 (2): 103-114, mayo 2019.

33. STRUCTURE and properties of polyethylene terephthalate treated by supercritical co2 by Shi Hui Gao [et al]. Thermal Science [en línea]. 2018. Vol.22. [fecha de consulta: 29 de abril del 2019]. Disponible en: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=a9h&AN=131878960&lang=es&site=eds-live>

ISSN: 0354-9836

34. SUSHOVAN, Dutta, M. Nadaf y Mandal, J. 19. An overview on the use of waste plastic bottles and fly ash in civil engineering applications [en línea]. Julio 2016. [fecha de consulta: 07 de mayo del 2019]. Disponible en: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edselp&AN=S1878029616301566&lang=es&site=eds-live>

ISSN:1878-0296

35. TIVIANO, Edwin, Análisis comparativo de la resistencia al corte y estabilización de Suelos arenosos finos y arcillosos combinadas con ceniza de carbón [en línea]. Ecuador: Universidad Nacional de Ambato, 2017. 167p. [fecha de consulta: 14 de mayo, 2019]. Disponible en: <http://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/25266>

36. TORO, Jorge. Aplicación para polietileno tereftalato (PET) reciclado. Ecuador: Escuela Superior Politécnica del Litoral, 2004. 146pp.

37. UTILIZATION of Polymers to Improve Soft Clayey Soils Using the Deep Mixing Method by Arasan Seracittin [et al]. Environmental & Engineering Geoscience Journal [en línea]. Febrero 2017. Vol 23. [fecha de consulta: 07 de mayo del 2019]. Disponible en: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=eih&AN=122117622&lang=es&site=eds-live>

38. UTILIZING waste plastic Polypropylene and Polyethylene Terephthalate as alternative aggregates to produce lightweight concrete: A review by Ibrahim Hakeem Alfahdawi [et al]. Journal of Engineering Science and Technology, [en línea]. Agosto 2016. Vol 11. [fecha de consulta: 08 de mayo del 2019]. Disponible

en:

https://www.researchgate.net/publication/305904606_Utilizing_waste_plastic_polypropylene_and_polyethylene_terephthalate_as_alternative_aggregates_to_produce_lightweight_concrete_A_review

39. VARGAS, Nadia. Efecto de la adición de fibra de polímeros reciclados en el valor del CBR de suelos granulares en pavimentos. Huancayo: Universidad Continental, 2017. 155pp.

40. YASH, Menaria y Rupal Sankhla. Use of waste plastic in flexible pavements-green roads [en línea]. Junio, 2015. [fecha de consulta: 05 de marzo del 2019]. Disponible en:

https://www.researchgate.net/publication/282962310_Use_of_Waste_Plastic_in_Flexible_Pavements-Green_Roads

41. ZHOU, Beibei y CHEN, Xiaopeng. Effect of Nano-Carbon on Water Holding Capacity in a Sandy Soil of the Loess Plateau, [en línea]. Diciembre 2017. [fecha de consulta: 05 de marzo del 2019]. Disponible en: <http://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=asx&AN=128155572&lang=es&site=eds-live>

ANEXOS

ANEXOS N°01
“MATRIZ DE
CONSISTENCIA”

MATRIZ DE CONSISTENCIA

TÍTULO:

Estabilización del suelo con PET reciclado con fines de pavimentación, Asentamiento humano Miraflores alto – Chimbote – Ancash – 2019

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Infraestructura vial

DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA:

La ciudad de Chimbote es la novena ciudad con mayor población según el Instituto nacional de estadística e informática en el 2014, debido a esto la contaminación también es elevada. El Asentamiento Humano Miraflores Alto, no es indiferente a esta situación porque presenta contaminación por residuos sólidos y material particulado, el cual es generado por el suelo seco cual afecta a la salud y viviendas de los pobladores.

Cabe mencionar que los tipos de suelos que se puede apreciar por sus propiedades físicas (color, textura) son suelos granulares y limos arcillosos, estos tipos de suelos tienden a ser inestables. Además en los elementos estructurales de las viviendas se puede apreciar disgregación de agregados debido a la presencia de humedad en suelos por el nivel freático alto.

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	DIMENSIONES	INDICADORES	JUSTIFICACIÓN	
¿Cómo influye el PET reciclado en la estabilización del suelo con fines de pavimentación en el Asentamiento Humano Miraflores Alto – Chimbote – Ancash - 2019?	<p>General: Determinar la influencia del PET reciclado en la estabilización del suelo en el Asentamiento Humano Miraflores alto – Chimbote – Ancash - 2019.</p>	El uso del PET reciclado influye significativamente en la estabilización de suelos con fines de pavimentación en el Asentamiento Humano Miraflores Alto – Chimbote – Ancash 2019.	PROPIEDADES FISICAS	Clasificación de suelo	La presente investigación se enfocará en el estudio de la estabilización del suelo con el polietileno de tereftalato reciclado, ya que este material contiene propiedades que benefician al suelo. De este modo se contribuye con la comunidad, en su calidad de vida y se contribuye con el medio ambiente al promover el reciclaje de este material.	
				Humedad		
				Densidad		
			<p>Específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> •Determinar las características físicas y mecánicas del suelo en Miraflores Alto – Chimbote – Ancash. •Determinar las propiedades químicas del PET reciclado. •Determinar las características mecánicas y físicas del suelo de Miraflores Alto– Chimbote – Ancash, con 3%, 6%, 9% de PET reciclado. 	PROPIEDADES MECANICAS		Capacidad de soporte
						PROPIEDADES FISICAS
				Densidad.		
				Permeabilidad		
				PROPIEDADES MECANICAS		Dureza
						Coeficiente de Fricción
						Resistencia a la tracción
				COMPOSICIÓN QUIMICA		etilenglicol
						Ácido tereftalico

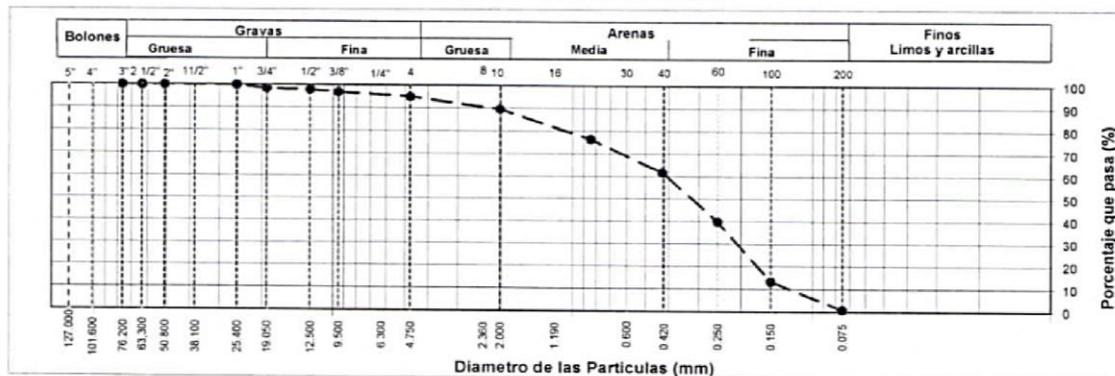
ANEXO N° 02
“PROTOCOLOS”

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS
ASTM D6913/ ASTM D2487/ AASHTO D3282

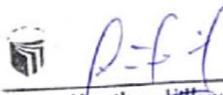
REFERENCIA SOLICITANTE PROYECTO	
UBICACIÓN	Fecha de ensayo:
SONDEO	Tamaño Máximo :
MUESTRA	Peso Inicial Seco :
PROFUNDIDAD	

TAMIZ	AASHTO T-27 (mm)	PORCENTAJE QUE PASA	ESPECIFICACIÓN	DESCRIPCION DE LA MUESTRA
5"	127.000		/	CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM D2216)
4"	101.600			Contenido Humedad (%)
3"	76.200			LIMITES DE CONSISTENCIA (ASTM D4318)
2 1/2"	63.300			Límite Líquido (LL)
2"	50.800			Límite Plástico (LP)
1 1/2"	38.100			Índice Plástico (IP)
1"	25.400			Índice de Consistencia (Ic)
3/4"	19.000			Índice de Liquidez (IL)
1/2"	12.500			CLASIFICACIÓN DE SUELOS
3/8"	9.500			Clasificación SUCS (ASTM D2487)
Nº 4	4.750			Clasificación AASHTO (D3282)
Nº 10	2.000			Nombre del Grupo
Nº 20	0.840			INDICACIONES:
Nº 40	0.425			
Nº 60	0.250			
Nº 100	0.150			
Nº 200	0.075			

CURVA GRANULOMETRICA



OBSERVACIONES:


Lener Hamilton Villanueva Vásquez
 TÉCNICO DE LABORATORIO



CAMPUS CHIMBOTE
Av. Central Mz. H Lt. 1
Urb. Buenos Aires - Nuevo Chimbote
Tel.: (043) 483 030 Anx.: 4000

fb/ucv.peru
 @ucv_peru
 #saliradelante
 ucv.edu.pe



ENSAYO DE COMPACTACIÓN (PROCTOR MODIFICADO)
ASTM D 1556

SOLICITANTE

UBICACIÓN

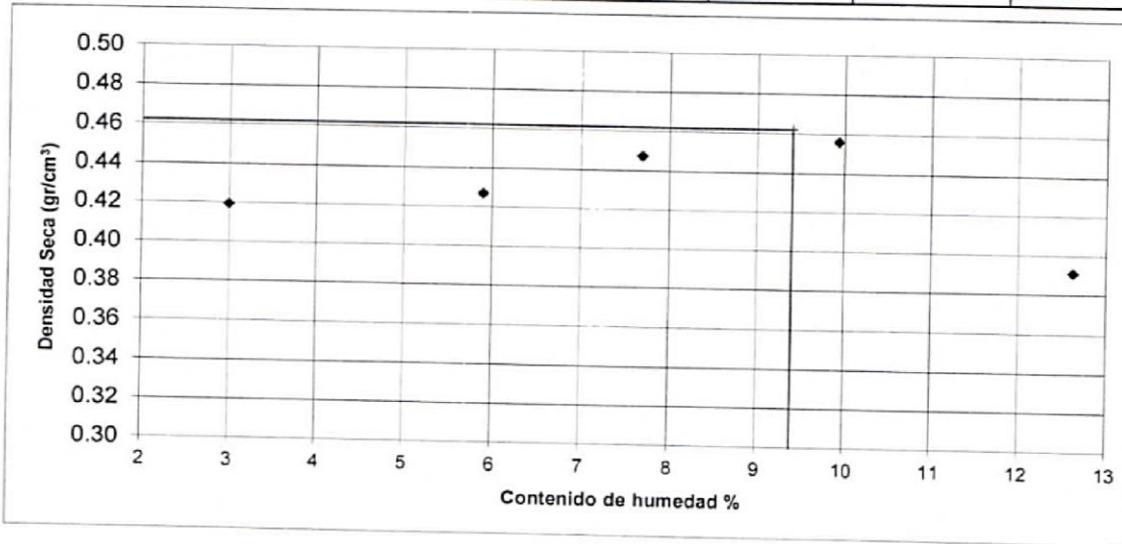
PROYECTO

PROFUNDIDAD
MUESTRA (m.)

CALICATA

MUESTRA

Table with 4 main sections: Molde/Capas/Muestra, Contenido de Humedad, Recipiente, and Densidad de Suelo Seco. Includes fields for volume, type, temperature, and various weights.



DENSIDAD MAXIMA =

HUMEDAD OPTIMA =

CAMPUS CHIMBOTE
Av. Central Mz. H Lt. 1
Urb. Buenos Aires - Nuevo Chimbote
Tel.: (043) 483 030 Anx.: 4000

Lener Hamilton Villanueva Vásquez
TÉCNICO DE LABORATORIO



fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe



CALIFORNIA BEARING RATIO (C. B. R.)
ASTM D 1883

SOLICITANTE

UBICACIÓN

PROYECTO

PROFUNDIDAD
MUESTRA (m.)

CALICATA

MUESTRA

MOLDE N°	1	X	3
N° DE CAPAS	5	5	5
N° DE GOLPES POR CAPA	56	25	10
MUESTRA	SATURADA	SIN SATURAR	SATURADA
VOLUMEN DE MOLDE			
PESO DE MOLDE			
PESO DE MOLDE + SUELO HUMEDO			
PESO DEL SUELO HUMEDO			
DENSIDAD HUMEDA			
RECIPIENTE N°			
PESO DE RECIPIENTE			
PESO DE RECIPIENTE + SUELO HUMEDO			
PESO DE RECIPIENTE + SUELO SECO			
PESO DE AGUA			
PESO DE SUELO SECO			
CONTENIDO DE HUMEDAD			
DENSIDAD SECA			

EXPANSIÓN

FECHA	HORA	TIEMPO	56 GOLPES						25 GOLPES						10 GOLPES								
			DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN													
				Pulg.	%		Pulg.	%		Pulg.	%												

SI EXPANSIVO

PENETRACIÓN

PENETRACIÓN (pulg.)	PATRÓN (Lb/pulg ²)	56 GOLPES			25 GOLPES			10 GOLPES		
		DIAL	CARGA	CARGA UNITARIA	DIAL	CARGA	CARGA UNITARIA	DIAL	CARGA	CARGA UNITARIA
0.025										
0.050										
0.075										
0.100	1000									
0.150										
0.200	1500									
0.250										
0.300										
0.400										
0.500										



CAMPUS CHIMBOTE
Av. Central Mz. H Lt. 1
Urb. Buenos Aires - Nuevo Chimbote
Tel.: (043) 483 030 Anx.: 4000

Lener Hamilton Villanueva Vásquez
TÉCNICO DE LABORATORIO

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe

**CALIFORNIA BEARING RATIO (C. B. R.)
ASTM D 1883**

SOLICITANTE

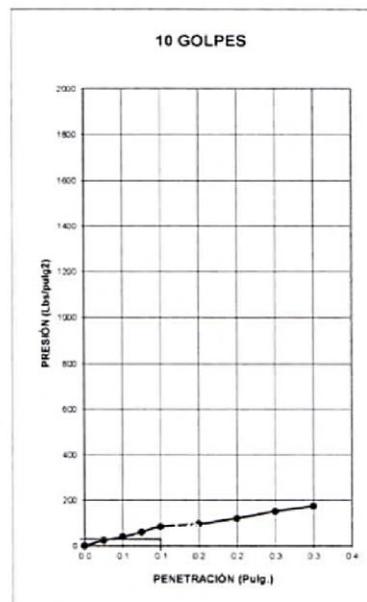
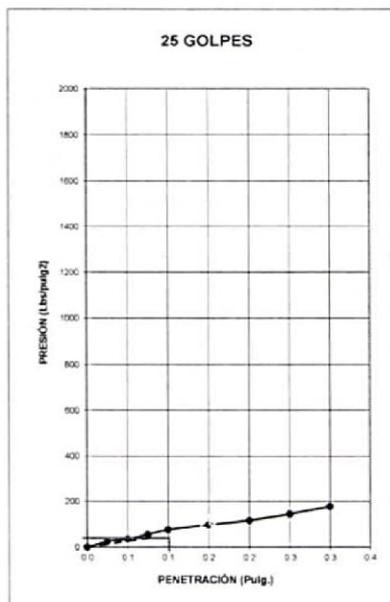
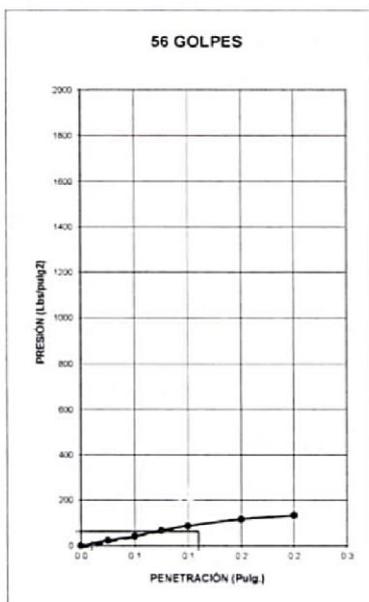
UBICACIÓN

PROYECTO

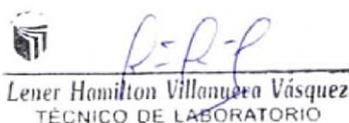
**PROFUNDIDAD
MUESTRA (m.)**

CALICATA

MUESTRA



PENETRACIÓN (PULG.)	C. B. R. A 95% DE MAXIMA DENSIDAD SECA	C. B. R. A 100% DE MAXIMA DENSIDAD SECA



Lener Hamilton Villanueva Vásquez
TÉCNICO DE LABORATORIO



CAMPUS CHIMBOTE
Av. Central Mz. H Lt. 1
Urb. Buenos Aires - Nuevo Chimbote
Tel.: (043) 483 030 Anx.: 4000

fb/ucv.peru
@ucv_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe

ANEXO N° 03
**“INFORME DE ESTUDIO
DE SUELOS”**

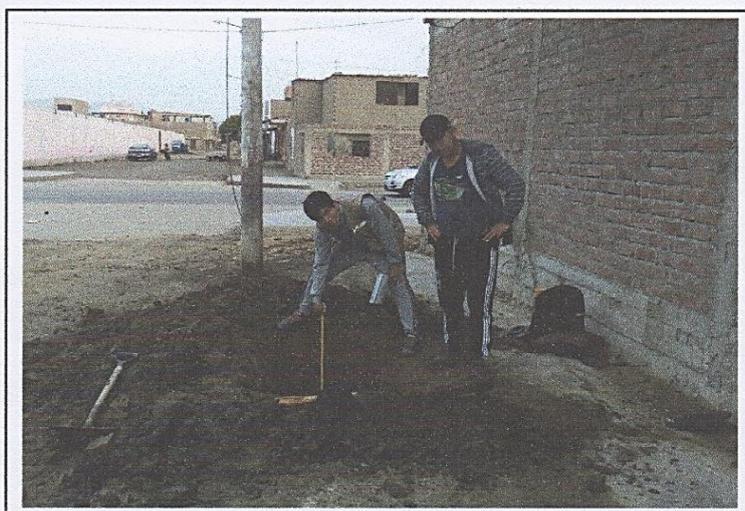


UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

INFORME TÉCNICO DE ENSAYOS REALIZADOS EN LABORATORIO



PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

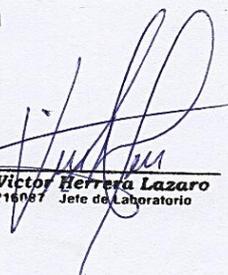
“ESTABILIZACIÓN DEL SUELO CON PET RECICLADO CON FINES DE PAVIMENTACIÓN EN EL ASENTAMIENTO HUMANO MIRAFLORES ALTO – CHIMBOTE – ANCASH – 2019”

Autores:

- Castillo Ravelo Edwin Héctor
- Saucedo Caldas Yeremmi Anderson



ABRIL DE 2019


Ing. Víctor Herrera Lazaro
CIP 214067 Jefe de Laboratorio



INDICE

I. GENERALIDADES

- 1.1. OBJETIVOS
- 1.2. UBICACIÓN

II. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS, GEOLÓGICOS Y SISMICIDAD

- 2.1. GEOMORFOLOGÍA
- 2.2. GEOLOGÍA LOCAL
- 2.3. SISMICIDAD

III. INVESTIGACIONES GEOTÉCNICAS DE CAMPO Y LABORATORIO

- 3.1. PROSPECCIONES DE CAMPO
- 3.2. ENSAYOS DE LABORATORIO
- 3.3. CLASIFICACION DE SUELOS

IV. DESCRIPCIÓN DEL PERFIL ESTRATIGRÁFICO

V. RESUMEN DE RESULTADOS

VI. CONCLUSIONES

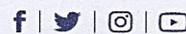
ANEXOS

- ANEXO I : REGISTRO ESTYRATIGRÁFICO
- ANEXO II : ENSAYOS DE LABORATORIO

Somos la universidad de los
que quieren salir adelante.



Ing. Víctor Herrera Lázaro
CIP 216687 Jefe de Laboratorio



ucv.edu.pe



I. GENERALIDADES

1.1. OBJETIVOS

El presente informe tiene por objeto determinar las propiedades físico - mecánicas del subsuelo del área en estudio, con fines de estabilización para el Proyecto de Investigación "ESTABILIZACIÓN DEL SUELO CON PET RECICLADO CON FINES DE PAVIMENTACIÓN EN EL ASENTAMIENTO HUMANO MIRAFLORES ALTO – CHIMBOTE – ANCASH – 2019", la evaluación fue realizado por medio de trabajos de exploración de campo y ensayos de laboratorio; necesarios para definir el perfil estratigráfico, clasificación de suelos y calidad de materiales.

Para alcanzar el objetivo principal, previamente se requiere lograr los siguientes objetivos secundarios:

- ✦ Elaboración de un estudio geológico superficial de la zona, que sirva de marco para las investigaciones geotécnicas.
- ✦ Realización de los ensayos estándares de laboratorio de mecánica de suelos y ensayos especiales.
- ✦ Elaboración de los perfiles estratigráficos.
- ✦ Interpretación de los resultados de las investigaciones geotécnicas de campo y los ensayos de laboratorio.

1.2. UBICACIÓN

El proyecto de investigación se ubica en el Asentamiento Humano Miraflores Alto.

II. ASPECTOS GEOMORFOLÓGICOS, GEOLÓGICOS Y SISMICIDAD DEL ÁREA DE ESTUDIO

2.1. GEOMORFOLOGÍA

El territorio estudiado se encuentra en la vertiente pacífica y comprende sectores de la costa y la sierra de los departamentos de la Libertad y Ancash. De Oeste a Este se distinguen tres unidades geomorfológicas:

- Pampas Costaneras

Esta unidad geomorfológica se desarrolla a manera de una faja paralela a la costa, desde el nivel del mar hasta una altitud aproximada de 200 m., y presenta notables ensanchamientos en las porciones correspondientes a los valles. Por el Oeste está limitada por pequeñas escarpas que bordean el litoral y hacia el Este por las cadenas de cerros bajos de los primeros contrafuertes andinos.

Somos la universidad de los que quieren salir adelante.



Ing. Víctor Herrera Lázaro
CIP 216087 Jefe de Laboratorio



ucv.edu.pe





Tiene una superficie más o menos llana, en la que destacan algunos cerros y colinas redondeadas. Las pampas costaneras están constituidas por terrazas aluviales y marinas, abanicos aluviales, dunas y mantos de arena.

- Flanco Disectado de los Andes

Esta unidad se extiende entre las pampas costaneras y el borde altiplano, con altitudes que varían de 200 a 3,500 m. Está esculpida en rocas volcánicas y sedimentarias cuyas edades van desde el Jurásico superior hasta el Terciario inferior, y en rocas intrusivas del batolito andino.

Esta unidad se caracteriza por su fuerte pendiente y por estar intensamente disectada por numerosos valles profundos que corren generalmente de Noreste a Suroeste.

Todos los valles son jóvenes con sección transversal en "V", pisos estrechos y fuerte gradiente; sólo en sus tramos inferiores, correspondientes a las pampas costaneras, adquieren gran amplitud y sus cauces tienen gradientes moderados.

El área al ubicarse dentro de las estribaciones de la Cordillera Occidental presenta superficies disectadas y quebradas. Las quebradas se hallan cubiertas por pequeños depósitos aluviales, coluviales y eólicos; tenemos depósitos torrenciales esporádicos, flujos de lodo cuando llueve, canchales con fragmentos angulosos, gravas, arenas, limos y arcillas mal clasificados.

Unidad Andina:

Estribaciones Andinas

Se caracteriza de una topografía irregular, de relieve moderado a abrupto, con un sistema de drenaje subparalelo a dendrítico, convergente y perpendicular a la línea de la costa. los valles y quebradas transversales que cortan el frente andino, son numerosos y tienen secciones típicas en V, de paredes estrechas y encañonadas en las vertientes altas más o menos amplias y de fondo plano en sus desembocaduras, donde se registran gruesas acumulaciones fluviales y coluviales.

Unidad Valles Interandinos

Se describe con este nombre la parte media y alta de la cuenca río Huaura que discurren en esta región del este – oeste.

Somos la universidad de los que quieren salir adelante.



Ing. Víctor Herrera Lázaro
CIP 214687 Jefe de Laboratorio



ucv.edu.pe



2.2. GEOLOGÍA LOCAL

En base al reconocimiento y exploración de campo de la ciudad de Santa y sus alrededores, se ha elaborado el siguiente mapeo geológico que indica:

a) Cretáceo Inferior

Grupo Casma: Formación la Zorra (Ki-Z)

Es una secuencia volcánica andesítica, conformada por lavas y brechas, de composición básicamente de andesita y porfirítica que presentan fenocristales de plagioclasas anfíboles y en menor proporción piroxenos.

b) Rocas Intrusivas

Se encuentra constituido por granodiorita y tonalitas, ubicados en los alrededores de Tambo Real, cubiertas por depósitos eólicos. Estas rocas pertenecen al Batolito de la Costa y corresponden a cuerpos ígneos que gradan de granodioritas a tonalitas.

c) Cuaternario

Depósitos de arenas eólicas (Dunas)

Son los depósitos eólicos que cubren gran parte de las elevaciones rocosas cercanas a Santa. La formación de masas de arenas comienza desde el litoral de la costa y termina en los cerros de los primeros tramos de las estribaciones de la Cordillera Occidental Andina, desplazando en las laderas.

Depósitos marinos (Q-m)

Se encuentran distribuidas por la zona de puerto de la ciudad de Santa. Los depósitos marinos están constituidos por fragmentos de conchas con una matriz de arena mal graduada de grano medio a fino.

Depósitos aluviales (Q-al)

Estos depósitos tienen amplia distribución en todo el sector de la región estudiada, donde se encuentran constituyendo las pampas de la planicie costanera. Están representados principalmente por los antiguos conos de deyección del río Santa.

El material aluvial consiste de gravas, arenas y arcillas generalmente mal clasificadas; las gravas se componen de elementos subangulosos y subredondeados de diversos tipos de roca, gravas de elementos redondeados se encuentran en gran proporción en los lechos de los ríos actuales.

Somos la universidad de los
que quieren salir adelante.



Ing. Víctor Herrera Lázaro
CIP 216087 Jefe de Laboratorio



ucv.edu.pe

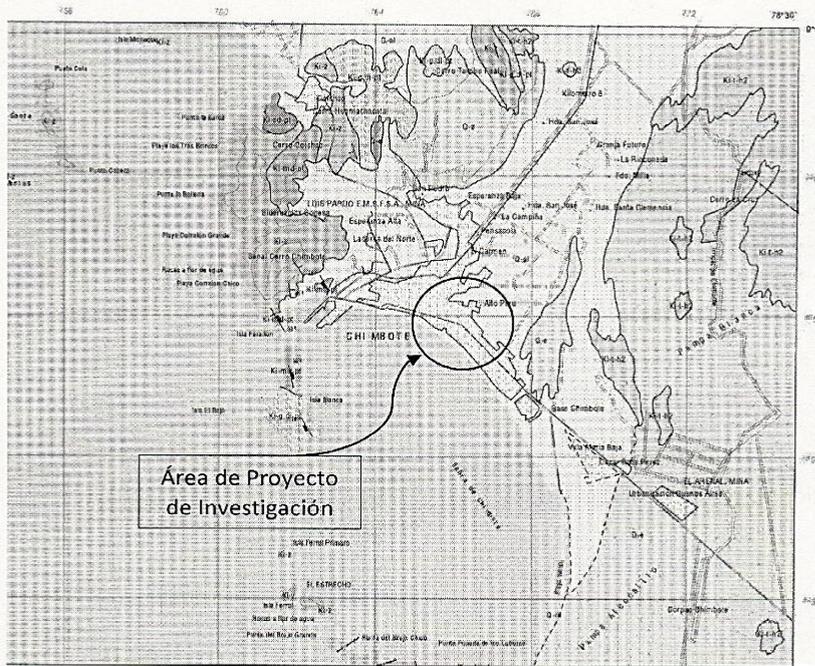


Figura N° 01: Mapa Geológico del Cuadrángulo de Santa: Ingemet Carta Geológica 18f

EDAD		UNIDADES ESTRATIGRAFICAS	ROCAS SEDIMENTARIAS	ROCAS INTRUSIVAS
CUATERNARIO	Reciente	Depósitos eólicos Depósitos aluviales	Q-a Q-al	
	Pleistoceno	Terrazas Marinas	Q-m	TI-ti TI-an
TERCIARIO	Pleistoceno			KTI-gd KTI-gd
CRETACEO	Superior			KTI-dj
	Inferior	Fm. Casma	KI-c	
JURASICO	Superior	DISCORDANCIA Fm. Chicama	JS-ch/c	

Figura N° 02: Leyenda Mapa Geológico



Somos la universidad de los que quieren salir adelante.

Victor Herrera Lazaro
Ing. Víctor Herrera Lazaro
 CIP 716087 Jefe de Laboratorio



ucv.edu.pe



Antecedentes Sísmicos

Los sismos en el área del proyecto de investigación presentan el mismo patrón general de distribución espacial que el resto del territorio peruano; caracterizado por la concentración de la actividad sísmica en el litoral, paralelo a la costa, por la subducción de la Placa de Nazca. Los sismos de mayores intensidades registrados en el área de influencia del estudio son:

- Sismo del 24 de mayo de 1940, que afectó las localidades de la costa central, norte y sur del Perú, alcanzando intensidades máximas de VII y VIII en la escala de Mercalli Modificada (MM).
- Sismo del 10 de noviembre de 1946, que afectó al Departamento de Ancash, alcanzando una intensidad máxima de VII MM.
- Sismo del 18 de febrero de 1956, con intensidad promedio de VIII MM, afectando el Callejón de Huaylas.
- Sismo del 17 de octubre de 1966, con intensidades máximas entre VII y VIII MM, afectando las localidades de Lima, Casma y Chimbote.
- Sismo del 31 de mayo de 1970, que ha sido un terremoto catastrófico en las localidades de Chimbote y Huaraz, alcanzando intensidades máximas de VIII MM.
- Sismo del 21 de agosto de 1985, que afectó las ciudades de Chimbote y Chiclayo, alcanzando una intensidad promedio de V MM.
- Sismo del 10 de octubre de 1987, con intensidades máximas de IV y V MM, sentido en las ciudades de Chimbote y Santiago de Chuco.
- Sismo del 23 de Junio del 2001, con intensidades máximas de VIII MM, sentido en las ciudades de Nazca, Ica, Arequipa y Tacna.
- Sismo del 15 de Agosto del 2007, con intensidades máximas de VII MM, sentido en las ciudades de Pisco, Nazca, Ica y Lima.

III. INVESTIGACIONES GEOTÉCNICAS DE CAMPO Y LABORATORIO

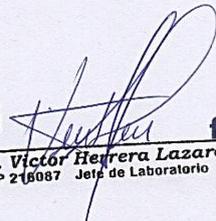
3.1. PROSPECCIONES DE CAMPO

3.1.1. CALICATAS

Con la finalidad de definir el perfil estratigráfico se realizaron nueve calicatas exploradas a cielo abierto, hasta 1.20m a 1.30m de profundidad.

Somos la universidad de los
que quieren salir adelante.




Ing. Víctor Herrera Lazaro
CIP 216087 Jefe de Laboratorio



ucv.edu.pe



3.1.2. MUESTREO DISTURBADO

Se tomaron muestras disturbadas de cada uno de los tipos de suelos encontrados, en cantidad suficiente como para realizar los ensayos de clasificación e identificación de suelos.

3.1.3. REGISTRO DE CALICATAS

Paralelamente al avance de las excavaciones de las calicatas, se realizó el registro de excavación vía clasificación manual visual según ASTM D-2488, descubriéndose las principales características de los suelos encontrados tales como: espesor, tipo de suelo, color, plasticidad, humedad, compacidad, etc.

3.2. ENSAYOS DE LABORATORIO

Los ensayos se realizaron según normas:

- Ensayos estándares de laboratorio de mecánica de suelos:
 - 09 Análisis Granulométrico SUCS (ASTM D-6913),
 - 09 Límite líquido (ASTM D-4318)
 - 09 Límite plástico (ASTM D-4318)
 - 09 Contenido de humedad (ASTM D-2216)
- Ensayos especiales de laboratorio de mecánica de suelos:
 - 04 Proctor Modificado (ASTM D-1557)
 - 04 Ensayos CBR (ASTM D-1883)

3.3. CLASIFICACIÓN DE SUELOS

Los suelos han sido clasificados de acuerdo al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS – ASTM D-2487) y AASHTO para ello se hizo uso del programa Clas y Pavi.

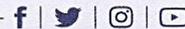
IV. DESCRIPCIÓN DEL PERFIL ESTRATIGRÁFICO

El subsuelo del área del proyecto ha sido investigado por las calicatas (C-01, C-02, C-03, C-04, C-05, C-06, C-07, C-08 y C-09). De los trabajos de campo y ensayos de laboratorio se deduce lo siguiente:

Somos la universidad de los que quieren salir adelante.



Ing. Víctor Herrera Lázaro
CIP 218087 Jefe/dé Laboratorio



ucv.edu.pe



CALICATA C-01

En la exploración de la Calicata C-01, se registró de 0.00 a 1.25m de profundidad, arena mal graduada (SP) de condición insitu medianamente compacta, de estado ligeramente húmeda, de color beige claro y finos no plásticos. Se registro presencia de nivel freático a 1.10m. de profundidad.

CALICATA C-02

En la exploración de la Calicata C-02, se registró de 0.00 a 0.10m de profundidad, material de relleno (arena mal graduada con raíces); de 0.10 a 1.30m de profundidad, arena mal graduada con limo (SP-SM) de condición insitu medianamente compacta, de estado húmeda, de color beige claro y finos no plásticos. Se registro presencia de nivel freático a 1.10m. de profundidad.

CALICATA C-03

En la exploración de la Calicata C-03, se registró de 0.00 a 1.30m de profundidad, arena limosa (SM) de condición insitu medianamente compacta, de estado húmeda, de color beige claro y finos no plásticos. No se registró presencia de nivel freático.

CALICATA C-04

En la exploración de la Calicata C-04, se registró de 0.00 a 0.15m de profundidad, material de relleno (arena mal graduada con raíces); de 0.15 a 1.30m de profundidad, arena limosa (SM) de condición insitu medianamente compacta, de estado ligeramente húmeda, de color beige claro y finos no plásticos. No se registró presencia de nivel freático.

CALICATA C-05

En la exploración de la Calicata C-05, se registró de 0.00 a 1.30m de profundidad, arena limosa (SM) de condición insitu medianamente compacta, de estado húmeda a saturada, de color beige claro y finos no plásticos. No se registró presencia de nivel freático.

CALICATA C-06

En la exploración de la Calicata C-06, se registró de 0.00 a 1.30m de profundidad, arena mal graduada con limo (SP-SM) de condición insitu medianamente compacta, de estado húmeda, de color beige claro y finos no plásticos. No se registró presencia de nivel freático.

Somos la universidad de los
que quieren salir adelante.



Ing. Victor Herrera Lazaro
CIP 216067 Jefe de Laboratorio



ucv.edu.pe



CALICATA C-07

En la exploración de la Calicata C-07, se registró de 0.00 a 0.20m de profundidad, material de relleno (arena mal graduada con raíces); de 0.20 a 1.30m de profundidad, arena mal graduada con limo (SP-SM) de condición insitu medianamente compacta, de estado saturada, de color beige claro y finos no plásticos. Se registro presencia de nivel freático a 1.10m. de profundidad.

CALICATA C-08

En la exploración de la Calicata C-08, se registró de 0.00 a 1.20m de profundidad, arena mal graduada con limo (SP-SM) de condición insitu medianamente compacta, de estado húmeda, de color beige claro y finos no plásticos. Se registro presencia de nivel freático a 1.10m. de profundidad.

V. RESUMEN DE RESULTADOS

De los ensayos realizados en laboratorio, obtenemos los siguientes resultados:

CUADRO N° 01: Clasificación de Suelos

Calicata		C-01	C-02	C-03	C-04	C-05
Muestra		M-1	M-1	M-1	M-1	M-1
Profundidad	m.	0.20 a 1.25	0.10 a 1.30	0.00 a 1.30	0.15 a 1.30	0.00 a 1.30
Gravas	%	0.00	0.04	0.07	9.91	0.00
Arenas	%	98.83	94.27	63.73	65.33	89.78
Finos	%	1.17	5.68	36.2	24.76	10.22
L. Liquido	%	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.
L. Plástico	%	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.
I. Plasticidad	%	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.
Humedad	%	1.93	5.6	5.12	4.15	14.46
Clasificación SUCS		SP	SP-SM	SM	SM	SP-SM
Clasificación AASHTO		A-2-4 (0)	A-2-4 (0)	A-4 (0)	A-2-4 (0)	A-2-4 (0)
Terreno de Fundación		Excelente a Bueno	Excelente a Bueno	Regular a Malo	Excelente a Bueno	Excelente a Bueno

Somos la universidad de los que quieren salir adelante.



Ing. Victor Herrera Lazaro
CIP 216687 Jefe de Laboratorio



ucv.edu.pe



Calicata		C-06	C-07	C-08	C-09
Muestra		M-1	M-1	M-1	M-1
Profundidad	m.	0.00 a 1.30	0.20 a 1.30	0.00 a 1.20	0.00 a 1.20
Gravas	%	0.00	0.05	0.03	5.81
Arenas	%	94.24	89.98	92.96	61.11
Finos	%	5.76	9.98	7.01	33.08
L. Líquido	%	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.
L. Plástico	%	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.
I. Plasticidad	%	N.P.	N.P.	N.P.	N.P.
Humedad	%	9.25	19.06	9.51	19.45
Clasificación SUCS		SP-SM	SP-SM	SP-SM	SM
Clasificación AASHTO		A-2-4 (0)	A-2-4 (0)	A-2-4 (0)	A-2-4 (0)
Terreno de Fundación		Excelente a Bueno	Excelente a Bueno	Excelente a Bueno	Excelente a Bueno

CUADRO N° 02: Ensayo CBR

CBR		SUB-RASANTE			
		C-05 (Patrón)	+ 3% de PETS	+ 6% de PETS	+ 9% de PETS
Máxima Densidad Seca	gr/cm ²	1.668	1.618	1.530	1.471
Óptimo Contenido de Humedad	%	10.80	5.20	6.00	6.87
100% M.D.S. 0.1"	%	12.5	17.08	7.08	2.16
95% M.D.S. 0.1"	%	8.94	14.88	2.93	1.16

VI. CONCLUSIONES

Basándose en los trabajos de campo, ensayos de laboratorio y el análisis correspondiente, se puede concluir lo siguiente:

- El suelo está constituido de 0.00m a 1.30m. a profundidad por arena mal graduada (SP), arena mal graduada con limo (SP-SM), arena limosa (SM), con más del 50% de arenas que finos, de condición in situ semicompacta, de estado húmeda a saturada, de color beige claro y de finos no plásticos a profundidad.
- Durante las exploraciones se registró presencia de nivel freático a 1.10m. de profundidad.
- De los ensayos CBR se determinó lo siguiente:

Somos la universidad de los que quieren salir adelante.



Ing. Víctor Herferra Lazaro
CIP 216087 Jefe de Laboratorio



ucv.edu.pe





- Material de Subrasante:
 - Muestra Patrón: con el 8.94% del 95% de la M.D.S. a 0.1" de penetración del CBR; se considera en la categoría se subrasante REGULAR (De CBR \geq 6% a CBR < 10%).
 - Muestra Adición 3% de PETS: con el 14.88% del 95% de la M.D.S. a 0.1" de penetración del CBR; se considera en la categoría se subrasante BUENA (De CBR \geq 10% a CBR < 20%).
 - Muestra Adición 6% de PETS: con el 2.93% del 95% de la M.D.S. a 0.1" de penetración del CBR; se considera en la categoría se subrasante INADECUADA (De CBR < 3%).
 - Muestra Adición 9% de PETS: con el 1.16% del 95% de la M.D.S. a 0.1" de penetración del CBR; se considera en la categoría se subrasante INSUFICIENTE (De CBR < 3%).

- El material de suelo con una clasificación SUCS de Arena Mal Graduada con Limo (SP-SM) y clasificación AASHTO de A-2-4 (0), se concluye que presenta resultados favorables al 3% de adición de PETS y resultados desfavorables a medida que se incrementa en 6% y 9% de los ensayos CBR para la estabilización de suelo.

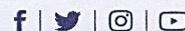
El análisis de los resultados se basó en los reglamentos vigentes.

- Manual de Carreteras – Especificaciones Técnicas Generales para Construcción EG-2013.
- Manual de Carreteras – Suelos Geología, Geotecnia y Pavimentos (Sección Suelos y Pavimentos).
- Manual de Ensayos de Materiales (MTC-2016)

Somos la universidad de los
que quieren salir adelante.



Ing. Víctor Herrera Lazaro
CIP 216087 Jefe de Laboratorio



ucv.edu.pe





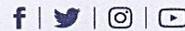
UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

ANEXO I REGISTRO ESTRATIGRÁFICO

Somos la universidad de los
que quieren salir adelante.



Ing. Victor Herrera Lazaro
CIP 216457 Jefe de Laboratorio



ucv.edu.pe



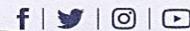


REGISTRO ESTRATIGRÁFICO						
ASTM D 2488						
PROYECTO:		ESTABILIZACIÓN DEL SUELO CON PET RECICLADO CON FINES DE PAVIMENTACIÓN			Registro N°: TS-RES-01	
SOLICITA:		ASENTAMIENTO HUMANO MIRAFLORES ALTO – CHIMBOTE – ANCASH – 2019			Página N°: 01 de 01	
UBICACIÓN:		SAUCEDO CALDAS YEREMMI ANDERSON – CASTILLO RAVELO EDWIN HECTOR			Prof. Alcanzada (m): 1.25	
CALICATA:		C-01			Nivel Freático (m): 1.10	
				Progresiva: Jr. Fray Martín		Fecha: 04/04/2019
PROFUNDIDAD (METROS)	TIPO DE EXCAVACIÓN	MUESTRAS OBTENIDAS	PRUEBAS	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL	CLASIFICACIÓN (SUCS)
			HN, %			
0.00	C A L I C A T A N.F. 	M-1	1.93		Arena Mal Graduada (SP): 98.83% de arena gruesa a fina y 1.17% de finos no plásticos. Condición in situ: Densidad semicompacta, ligeramente húmeda y de color beige claro.	SP
1.25						

Somos la universidad de los que quieren salir adelante.



Ing. Victor Herrera Lazaro
 CIP 276087 Jefe de Laboratorio



ucv.edu.pe



REGISTRO ESTRATIGRÁFICO

ASTM D 2488

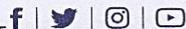
PROYECTO:	ESTABILIZACIÓN DEL SUELO CON PET RECICLADO CON FINES DE PAVIMENTACIÓN	Registro N°:	TS-RES-02
	ASENTAMIENTO HUMANO MIRAFLORES ALTO – CHIMBOTE – ANCASH – 2019	Página N°:	01 de 01
SOLICITA:	SAUCEDO CALDAS YEREMMI ANDERSON – CASTILLO RAVELO EDWIN HECTOR	Prof. Alcanzada (m):	1.30
UBICACIÓN:	Departamento: Ancash; Provincia: Santa; Distrito: Chimbote	Nivel Freático (m):	1.10
CALICATA:	C-02	Progresiva:	Jr. Fray Martín
		Fecha:	04/04/2019

PROFUNDIDAD (METROS)	TIPO DE EXCAVACIÓN	MUESTRAS OBTENIDAS	PRUEBAS	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL	CLASIFICACIÓN (SUCS)
			HN, %			
0.00						
0.10					Material de relleno (arena mal graduada con raíces)	
	C					
	A					
	L					
	I					
	C	M-1	5.60		Arena Mal Graduada con Limo (SP-SM): 0.04% de grava fina, subangulosas 94.27% de arena gruesa a fina y 5.68% de finos no plásticos. Condición in situ : Densidad semicompacta, húmeda y de color beige claro.	SP-SM
	A					
	T					
	A					
	N.F.					
1.30						

Somos la universidad de los que quieren salir adelante.



Ing. Victor Herrera Lazaro
 CIP 216087 Jefe de Laboratorio



ucv.edu.pe



REGISTRO ESTRATIGRÁFICO
ASTM D 2488

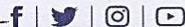
PROYECTO:	ESTABILIZACIÓN DEL SUELO CON PET RECICLADO CON FINES DE PAVIMENTACIÓN	Registro N°:	TS-RES-03
	ASENTAMIENTO HUMANO MIRAFLORES ALTO – CHIMBOTE – ANCASH – 2019	Página N°:	01 de 01
SOLICITA:	SAUCEDO CALDAS YEREMMI ANDERSON – CASTILLO RAVELÓ EDWIN HECTOR	Prof. Alcanzada (m):	1.30
UBICACIÓN:	Departamento: Ancash; Provincia: Santa; Distrito: Chimbote	Nivel Freático (m):	N.P.
CALICATA:	C-03	Progresiva:	Av. Camino Real
		Fecha:	04/04/2019

PROFUNDIDAD (METROS)	TIPO DE EXCAVACIÓN	MUESTRAS OBTENIDAS	PRUEBAS	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL	CLASIFICACIÓN (SUCS)
			HN, %			
0.00						
	C					
	A					
	L					
	I	M-1	5.12		Arena Limosa (SM): 0.07% de gravas finas , subangulosas 63.73% de arena gruesa a fina y 36.20% de finos no plásticos. Condición in situ : Densidad semicompacta, húmeda y de color beige claro.	SM
	C					
	A					
	T					
	A					
1.30						

Somos la universidad de los que quieren salir adelante.



Ing. Víctor Herrera Lázaro
CIP 216087 Jefe de Laboratorio



ucv.edu.pe



REGISTRO ESTRATIGRÁFICO
ASTM D 2488

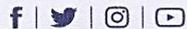
PROYECTO:	ESTABILIZACIÓN DEL SUELO CON PET RECICLADO CON FINES DE PAVIMENTACIÓN ASENTAMIENTO HUMANO MIRAFLORES ALTO – CHIMBOTE – ANCASH – 2019	Registro N°:	TS-RES-04
SOLICITA:	SAUCEDO CALDAS YEREMMI ANDERSON – CASTILLO RAVELO EDWIN HECTOR	Página N°:	01 de 01
UBICACIÓN:	Departamento: Ancash; Provincia: Santa; Distrito: Chimbote	Prof. Alcanzada (m):	1.30
CALICATA:	C-04	Nivel Freático (m):	N.P.
		Fecha:	04/04/2019

PROFUNDIDAD (METROS)	TIPO DE EXCAVACIÓN	MUESTRAS OBTENIDAS	PRUEBAS	SIMBOLO	DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL	CLASIFICACIÓN (SUCS)
			HM, %			
0.00					Material de relleno (arena mal graduada con raices)	
0.15						
	C A L I C A T A	M-1	4.15		Arena Limosa (SM): 9.91% de gravas finas, subangulosas 65.33% de arena gruesa a fina y 24.76% de finos no plásticos. Condición in situ: Densidad semicompacta, ligeramente húmeda y de color beige claro.	SM
1.30						

Somos la universidad de los que quieren salir adelante.



Ing. Víctor Herreña Lázaro
CIP 216087 Jefe de Laboratorio



ucv.edu.pe



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

REGISTRO ESTRATIGRÁFICO

ASTM D 2488

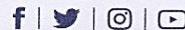
PROYECTO:	ESTABILIZACIÓN DEL SUELO CON PET RECICLADO CON FINES DE PAVIMENTACIÓN ASENTAMIENTO HUMANO MIRAFLORES ALTO – CHIMBOTE – ANCASH – 2019	Registro N°:	TS-RES-05
SOLICITA:	SAUCEDO CALDAS YEREMMI ANDERSON – CASTILLO RAVELO EDWIN HECTOR	Página N°:	01 de 01
UBICACIÓN:	Departamento: Ancash; Provincia: Santa; Distrito: Chimbote	Prof. Alcanzada (m):	1.30
CALICATA:	C-05	Nivel Freático (m):	N.P.
	Progresiva: Jr. 9 de Octubre	Fecha:	04/04/2019

PROFUNDIDAD (METROS)	TIPO DE EXCAVACIÓN	MUESTRAS OBTENIDAS	PRUEBAS	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL	CLASIFICACIÓN (SUCS)
			LN, %			
0.00						
	C A L I C A T A	M-1	14.46		Arena Limosa (SM): 89.78% de arena gruesa a fina y 10.22% de finos no plásticos. Condición in situ : Densidad semicompacta, húmeda a saturada y de color beige claro.	SM
1.30						

Somos la universidad de los que quieren salir adelante.



Ing. Víctor Herrera Lazaro
CIP 216897 Jefe de Laboratorio



ucv.edu.pe



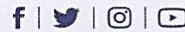
UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

REGISTRO ESTRATIGRÁFICO ASTM D 2488						
PROYECTO: ESTABILIZACIÓN DEL SUELO CON PET RECICLADO CON FINES DE PAVIMENTACIÓN		Registro N°: TS-RES-06				
ASENTAMIENTO HUMANO MIRAFLORES ALTO - CHIMBOTE - ANCASH - 2019		Página N°: 01 de 01				
SOLICITA: SAUCEDO CALDAS YEREMMI ANDERSON - CASTILLO RAVELO EDWIN HECTOR		Prof. Alcance (m): 1.30				
UBICACIÓN: Departamento: Ancash; Provincia: Santa; Distrito: Chimbote		Nivel Freático (m): N.P.				
CALICATA: C-06		Progresiva: Pje Los Olivos		Fecha: 04/04/2019		
PROFUNDIDAD (METROS)	TIPO DE EXCAVACIÓN	MUESTRAS OBTENIDAS	PRUEBAS	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL	CLASIFICACIÓN (SUCS)
			HN. %			
0.00	C A L I C A T A	M-1	9.25		<p>Arena Mal Graduada con Limo (SP-SM): 94.24% de arena gruesa a fina y 5.76% de finos no plásticos. Condición in situ : Densidad semicompacta, húmeda y de color beige claro.</p>	SP-SM
1.30						

Somos la universidad de los que quieren salir adelante.



Ing. Victor Herrera Lazaro
CIP 216067 Jefe de Laboratorio



ucv.edu.pe



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

REGISTRO ESTRATIGRÁFICO
ASTM D 2488

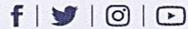
PROYECTO:	ESTABILIZACIÓN DEL SUELO CON PET RECICLADO CON FINES DE PAVIMENTACIÓN	Registro N°:	TS-RES-07
	ASENTAMIENTO HUMANO MIRAFLORES ALTO – CHIMBOTE – ANCASH – 2019	Página N°:	01 de 01
SOLICITA:	SAUCEDO CALDAS YEREMMI ANDERSON – CASTILLO RAVELO EDWIN HECTOR	Prof. Alcanzada (m):	1.30
UBICACIÓN:	Departamento: Ancash; Provincia: Santa; Distrito: Chimbote	Nivel Freático (m):	1.10
CALICATA:	C-07	Progresiva:	Pje Los Olivos
		Fecha:	04/04/2019

PROFUNDIDAD (METROS)	TIPO DE EXCAVACIÓN	MUESTRAS OBTENIDAS	PRUEBAS	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL	CLASIFICACIÓN (USCS)
			IRN, %			
0.00					Material de relleno (arena mal graduada con raiccas)	
0.20						
	C A L I C A T A N.F. 	M-1	19.06		Arena Mal Graduada con Limo (SP-SM): 0.05% de gravas finas , subangulosas 89.98% de arena gruesa a fina y 9.98% de finos no plásticos. Condición in situ : Densidad semicompacta, saturada y de color beige claro.	SP-SM
1.30						

Somos la universidad de los que quieren salir adelante.



Ing. Victor Herrera Lazaro
CIP 216087 Jefe de Laboratorio



ucv.edu.pe



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

REGISTRO ESTRATIGRÁFICO

ASTM D 2488

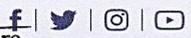
PROYECTO:	ESTABILIZACIÓN DEL SUELO CON PET RECICLADO CON FINES DE PAVIMENTACIÓN ASENTAMIENTO HUMANO MIRAFLORES ALTO – CHIMBOTE – ANCASH – 2019	Registro N°:	TS-RES-08
SOLICITA:	SAUCEDO CALDAS YEREMMI ANDERSON – CASTILLO RAVELO EDWIN HECTOR	Página N°:	01 de 01
UBICACIÓN:	Departamento: Ancash; Provincia: Santa; Distrito: Chimbote	Prof. Alcanzada (m):	1.20
CALICATA:	C-08 Progresiva : Av. Camino Real	Nivel Freático (m):	1.15
		Fecha:	04/04/2019

PROFUNDIDAD (METROS)	TIPO DE EXCAVACIÓN	MUESTRAS OBTENIDAS	PRUEBAS	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL	CLASIFICACIÓN (SUCS)
			HN, %			
0.00						
	C A L I C A T A	M-1	9.51		Arena Mal Graduada con Limo (SP-SM): 0.03% de gravas finas, subanguloosas 92.96% de arena gruesa a fina y 7.01% de finos no plásticos. Condición in situ : Densidad semicomcompacta, húmeda y de color beige claro.	SP-SM
1.20	N.F. 					

Somos la universidad de los que quieren salir adelante.



Ing. Víctor Herrera Lazaro
 CIP 216087 Jefe de Laboratorio



ucv.edu.pe



REGISTRO ESTRATIGRÁFICO
ASTM D 2488

PROYECTO:	ESTABILIZACIÓN DEL SUELO CON PET RECICLADO CON FINES DE PAVIMENTACIÓN	Registro N°:	TS-RES-09
	ASENTAMIENTO HUMANO MIRAFLORES ALTO - CHIMBOTE - ANCASH - 2019	Página N°:	01 de 01
SOLICITA:	SAUCEDO CALDAS YEREMMI ANDERSON - CASTILLO RAVELO EDWIN HECTOR	Prof. Alcanzada (m):	1.20
UBICACIÓN:	Departamento: Ancash; Provincia: Santa; Distrito: Chimbote	Nivel Freático (m):	1.10
CALICATA:	C-09	Progresiva:	Jr. 9 de Octubre
		Fecha:	04/04/2019

PROFUNDIDAD (METROS)	TIPO DE EXCAVACIÓN	MUESTRAS OBTENIDAS	PRUEBAS	SÍMBOLO	DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL	CLASIFICACIÓN (SUCS)
			IBL %			
0.00						
	C					
	A					
	L					
	I					
	C	M-1	19.45		Arena Limosa (SM): 5.81% de gravas finas, subangulosas 61.11% de arena gruesa a fina y 33.08% de finos no plásticos. Condición in situ : Densidad semicompacta, saturada y de color beige claro.	SM
	A					
	T					
	A					
	N.F.					
1.20						

Somos la universidad de los que quieren salir adelante.



Ing. Víctor Herrera Lazaro
CIP 216087 Jefe de Laboratorio



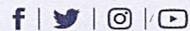
ucv.edu.pe

ANEXO II
ENSAYOS DE LABORATORIO

Somos la universidad de los
que quieren salir adelante.




Ing. Víctor Herrera Lázaro
CIP 216087 Jefe de Laboratorio

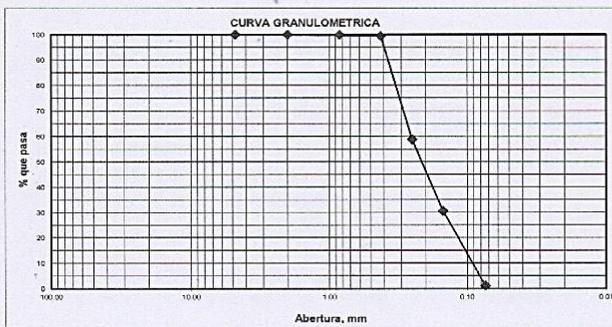


ucv.edu.pe 

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO			
ASTM D-6913			
PROYECTO:	ESTABILIZACIÓN DEL SUELO CON PET RECICLADO CON FINES DE PAVIMENTACIÓN EN EL ASENTAMIENTO HUMANO MIRAFLORES ALTO – CHIMBOTE – ANCASH – 2019	REGISTRO:	TS-GRA-01
SOLICITA:	SAUCEDO CALDAS YEREMMI ANDERSON- CASTILLO RAVELO EDWIN HECTOR	PÁGINA:	01 de 01
UBICACIÓN:	Departamento: Ancash; Provincia: Santa; Distrito: Chimbote	N. FREÁTICO:	1.10 m.
CALICATA:	C-01 (M-1)	MUESTRA:	0.00 a 1.25 m.
		PROGRESIVA:	Jr. Fray Martín
		FECHA:	04/04/2019

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM - 6913)

Peso Inicial Seco, [gr]		2111.10	
Peso Lavado y Seco, [gr]		2086.30	
Mallas	Abertura [mm]	Peso retenido [grs]	% pasa
3"	76.000		
2"	50.800		
1 1/2"	38.100		
1"	25.400		
3/4"	19.050		
1/2"	12.500		
3/8"	9.525		
N° 4	4.760	0.00	100.00
N° 10	2.000	0.00	100.00
N° 20	0.840	1.60	99.92
N° 40	0.420	9.90	99.46
N° 60	0.250	857.40	58.84
N° 100	0.150	598.30	30.50
N° 200	0.074	619.10	1.17
< N° 200		24.80	


LÍMITES DE CONSISTENCIA (ASTM - D4318)
LÍMITE LÍQUIDO

Procedimiento	Tara N°
1. No de Golpes	
2. Peso Tara, [gr]	
3. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	
4. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	NO PRESENTA
5. Peso Agua, [gr]	
6. Peso Suelo Seco, [gr]	
7. Contenido de Humedad, [%]	

CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM - D2216)

Procedimiento	Tara No
1. Peso Tara, [gr]	28.50
2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	158.50
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	156.00
4. Peso Agua, [gr]	2.50
5. Peso Suelo Seco, [gr]	129.50
6. Contenido de Humedad, [%]	1.93

LÍMITE PLÁSTICO

Procedimiento	Tara N°
1. Peso Tara, [gr]	
2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	NO PRESENTA
4. Peso Agua, [gr]	
5. Peso Suelo Seco, [gr]	
6. Contenido de Humedad, [%]	


RESUMEN

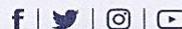
Grava (No.4 < Diam < 3")	0.00%
Arena (No.200 < Diam < No.4)	98.83%
Finos (Diam < No.200)	1.17%
Clasificación SUCS	SP
Clasificación AASHTO	A-2-4 (0)
Terreno Natural	Excelente a Bueno

L. Líquido = N.P.
I. Plasticidad = N.P.

Somos la universidad de los que quieren salir adelante.



Ing. Victor Herrera Lazaro
CIP 216087 Jefe de Laboratorio



ucv.edu.pe



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

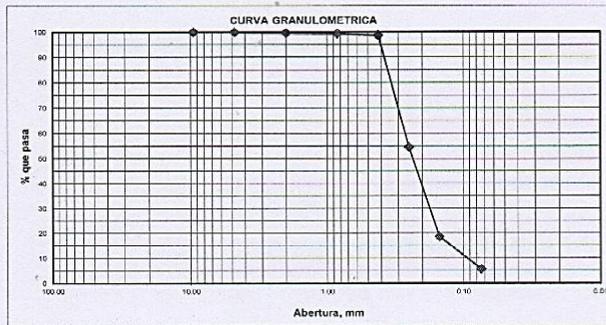
ASTM D-6913

PROYECTO:	ESTABILIZACIÓN DEL SUELO CON PET RECICLADO CON FINES DE PAVIMENTACIÓN EN EL ASENTAMIENTO HUMANO MIRAFLORES ALTO - CHIMBOTE - ANCASH - 2019	REGISTRO:	TS-GRA-02
SOLICITA:	SAUCEDO CALDAS YEREMMI ANDERSON - CASTILLO RAVELO EDWIN HECTOR	PÁGINA:	01 de 01
UBICACIÓN:	Departamento: Ancash; Provincia: Santa; Distrito: Chimbote	N. FREÁTICO:	1.10 m.
CALICATA:	C-02 (M-1)	MUESTRA:	0.10 a 1.30 m.
		PROGRESIVA:	Jr. Fray Martín
		FECHA:	04/04/2019

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM - 6913)

Peso Inicial Seco, [gr]	1800.00
Peso Lavado y Seco, [gr]	1697.70

Mallas	Abertura [mm]	Peso retenido [grs]	% pasa
3"	76.000		
2"	50.800		
1 1/2"	38.100		
1"	25.400		
3/4"	19.050		
1/2"	12.500		
3/8"	9.525	0.00	100.00
N° 4	4.760	0.80	99.96
N° 10	2.000	4.80	99.69
N° 20	0.840	5.20	99.40
N° 40	0.420	12.10	98.73
N° 60	0.250	796.50	54.48
N° 100	0.150	647.80	18.49
N° 200	0.074	230.50	5.68
< N° 200		102.30	



LÍMITES DE CONSISTENCIA (ASTM - D4318)

LÍMITE LÍQUIDO

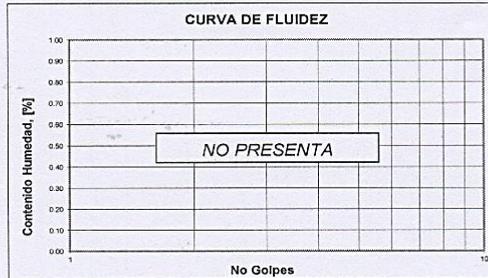
Procedimiento	Tara N°
1. No de Golpes	
2. Peso Tara, [gr]	
3. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	
4. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	NO PRESENTA
5. Peso Agua, [gr]	
6. Peso Suelo Seco, [gr]	
7. Contenido de Humedad, [%]	

CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM - D2216)

Procedimiento	Tara No
1. Peso Tara, [gr]	20.30
2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	142.90
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	136.40
4. Peso Agua, [gr]	6.50
5. Peso Suelo Seco, [gr]	116.10
6. Contenido de Humedad, [%]	5.60

LÍMITE PLÁSTICO

Procedimiento	Tara N°
1. Peso Tara, [gr]	
2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	NO PRESENTA
4. Peso Agua, [gr]	
5. Peso Suelo Seco, [gr]	
6. Contenido de Humedad, [%]	



RESUMEN

Grava (No.4 < Diam < 3")	0.04%
Arena (No.200 < Diam < No.4)	94.27%
Finos (Diam < No.200)	5.68%
Clasificación SUCS	Arena Mal Graduada con 1 línea
Clasificación AASHTO	A-2-4 (0)
Terreno Natural	Excelente a Bueno

L. Líquido = N.P.
I. Plasticidad = N.P.

Somos la universidad de los que quieren salir adelante.



Ing. Victor Herrera Lazaro
CIP 216987 Jefe de Laboratorio



ucv.edu.pe



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

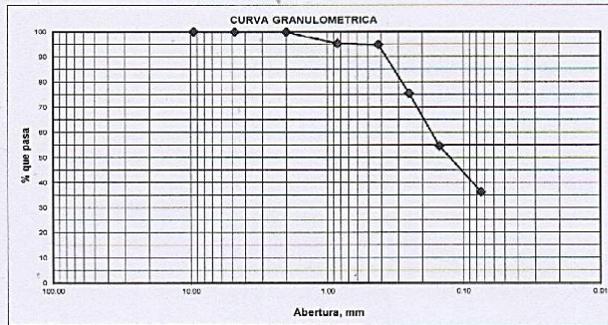
ASTM D-6913

PROYECTO:	ESTABILIZACIÓN DEL SUELO CON PET RECICLADO CON FINES DE PAVIMENTACIÓN EN EL ASENTAMIENTO HUMANO MIRAFLORES ALTO - CHIMBOTE - ANCASH - 2019	REGISTRO:	TS-GRA-03
SOLICITA:	SAUCEDO CALDAS YEREMMI ANDERSON - CASTILLO RAVELO EDWIN HECTOR	PÁGINA:	01 de 01
UBICACIÓN:	Departamento: Ancash; Provincia: Santa; Distrito: Chimbote	N. FREÁTICO:	N.P.
CALICATA:	C-03 (M-1)	MUESTRA:	0.00 a 1.30 m.
		PROGRESIVA:	Av. Camino Real
		FECHA:	04/04/2019

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM - 6913)

Peso Inicial Seco, [gr]	2031.50
Peso Lavado y Seco, [gr]	1298.00

Mallas	Abertura [mm]	Peso retenido [grs]	% pasa
3"	76.000		
2"	50.800		
1 1/2"	38.100		
1"	25.400		
3/4"	19.050		
1/2"	12.500		
3/8"	9.525	0.00	100.00
N° 4	4.760	1.40	99.93
N° 10	2.000	1.50	99.86
N° 20	0.840	93.10	95.27
N° 40	0.420	8.70	94.85
N° 60	0.250	394.00	75.45
N° 100	0.150	425.00	54.53
N° 200	0.074	372.30	36.20
< N° 200		735.50	



LÍMITES DE CONSISTENCIA (ASTM - D4318)

LÍMITE LÍQUIDO

Procedimiento	Tara N°
1. No de Golpes	
2. Peso Tara, [gr]	
3. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	
4. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	NO PRESENTA
5. Peso Agua, [gr]	
6. Peso Suelo Seco, [gr]	
7. Contenido de Humedad, [%]	

CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM - D2216)

Procedimiento	Tara No
1. Peso Tara, [gr]	9
2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	18.60
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	192.50
4. Peso Agua, [gr]	8.90
5. Peso Suelo Seco, [gr]	173.90
6. Contenido de Humedad, [%]	5.12

LÍMITE PLÁSTICO

Procedimiento	Tara N°
1. Peso Tara, [gr]	
2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	NO PRESENTA
4. Peso Agua, [gr]	
5. Peso Suelo Seco, [gr]	
6. Contenido de Humedad, [%]	



RESUMEN

Grava (No.4 < Diam < 3")	0.07%
Arena (No.200 < Diam < No.4)	63.73%
Finos (Diam < No.200)	36.20%
Clasificación SUCS	SM
Clasificación AASHTO	A-4 (0)
Terreno Natural	Regular a Malo

L. Líquido = N.P.
I. Plasticidad = N.P.

Somos la universidad de los que quieren salir adelante.



Ing. Victor Herrera Lazaro
CIP 216167 Jefe de Laboratorio



ucv.edu.pe



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

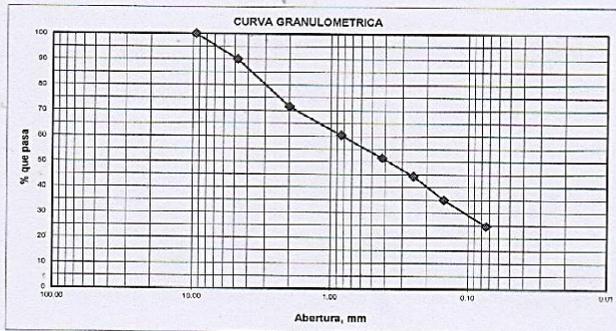
ASTM D-6913

PROYECTO:	ESTABILIZACIÓN DEL SUELO CON PET RECICLADO CON FINES DE PAVIMENTACIÓN EN EL ASENTAMIENTO HUMANO MIRAFLORES ALTO – CHIMBOTE – ANCASH – 2019	REGISTRO:	TS-GRA-04
SOLICITA:	SAUCEDO CALDAS YEREMMI ANDERSON – CASTILLO RAVELO EDWIN HECTOR	PÁGINA:	01 de 01
UBICACIÓN:	Departamento: Ancash; Provincia: Santa; Distrito: Chimbote	N. FREÁTICO:	N.P.
CALICATA:	C-04 (M-1)	MUESTRA:	0.15 a 1.30 m.
		PROGRESIVA:	Jr. 9 de Octubre
		FECHA:	04/04/2019

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM - 6913)

Peso Inicial Seco, [gr]	2023.10
Peso Lavado y Seco, [gr]	1522.10

Mallas	Apertura [mm]	Peso retenido [grs]	% pasa
3"	76.000		
2"	50.800		
1 1/2"	38.100		
1"	25.400		
3/4"	19.050		
1/2"	12.500		
3/8"	9.525	0.00	100.00
N° 4	4.760	200.50	90.09
N° 10	2.000	373.80	71.61
N° 20	0.840	225.60	60.46
N° 40	0.420	180.90	51.52
N° 60	0.250	142.70	44.47
N° 100	0.150	189.70	35.09
N° 200	0.074	208.90	24.76
< N° 200		501.00	



LÍMITES DE CONSISTENCIA (ASTM - D4318)

LÍMITE LÍQUIDO

Procedimiento	Tara N°
1. No de Golpes	
2. Peso Tara, [gr]	
3. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	
4. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	NO PRESENTA
5. Peso Agua, [gr]	
6. Peso Suelo Seco, [gr]	
7. Contenido de Humedad, [%]	

CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM - D2216)

Procedimiento	Tara No
1. Peso Tara, [gr]	5
2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	20.80
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	141.30
4. Peso Agua, [gr]	5.00
5. Peso Suelo Seco, [gr]	120.50
6. Contenido de Humedad, [%]	4.16

LÍMITE PLÁSTICO

Procedimiento	Tara N°
1. Peso Tara, [gr]	
2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	NO PRESENTA
4. Peso Agua, [gr]	
5. Peso Suelo Seco, [gr]	
6. Contenido de Humedad, [%]	



RESUMEN

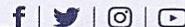
Grava (No.4 < Diam < 3")	9.91%
Arena (No.200 < Diam < No.4)	65.33%
Finos (Diam < No.200)	24.76%
Clasificación SUCS	SM
Clasificación AASHTO	A-2-4 (0)
Terreno Natural	Excelente a Bueno



L. Líquido = N.P.
I. Plasticidad = N.P.



Ing. Victor Herrera Lazaro
CIP 216097 Jefe de Laboratorio



ucv.edu.pe

Somos la universidad de los que quieren salir adelante.



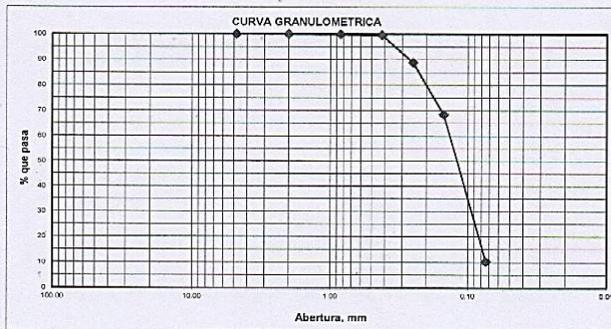
ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

ASTM D-6913

PROYECTO:	ESTABILIZACIÓN DEL SUELO CON PET RECICLADO CON FINES DE PAVIMENTACIÓN EN EL ASENTAMIENTO HUMANO MIRAFLORES ALTO – CHIMBOTE – ANCASH – 2019	REGISTRO:	TS-GRA-05
SOLICITA:	SAUCEDO CALDAS YEREMMI ANDERSON – CASTILLO RAVELO EDWIN HECTOR	PÁGINA:	01 de 01
UBICACIÓN:	Departamento: Ancash; Provincia: Santa; Distrito: Chimbote	N. FREÁTICO:	N.P.
CALICATA:	C-05 (M-1)	MUESTRA:	0.00 a 1.30 m.
		PROGRESIVA:	Jr. 9 de Octubre
		FECHA:	04/04/2019

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM - 6913)

Peso Inicial Seco, [gr]	1840.20		
Peso Lavado y Seco, [gr]	1652.20		
Mallas	Abertura [mm]	Peso retenido [grs]	% pasa
3"	76.000		
2"	50.800		
1 1/2"	38.100		
1"	25.400		
3/4"	19.050		
1/2"	12.500		
3/8"	9.525		
N° 4	4.760	0.00	100.00
N° 10	2.000	0.30	99.98
N° 20	0.840	0.70	99.95
N° 40	0.420	5.60	99.64
N° 60	0.250	198.40	88.86
N° 100	0.150	374.70	68.50
N° 200	0.074	1072.50	10.22
< N° 200		188.00	



LÍMITES DE CONSISTENCIA (ASTM - D4318)

LÍMITE LÍQUIDO

Procedimiento	Tara N°
1. No de Golpes	
2. Peso Tara, [gr]	
3. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	
4. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	NO PRESENTA
5. Peso Agua, [gr]	
6. Peso Suelo Seco, [gr]	
7. Contenido de Humedad, [%]	

CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM - D2216)

Procedimiento	Tara No
1. Peso Tara, [gr]	15
2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	20.60
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	178.90
4. Peso Agua, [gr]	158.90
5. Peso Suelo Seco, [gr]	20.00
6. Contenido de Humedad, [%]	138.30
	14.46

LÍMITE PLÁSTICO

Procedimiento	Tara N°
1. Peso Tara, [gr]	
2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	NO PRESENTA
4. Peso Agua, [gr]	
5. Peso Suelo Seco, [gr]	
6. Contenido de Humedad, [%]	



RESUMEN

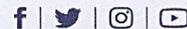
Grava (No.4 < Diam < 3")	0.00%
Arena (No.200 < Diam < No.4)	89.78%
Finos (Diam < No.200)	10.22%
Clasificación SUCS	Arena Mal Graduada con Limo
Clasificación AASHTO	A-2-4 (0)
Terreno Natural	Excelente a Bueno

L. Líquido = N.P.
I. Plásticidad = N.P.

Somos la universidad de los que quieren salir adelante.



Ing. Victor Herrera Lazaro
CIP 214687 Jefe de Laboratorio



uvc.edu.pe



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

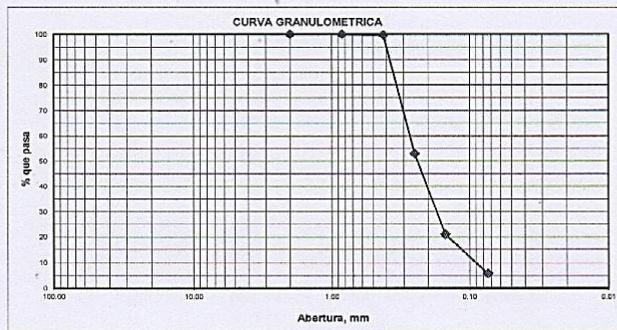
ASTM D-6913

PROYECTO:	ESTABILIZACIÓN DEL SUELO CON PET RECICLADO CON FINES DE PAVIMENTACIÓN EN EL ASENTAMIENTO HUMANO MIRAFLORES ALTO – CHIMBOTE – ANCASH – 2019	REGISTRO:	TS-GRA-06
SOLICITA:	SAUCEDO CALDAS YEREMMI ANDERSON – CASTILLO RAVEL EDWIN HECTOR	PÁGINA:	01 de 01
UBICACIÓN:	Departamento: Ancash; Provincia: Santa; Distrito: Chimbote	N. FREÁTICO:	N.P.
CALICATA:	C-06 (M-1) MUESTRA: 0.00 a 1.30 m.	PROGRESIVA:	Pje Los Olivos FECHA: 04/04/2019

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM - 6913)

Peso Inicial Seco, [gr]	1925.20
Peso Lavado y Seco, [gr]	1814.30

Mallas	Abertura [mm]	Peso retenido [grs]	% pasa
3"	76.000		
2"	50.800		
1 1/2"	38.100		
1"	25.400		
3/4"	19.050		
1/2"	12.500		
3/8"	9.525		
N° 4	4.760		
N° 10	2.000	0.00	100.00
N° 20	0.840	0.10	99.99
N° 40	0.420	4.10	99.78
N° 60	0.250	899.40	53.06
N° 100	0.150	615.40	21.10
N° 200	0.074	295.30	5.76
< N° 200		110.90	



LÍMITES DE CONSISTENCIA (ASTM - D4318)

LÍMITE LÍQUIDO

Procedimiento	Tara N°	
1. No de Golpes		
2. Peso Tara, [gr]		
3. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]		
4. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	NO PRESENTA	
5. Peso Agua, [gr]		
6. Peso Suelo Seco, [gr]		
7. Contenido de Humedad, [%]		

CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM - D2216)

Procedimiento	Tara No
1. Peso Tara, [gr]	3
2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	19.70
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	136.60
4. Peso Agua, [gr]	128.70
5. Peso Suelo Seco, [gr]	9.90
6. Contenido de Humedad, [%]	107.00
	9.25

LÍMITE PLÁSTICO

Procedimiento	Tara N°	
1. Peso Tara, [gr]		
2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]		
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]		
4. Peso Agua, [gr]	NO PRESENTA	
5. Peso Suelo Seco, [gr]		
6. Contenido de Humedad, [%]		



RESUMEN

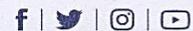
Grava (No.4 < Diam < 3")	100.00%
Arena (No.200 < Diam < No.4)	-5.76%
Finos (Diam < No.200)	5.76%
Clasificación SUCS	Arena Mal Graduada con Limo
Clasificación AASHTO	A-2-4 (0)
Terreno Natural	Excelente a Bueno

L. Líquido = N.P.
I. Plásticos = N.P.

Somos la universidad de los que quieren salir adelante.



Ing. Victor Herrera Lazaro
CIP 216087 Jefe de Laboratorio



ucv.edu.pe



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

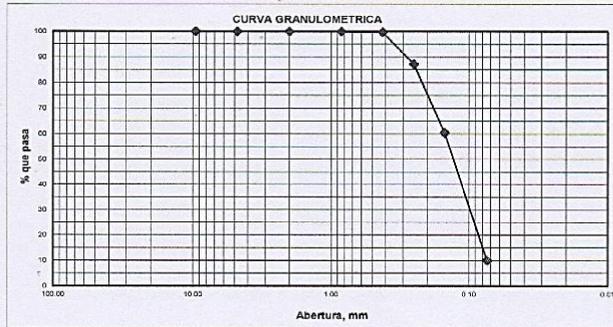
ASTM D-6913

PROYECTO:	ESTABILIZACIÓN DEL SUELO CON PET RECICLADO CON FINES DE PAVIMENTACIÓN EN EL ASENTAMIENTO HUMANO MIRAFLORES ALTO – CHIMBOTE – ANCASH – 2019	REGISTRO:	TS-GRA-07
SOLICITA:	SAUCEDO CALDAS YEREMMI ANDERSON- CASTILLO RAVELO EDWIN HECTOR	PÁGINA:	01 de 01
UBICACIÓN:	Departamento: Ancash; Provincia: Santa; Distrito: Chimbote	N. FREÁTICO:	1.10 m.
CALICATA:	C-07 (M-1)	MUESTRA:	0.20 a 1.30 m.
		PROGRESIVA:	Pje Los Olivos
		FECHA:	04/04/2019

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM - 6913)

Peso Inicial Seco, [gr]	1740.30
Peso Lavado y Seco, [gr]	1566.70

Mailas	Abertura (mm)	Peso retenido [grs]	% pasa
3"	76.000		
2"	50.800		
1 1/2"	38.100		
1"	25.400		
3/4"	19.050		
1/2"	12.500		
3/8"	9.525	0.00	100.00
N° 4	4.760	0.80	99.95
N° 10	2.000	0.30	99.94
N° 20	0.840	0.40	99.91
N° 40	0.420	3.50	99.71
N° 60	0.250	217.80	87.20
N° 100	0.150	465.50	60.45
N° 200	0.074	878.40	9.98
< N° 200		173.60	



LÍMITES DE CONSISTENCIA (ASTM - D4318)

LÍMITE LÍQUIDO

Procedimiento	Tara N°
1. No de Golpes	
2. Peso Tara, [gr]	
3. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	
4. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	NO PRESENTA
5. Peso Agua, [gr]	
6. Peso Suelo Seco, [gr]	
7. Contenido de Humedad, [%]	

CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM - D2216)

Procedimiento	Tara No
1. Peso Tara, [gr]	9
2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	21.40
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	186.30
4. Peso Agua, [gr]	159.90
5. Peso Suelo Seco, [gr]	26.40
6. Contenido de Humedad, [%]	138.50
	19.06

LÍMITE PLÁSTICO

Procedimiento	Tara N°
1. Peso Tara, [gr]	
2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	NO PRESENTA
4. Peso Agua, [gr]	
5. Peso Suelo Seco, [gr]	
6. Contenido de Humedad, [%]	



RESUMEN

Grava (No.4 < Diam < 3")	0.05%
Arena (No.200 < Diam < No.4)	89.98%
Finos (Diam < No.200)	9.98%
Clasificación SUCS	Arena Mal Graduada con Limo
Clasificación AASHTO	A-2-4 (0)
Terreno Natural	Excelente a Bueno

L. Líquido = N.P.
I. Plasticidad = N.P.

Somos la universidad de los que quieren salir adelante.



Ing. Víctor Herrera Lázaro
CIP 216467 Jefe de Laboratorio



ucv.edu.pe



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

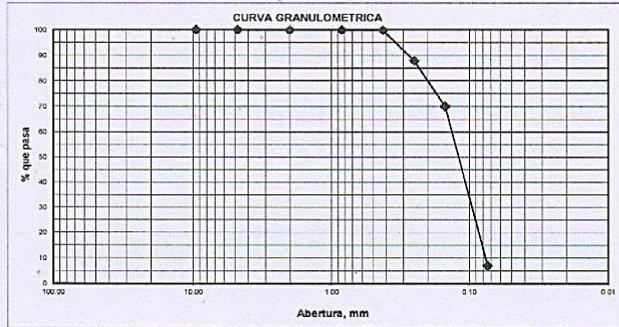
ASTM D-6913

Table with project details: PROYECTO, UBICACIÓN, CALICATA, MUESTRA, PROGRESIVA, REGISTRO, PÁGINA, N. FREÁTICO, FECHA.

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM - 6913)

Table with initial and washed dry weights: Peso Inicial Seco, [gr] 1628.40; Peso Lavado y Seco, [gr] 1514.30

Table with sieve analysis results: Mallas, Abertura [mm], Peso retenido [grs], % pasa.



LÍMITES DE CONSISTENCIA (ASTM - D4318)

LÍMITE LÍQUIDO

Table for Liquid Limit test procedure with 'NO PRESENTA' result.

CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM - D2216)

Table for Moisture Content test results.

LÍMITE PLÁSTICO

Table for Plastic Limit test procedure with 'NO PRESENTA' result.



RESUMEN

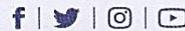
Summary table for soil classification: Grava, Arena, Finos, SUCS, AASHTO, Terreno Natural.

L. Líquido = N.P.
I. Plasticidad = N.P.

Somos la universidad de los que quieren salir adelante.



Ing. Victor Herrera Lazaro
CIP 216987 Jefe de Laboratorio



ucv.edu.pe



ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO

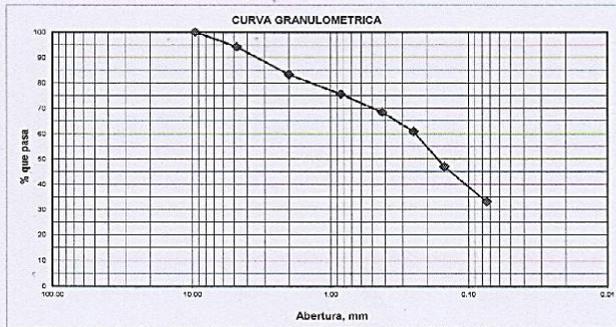
ASTM D-6913

PROYECTO:	ESTABILIZACIÓN DEL SUELO CON PET RECICLADO CON FINES DE PAVIMENTACIÓN EN EL ASENTAMIENTO HUMANO MIRAFLORES ALTO – CHIMBOTE – ANCASH – 2019	REGISTRO:	TS-GRA-09
SOLICITA:	SAUCEDO CALDAS YEREMMI ANDERSON- CASTILLO RAVELO EDWIN HECTOR	PÁGINA:	01 de 01
UBICACIÓN:	Departamento: Ancash; Provincia: Santa; Distrito: Chimbote	N. FREÁTICO:	1.10 m.
CALICATA:	C-09 (M-1)	MUESTRA:	0.00 a 1.20 m.
		PROGRESIVA:	Jr. 9 de Octubre
		FECHA:	04/04/2019

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR TAMIZADO (ASTM - 6913)

Peso Inicial Seco, [gr]	1665.70
Peso Lavado y Seco, [gr]	1114.70

Mallas	Abertura [mm]	Peso retenido [grs]	% pasa
3"	76.000		
2"	50.800		
1 1/2"	38.100		
1"	25.400		
3/4"	19.050		
1/2"	12.500		
3/8"	9.525	0.00	100.00
N° 4	4.760	96.80	94.19
N° 10	2.000	181.40	83.30
N° 20	0.840	127.80	75.63
N° 40	0.420	119.20	68.47
N° 60	0.250	125.60	60.93
N° 100	0.150	232.20	46.99
N° 200	0.074	231.70	33.08
< N° 200		551.00	



LÍMITES DE CONSISTENCIA (ASTM - D4318)

LÍMITE LÍQUIDO

Procedimiento	Tara N°
1. No de Golpes	
2. Peso Tara, [gr]	
3. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	
4. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	NO PRESENTA
5. Peso Agua, [gr]	
6. Peso Suelo Seco, [gr]	
7. Contenido de Humedad, [%]	

CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM - D2216)

Procedimiento	Tara No
1. Peso Tara, [gr]	4
2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	115.90
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	99.60
4. Peso Agua, [gr]	16.30
5. Peso Suelo Seco, [gr]	83.80
6. Contenido de Humedad, [%]	19.45

LÍMITE PLÁSTICO

Procedimiento	Tara N°
1. Peso Tara, [gr]	
2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	NO PRESENTA
4. Peso Agua, [gr]	
5. Peso Suelo Seco, [gr]	
6. Contenido de Humedad, [%]	



RESUMEN

Grava (No.4 < Diam < 3")	5.81%
Arena (No.200 < Diam < No.4)	61.11%
Finos (Diam < No.200)	33.08%
Clasificación SUCS	SM
Clasificación AASHTO	Arenas Limosas A-2-4 (0)
Terreno Natural	Excelente a Bueno

L. Líquido = N.P.
I. Plasticidad = N.P.

Somos la universidad de los que quieren salir adelante.



Ing. Victor Herrería Lazaro
Jefe de Laboratorio



ucv.edu.pe



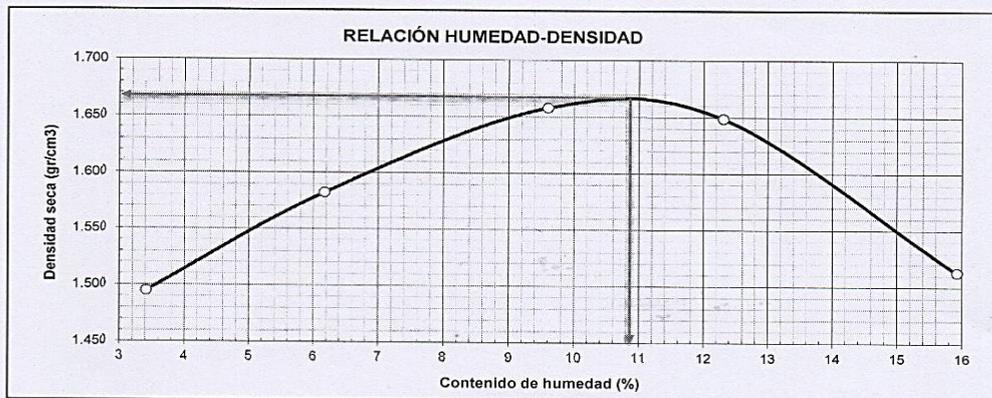
UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO

ASTM D-1557

PROYECTO:	ESTABILIZACIÓN DEL SUELO CON PET RECICLADO CON FINES DE PAVIMENTACIÓN	REGISTRO:	TS-CBR-01
	ASENTAMIENTO HUMANO MIRAFLORES ALTO – CHIMBOTE – ANCASH – 2019	PÁGINA:	01 de 03
SOLICITA:	SAUCEDO CALDAS YEREMMI – CASTILLO RAVELO EDWIN		
UBICACIÓN:	Departamento: Ancash; Provincia: Santa; Distrito: Chimbote		
MATERIAL:	Sub-Rasante	CLASF. (SUCS):	SP-SM
CALICATA:	C-05	CLASF. (AASHTO):	A-2-4 (0)
		FECHA:	08/04/2019

Peso suelo + molde	gr	5110.91	5239.70	5371.70	5405.30	5311.10
Peso molde	gr	3623.20	3623.20	3623.20	3623.20	3623.20
Peso suelo húmedo compactado	gr	1487.71	1616.50	1748.50	1782.10	1687.90
Volumen del molde	cm ³	962.32	962.32	962.32	962.32	962.32
Peso volumétrico húmedo	gr/cm ³	1.55	1.68	1.82	1.85	1.75
Recipiente N°		14	5	3	9	11
Peso del suelo húmedo+tara	gr	52.40	522.40	68.50	116.60	79.20
Peso del suelo seco + tara	gr	51.40	508.90	64.40	106.20	71.30
Tara	gr	22.10	290.20	21.70	21.70	21.70
Peso de agua	gr	1.00	13.50	4.10	10.40	7.90
Peso del suelo seco	gr	29.30	218.70	42.70	84.50	49.60
Contenido de agua	%	3.41	6.17	9.60	12.31	15.93
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	1.495	1.582	1.658	1.649	1.513
Densidad máxima (gr/cm ³)						1.668
Humedad óptima (%)						10.80



Somos la universidad de los que quieren salir adelante.



Ing. Victor Herrera Lazaro
 Ing. Victor Herrera Lazaro
 C.P. 716087 Jefe de Laboratorio



ucv.edu.pe

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

ASTM D-1883

PROYECTO: ESTABILIZACIÓN DEL SUELO CON PET RECICLADO CON FINES DE PAVIMENTACIÓN	REGISTRO: TS-CBR-01
ASENTAMIENTO HUMANO MIRAFLORES ALTO – CHIMBOTE – ANCASH – 2019	PÁGINA: 02 de 03
SOLICITA: SAUCEDO CALDAS YEREMMI – CASTILLO RAVELO EDWIN	
UBICACIÓN: Departamento: Ancash; Provincia: Santa; Distrito: Chimbote	
MATERIAL: Terreno Natural	CLASF. (SUCS): SP-SM
CALICATA: C-05	DE: 0.00 a 1.30m. CLASF. (AASHTO): A-2-4 (0) FECHA: 08/04/2019

COMPACTACIÓN

	1		2		3	
	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Molde N°	1		2		3	
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	55		26		12	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	13705.00	13783.00	13512.00	13632.00	13227.00	13405.00
Peso de molde (g)	8906.00	8906.00	8906.00	8906.00	8906.00	8906.00
Peso del suelo húmedo (g)	4799.00	4877.00	4606.00	4726.00	4321.00	4499.00
Volumen del molde (cm ³)	2494.01	2494.01	2494.01	2494.01	2494.01	2494.01
Densidad húmeda (g/cm ³)	1.924	1.955	1.847	1.895	1.733	1.804
Tara (N°)	25		1		14	
Peso suelo húmedo + tara (g)	137.10	4877.00	178.30	4726.00	137.10	4499.00
Peso suelo seco + tara (g)	125.92	4331.23	163.05	4156.60	125.93	3900.20
Peso de tara (g)	22.40	0.00	22.00	0.00	22.40	0.00
Peso de agua (g)	11.18	545.77	15.25	569.40	11.17	598.80
Peso de suelo seco (g)	103.52	4331.23	141.05	4156.60	103.53	3900.20
Contenido de humedad (%)	10.80	12.60	10.81	13.70	10.79	15.35
Densidad seca (g/cm ³)	1.737	1.737	1.667	1.667	1.564	1.564

EXPANSIÓN

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN	
				mm	%		mm	%		mm	%
08/04/2019	14:45	00 Hrs	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00
09/04/2019	14:45	24 Hrs	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00
10/04/2019	14:45	24 Hrs	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00
11/04/2019	14:45	24 Hrs	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00

PENETRACIÓN

PENETRACIÓN Pulgadas	CARGA STAND. Lb/pulg ²	MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
		CARGA	CORRECCIÓN		CARGA	CORRECCIÓN		CARGA	CORRECCIÓN	
			lb	lb		%	lb		lb	%
0.000		0			0			0		
0.025		168			149			143		
0.050		232			183			169		
0.075		373			263			217		
0.100	1000	454	515	17.1	343	375	12.4	251	253	8.4
0.125		616			462			306		
0.150		757			599			384		
0.175		868			687			448		
0.200	1500	1019	946	20.9	794	779	17.2	520	539	11.9
0.250		1130			957			687		
0.300		1244			1134			843		
0.400		1476			1317			1052		
0.500		1614			1263			1060		

Somos la universidad de los que quieren salir adelante.

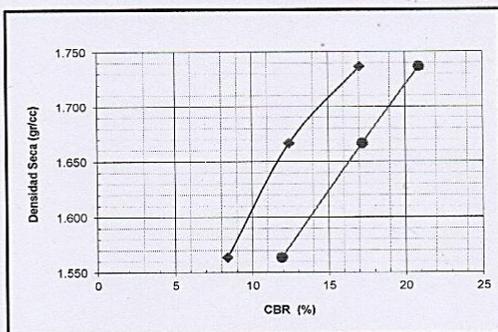

Ing. Víctor Herrera Lazaro
 CIP 216087 Jefe de Laboratorio

ucv.edu.pe

RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)

ASTM D-1883

PROYECTO:	ESTABILIZACIÓN DEL SUELO CON PET RECICLADO CON FINES DE PAVIMENTACIÓN	REGISTRO:	TS-CBR-01
	ASENTAMIENTO HUMANO MIRAFLORES ALTO – CHIMBOTE – ANCASH – 2019	PÁGINA:	03 de 03
SOLICITA:	SAUCEDO CALDAS YEREMMI – CASTILLO RAVELO EDWIN		
UBICACIÓN:	Departamento: Ancash; Provincia: Santa; Distrito: Chimbote		
MATERIAL:	Terreno Natural	CLASF. (SUCS):	SP-SM
CALICATA:	C-05	CLASF. (AASHTO):	A-2-4 (0)
		FECHA:	08/04/2019

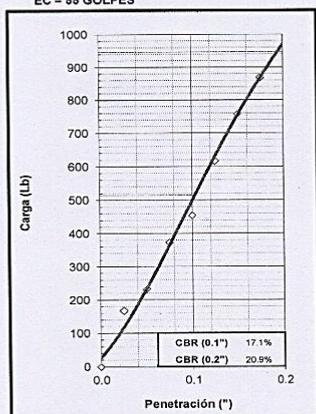


MÉTODO DE COMPACTACIÓN : ASTM D1557
MÁXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³) : 1.668
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 10.80

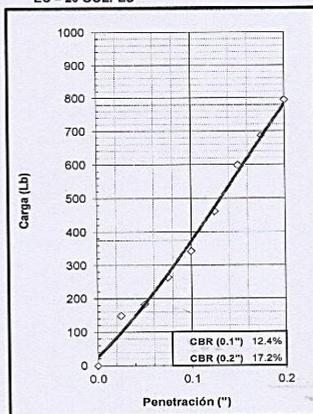
C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1":	12.50	0.2":	17.27
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1":	8.94	0.2":	12.98

OBSERVACIONES:

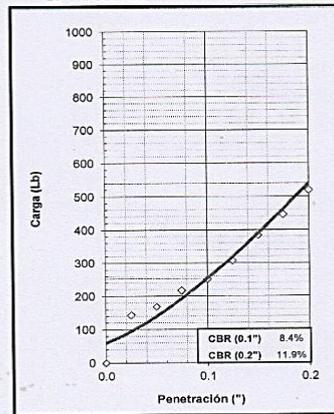
EC = 55 GOLPES



EC = 26 GOLPES



EC = 12 GOLPES



Somos la universidad de los que quieren salir adelante.



Ing. Víctor Herrera Lázaro
 CIP 216087 Jefe de Laboratorio



ucv.edu.pe

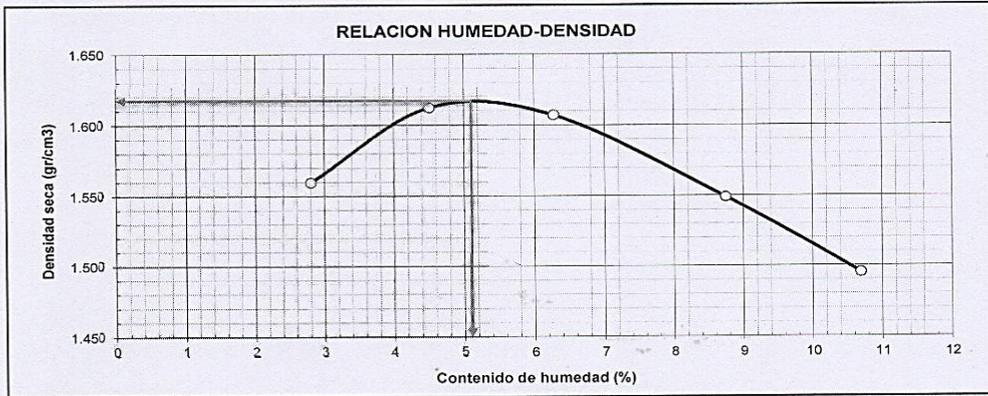


ENSAYO DE COMPACTACION PROCTOR MODIFICADO

TESIS: ESTABILIZACIÓN DEL SUELO CON PET RECICLADO CON FINES DE PAVIMENTACIÓN
 ASENTAMIENTO HUMANO MIRAFLORES ALTO – CHIMBOTE – ANCASH – 2019
SOLICITA: SAUCEDO CALDAS YEREMMI ANDERSON - CASTILLO RAVELO EDWIN HECTOR
UBICACIÓN: Departamento: Ancash; Provincia: Santa; Distrito: Chimbote
MUESTRA: Adición 3% PETS

REGISTRO: TS-CBR-02
PAGINA: 01 de 03
FECHA: 09/04/2019

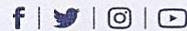
Peso suelo + molde	gr	5138.00	5215.00	5237.00	5215.00	5187.00
Peso molde	gr	3618.00	3618.00	3618.00	3618.00	3618.00
Peso suelo húmedo compactado	gr	1520.00	1597.00	1619.00	1597.00	1569.00
Volumen del molde	cm ³	947.87	947.87	947.87	947.87	947.87
Peso volumétrico húmedo	gr/cm ³	1.60	1.68	1.71	1.68	1.66
Recipiente N°		3	11	9	10	1
Peso del suelo húmedo+tara	gr	38.10	36.80	36.80	31.60	29.30
Peso del suelo seco + tara	gr	37.50	35.70	35.30	30.00	27.60
Tara	gr	16.10	11.30	11.40	11.70	11.70
Peso de agua	gr	0.60	1.10	1.50	1.60	1.70
Peso del suelo seco	gr	21.40	24.40	23.90	18.30	15.90
Contenido de agua	%	2.80	4.51	6.28	8.74	10.69
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	1.560	1.612	1.607	1.549	1.495
Densidad máxima (gr/cm ³)						1.618
Humedad óptima (%)						5.20



Somos la universidad de los que quieren salir adelante.



Iny. Victor Herrera Lazaro
CIP 21467 Jefe de Laboratorio



ucv.edu.pe



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

ASTM D-1883

TESIS:	ESTABILIZACIÓN DEL SUELO CON PET RECICLADO CON FINES DE PAVIMENTACIÓN	REGISTRO:	TS-CBR-02
	ASENTAMIENTO HUMANO MIRAFLORES ALTO - CHIMBOTE - ANCASH - 2019	PAGINA:	02 de 03
SOLICITA:	SAUCEDO CALDAS YEREMMI ANDERSON - CASTILLO RAVELO EDWIN HECTOR		
UBICACIÓN:	Departamento: Ancash; Provincia: Santa; Distrito: Chimbote		
MUESTRA:	Adición 3% PETS	FECHA:	09/04/2019

COMPACTACION

Molde N°	1		2		3	
	5		5		5	
Capas N°	55		26		12	
Golpes por capa N°	55		26		12	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	11657.00	11976.00	11558.00	11902.00	11361.00	11726.00
Peso de molde (g)	7571.00	7571.00	7668.00	7668.00	7984.00	7984.00
Peso del suelo húmedo (g)	4086.00	4405.00	3890.00	4234.00	3377.00	3742.00
Volumen del molde (cm ³)	2286.11	2286.11	2286.11	2286.11	2286.11	2286.11
Densidad húmeda (g/cm ³)	1.787	1.927	1.702	1.852	1.477	1.637
Tara (N°)	5		8		11	
Peso suelo húmedo + tara (g)	168.40	4405.00	214.50	4234.00	196.30	3742.00
Peso suelo seco + tara (g)	160.90	3884.39	204.90	3697.70	187.60	3210.64
Peso de tara (g)	16.40	0.00	20.30	0.00	19.70	0.00
Peso de agua (g)	7.50	520.61	9.60	536.30	8.70	531.36
Peso de suelo seco (g)	144.50	3884.39	184.60	3697.70	167.90	3210.64
Contenido de humedad (%)	5.19	13.40	5.20	14.50	5.18	16.55
Densidad seca (g/cm ³)	1.699	1.699	1.617	1.617	1.404	1.404

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
09/04/2019	18:15	00 Hrs	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00
10/04/2019	18:15	24 Hrs	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00
11/04/2019	18:15	24 Hrs	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00
12/04/2019	18:15	24 Hrs	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00

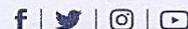
PENETRACION

PENETRACION Pulgadas	CARGA STAND. Lb/pulg ²	MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
		CARGA		CORRECCION	CARGA		CORRECCION	CARGA		CORRECCION
		lb	lb	%	lb	lb	%	lb	lb	%
0.000		0			0			0		
0.025		107			69			30		
0.050		224			157			91		
0.075		375			272			169		
0.100	1000	502	615	20.4	429	515	17.1	351	412	13.7
0.125		777			686			550		
0.150		1146			1009			811		
0.175		1358			1143			1043		
0.200	1500	1830	1649	36.4	1557	1430	31.6	1284	1214	26.8
0.250		2161			1943			1724		
0.300		2915			2524			2132		
0.400		3797			3334			2871		
0.500		4712			4132			3552		

Somos la universidad de los que quieren salir adelante.



Ing. Victor Herrera Lazaro
CIP 216667 Jefe de Laboratorio



ucv.edu.pe

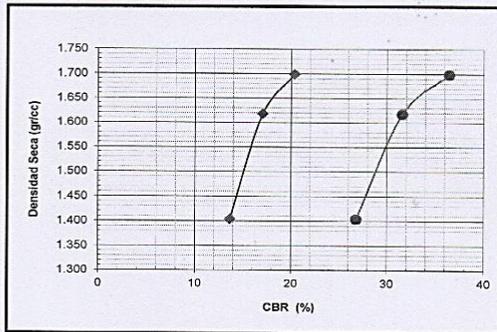


UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

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

ASTM D-1883

TESIS:	ESTABILIZACIÓN DEL SUELO CON PET RECICLADO CON FINES DE PAVIMENTACIÓN ASENTAMIENTO HUMANO MIRAFLORES ALTO - CHIMBOTE - ANCASH - 2019	REGISTRO:	TS-CBR-02
SOLICITA:	SAUCEDO CALDAS YEREMMI ANDERSON - CASTILLO RAVELO EDWIN HECTOR	PAGINA:	03 de 03
UBICACIÓN:	Departamento: Ancash; Provincia: Santa; Distrito: Chimbote	FECHA:	09/04/2019
MUESTRA:	Adición 3% PETS		

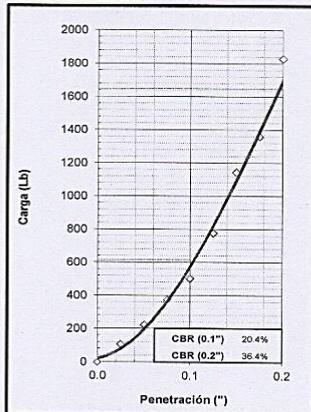


METODO DE COMPACTACION : ASTM D1557
 MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) : 1.618
 OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 5.20

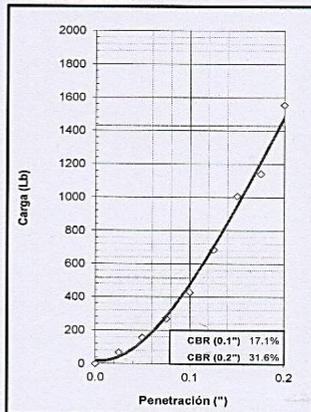
C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1":	17.08	0.2":	31.63
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1":	14.88	0.2":	28.46

OBSERVACIONES:

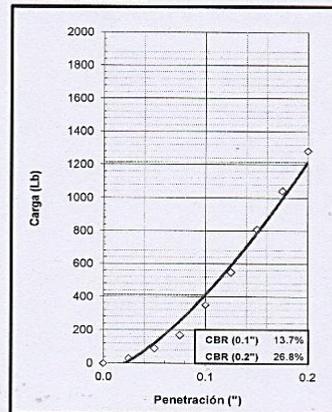
EC = 55 GOLPES



EC = 26 GOLPES



EC = 12 GOLPES



Somos la universidad de los que quieren salir adelante.



Ing. Víctor Herrera Lazaro
CIP 218687 Jefe de Laboratorio



ucv.edu.pe

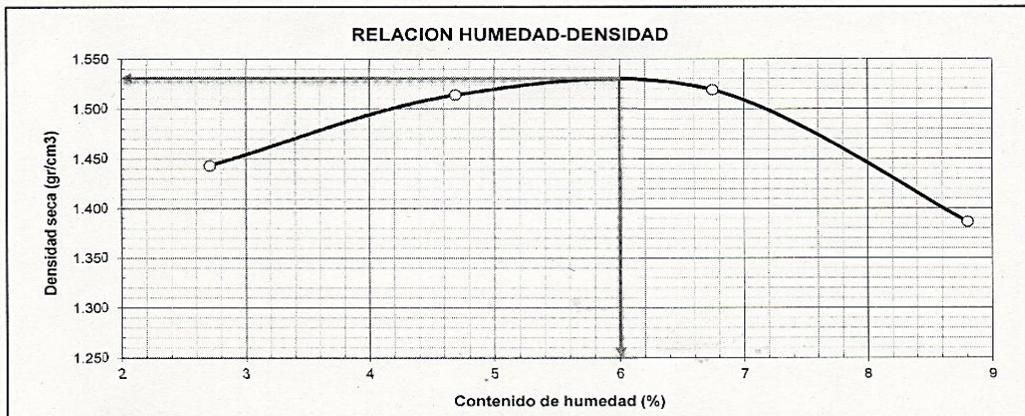


UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

ENSAYO DE COMPACTACION PROCTOR MODIFICADO

TESIS:	ESTABILIZACIÓN DEL SUELO CON PET RECICLADO CON FINES DE PAVIMENTACIÓN ASENTAMIENTO HUMANO MIRAFLORES ALTO – CHIMBOTE – ANCASH – 2019	REGISTRO:	TS-CBR-03
SOLICITA:	SAUCEDO CALDAS YEREMMI ANDERSON - CASTILLO RAVELO EDWIN HECTOR	PAGINA:	01 de 03
UBICACIÓN:	Departamento: Ancash; Provincia: Santa; Distrito: Chimbote	FECHA:	13/04/2019
MUESTRA:	Adición 6% PETS		

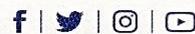
Peso suelo + molde	gr	5007.00	5104.00	5139.00	5032.00	
Peso molde	gr	3602.00	3602.00	3602.00	3602.00	
Peso suelo húmedo compactado	gr	1405.00	1502.00	1537.00	1430.00	
Volumen del molde	cm ³	947.87	947.87	947.87	947.87	
Peso volumétrico húmedo	gr/cm ³	1.48	1.58	1.62	1.51	
Recipiente N°		1	3	9	11	
Peso del suelo húmedo+tara	gr	159.60	214.80	188.80	202.30	
Peso del suelo seco + tara	gr	155.70	205.70	178.20	187.50	
Tara	gr	11.70	11.70	21.10	19.40	
Peso de agua	gr	3.90	9.10	10.60	14.80	
Peso del suelo seco	gr	144.00	194.00	157.10	168.10	
Contenido de agua	%	2.71	4.69	6.75	8.80	
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	1.443	1.514	1.519	1.387	
					Densidad máxima (gr/cm ³)	1.530
					Humedad óptima (%)	6.00



Ing. Víctor Herrera Lázaro
 Jefe de Laboratorio



Somos la universidad de los
que quieren salir adelante.



ucv.edu.pe

RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)
ASTM D-1883

TESIS: ESTABILIZACIÓN DEL SUELO CON PET RECICLADO CON FINES DE PAVIMENTACIÓN
REGISTRO: TS-CBR-03
 ASENTAMIENTO HUMANO MIRAFLORES ALTO - CHIMBOTE - ANCASH - 2019
PAGINA: 02 de 03
SOLICITA: SAUCEDO CALDAS YEREMMI ANDERSON - CASTILLO RAVELO EDWIN HECTOR
UBICACIÓN: Departamento: Ancash; Provincia: Santa; Distrito: Chimbote
MUESTRA: Adición 6% PETS
FECHA: 13/04/2019

COMPACTACION

Molde N°	1		2		3	
	5		5		5	
Capas N°	55		26		12	
Golpes por capa N°	55		26		12	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	11300.00	11471.00	11573.00	11792.00	12512.00	12771.00
Peso de molde (g)	7379.00	7379.00	7765.00	7765.00	8904.00	8904.00
Peso del suelo húmedo (g)	3921.00	4092.00	3808.00	4027.00	3608.00	3867.00
Volumen del molde (cm³)	2286.11	2286.11	2286.11	2286.11	2286.11	2286.11
Densidad húmeda (g/cm³)	1.715	1.790	1.666	1.762	1.578	1.692
Tara (N°)	9		15		8	
Peso suelo húmedo + tara (g)	196.50	4092.00	178.30	4027.00	185.40	3867.00
Peso suelo seco + tara (g)	182.00	3612.85	166.00	3508.33	172.00	3324.77
Peso de tara (g)	12.00	0.00	22.00	0.00	14.70	0.00
Peso de agua (g)	14.50	479.15	12.30	518.67	13.40	542.23
Peso de suelo seco (g)	170.00	3612.85	144.00	3508.33	157.30	3324.77
Contenido de humedad (%)	8.53	13.26	8.54	14.78	8.52	16.31
Densidad seca (g/cm³)	1.580	1.580	1.535	1.535	1.454	1.454

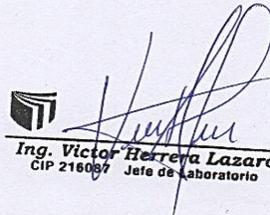
EXPANSION

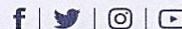
FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
13/04/2019		00 Hrs	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00
14/04/2019	00:00	24 Hrs	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00
15/04/2019	00:00	24 Hrs	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00
16/04/2019	00:00	24 Hrs	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00

PENETRACION

PENETRACION Pulgadas	CARGA STAND. Lb/pulg2	MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
		CARGA	CORRECCION		CARGA	CORRECCION		CARGA	CORRECCION	
		lb	lb	%	lb	lb	%	lb	lb	%
0.000		0			0			0		
0.025		53			35			33		
0.050		71			55			57		
0.075		173			119			81		
0.100	1000	284	381	12.6	194	226	7.5	120	89	2.9
0.125		553			354			174		
0.150		862			540			240		
0.175		975			647			342		
0.200	1500	1276	1171	25.9	835	796	17.6	420	448	9.9
0.250		1604			1071			567		
0.300		2083			1565			1084		
0.400		3413			2601			1833		
0.500		4451			3429			2454		

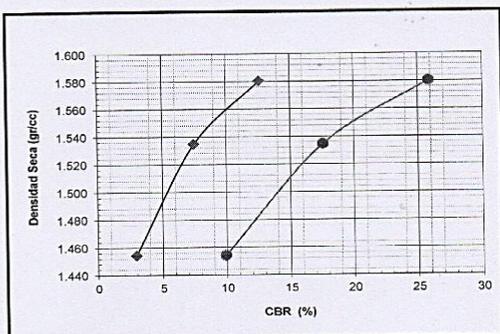
Somos la universidad de los que quieren salir adelante.


Ing. Victor Herrera Lazaro
 CIP 216087 Jefe de Laboratorio



ucv.edu.pe

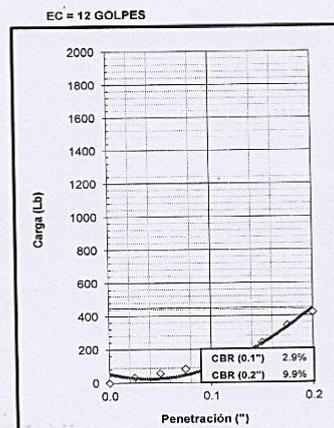
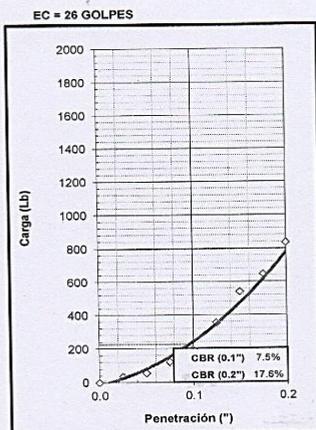
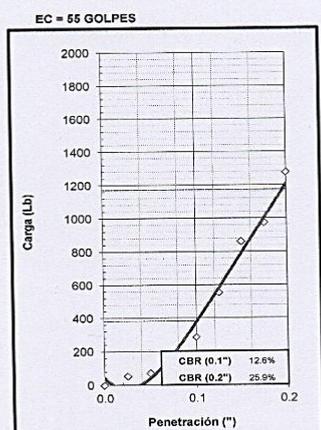
RELACION DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)		
ASTM D-1883		
TESIS:	ESTABILIZACIÓN DEL SUELO CON PET RECICLADO CON FINES DE PAVIMENTACIÓN ASENTAMIENTO HUMANO MIRAFLORES ALTO - CHIMBOTE - ANCASH - 2019	REGISTRO: TS-CBR-03 PAGINA: 03 de 03
SOLICITA:	SAUCEDO CALDAS YEREMMI ANDERSON - CASTILLO RAVELO EDWIN HECTOR	
UBICACIÓN:	Departamento: Ancash; Provincia: Santa; Distrito: Chimbote	
MUESTRA:	Adición 6% PETS	FECHA: 13/04/2019



METODO DE COMPACTACION : ASTM D1557
 MAXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³) : 1.530
 OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 6.87

C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1": 7.08	0.2": 16.91
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1": 2.93	0.2": 9.87

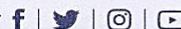
OBSERVACIONES:



Somos la universidad de los que quieren salir adelante.



Ing. Víctor Herrera Lazaro
CIP 216057 Jefe de Laboratorio



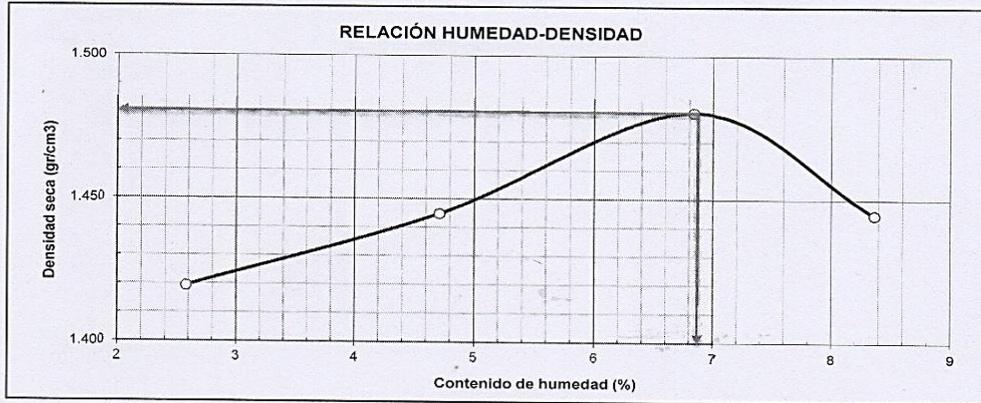
ucv.edu.pe

ENSAYO DE COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO

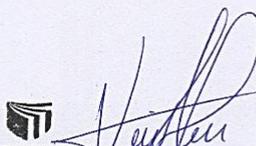
ASTM D-1557

PROYECTO:	ESTABILIZACIÓN DEL SUELO CON PET RECICLADO CON FINES DE PAVIMENTACIÓN ASENTAMIENTO HUMANO MIRAFLORES ALTO – CHIMBOTE – ANCASH – 2019	REGISTRO:	TS-CBR-04
SOLICITA:	SAUCEDO CALDAS YEREMMI ANDERSON - CASTILLO RAVELO EDWIN HECTOR	PÁGINA:	01 de 03
UBICACIÓN:	Departamento: Ancash; Provincia: Santa; Distrito: Chimbote	FECHA:	16/04/2019
MUESTRA:	Adición 9% PETS		

Peso suelo + molde	gr	4998.00	5052.00	5117.00	5102.00	5081.00
Peso molde	gr	3618.00	3618.00	3618.00	3618.00	3618.00
Peso suelo húmedo compactado	gr	1380.00	1434.00	1499.00	1484.00	1463.00
Volumen del molde	cm ³	947.87	947.87	947.87	947.87	947.87
Peso volumétrico húmedo	gr/cm ³	1.46	1.51	1.58	1.57	1.54
Recipiente N°		14	8	5	6	4
Peso del suelo húmedo+tara	gr	36.30	31.70	41.40	43.60	36.50
Peso del suelo seco + tara	gr	35.80	30.80	39.80	41.50	34.60
Tara	gr	16.40	11.70	16.40	16.40	16.20
Peso de agua	gr	0.50	0.90	1.60	2.10	1.90
Peso del suelo seco	gr	19.40	19.10	23.40	25.10	18.40
Contenido de agua	%	2.58	4.71	6.84	8.37	10.33
Peso volumétrico seco	gr/cm ³	1.419	1.445	1.480	1.445	1.399
Densidad máxima (gr/cm ³)						1.471
Humedad óptima (%)						6.87



Somos la universidad de los que quieren salir adelante.




Ing. Victor Herrera Lazaro
CIP 216077 Jefe de Laboratorio

f | | | | |

ucv.edu.pe



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

ASTM D-1883

PROYECTO: ESTABILIZACIÓN DEL SUELO CON PET RECICLADO CON FINES DE PAVIMENTACIÓN
 ASENTAMIENTO HUMANO MIRAFLORES ALTO – CHIMBOTE – ANCASH – 2019
 SOLICITA: SAUCEDO CALDAS YEREMMI ANDERSON - CASTILLO RAVELO EDWIN HECTOR
 UBICACIÓN: Departamento: Ancash; Provincia: Santa; Distrito: Chimbote
 MUESTRA: Adición 9% PETS

REGISTRO: TS-CBR-04
 PÁGINA: 02 de 03
 FECHA: 16/04/2019

COMPACTACIÓN

Molde N°	1		2		3	
	5		5		5	
Capas N°	55		26		12	
Golpes por capa N°	55		26		12	
Condición de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso de molde + Suelo húmedo (g)	11290.00	11399.00	11358.00	11515.00	11095.00	11336.00
Peso de molde (g)	7570.00	7570.00	7765.00	7765.00	7621.00	7621.00
Peso del suelo húmedo (g)	3720.00	3829.00	3593.00	3750.00	3474.00	3715.00
Volumen del molde (cm ³)	2286.11	2286.11	2286.11	2286.11	2286.11	2286.11
Densidad húmeda (g/cm ³)	1.627	1.675	1.572	1.640	1.520	1.625
Tara (N°)	9		3		11	
Peso suelo húmedo + tara (g)	154.70	3829.00	196.50	3750.00	205.60	3715.00
Peso suelo seco + tara (g)	145.70	3481.20	185.20	3361.66	194.00	3250.86
Peso de tara (g)	14.50	0.00	21.00	0.00	25.00	0.00
Peso de agua (g)	9.00	347.80	11.30	388.34	11.60	484.14
Peso de suelo seco (g)	131.20	3481.20	164.20	3361.66	169.00	3250.86
Contenido de humedad (%)	6.86	9.99	6.88	11.55	6.86	14.28
Densidad seca (g/cm ³)	1.523	1.523	1.470	1.470	1.422	1.422

EXPANSIÓN

FECHA	HORA	TIEMPO	DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN		DIAL	EXPANSIÓN	
				mm	%		mm	%		mm	%
16/04/2019	16:35	00 Hrs	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00
17/04/2019	16:35	24 Hrs	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00
18/04/2019	16:35	24 Hrs	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00
19/04/2019	16:35	24 Hrs	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00	0.0000	0.000	0.00

PENETRACIÓN

PENETRACIÓN Pulgadas	CARGA STAND. Lb/pulg2	MOLDE N° 01			MOLDE N° 02			MOLDE N° 03		
		CARGA	CORRECCIÓN		CARGA	CORRECCIÓN		CARGA	CORRECCIÓN	
			lb	lb		%	lb		lb	%
0.000		0			0			0		
0.025		29			24			19		
0.050		53			36			24		
0.075		84			53			31		
0.100	1000	79	93	3.1	61	65	2.1	42	44	1.4
0.125		104			73			56		
0.150		130			96			65		
0.175		178			123			73		
0.200	1500	213	219	4.8	146	143	3.2	87	81	1.8
0.250		387			229			112		
0.300		566			327			130		
0.400		1288			788			344		
0.500		2674			1557			606		

Somos la universidad de los que quieren salir adelante.



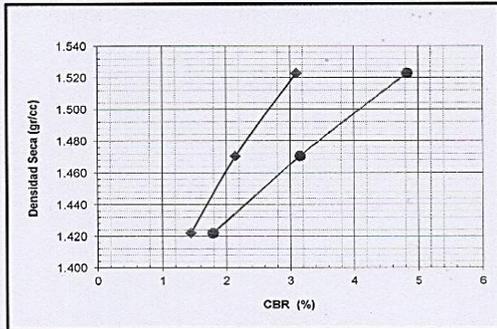
Ing. Victor Herrera Lazaro
 CIP 215087 Jefe de Laboratorio



ucv.edu.pe

RELACIÓN DE SOPORTE CALIFORNIA (C.B.R.)
ASTM D-1883

PROYECTO:	ESTABILIZACIÓN DEL SUELO CON PET RECICLADO CON FINES DE PAVIMENTACIÓN	REGISTRO:	TS-CBR-04
	ASENTAMIENTO HUMANO MIRAFLORES ALTO - CHIMBOTE - ANCASH - 2019	PÁGINA:	03 de 03
SOLICITA:	SAUCEDO CALDAS YEREMMI ANDERSON - CASTILLO RAVELO EDWIN HECTOR		
UBICACIÓN:	Departamento: Ancash; Provincia: Santa; Distrito: Chimbote		
MUESTRA:	Adición 9% PETS	FECHA:	16/04/2019

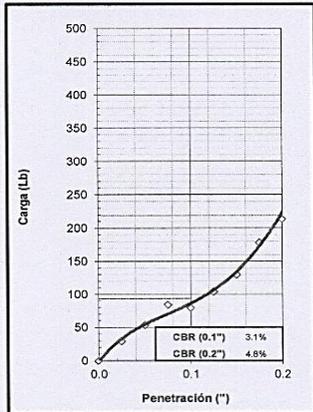


MÉTODO DE COMPACTACIÓN : ASTM D1557
MÁXIMA DENSIDAD SECA (gr/cm³) : 1.471
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) : 6.87

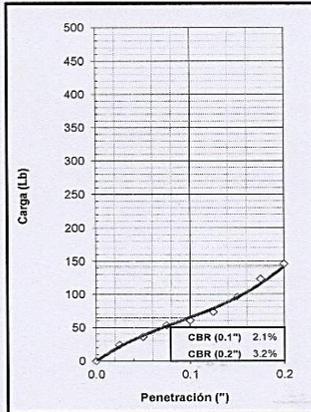
C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1":	2.16	0.2":	237.42
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1":	1.16	0.2":	223.70

OBSERVACIONES:

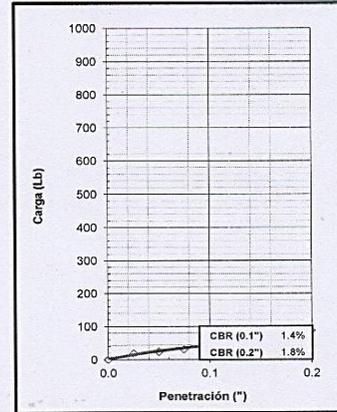
EC = 55 GOLPES



EC = 26 GOLPES



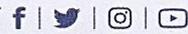
EC = 12 GOLPES



Somos la universidad de los que quieren salir adelante.



Ing. Víctor Herrera Lazaro
Jefe de Laboratorio



ucv.edu.pe

ANEXO N° 04
“NORMATIVA”

**NORMA MTC E 107 / ASTM D
6913 “ANALISIS
GRANULOMETRICO DE SUELO
POR TAMIZADO”**



PERÚ

Ministerio
de Transportes
y Comunicaciones

Viceministerio
de Transportes

Dirección General
de Caminos y
Ferrocarriles



MANUAL DE ENSAYO DE MATERIALES



Edición Mayo de 2016





MTC E 107

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO

1.0 OBJETO

1.1 Determinar cuantitativamente la distribución de tamaños de partículas de suelo.

2.0 FINALIDAD Y ALCANCE

2.1 Este Modo Operativo describe el método para determinar los porcentajes de suelo que pasan por los distintos tamices de la serie empleada en el ensayo, hasta el de 74 mm (Nº 200).

2.2 Este Modo Operativo no propone los requisitos concernientes a seguridad. Es responsabilidad del usuario establecer las cláusulas de seguridad y salubridad correspondientes, y determinar además las obligaciones de su uso e interpretación.

3.0 REFERENCIAS NORMATIVAS

3.1 ASTM D 422: Standard Test Method for Particle-size Analysis of Soils.

4.0 EQUIPOS Y MATERIALES

4.1 EQUIPOS

4.1.1 Dos balanzas. Una con sensibilidad de 0,01 g para pesar material que pase el tamiz de 4,760 mm (Nº 4). Otra con sensibilidad de 0,1% del peso de la muestra, para pesar los materiales retenidos en el tamiz de 4,760 mm (Nº 4).

4.1.2 Estufa. Capaz de mantener temperaturas uniformes y constantes hasta de 110 ± 5 °C.

4.2 MATERIALES

4.2.2 Tamices de malla cuadrada. Incluyen los siguientes:

TAMICES	ABERTURA (mm)
3"	75,000
2"	50,800
1 1/2"	38,100
1"	25,400
3/4"	19,000
3/8"	9,500
Nº 4	4,760
Nº 10	2,000
Nº 20	0,840
Nº 40	0,425
Nº 60	0,260
Nº 140	0,106
Nº 200	0,075

Se puede usar, como alternativa, una serie de tamices que, al dibujar la gradación, dé una separación uniforme entre los puntos del gráfico; esta serie estará integrada por los siguientes tamices de malla cuadrada:

TAMICES	ABERTURA (mm)
3"	75,000
1 1/2"	38,100
3/4"	19,000
3/8"	9,500
Nº 4	4,760
Nº 8	2,360
Nº 16	1,100
Nº 30	0,590
Nº 50	0,297
Nº 100	0,149
Nº 200	0,075



- 4.2.3 Envases. Adecuados para el manejo y secado de las muestras.
- 4.2.4 Cepillo y brocha. Para limpiar las mallas de los tamices.

5.0 MUESTRA

- 5.1 Según sean las características de los materiales finos de la muestra, el análisis con tamices se hace, bien con la muestra entera, o bien con parte de ella después de separar los finos por lavado. Si la necesidad del lavado no se puede determinar por examen visual, se seca en el horno una pequeña porción húmeda del material y luego se examina su resistencia en seco rompiéndola entre los dedos. Si se puede romper fácilmente y el material fino se pulveriza bajo la presión de aquellos, entonces el análisis con tamices se puede efectuar sin previo lavado.
- 5.2 Prepárese una muestra para el ensayo como se describe en la preparación de muestras para análisis granulométrico (MTC E 106), la cual estará constituida por dos fracciones: una retenida sobre el tamiz de 4,760 mm (Nº 4) y otra que pasa dicho tamiz. Ambas fracciones se ensayaran por separado.
- 5.3 El peso del suelo secado al aire y seleccionado para el ensayo, como se indica en el modo operativo MTC E 106, será suficiente para las cantidades requeridas para el análisis mecánico, como sigue:
 - 5.3.1 Para la porción de muestra retenida en el tamiz de 4,760 mm (Nº 4) el peso dependerá del tamaño máximo de las partículas de acuerdo con la Tabla 1:

Tabla 1

Diámetro nominal de las partículas más grandes mm (pulg)	Peso mínimo aproximado de la porción (g)
9,5 (3/8")	500
19,6 (3/4")	1000
25,7 (1")	2000
37,5 (1 1/2")	3000
50,0 (2")	4000
75,0 (3")	5000

- 5.3.2 El tamaño de la porción que pasa tamiz de 4,760 mm (Nº 4) será aproximadamente de 115 g para suelos arenosos y de 65 g para suelos arcillosos y limosos.
- 5.4 En el modo operativo MTC E 106 se dan indicaciones para la pesada del suelo secado al aire y seleccionado para el ensayo, así como para la separación del suelo sobre el tamiz de 4,760 mm (Nº 4) por medio del tamizado en seco, y para el lavado y pesado de las fracciones lavadas y secadas retenidas en dicho tamiz. De estos dos pesos, los porcentajes, retenido y que pasa el tamiz de 4,760 mm (Nº 4), pueden calcularse de acuerdo con el numeral **4.1.1**.
- 5.4.1 Se puede tener una comprobación de los pesos, así como de la completa pulverización de los terrones, pesando la porción de muestra que pasa el tamiz de 4,760 mm (Nº 4) y agregándole este valor al peso de la porción de muestra lavada y secada en el horno, retenida en el tamiz de 4,760 mm (Nº 4).

6.0 PROCEDIMIENTO

- 6.1 ANÁLISIS POR MEDIO DE TAMIZADO DE LA FRACCIÓN RETENIDA EN EL TAMIZ DE 4,760 mm (Nº 4).
 - 6.1.1 Sepárese la porción de muestra retenida en el tamiz de 4,760 mm (Nº 4) en una serie de fracciones usando los tamices de:



TAMICES	ABERTURA (mm)
3"	75,000
2"	50,800
1 1/2"	38,100
1"	25,400
3/4"	19,000
3/8"	9,500
Nº 4	4,760

O los que sean necesarios dependiendo del tipo de muestra, o de las especificaciones para el material que se ensaya.

- 6.1.2 En la operación de tamizado manual se mueve el tamiz o tamices de un lado a otro y recorriendo circunferencias de forma que la muestra se mantenga en movimiento sobre la malla. Debe comprobarse al desmontar los tamices que la operación está terminada; esto se sabe cuándo no pasa más del 1 % de la parte retenida al tamizar durante un minuto, operando cada tamiz individualmente. Si quedan partículas apesadas en la malla, deben separarse con un pincel o cepillo y reunir las con lo retenido en el tamiz.

Cuando se utilice una tamizadora mecánica, se pondrá a funcionar por diez minutos aproximadamente, el resultado se puede verificar usando el método manual.

- 6.1.3 Se determina el peso de cada fracción en una balanza con una sensibilidad de 0,1 %. La suma de los pesos de todas las fracciones y el peso, inicial de la muestra no debe diferir en más de 1 %.

6.2 ANALISIS GRANULOMETRICO DE LA FRACCION FINA

- 6.2.1 El análisis granulométrico de la fracción que pasa el tamiz de 4,760 mm (Nº 4), se hará por tamizado y/o sedimentación según las características de la muestra y según la información requerida.

- 6.2.2 Los materiales arenosos que contengan muy poco limo y arcilla, cuyos terrones en estado seco se desintegren con facilidad, se podrán tamizar en seco.

- 6.2.3 Los materiales limo-arcillosos, cuyos terrones en estado seco no rompan con facilidad, se procesarán por la vía húmeda.

- 6.2.4 Si se requiere la curva granulométrica completa incluyendo la fracción de tamaño menor que el tamiz de 0,074 mm (Nº 200), la gradación de ésta se determinará por sedimentación, utilizando el hidrómetro para obtener los datos necesarios. Ver Modo Operativo MTC E 109-2009.

- 6.2.5 Se puede utilizar procedimientos simplificados para la determinación del contenido de partículas menores de un cierto tamaño, según se requiera.

- 6.2.6 La fracción de tamaño mayor que el tamiz de 0,074 mm (Nº 200), se analizará por tamizado en seco, lavando la muestra previamente sobre el tamiz de 0,074 mm (Nº 200).

- 6.2.7 Procedimiento para el análisis granulométrico por lavado sobre el tamiz de 0,074 mm (Nº 200).

- 6.2.8 Se separan mediante cuarteo, 115 g para suelos arenosos y 65 g para suelos arcillosos y limosos, pesándolos con exactitud de 0,01 g.

- 6.2.9 Humedad higroscópica. Se pesa una porción de 10 a 15 g de los cuarteos anteriores y se seca en el horno a una temperatura de 110 ± 5 °C. Se pesan de nuevo y se anotan los pesos.

- 6.2.10 Se coloca la muestra en un recipiente apropiado, cubriéndola con agua y se deja en remojo hasta que todos los terrones se ablanden.

- 6.2.11 Se lava a continuación la muestra sobre el tamiz de 0,074 mm (Nº 200), con abundante agua, evitando frotarla contra el tamiz y teniendo mucho cuidado de que no se pierda ninguna partícula de las retenidas en él.



6.2.12 Se recoge lo retenido en un recipiente, se seca en el horno a una temperatura de 110 ± 5 °C y se pesa.

6.2.13 Se tamiza en seco siguiendo el procedimiento indicado en las secciones [6.1.2](#) y [6.1.3](#).

7.0 CALCULOS E INFORME

7.1 CALCULOS

7.1.1 Valores de análisis de tamizado para la porción retenida en el tamiz de 4,760 mm (Nº4):

7.1.1.1 Se calcula el porcentaje que pasa el tamiz de 4,760 mm (Nº 4), dividiendo el peso que pasa dicho tamiz por el del suelo originalmente tomado y se multiplica el resultado por 100. Para obtener el peso de la porción retenida en el mismo tamiz, réstese del peso original, el peso del pasante por el tamiz de 4,760 mm (Nº 4).

7.1.1.2 Para comprobar el material que pasa por el tamiz de 9,52 mm (3/8"), se agrega al peso total del suelo que pasa por el tamiz de 4,760 mm (Nº4), el peso de la fracción que pasa el tamiz de 9,52 mm (3/8") y que queda retenida en el de 4,760 mm (Nº4). Para los demás tamices continúese el cálculo de la misma manera.

7.1.1.3 Para determinar el porcentaje total que pasa por cada tamiz, se divide el peso total que pasa entre el peso total de la muestra y se multiplica el resultado por 100.

7.1.2 Valores del análisis por tamizado para la porción que pasa el tamiz de 4,760 mm (Nº 4):

7.1.2.1 Se calcula el porcentaje de material que pasa por el tamiz de 0,074 mm (Nº 200) de la siguiente forma:

$$\% \text{ Pasa } 0,074 = \frac{\text{Peso Total} - \text{Peso Retenido en el Tamiz de } 0,074}{\text{Peso Total}} \times 100$$

7.1.2.2 Se calcula el porcentaje retenido sobre cada tamiz en la siguiente forma:

$$\% \text{ Retenido} = \frac{\text{Peso Retenido en el Tamiz}}{\text{Peso Total}} \times 100$$

7.1.2.3 Se calcula el porcentaje más fino. Restando en forma acumulativa de 100 % los porcentajes retenidos sobre cada tamiz.

$$\% \text{ Pasa} = 100 - \% \text{ Retenido acumulado}$$

7.1.2.4 Porcentaje de humedad higroscópica. La humedad higroscópica como la pérdida de peso de una muestra secada al aire cuando se seca posteriormente al horno, expresada como un porcentaje del peso de la muestra secada al horno. Se determina de la manera siguiente:

$$\% \text{ Humedad Higroscópica} = \frac{W - W_1}{W_1} \times 100$$

Donde:

W = Peso de suelo secado al aire
W₁ = Peso de suelo secado en el horno

7.2 INFORME

7.2.1 El informe deberá incluir lo siguiente:

- El tamaño máximo de las partículas contenidas en la muestra.
- Los porcentajes retenidos y los que pasan, para cada uno de los tamices utilizados.
- Toda información que se juzgue de interés.

Los resultados se presentarán: (1) en forma tabulada, o (2) en forma gráfica, siendo esta última forma la indicada cada vez que el análisis comprende un ensayo completo de sedimentación.

Las pequeñas diferencias resultantes en el empate de las curvas obtenidas por tamizado y por sedimento, respectivamente, se corregirán en forma gráfica.

- 7.2.2 Los siguientes errores posibles producirán determinaciones imprecisas en un análisis granulométrico por tamizado.
- a) Aglomeraciones de partículas que no han sido completamente disgregadas. Si el material contiene partículas finas plásticas, la muestra debe ser disgregada antes del tamizado.
 - b) Tamices sobrecargados. Este es el error más común y más serio asociado con el análisis por tamizado y tenderá a indicar que el material ensayado es más grueso de lo que en realidad es. Para evitar eso, las muestras muy grandes deben ser tamizadas en varias porciones y las porciones retenidas en cada tamiz se juntarán luego para realizar la pesada.
 - c) Los tamices han sido agitados por un período demasiado corto o con movimientos horizontales o rotacionales inadecuados. Los tamices deben agitarse de manera que las partículas sean expuestas a las aberturas del tamiz con varias orientaciones y así tengan mayor oportunidad de pasar a través de él.
 - d) La malla de los tamices está rota o deformada; los tamices deben ser frecuentemente inspeccionados para asegurar que no tienen aberturas más grandes que la especificada.
 - e) Pérdidas de material al sacar el retenido de cada tamiz.
 - f) Errores en las pesadas y en los cálculos.

**NORMA MTC E 108 “ENSAYO
DE HUMEDAD NATURAL DEL
SUELO”**



MTC E 108

DETERMINACIÓN DEL CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO

1.0 OBJETO

- 1.1 Establecer el método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo.

2.0 FINALIDAD Y ALCANCE

- 2.1 La humedad o contenido de humedad de un suelo es la relación, expresada como porcentaje, del peso de agua en una masa dada de suelo, al peso de las partículas sólidas.
- 2.2 Este Modo Operativo determina el peso de agua eliminada, secando el suelo húmedo hasta un peso constante en un horno controlado a 110 ± 5 °C*. El peso del suelo que permanece del secado en horno es usado como el peso de las partículas sólidas. La pérdida de peso debido al secado es considerado como el peso del agua.

Nota 1. (*) El secado en horno siguiendo en método (a 110 °C) no da resultados confiables cuando el suelo contiene yeso u otros minerales que contienen gran cantidad de agua de hidratación o cuando el suelos contiene cantidades significativas de material orgánico. Se pueden obtener valores confiables del contenido de humedad para los suelos, secándose en un horno a una temperatura de 60 °C o en un desecador a temperatura ambiente.

3.0 REFERENCIAS NORMATIVAS

- 3.1 ASTM D 2216: Standard Test Method of Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock.

4.0 EQUIPOS y MATERIALES

4.1 EQUIPOS

- 4.1.1 Horno de secado.- Horno de secado termostáticamente controlado, de preferencia uno del tipo tiro forzado, capaz de mantener una temperatura de 110 ± 5 °C.

- 4.1.2 Balanzas.- De capacidad conveniente y con las siguientes aproximaciones:

De 0,01 g para muestras de menos de 200 g

De 0,1 g para muestras de más de 200 g.

4.2 MATERIALES

- 4.2.1 Recipientes.- Recipientes apropiados fabricados de material resistente a la corrosión, y al cambio de peso cuando es sometido a enfriamiento o calentamiento continuo, exposición a materiales de pH variable, y a limpieza.

Nota 2. Los recipientes y sus tapas deben ser herméticos a fin de evitar pérdida de humedad de las muestras antes de la pesada inicial y para prevenir la absorción de humedad de la atmósfera después del secado y antes de la pesada final. Se usa un recipiente para cada determinación.

- 4.2.2 Desecador (opcional).- Un desecador de tamaño apropiado que contenga sílica gel o fosfato de calcio anhidro. Es preferible usar un desecante cuyos cambios de color indiquen la necesidad de su restitución (Ver [Sección 6.3.5](#) del presente ensayo).

Nota 3. El sulfato de calcio anhidro se vende bajo el nombre comercial Drier hite.

- 4.2.3 Utensilios para manipulación de recipientes.- Se requiere el uso de guantes, tenazas, o un sujetador apropiado para mover y manipular los recipientes calientes después de que se hayan secado.

- 4.2.4 Otros utensilios.- Se requieren el empleo de cuchillos, espátulas, cucharas, lona para cuarteo, divisores de muestras, etc.



5.0 MUESTRA

- 5.1 Las muestras serán preservadas y transportadas de acuerdo a la Norma ASTM D 4220-89 (Practices for Preserving and Transporting Soil Sample), Grupos de suelos B, C ó D. Las muestras que se almacenen antes de ser ensayadas se mantendrán en contenedores herméticos no corrosibles a una temperatura entre aproximadamente 3 y 30 °C y en un área que prevenga el contacto directo con la luz solar. Las muestras alteradas se almacenarán en recipientes de tal manera que se prevenga ó minimice la condensación de humedad en el interior del contenedor.
- 5.2 La determinación del contenido de humedad se realizará tan pronto como sea posible después del muestreo, especialmente si se utilizan contenedores corrosibles: (tales como: tubos de acero de pared delgada, latas de pintura, etc.) ó bolsas plásticas.

6.0 PROCEDIMIENTO

6.1 ESPECIMEN DEL ENSAYO

- 6.1.1 Para los contenidos de humedad que se determinan en conjunción con algún otro método ASTM, se empleará la cantidad especificada en dicho método si alguna fuera proporcionada.
- 6.1.2 La cantidad mínima de espécimen de material húmedo seleccionado como representativo de la muestra total, si no se toma la muestra total, será de acuerdo a lo siguiente:

Máximo tamaño de partícula (pasa el 100%)	Tamaño de malla estándar	Masa mínima recomendada de espécimen de ensayo húmedo para contenidos de humedad reportados	
		a ± 0,1%	a ± 1%
2 mm o menos	2,00 mm (Nº 10)	20 g	20 g *
4,75 mm	4,760 mm (Nº 4)	100 g	20 g *
9,5 mm	9,525 mm (3/8")	500 g	50 g
19,0 mm	19,050 mm (3/4")	2,5 kg	250 g
37,5 mm	38,1 mm (1 1/2")	10 kg	1 kg
75,0 mm	76,200 mm (3")	50 kg	5 kg

Nota.- * Se usará no menos de 20 g para que sea representativa.

Si se usa toda la muestra, ésta no tiene que cumplir los requisitos mínimos dados en la tabla anterior. En el reporte se indicará que se usó la muestra completa.

- 6.1.3 El uso de un espécimen de ensayo menor que el mínimo indicado en 6.1.2 requiere discreción aunque pudiera ser adecuado para los propósitos del ensayo. En el reporte de resultados deberá anotarse algún espécimen usado que no haya cumplido con estos requisitos.
- 6.1.4 Cuando se trabaje con una muestra pequeña (menos de 200 g) que contenga partículas de grava relativamente grandes no es apropiado incluirlas en la muestra de ensayo. Sin embargo en el reporte de resultados se mencionará y anotará el material descartado.
- 6.1.5 Para aquellas muestras que consistan íntegramente de roca intacta, el espécimen mínimo tendrá un peso de 500 g. Porciones de muestra representativas pueden partirse en partículas más pequeñas, dependiendo del tamaño de la muestra, del contenedor y la balanza utilizada y para facilitar el secado a peso constante.
- 6.2 SELECCION DEL ESPECIMEN DE ENSAYO
- 6.2.1 Cuando el espécimen de ensayo es una porción de una mayor cantidad de material, el espécimen seleccionado será representativo de la condición de humedad de la cantidad total de material. La forma en que se seleccione el espécimen de ensayo depende del propósito y aplicación del ensayo, el tipo de material que se ensaya, la condición de humedad, y el tipo de muestra (de otro ensayo, en bolsa, en bloque, y las demás).



- 6.2.2 Para muestras alteradas tales como las desbastadas, en bolsa, y otras, el espécimen de ensayo se obtiene por uno de los siguientes métodos (listados en orden de preferencia):
- Si el material puede ser manipulado sin pérdida significativa de humedad, el material debe mezclarse y luego reducirse al tamaño requerido por cuarteo o por división.
 - Si el material no puede ser mezclado y/o dividido, deberá formarse una pila de material, mezclándolo tanto como sea posible. Tomar por lo menos cinco porciones de material en ubicaciones aleatorias usando un tubo de muestreo, lampa, cuchara, frotacho ó alguna herramienta similar apropiada para el tamaño de partícula máxima presente en el material. Todas las porciones se combinarán para formar el espécimen de ensayo.
 - Si no es posible apilar el material, se tomarán tantas porciones como sea posible en ubicaciones aleatorias que representarán mejor la condición de humedad. Todas las porciones se combinarán para formar el espécimen de ensayo.

- 6.2.3 En muestras intactas tales como: bloques, tubos, muestreadores divididos y otros, el espécimen de ensayo se obtendrá por uno de los siguientes métodos dependiendo del propósito y potencial uso de la muestra.

- Se desbastará cuidadosamente por lo menos 3 mm de material de la superficie exterior de la muestra para ver si el material está estratificado y para remover el material que esté más seco o más húmedo que la porción principal de la muestra. Luego se desbastará por lo menos 5 mm., o un espesor igual al tamaño máximo de partícula presente, de toda la superficie expuesta o del intervalo que esté siendo ensayado.
- Se cortará la muestra por la mitad. Si el material está estratificado se procederá de acuerdo a lo indicado en 6.2.3.c. Luego se desbastará cuidadosamente por lo menos 5 mm, o un espesor igual del tamaño máximo de partícula presente, de la superficie expuesta de una mitad o el intervalo ensayado. Deberá evitarse el material de los bordes que pueda encontrarse más húmedo o más seco que la porción principal de la muestra.

Nota 4. El cambio de humedad en suelos sin cohesión puede requerir que se muestre la sección completa. Si el material está estratificado (o se encuentra más de un tipo de material), se seleccionará un espécimen promedio, o especímenes individuales, o ambos. Los especímenes deben ser identificados apropiadamente en formatos, en cuanto a su ubicación, o lo que ellos representen.

6.3 PROCEDIMIENTO

- Determinar y registrar la masa de un contenedor limpio y seco (y su tapa si es usada).
- Seleccionar especímenes de ensayo representativos de acuerdo a la [sección 6.2](#) de este ensayo.
- Colocar el espécimen de ensayo húmedo en el contenedor y, si se usa, colocar la tapa asegurada en su posición. Determinar el peso del contenedor y material húmedo usando una balanza (véase 4.1.2 de este ensayo) seleccionada de acuerdo al peso del espécimen. Registrar este valor.

Nota 5. Para prevenir la mezcla de especímenes y la obtención de resultados incorrectos, todos los contenedores, y tapas si se usan, deberían ser enumerados y deberían registrarse los números de los contenedores en los formatos del laboratorio. Los números de las tapas deberán ser consistentes con los de los contenedores para evitar confusiones.

Nota 6. Para acelerar el secado en horno de grandes especímenes de ensayo, ellos deberían ser colocados en contenedores que tengan una gran área superficial (tales como ollas) y el material debería ser fragmentado en agregados más pequeños.

- Remover la tapa (si se usó) y colocar el contenedor con material húmedo en el horno. Secar el material hasta alcanzar una masa constante. Mantener el secado en el horno a 110 ± 5 °C a menos que se especifique otra temperatura. El tiempo requerido para mantener peso constante variará dependiendo del tipo de material, tamaño de espécimen, tipo de horno y capacidad, y otros factores. La influencia de estos factores generalmente puede ser establecida por un buen juicio, y experiencia con los materiales que sean ensayados y los aparatos que sean empleados.



Nota 7. En la mayoría de los casos, el secado de un espécimen de ensayo durante toda la noche (de 12 a 16 horas) es suficiente. En los casos en los que hay duda sobre lo adecuado de un método de secado, deberá continuarse con el secado hasta que el cambio de peso después de dos períodos sucesivos (mayores de 1 hora) de secado sea insignificante (menos del 0,1 %). Los especímenes de arena pueden ser secados a peso constante en un período de 4 horas, cuando se use un horno de tiro forzado.

Nota 8. Desde que algunos materiales secos pueden absorber humedad de especímenes húmedos, deberán retirarse los especímenes secos antes de colocar especímenes húmedos en el mismo horno. Sin embargo, esto no sería aplicable si los especímenes secados previamente permanecieran en el horno por un período de tiempo adicional de 16 horas.

6.3.5 Luego que el material se haya secado a peso constante, se removerá el contenedor del horno (y se le colocará la tapa si se usó). Se permitirá el enfriamiento del material y del contenedor a temperatura ambiente o hasta que el contenedor pueda ser manipulado cómodamente con las manos y la operación del balance no se afecte por corrientes de convección y/o esté siendo calentado. Determinar el peso del contenedor y el material secado al horno usando la misma balanza usada en **6.3.3** de este ensayo. Registrar este valor. Las tapas de los contenedores se usarán si se presume que el espécimen está absorbiendo humedad del aire antes de la determinación de su peso seco.

Nota 9. Colocar las muestras en un desecador es más aceptable en lugar de usar las tapas herméticas ya que reduce considerablemente la absorción de la humedad de la atmósfera durante el enfriamiento especialmente en los contenedores sin tapa.

7.0 CALCULOS E INFORME

7.1. CALCULOS

7.1.1 Se calcula el contenido de humedad de la muestra, mediante la siguiente fórmula:

$$W = \frac{\text{Peso de agua}}{\text{Peso de suelo secado al horno}} \times 100$$

$$W = \frac{M_{cws} - M_{cs}}{M_{cs} - M_c} \times 100 = \frac{M_w}{M_s} \times 100$$

Donde:

- W = es el contenido de humedad, (%)
- M_{cws} = es el peso del contenedor más el suelo húmedo, en gramos
- M_{cs} = es el peso del contenedor más el suelo secado en horno, en gramos
- M_c = es el peso del contenedor, en gramos
- M_w = es el peso del agua, en gramos
- M_s = es el peso de las partículas sólidas, en gramos

7.3 INFORME

7.3.1 El informe deberá incluir lo siguiente:

- a) La identificación de la muestra (material) ensayada, tal como el número de la perforación, número de muestra, número de ensayo, número de contenedor, etc.
- b) El contenido de agua del espécimen con aproximación al 1 % ó al 0,1 %, como sea apropiado dependiendo de la mínima muestra usada. Si se usa este método conjuntamente con algún otro método, el contenido de agua del espécimen deberá reportarse al valor requerido por el método de ensayo para el cual se determinó el contenido de humedad.
- c) Indicar si el espécimen de ensayo tenía un peso menor que el indicado en **6.1.2** de este ensayo.
- d) Indicar si el espécimen de ensayo contenía más de un tipo de material (estratificado, etc.).
- e) Indicar el método de secado si es diferente del secado en horno a 110 ± 5 °C.
- f) Indicar si se excluyó algún material del espécimen de ensayo.



PERÚ

Ministerio
de Transportes
y Comunicaciones

Viceministerio
de Transportes

Dirección General
de Caminos y
Ferrocarriles

8.0 PRECISION Y DISPERSION

- 8.1 Repetibilidad: El coeficiente de variación de un operador simple se encontró en 2,7 %. Por consiguiente, los resultados de dos ensayos conducidos apropiadamente por el mismo operador con el mismo equipo, no deberían ser considerados con sospecha si difieren en menos del 7,8 % de su media.
- 8.2 Reproducibilidad: El coeficiente de variación multilaboratorio se encontró en 5,0 %. Por consiguiente, los resultados de dos ensayos conducidos por diferentes operadores usando equipos diferentes no deberán ser considerados con sospecha a menos que difieran en más del 14,0 % de su media.

**NORMA MTC 110 & 111 / ASTM
D 4318 “LIMITES DE
ATTEBERG”**



MTC E 110

DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO DE LOS SUELOS

1.0 OBJETO

- 1.1 Es el contenido de humedad, expresado en porcentaje, para el cual el suelo se halla en el límite entre los estados líquido y plástico. Arbitrariamente se designa como el contenido de humedad al cual el surco separador de dos mitades de una pasta de suelo se cierra a lo largo de su fondo en una distancia de 13 mm (1/2 pulg) cuando se deja caer la copa 25 veces desde una altura de 1 cm a razón de dos caídas por segundo.

Discusión: Se considera que la resistencia al corte no drenada del suelo en el límite líquido es de 2 kPa (0,28 psi).

- 1.2 El valor calculado deberá aproximarse al centésimo.

2.0 FINALIDAD Y ALCANCE

- 2.1 Este método de ensayo es utilizado como una parte integral de varios sistemas de clasificación en ingeniería para caracterizar las fracciones de grano fino de suelos véase anexos de clasificación de este manual. (SUCS y AASHTO) y para especificar la fracción de grano de materiales de construcción (véase especificación ASTM D1241). El límite líquido, el límite plástico, y el índice de plasticidad de suelos con extensamente usados, tanto individual como en conjunto, con otras propiedades de suelo para correlacionarlos con su comportamiento ingenieril tal como la compresibilidad, permeabilidad, compactibilidad, contracción-expansión y resistencia al corte
- 2.2 Los límites líquido y plástico de un suelo pueden utilizar con el contenido de humedad natural de un suelo para expresar su consistencia relativa o índice de liquidez y puede ser usado con el porcentaje más fino que $2\mu\text{m}$ para determinar su número de actividad
- 2.3 Frecuentemente se utilizan tres métodos para evaluar las características de intemperización de materiales compuestos por arcilla-lutita. Cuando se someten a ciclos repetidos de humedecimiento y secado, los límites de estos materiales tienden a incrementarse. La magnitud del incremento se considera ser una medida de la susceptibilidad de la lutitas a la intemperización.
- 2.4 El límite líquido de un suelo que contiene cantidades significativas de materia orgánica decrece dramáticamente cuando el suelo es secado al horno antes de ser ensayado. La comparación del límite líquido de una muestra antes y después del secado al horno puede por consiguiente ser usada como una medida cualitativa del contenido de materia orgánica de un suelo

3.0 REFERENCIAS NORMATIVAS

- 3.1 NTP 339.129: SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de suelos.

4.0 EQUIPOS, MATERIALES E INSUMOS

4.1 EQUIPOS

- 4.1.1 Recipiente para Almacenaje. Una vasija de porcelana de 115 mm (4 1/2") de diámetro aproximadamente.
- 4.1.3 Aparato del límite líquido (o de Casagrande).
De operación manual. Es un aparato consistente en una taza de bronce con sus aditamentos, construido de acuerdo con las dimensiones señaladas en la Figura 1.
De operación mecánica. Es un aparato equipado con motor para producir la altura y el número de golpes. Figura 1. El aparato debe dar los mismos valores para el límite líquido que los obtenidos con el aparato de operación manual.
- 4.1.4 Acanalador. Conforme con las dimensiones críticas indicadas en la figura 1.



- 4.1.5 Calibrador. Ya sea incorporado al ranurador o separado, de acuerdo con la dimensión crítica "d" mostrada en la Figura 1, y puede ser, si fuere separada, una barra de metal de $10,00 \pm 0,2$ mm ($0,394 \pm 0,008$ ") de espesor y de 50 mm (2") de largo, aproximadamente.
- 4.1.6 Recipientes o Pesa Filtros. De material resistente a la corrosión, y cuya masa no cambie con repetidos calentamientos y enfriamientos. Deben tener tapas que cierren bien, sin costuras, para evitar las pérdidas de humedad de las muestras antes de la pesada inicial y para evitar la absorción de humedad de la atmósfera tras el secado y antes de la pesada final.
- 4.1.7 Balanza. Una balanza con sensibilidad de 0,01 g.
- 4.1.8 Estufa. Termostáticamente controlado y que pueda conservar temperaturas de $110 \pm 5^\circ\text{C}$ para secar la muestra.
- 4.2 MATERIALES
- 4.2.1 Espátula. De hoja flexible de unos 75 a 100 mm (3"- 4") de longitud y 20 mm ($\frac{3}{4}$ ") de ancho aproximadamente.
- 4.3 INSUMOS
- 4.3.1 Pureza del agua: Cuando este método de ensayo sea referida agua destilada, puede emplearse agua destilada o agua desmineralizada.

5.0 MUESTRA

- 5.1 Se obtiene una porción representativa de la muestra total suficiente para proporcionar 150 g a 200 g de material pasante del tamiz $425 \mu\text{m}$ (Nº 40). Las muestras que fluyen libremente pueden ser reducidas por los métodos de cuarteo o división de muestras. Las muestras cohesivas deben ser mezcladas totalmente en un recipiente con una espátula, o cuchara y se obtendrá una porción representativa de la masa total extrayéndola dos veces con la cuchara.

6.0 PROCEDIMIENTO

Multipunto

- 6.1 Colocar una porción del suelo preparado, en la copa del dispositivo de límite líquido en el punto en que la copa descansa sobre la base, presionándola, y esparciéndola en la copa hasta una profundidad de aproximadamente 10 mm en su punto más profundo, formando una superficie aproximadamente horizontal. Tener cuidado en no dejar burbujas de aire atrapadas en la pasta con el menor número de pasadas de espátula como sea posible. Mantener el suelo no usado en el plato de mezclado. Cubrir el plato de mezclado con un paño húmedo (o por otro medio) para retener la humedad en la muestra.

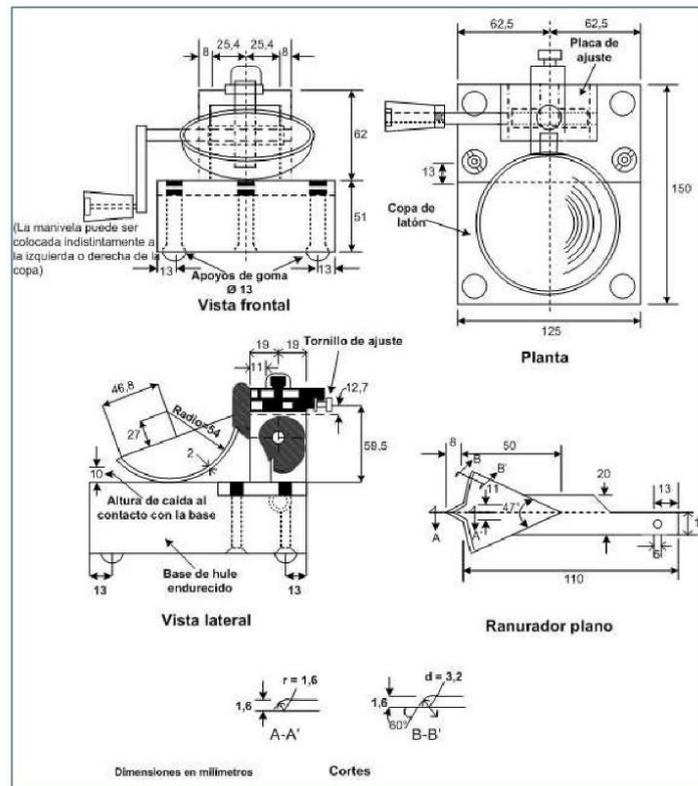
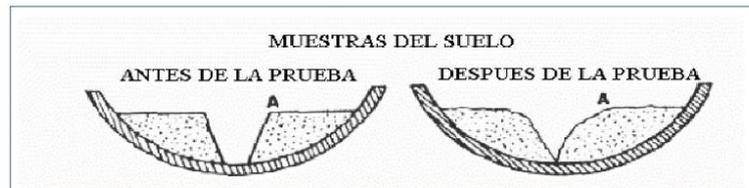


Figura 1: Aparato manual para límite líquido



- 6.1 Utilizando el acanalador, dividir la muestra contenida en la copa, haciendo una ranura a través del suelo siguiendo una línea que una el punto más alto y el punto más bajo sobre el borde de la copa. Cuando se corte la ranura, mantener el acanalador contra la superficie de la copa y trazar un arco, manteniendo la corriente perpendicular a la superficie de la copa en todo su movimiento. En los suelos en los que no se puede hacer la ranura en una sola pasada sin desgarrar el suelo, cortar la ranura con varias pasadas del acanalador. Como alternativa, puede cortarse la ranura a dimensiones ligeramente menores que las requeridas, con una espátula y usar la del acanalador las dimensiones finales de la ranura.
- 6.2 Verificar que no existen restos de suelo por debajo de la copa. Levantar y soltar la copa girando el manubrio a una velocidad de 1,9 a 2,1 golpes por segundo hasta que las dos mitades de suelo estén en contacto en la base de la ranura una longitud de 13 mm (1/2 pulg).
Nota 1. Se recomienda el uso de una regla graduada para verificar que la ranura se cerró en 13 mm (1/2 pulg).
- 6.3 Verificar que no se haya producido el cierre prematuro de la ranura debido a burbujas de aire, observando que ambos lados de la ranura se hayan desplazado en conjunto aproximadamente con



la misma forma. Si una burbuja hubiera causado el cierre prematuro de la ranura, formar nuevamente el suelo en la copa, añadiendo una pequeña cantidad de suelo para compensar la pérdida en la operación de ranuración y repetir de 6.1 a 6.3 a un contenido más elevado. Si luego de varias pruebas a contenidos de humedad sucesivamente más altos, la pasta de suelo se sigue deslizando en la copa o si el número de golpes necesarios para cerrar la ranura es siempre menor de 25, se registrará que el límite no pudo determinarse, y se reportará al suelo como no plástico sin realizar el ensayo de límite plástico.

- 6.4 Registrar el número de golpes, N, necesario para cerrar la ranura. Tomar una tajada de suelo de aproximadamente de ancho de la espátula, extendiéndola de extremo a extremo de la torta de suelo en ángulos rectos a la ranura e incluyendo la porción de la ranura en la cual el suelo se deslizó en conjunto, colocarlo en un recipiente de peso conocido, y cubrirlo.
- 6.5 Regresar el suelo remanente en la copa al plato de mezclado. Lavar y secar la copa y el acanalador y fijar la copa nuevamente a su soporte como preparación para la siguiente prueba.
- 6.6 Mezclar nuevamente todo el espécimen de suelo en el plato de mezclado añadiéndole agua destilada para aumentar su contenido de humedad y disminuir el número de golpes necesarios para cerrar la ranura. Repetir de 6.1 a 6.6 para al menos dos pruebas adicionales produciendo números de golpes sucesivamente más bajos para cerrar la ranura. Una de estas pruebas se realizará para un cierre que requiera de 25 a 35 golpes, una para un cierre entre 20 y 30 golpes, y una prueba para un cierre que requiera de 15 a 25 golpes.
- 6.7 Determinar el contenido de humedad, Wⁿ, del espécimen de suelo de cada prueba de acuerdo al método de ensayo NTP 339.127. Los pesos iniciales deben determinarse inmediatamente después de terminar el ensayo. Si el ensayo se interrumpe por más de 15 minutos, el espécimen ya obtenido debe pesarse en el momento de la interrupción.

Un punto

- 6.8 El ensayo se efectúa en la misma

7.0 CALCULOS

(Multipunto)

- 7.1 Representar la relación entre el contenido de humedad, Wⁿ, y el número de golpes correspondientes, N, de la copa sobre un gráfico semilogarítmico con el contenido de humedad como ordenada sobre la escala aritmética, y el número de golpes como abscisa en escala logarítmica. Trazar la mejor línea recta que pase por los tres puntos o más puntos graficados.
- 7.2 Tomar el contenido de humedad correspondiente a la intersección de la línea con la abscisa de 25 golpes como el límite líquido del suelo. El método gráfico puede sustituir los métodos de ajuste para encontrar una línea recta con los datos, para encontrar el límite líquido.

(Un punto)

- 7.3 Determinar el límite líquido para cada espécimen para contenido de humedad usando una de las siguientes ecuaciones:

$$LL = W^n \left(\frac{N}{25} \right)^{0.121} \quad \text{o} \quad LL = kW^n$$

Donde:

- N = Números de golpes requeridos para cerrar la ranura para el contenido de humedad,
- Wⁿ = Contenido de humedad del suelo,
- K = factor dado en la tabla A.1



PERÚ

Ministerio
de Transportes
y ComunicacionesViceministerio
de TransportesDirección General
de Caminos y
Ferrocarriles

Tabla A -1

N (Numero de golpes)	K (Factor para límite líquido)
20	0,974
21	0,979
22	0,985
23	0,990
24	0,995
25	1,000
26	1,005
27	1,009
28	1,014
29	1,018
30	1,022

Tabla 1
Tabla de estimados de precisión.

Índice de precisión y tipo de ensayo	Desviación Estándar	Rango Aceptable de dos resultados
Precisión de un operador simple		
Límite Líquido	0,8	2,4
Precisión Multilaboratorio		
Límite Líquido	3,5	9,9

8.0 PRECISION Y DISPERSION

8.1 PRECISION

8.1.1 El criterio para aceptar la aceptación de los resultados de los ensayos de límite líquido obtenido por este método de ensayo.

8.2 DISPERSION

8.2.1 Exactitud: No existe un valor de referencia aceptable para este método de ensayo; la exactitud no puede ser determinada.



MTC E 111

DETERMINACION DEL LIMITE PLASTICO (L.P.) DE LOS SUELOS E INDICE DE PLASTICIDAD (I.P.)

1.0 OBJETO

- 1.1 Determinar en el laboratorio el límite plástico de un suelo y el cálculo del índice de plasticidad (I.P.) si se conoce el límite líquido (L.L.) del mismo suelo

2.0 FINALIDAD Y ALCANCE

- 2.1 Se denomina límite plástico (L.P.) a la humedad más baja con la que pueden formarse barritas de suelo de unos 3,2 mm (1/8") de diámetro, rodando dicho suelo entre la palma de la mano y una superficie lisa (vidrio esmerilado), sin que dichas barritas se desmoronen
- 2.2 Este método de ensayo es utilizado como una parte integral de varios sistemas de clasificación en ingeniería para caracterizar las fracciones de grano fino de suelos (véase anexos de clasificación SUCS y AASHTO) y para especificar la fracción de grano de materiales de construcción (véase especificación ASTM D1241). El límite líquido, el límite plástico, y el índice de plasticidad de suelos con extensamente usados, tanto individual como en conjunto, con otras propiedades de suelo para correlacionarlos con su comportamiento ingenieril tal como la compresibilidad, permeabilidad, compactibilidad, contracción-expansión y resistencia al corte.
- 2.3 Los plástico de un suelo pueden utilizar con el contenido de humedad natural de un suelo para expresar su consistencia relativa o índice de liquidez y puede ser usado con el porcentaje más fino que $2\mu\text{m}$ para determinar su número de actividad

3.0 REFERENCIAS NORMATIVAS

- 3.1 NTP 339.129: SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad de suelos.

4.0 EQUIPOS Y MATERIALES E INSUMOS

- 4.1 EQUIPOS
 - 4.1.1 Espátula, de hoja flexible, de unos 75 a 100 mm (3" - 4") de longitud por 20 mm (3/4") de ancho.
 - 4.1.2 Recipiente para Almacenaje, de porcelana o similar, de 115 mm (4 1/2") de diámetro.
 - 4.1.3 Balanza, con aproximación a 0,01 g.
 - 4.1.4 Horno o Estufa, termostáticamente controlado regulable a 110 ± 5 °C.
 - 4.1.5 Tamiz, de 426 μm (N° 40).
 - 4.1.6 Agua destilada.
 - 4.1.7 Vidrios de reloj, o recipientes adecuados para determinación de humedades.
 - 4.1.8 Superficie de rodadura. Comúnmente se utiliza un vidrio grueso esmerilado.

5.0 MUESTRA

- 5.1 Si se quiere determinar sólo el L.P., se toman aproximadamente 20 g de la muestra que pase por el tamiz de 426 mm (N° 40), preparado para el ensayo de límite líquido. Se amasa con agua destilada hasta que pueda formarse con facilidad una esfera con la masa de suelo. Se toma una porción de 1,5 g a 2,0 g de dicha esfera como muestra para el ensayo.
- 5.2 El secado previo del material en horno o estufa, o al aire, puede cambiar (en general, disminuir), el límite plástico de un suelo con material orgánico, pero este cambio puede ser poco importante.
- 5.3 Si se requieren el límite líquido y el límite plástico, se toma una muestra de unos 15 g de la porción de suelo humedecida y amasada, preparada de acuerdo con la Norma MTC E 110 (determinación del límite líquido de los suelos). La muestra debe tomarse en una etapa del proceso de amasado



en que se pueda formar fácilmente con ella una esfera, sin que se pegue demasiado a los dedos al aplastarla. Si el ensayo se ejecuta después de realizar el del límite líquido y en dicho intervalo la muestra se ha secado, se añade más agua.

6.0 PROCEDIMIENTO

- 6.1 Se moldea la mitad de la muestra en forma de elipsoide y, a continuación, se rueda con los dedos de la mano sobre una superficie lisa, con la presión estrictamente necesaria para formar cilindros.
- 6.2 Si antes de llegar el cilindro a un diámetro de unos 3,2 mm (1/8") no se ha desmoronado, se vuelve a hacer una elipsoide y a repetir el proceso, cuantas veces sea necesario, hasta que se desmorone aproximadamente con dicho diámetro.

El desmoronamiento puede manifestarse de modo distinto, en los diversos tipos de suelo: En suelos muy plásticos, el cilindro queda dividido en trozos de unos 6 mm de longitud, mientras que en suelos plásticos los trozos son más pequeños.
- 6.3 Porción así obtenida se coloca en vidrios de reloj o pesa-filtros tarados, se continúa el proceso hasta reunir unos 6 g de suelo y se determina la humedad de acuerdo con la norma MTC E 108.
- 6.4 Se repite, con la otra mitad de la masa, el proceso indicado en 6.1, 6.2 y 6.3.

7.0 CALCULOS E INFORME

7.1 CALCULOS

Calcular el promedio de dos contenidos de humedad. Repetir el ensayo si la diferencia entre los dos contenidos de humedad es mayor que el rango aceptable para los dos resultados listados en la tabla 1 para la precisión de un operador.

**Tabla 1
Tabla de estimados de precisión.**

Índice de precisión y tipo de ensayo	Desviación Estándar	Rango Aceptable de dos resultados
Precisión de un operador simple		
Límite Plástico	0,9	2,6
Precisión Multilaboratorio		
Límite Plástico	3,7	10,6

El límite plástico es el promedio de las humedades de ambas determinaciones. Se expresa como porcentaje de humedad, con aproximación a un entero y se calcula así:

$$\text{Límite Plástico} = \frac{\text{Peso de agua}}{\text{Peso de suelo secado al horno}} \times 100$$

7.2 CALCULOS DE INDICE DE PLASTICIDAD

Se puede definir el índice de plasticidad de un suelo como la diferencia entre su límite líquido y su límite plástico.

$$I.P. = L.L. - L.P.$$

Donde:

- L.L. = Límite Líquido
- L.P. = Límite Plástico
- L.L. y L.P., son números enteros

- Cuando el límite líquido o el límite plástico no puedan determinarse, el índice de plasticidad se informará con la abreviatura NP (no plástico).
- Así mismo, cuando el límite plástico resulte igual o mayor que el límite líquido, el índice de plasticidad se informará como NP (no plástico).



PERÚ

Ministerio
de Transportes
y Comunicaciones

Viceministerio
de Transportes

Dirección General
de Caminos y
Ferrocarriles

8.0 PRECISION Y DISPERSION

8.1 PRECISION

8.1.1 El criterio para juzgar la aceptabilidad de los resultados de los ensayos de Límite Plástico obtenidos por este método de ensayo se da en la Tabla N° 1.

8.2 DISPERSION

8.2.1 Exactitud: No existe un valor de referencia aceptable para este método de ensayo; la exactitud no puede ser determinada.

**NORMA MTC E 115 / ASTM D
1557 “ENSAYO DE
COMPACTACIÓN (PROCTOR
MODIFICADO)”**



PERÚ

Ministerio
de Transportes
y Comunicaciones

Viceministerio
de Transportes

Dirección General
de Caminos y
Ferrocarriles

MTC E 115

COMPACTACION DE SUELOS EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGIA MODIFICADA (PROCTOR MODIFICADO)

1.0 OBJETO

- 1.1 Establecer el método de ensayo para la compactación del suelo en laboratorio utilizando una energía modificada ($2\,700\text{ kN}\cdot\text{m}/\text{m}^3$ ($56\,000\text{ pie}\cdot\text{lb}/\text{pie}^3$)).

2.0 FINALIDAD Y ALCANCE

- 2.1 Este ensayo abarca los procedimientos de compactación usados en Laboratorio, para determinar la relación entre el Contenido de Agua y Peso Unitario Seco de los suelos (curva de compactación) compactados en un molde de 101,6 ó 152,4 mm (4 ó 6 pulg) de diámetro con un pisón de 44,5 N (10 lbf) que cae de una altura de 457 mm (18 pulg), produciendo una Energía de Compactación de ($2700\text{ kN}\cdot\text{m}/\text{m}^3$ ($56000\text{ pie}\cdot\text{lb}/\text{pie}^3$)).

Nota 1. Los suelos y mezclas de suelos-agregados son considerados como suelos finos o de grano grueso o compuestos o mezclas de suelos naturales o procesados o agregados tales como grava, limo o piedra partida.

Nota 2. El equipo y procedimiento son los mismos que los propuestos por el Cuerpo de Ingenieros de Estados Unidos en 1945. La prueba de Esfuerzo Modificado es a veces referida como Prueba de Compactación de Proctor Modificado

- 2.2 Este ensayo se aplica sólo para suelos que tienen 30% ó menos en peso de sus partículas retenidas en el tamiz de 19,0 mm ($\frac{3}{4}$ " pulg).

Nota 3. Para relaciones entre Peso Unitario y Contenido de Humedad de suelos con 30% ó menos en peso de material retenido en la malla 19,0 mm ($\frac{3}{4}$ pulg) a Pesos Unitarios y contenido de humedad de la fracción que pasa la malla de 19,0 mm ($\frac{3}{4}$ pulg), ver ensayo ASTM D 4718

- 2.3 Se proporciona 3 métodos alternativos. El método usado debe ser indicado en las especificaciones del material a ser ensayado. Si el método no está especificado, la elección se basará en la gradación del material.

2.3.1 METODO "A"

- 2.3.1.1 Molde: 101,6 mm de diámetro (4 pulg)
- 2.3.1.2 Material: Se emplea el que pasa por el tamiz 4,75 mm (Nº 4).
- 2.3.1.3 Número de capas: 5
- 2.3.1.4 Golpes por capa: 25
- 2.3.1.5 Uso: Cuando el 20 % ó menos del peso del material es retenido en el tamiz 4,75 mm (Nº 4).
- 2.3.1.6 Otros Usos: Si el método no es especificado; los materiales que cumplen éstos requerimientos de gradación pueden ser ensayados usando Método B ó C.

2.3.2 METODO "B"

- 2.3.2.1 Molde: 101,6 mm (4 pulg) de diámetro.
- 2.3.2.2 Materiales: Se emplea el que pasa por el tamiz de 9,5 mm ($\frac{3}{8}$ pulg).
- 2.3.2.3 Número de Capas: 5
- 2.3.2.4 Golpes por capa: 25
- 2.3.2.5 Usos: Cuando más del 20% del peso del material es retenido en el tamiz 4,75 mm (Nº4) y 20% ó menos de peso del material es retenido en el tamiz 9,5 mm ($\frac{3}{8}$ pulg).



2.3.2.6 Otros Usos: Si el método no es especificado, y los materiales entran en los requerimientos de gradación pueden ser ensayados usando Método C.

2.3.3 METODO "C"

2.3.3.1 Molde: 152,4 mm (6 pulg) de diámetro.

2.3.3.2 Materiales: Se emplea el que pasa por el tamiz 19,0 mm (¾ pulg).

2.3.3.3 Número de Capas: 5

2.3.3.4 Golpes por Capa: 56

2.3.3.5 Uso: Cuando más del 20% en peso del material se retiene en el tamiz 9,5 mm (¾ pulg) y menos de 30% en peso es retenido en el tamiz 19,0 mm (¾ pulg).

2.3.3.6 El molde de 152,4 mm (6 pulg) de diámetro no será usado con los métodos A ó B.

Nota 4. Los resultados tienden a variar ligeramente cuando el material es ensayado con el mismo esfuerzo de compactación en moldes de diferentes tamaños.

2.4 Si el espécimen de prueba contiene más de 5% en peso de un tamaño (fracción gruesa) y el material no será incluido en la prueba se deben hacer correcciones al Peso Unitario y Contenido de Agua del espécimen de ensayo ó la densidad de campo apropiada usando el método de ensayo ASTM D 4718.

2.5 Este método de prueba generalmente producirá un Peso Unitario Seco Máximo bien definido para suelos que no drenan libremente. Si el método de ensayo se utiliza para suelos que drenan libremente, no se definirá bien el Peso Unitario Seco máximo y puede ser menor que la obtenida usando el Método de Prueba ASTM D 4253 (NTP 339.137).

2.6 Los valores de las unidades del SI son reconocidos como estándar. Los valores establecidos por las unidades de pulgadas-libras son proporcionados sólo como información.

2.6.1 En la profesión de Ingeniería es práctica común, usar indistintamente unidades que representan Masa y Fuerza, a menos que se realicen cálculos dinámicos ($F = M \cdot a$). Esto implícitamente combina dos sistemas de diferentes Unidades, que son el Sistema Absoluto y el Sistema Gravimétrico. Científicamente, no se desea combinar el uso de dos sistemas diferentes en uno estándar. Este método de prueba se ha hecho usando unidades libra-pulgada (Sistema Gravimétrico) donde la libra (lbf) representa a la Unidad de Fuerza. El uso de libra-masa (lb. m) es por conveniencia de unidades y no intenta establecer que su uso es científicamente correcto. Las conversiones son dadas en el Sistema Internacional (SI) de acuerdo al ensayo ASTM E 380. El uso de balanzas que registran libra-masa (lbm) ó registran la densidad en lbm/pie³ no se debe considerar como si no concordase con esta norma.

2.7 Este método de ensayo no hace referencia a todos los riesgos relacionadas con este uso, si los hubiera. Es responsabilidad del usuario establecer la seguridad apropiada y prácticas o pruebas confiables y así determinar la aplicabilidad de limitaciones regulatorias antes de su uso.

2.8 El suelo utilizado como relleno en Ingeniería (terraplenes, rellenos de cimentación, bases para caminos) se compacta a un estado denso para obtener propiedades satisfactorias de Ingeniería tales como: resistencia al esfuerzo de corte, compresibilidad ó permeabilidad. También los suelos de cimentaciones son a menudo compactados para mejorar sus propiedades de Ingeniería. Los ensayos de Compactación en Laboratorio proporcionan las bases para determinar el porcentaje de compactación y contenido de agua que se necesitan para obtener las propiedades de Ingeniería requeridas, y para el control de la construcción para asegurar la obtención de la compactación requerida y los contenidos de agua.

2.9 Durante el diseño de los rellenos de Ingeniería, se utilizan los ensayos de corte consolidación permeabilidad u otros ensayos que requieren la preparación de especímenes de ensayo compactado a algún contenido de agua para algún Peso Unitario. Es práctica común, primero determinar el óptimo contenido de humedad (w_o) y el Peso Unitario Seco máximo ($\gamma_{dm\acute{a}x}$) mediante un ensayo de



compactación. Los especímenes de compactación a un contenido de agua seleccionado (w), sea del lado húmedo o seco del óptimo (w_o) ó al óptimo (w_o) y a un Peso Unitario seco seleccionado relativo a un porcentaje del Peso Unitario Seco máximo ($\gamma_{dm\acute{a}x}$). La selección del contenido de agua (w), sea del lado húmedo o seco del óptimo (w_o) ó al óptimo (w_o), y el Peso Unitario Seco ($\gamma_{dm\acute{a}x}$) se debe basar en experiencias pasadas, o se deberá investigar una serie de valores para determinar el porcentaje necesario de compactación.

3.0 REFERENCIAS NORMATIVAS

- 3.1.1 NTP 339.141: Suelos. Método de ensayo para la compactación del suelo en laboratorio utilizando una energía modificada (2 700 kN-m/m³ (56 000 pie-lbf/pie³)).
- 3.1.2 ASTM D 1557: Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Modified Effort ((2 700 kN-m/m³ (56 000 pie-lbf/pie³)).

4.0 EQUIPOS Y MATERIALES

4.1 EQUIPOS

- 4.1.1 Ensamblaje del Molde.- Los moldes deben de ser cilíndricos hechos de materiales rígidos y con capacidad que se indican en 4.1.1.1 ó 4.1.1.2 de este ensayo y Figuras 1 y 2. Las paredes del molde deberán ser sólidas, partidas o ahusadas. El tipo "partido" deberá tener dos medias secciones circulares, o una sección de tubo dividido a lo largo de un elemento que se pueda cerrar en forma segura formando un cilindro que reúna los requisitos de esta sección. El tipo "ahusado" debe tener un diámetro interno tipo tapa que sea uniforme y no mida más de 16,7 mm/m (0,200 pulg/pie) de la altura del molde. Cada molde tiene un plato base y un collar de extensión ensamblado, ambos de metal rígido y contruidos de modo que puedan adherir de forma segura y fácil de desmoldar. El ensamblaje collar de extensión debe tener una altura que sobrepase la parte más alta del molde por lo menos 50,8 mm (2,0 pulg) con una sección superior que sobrepasa para formar un tubo con una sección cilíndrica recta de por lo menos 19,0 mm (0,75 pulg), por debajo de ésta.

El collar de extensión debe de alinearse con el interior del molde, la parte inferior del plato base y del área central ahuecada que acepta el molde cilíndrico debe ser plana.

- 4.1.1.1 Molde de 4 pulgadas.- Un molde que tenga en promedio 101,6 ± 0,4 mm (4,000 ± 0,016 pulg) de diámetro interior, una altura de 116,4 ± 0,5 mm (4,584 ± 0,018 pulg) y un volumen de 944 ± 14 cm³ (0,0333 ± 0,0005 pie³). Un molde con las características mínimas requeridas es mostrado en la Fig. 1.
- 4.1.1.2 Molde de 6 pulgadas.- Un molde que tenga en promedio 152,4 ± 0,7 mm (6,000 ± 0,026 pulg) de diámetro interior, una altura de: 116,4 ± 0,5mm (4,584 ± 0,018 pulg) y un volumen de 2 124 ± 25 cm³ (0,075 ± 0,0009 pie³). Un molde con las características mínimas requeridas es mostrando en Fig. 2.
- 4.1.2 Pisón ó Martillo.- Un pisón operado manualmente como el descrito en 4.1.2.1 de este ensayo ó mecánicamente como el descrito en 4.1.2.2 de este ensayo. El pisón debe caer libremente a una distancia de 457,2 ± 1,6 mm (18 ± 0,05 pulg) de la superficie de espécimen. La masa del pisón será 4,54 ± 0,01 kg (10 ± 0,02 lb-m), salvo que la masa pisón mecánico se ajuste al descrito en el Método de Ensayo ASTM D 2168 (ver Nota 5). La cara del pisón que golpea deberá ser plana y circular, excepto el nombrado en 4.1.2.3 de este ensayo con un diámetro de 50,80 ± 0,13 mm (2,000 ± 0,005 pulg), (Figuras 1 y 2). El pisón deberá ser reemplazado si la cara que golpea se desgasta ó se deforma al punto que el diámetro sobrepase los 50,800 ± 0,25 mm (2,000 ± 0,01 pulg).

Nota 5. Es práctica común y aceptable en el Sistema de libras-pulgadas asumir que la masa del pisón es igual a su masa determinada utilizado sea una balanza en kilogramos ó libras, y una libra-fuerza es igual a 1 libra-masa ó 0,4536 kg ó 1N es igual a 0,2248 libras-masa ó 0,1020 kg.

- 4.1.2.1 Pisón Manual.- El pisón deberá estar equipado con una guía que tenga suficiente espacio libre para que la caída del pisón y la cabeza no sea restringida. La guía deberá tener al menos 4 orificios de ventilación en cada extremo (8 orificios en total) localizados con centros de 19,0 ± 1,6 mm



($\frac{3}{4} \pm \frac{1}{16}$ pulg) y espaciados a 90°. Los diámetros mínimos de cada orificio de ventilación deben ser 9,5 mm ($\frac{3}{8}$ pulg). Orificios adicionales ó ranuras pueden ser incorporados en el tubo guía.

- 4.1.2.2 Pisón Mecánico Circular.- El pisón puede ser operado mecánicamente de tal manera que proporcione una cobertura completa y uniforme de la superficie del espécimen. Debe haber $2,5 \pm 0,8$ mm ($0,10 \pm 0,03$ pulg) de espacio libre entre el pisón y la superficie interna del molde en su diámetro más pequeño. El pisón mecánico debe cumplir los requisitos de calibración requeridos por el Método de Ensayo ASTM D 2168. El pisón mecánico debe estar equipado con medios mecánicos capaz de soportar el pisón cuando no está en operación.
- 4.1.2.3 Pisón Mecánico.- Cuando es usado un molde de 152,4mm (6,0 pulg), un sector de la cara del pisón se debe utilizar en lugar del pisón de cara circular. La cara que contacta el espécimen tendrá la forma de un sector circular de radio igual a $73,7 \pm 0,5$ mm ($2,90 \pm 0,02$ pulg). El pisón se operará de tal manera que los orificios del sector se ubiquen en el centro del espécimen.
- 4.1.3 Extractor de Muestras (opcional).- Puede ser una gata, estructura u otro mecanismo adaptado con el propósito de extraer los especímenes compactados del molde.
- 4.1.4 Balanza.- Una balanza de tipo GP5 que reúna los requisitos de la Especificación ASTM D 4753, para una aproximación de 1 gramo.
- 4.1.5 Horno de Secado.- Con control termostático preferiblemente del tipo de ventilación forzada, capaz de mantener una temperatura uniforme de 110 ± 5 °C a través de la cámara de secado.

4.2 MATERIALES

- 4.2.1 Regla.- Una regla recta metálica, rígida de una longitud conveniente pero no menor que 254 mm (10 pulgadas). La longitud total de la regla recta debe ajustarse directamente a una tolerancia de $\pm 0,1$ mm ($\pm 0,005$ pulg). El borde de arrastre debe ser biselado si es más grueso que 3 mm ($1/8$ pulg).
- 4.2.2 Tamices ó Mallas.- De 19,0 mm ($\frac{3}{4}$ pulg), 9,5 mm ($\frac{3}{8}$ pulg) y 4,75mm (Nº 4), conforme a los requisitos de la especificaciones ASTM E11.
- 4.2.3 Herramientas de Mezcla.- Diversas herramientas tales como cucharas, morteros, mezclador, paleta, espátula, botella de spray, etc. ó un aparato mecánico apropiado para la mezcla completo de muestra de suelo con incrementos de agua.

5.0 MUESTRA

- 5.1 La masa de la muestra requerida para el Método A y B es aproximadamente 16 kg (35 lbm) y para el Método C es aproximadamente 29 kg (65 lbm) de suelo seco. Debido a esto, la muestra de campo debe tener un peso húmedo de al menos 23 kg (50 lbm) y 45 kg (100 lbm) respectivamente.
- 5.2 Determinar el porcentaje de material retenido en la malla 4,75mm (Nº 4), 9,5mm ($\frac{3}{8}$ pulg) ó 19.0mm ($\frac{3}{4}$ pulg) para escoger el Método A, B ó C. Realizar esta determinación separando una porción representativa de la muestra total y establecer los porcentajes que pasan las mallas de interés mediante el Método de Análisis por tamizado de Agregado Grueso y Fino (NTP 339.128 ó ASTM C 136). Sólo es necesario para calcular los porcentajes para un tamiz ó tamices de las cuales la información que se desea.

6.0 PROCEDIMIENTO

6.1 PREPARACION DE APARATOS

- 6.1.1 Seleccionar el molde de compactación apropiado de acuerdo con el Método (A, B ó C) a ser usado. Determinar y anotar su masa con aproximación a 1 gramo. Ensamblar el molde, base y collar de extensión. Chequear el alineamiento de la pared interior del molde y collar de extensión del molde. Ajustar si es necesario.
- 6.1.2 Revise que el ensamblado del pisón esté en buenas condiciones de trabajo y que sus partes no estén flojas ó gastado. Realizar cualquier ajuste ó reparación necesaria. Si los ajustes ó reparaciones son hechos, el martillo deberá volver a ser calibrado.



- 6.1.3 Calibración de los siguientes aparatos antes del uso inicial, después de reparaciones u otros casos que puedan afectar los resultados del ensayo, en intervalos no mayores que 1 000 muestras ensayadas o anualmente, cualquiera que ocurra primero; para los siguientes aparatos.
- Balanza.- Evaluar de acuerdo con especificaciones ASTM D 4753 (Especificaciones, Evaluación, Selección y Elección de Balanzas y Escalas para uso muestras de suelos y rocas.)
 - Moldes.- Determinar el volumen como se describe en Anexo A1.
 - Pisón Manual.- Verifique la distancia de caída libre, masa del pisón y la cara del pisón de acuerdo con 4.1.2 de este ensayo. Verificar los requisitos de la guía de acuerdo con 4.1.2.1 de este ensayo.
 - Pisón Mecánico.- Calibre y ajuste el pisón mecánico de acuerdo al Método de Ensayo ASTM D 2168 (Calibración de Pisón Mecánico de Compactación de Suelos en Laboratorio) Además, el espacio libre entre el pisón y la superficie interior del molde debe verificarse de acuerdo a 4.1.2.2 de este ensayo.
- 6.2 PREPARACION DEL ENSAYO
- 6.2.1 SUELOS
- 6.2.1.1 No vuelva a usar el suelo que ha sido compactado previamente en Laboratorio.
- 6.2.1.2 Utilice el método de preparación húmedo y cuando se ensaye con suelos que contienen hallosita hidratada o donde la experiencia con determinados suelos indica que los resultados pueden ser alterados por el secado al aire, (ver 6.2.2 de este ensayo).
- 6.2.1.3 Preparar los especímenes del suelo para el ensayo de acuerdo al párrafo 6.2.2 (de preferencia) o con 6.2.3 de este ensayo.
- 6.2.2 METODO DE PREPARACION HUMEDA (PREFERIBLE)
- 6.2.2.1 Sin secado previo de la muestra, pásela a través del tamiz 4,75mm (Nº 4); 9,5mm ($\frac{3}{8}$ pulg) ó 19,0 mm ($\frac{3}{4}$ pulg), dependiendo del Método a ser usado (A, B ó C). Determine el contenido de agua del suelo procesado.
- 6.2.2.2 Prepare mínimo cuatro (preferiblemente cinco) especímenes con contenidos de agua de modo que éstos tengan un contenido de agua lo más cercano al óptimo estimado. Un espécimen que tiene un contenido de humedad cercano al óptimo deberá ser preparado primero, añadiendo al cálculo agua y mezcla (ver Nota 6). Seleccionar los contenidos de agua para el resto de los especímenes de tal forma que resulten por lo menos dos especímenes húmedos y dos secos de acuerdo al contenido óptimo de agua, que varíen alrededor del 2%. Como mínimo es necesario dos contenidos de agua en el lado seco y húmedo del óptimo para definir exactamente la curva de compactación del peso seco unitario (ver 7.1.1 de este ensayo). Algunos suelos con muy alto óptimo contenido de agua ó una curva de compactación relativamente plana requieren grandes incrementos de contenido de agua para obtener un Peso Unitario Seco Máximo bien definido. Los incrementos de contenido de agua no deberán excederán de 4%.
- Nota 6.** Con la práctica es posible juzgar visualmente un punto cercano al óptimo contenido de agua. Generalmente, el suelo en un óptimo contenido de agua puede ser comprimido y quedar así cuando la presión manual cesa, pero se quebrará en dos secciones cuando es doblada. En contenidos de agua del lado seco del óptimo, los suelos tienden a desintegrarse; del lado húmedo del óptimo, se mantienen unidos en una masa cohesiva pegajosa. El óptimo contenido de humedad frecuentemente es ligeramente menor que el límite plástico.
- 6.2.2.3 Usar aproximadamente 2,3 kg (5 lbm) del suelo tamizado en cada espécimen que se compacta empleando el Métodos A ó B; ó 5,9 kg (13 lbm) cuando se emplee el Método C. Para obtener los contenidos de agua del espécimen que se indica en 6.2.2.2 de este ensayo, añada o remueva las cantidades requeridas de agua de la siguiente manera: Añada poco a poco el agua al suelo durante la mezcla; para sacar el agua, deje que el suelo se seque en el aire a una temperatura de ambiente o en un aparato de secado de modo que la temperatura de la muestra no exceda de 60°C (140°F).



Mezclar el suelo continuamente durante el proceso de secado para mantener la distribución del contenido agua en todas partes y luego colóquelo aparte en un contenedor con tapa y ubíquelo de acuerdo con la Tabla N°1 antes de la compactación. Para seleccionar un tiempo de espera, el suelo debe ser clasificado o seleccionado mediante el método de ensayo NTP 339.134, la práctica ASTM D 2488 o mediante datos de otras muestras del mismo material de origen. Para ensayos de determinación, la clasificación deberá ser por Método de ensayo NTP 339.134 (ASTM D 2487)

6.2.3 METODO DE PREPARACION EN SECO

6.2.3.1 Si la muestra está demasiado húmeda, reducir el contenido de agua por secado al aire hasta que el material sea friable. El secado puede ser al aire o por el uso de un aparato de secado tal que la temperatura de la muestra no exceda de 60 °C. Disgregar por completo los grumos de tal forma de evitar quebrar las partículas individuales. Pasar el material por el tamiz apropiado: 4,75 mm (Nº4); 9,5 mm (¾ pulg) ó 19,0 mm (¾ pulg). Durante la preparación del material granular que pasa la malla ¾ pulg para la compactación en el molde de 6 pulgadas, disgregar o separar los agregados lo suficientemente para que pasen el tamiz 9,5 mm (¾ pulg) de manera de facilitar la distribución de agua a través del suelo en el mezclado posterior.

6.2.3.2 Preparar mínimo cuatro (preferiblemente cinco) especímenes de acuerdo con 6.2.2.2.

6.2.3.3 Usar aproximadamente 2,3 kg (5 lbm) del suelo tamizado para cada espécimen a ser compactado cuando se emplee el Método A, B ó 5,9 kg (13 libras) cuando se emplee el Método C. Añadir las cantidades requeridas de agua para que los contenidos de agua de los especímenes tengan los valores descritos en 6.2.2.2 de este ensayo. Seguir la preparación del espécimen por el procedimiento especificado en 6.2.2.3 de este ensayo para los suelos secos ó adicionar agua en el suelo y el curado de cada espécimen de prueba.

6.2.4 Compactación.- Después del curado, si se requiere, cada espécimen se compactará de la siguiente manera:

6.2.4.1 Determinar y anotar la masa del molde ó molde y el plato de base.

6.2.4.2 Ensamble y asegure el molde y el collar al plato base. El molde se apoyará sobre un cimiento uniforme y rígido, como la proporcionada por un cilindro o cubo de concreto con una masa no menor de 91 kg (200 lbm). Asegurar el plato base a un cimiento rígido. El método de unión al cimiento rígido deberá permitir un desmolde fácil del molde ensamblado, el collar y el plato base después que se concluya la compactación.

6.2.4.3 Compactar el espécimen en cinco capas. Después de la compactación, cada capa deberá tener aproximadamente el mismo espesor. Antes de la compactación, colocar el suelo suelto dentro del molde y extenderlo en una capa de espesor uniforme. Suavemente apisonar el suelo antes de la compactación hasta que este no esté en estado suelto o esponjoso, usando el pisón manual de compactación o un cilindro de 5 mm (2 pulg) de diámetro. Posteriormente a la compactación de cada uno de las cuatro primeras capas, cualquier suelo adyacente a las paredes del molde que no han sido compactado o extendido cerca de la superficie compactada será recortada. El suelo recortado puede ser incluido con el suelo adicional para la próxima capa. Un cuchillo ú otro aparato disponible puede ser usado. La cantidad total de suelo usado será tal que la quinta capa compactada se extenderá ligeramente dentro del collar, pero no excederá 6 mm (1/4 pulg) de la parte superior del molde. Si la quinta capa se extiende en más de 6 mm (1/4 pulg) de la parte superior del molde, el espécimen será descartado. El espécimen será descartado cuando el último golpe del pisón para la quinta capa resulta por debajo de la parte superior del molde de compactación.

6.2.4.4 Compactar cada capa con 25 golpes para el molde de 101,6 mm (4 pulg) ó 56 golpes para el molde de 152,4 mm (6 pulgadas).

Nota 7. Cuando los especímenes de compactación se humedecen más que el contenido de agua óptimo, pueden producirse superficies compactadas irregulares y se requerirá del juicio del operador para la altura promedio del espécimen.



- 6.2.4.5 Al operar el pisón manual del pisón, se debe tener cuidado de evitar la elevación de la guía mientras el pisón sube. Mantener la guía firmemente y dentro de 5° de la vertical. Aplicar los golpes en una relación uniforme de aproximadamente 25 golpes/minuto y de tal manera que proporcione una cobertura completa y uniforme de la superficie del espécimen.
- 6.2.4.6 Después de la compactación de la última capa, remover el collar y plato base del molde, excepto como se especifica en 6.2.4.7 de este ensayo. El cuchillo debe usarse para ajustar o arreglar el suelo adyacente al collar, soltando el suelo del collar y removiendo sin permitir el desgarro del suelo bajo la parte superior del molde.
- 6.2.4.7 Cuidadosamente enrasar el espécimen compactado, por medio de una regla recta a través de la parte superior e inferior del molde para formar una superficie plana en la parte superior e inferior del molde. Un corte inicial en el espécimen en la parte superior del molde con un cuchillo puede prevenir la caída del suelo por debajo de la parte superior del molde. Rellenar cualquier hoyo de la superficie, con suelo no usado o cortado del espécimen, presionar con los dedos y vuelva a raspar con la regla recta a través de la parte superior e inferior del molde. Repetir las operaciones anteriores en la parte inferior del espécimen cuando se halla determinado el volumen del molde sin el plato base. Para suelos muy húmedos o muy secos, se perderá suelo o agua si el plato base se remueve. Para estas situaciones, dejar el plato base fijo al molde. Cuando se deja unido el plato base, el volumen del molde deberá calibrarse con el plato base unido al molde o a un plato de plástico o de vidrio como se especifica en el anexo A1 (A.1.4.1 de este ensayo).
- 6.2.4.8 Determine y registre la masa del espécimen y molde con aproximación al gramo. Cuando se deja unido el plato base al molde, determine y anote la masa del espécimen, molde y plato de base con aproximación al gramo.
- 6.2.4.9 Remueva el material del molde. Obtener un espécimen para determinar el contenido de agua utilizando todo el espécimen (se refiere este método) o una porción representativa. Cuando se utiliza todo el espécimen, quíbrelo para facilitar el secado. De otra manera se puede obtener una porción cortando axialmente por el centro del espécimen compactado y removiendo 500 g del material de los lados cortados. Obtener el contenido de humedad de acuerdo al Método ensayo NTP 339.127.

7.0 CALCULOS E INFORME

7.1 CALCULOS

- 7.1.1 Calcule el Peso Unitario Seco y Contenido de Agua para cada espécimen compactado como se explica en 7.1.3 y 7.1.4 de este ensayo, plotee los valores y dibuje la curva de compactación como una curva suave a través de los puntos (ver ejemplo, Fig. 3). Plotee el Peso Unitario Seco con aproximación $0,2 \text{ kN/m}^3$ ($0,1 \text{ lbf/pe}^3$) y contenido de agua aproximado a 0,1%. En base a la curva de compactación, determine el Óptimo Contenido de Agua y el Peso Unitario Seco Máximo. Si más de 5% en peso del material sobredimensionado (tamaño mayor) fue removido de la muestra, calcular el Peso unitario seco máximo y óptimo contenido de Humedad corregido del material total usando la Norma ASTM D 4718. Esta corrección debe realizarse en el espécimen de ensayo de densidad de campo, más que al espécimen de ensayo de laboratorio.
- 7.1.2 Plotear la curva de saturación al 100%. Los valores de contenido de agua para la condición de 100% de saturación puede ser calculadas como se explica en 7.1.5 de este ensayo (ver ejemplo, Fig. 3).

Nota 8. La curva de saturación al 100% es una ayuda al diseñar la curva de compactación. Para suelos que contienen más de 10% de finos a contenidos de agua que superan el óptimo, las dos curvas generalmente llegan a ser aproximadamente paralelas con el lado húmedo de la curva de compactación entre 92 á 95% de saturación. Teóricamente, la curva de compactación no puede ser ploteada o trazarse a la derecha de la curva de 100% de saturación. Si esto ocurre, hay un error en la gravedad específica, en las mediciones, en los cálculos, en procedimientos de ensayo o en el ploteo.



Nota 9. La curva de 100% de saturación se denomina algunas veces como curva de relación de vacíos cero o la curva de saturación completa.

- 7.1.3 Contenido de Agua, w.- Calcular de acuerdo con Método de Ensayo NTP 339.127.
- 7.1.4 Peso Unitario Seco.- Calcular la densidad húmeda (ecuación 1), la densidad seca (ecuación 2) y luego el Peso Unitario Seco (ecuación 3) como sigue:

$$\rho_m = 1000 \times \frac{(M_t - M_{md})}{V} \quad (1)$$

Donde:

- ρ_m = Densidad Húmeda del espécimen compactado (Mg/m³)
- M_t = Masa del espécimen húmedo y molde (kg)
- M_{md} = Masa del molde de compactación (kg)
- V = Volumen del molde de compactación (m³) (Ver Anexo A1)

$$\rho_d = \frac{\rho_m}{1 + \frac{w}{100}} \quad (2)$$

Donde:

- ρ_d = Densidad seca del espécimen compactado (Mg/m³)
- w = contenido de agua (%)

$$\begin{aligned} \gamma_d &= 62,43 \rho_d \text{ en lbf/ pie}^3 & (3) \\ \gamma_d &= 9,807 \rho_d \text{ en kN/m}^3 \end{aligned}$$

Donde:

- γ_d = peso unitario seco del espécimen compactado.

- 7.1.5 En el cálculo de los puntos para el ploteo de la curva de 100% de saturación o curva de relación de vacíos cero del peso unitario seco, seleccione los valores correspondientes de contenido de agua a la condición de 100% de saturación como sigue:

$$W_{sat} = \frac{(\gamma_w)(G_s) - \gamma_d}{(\gamma_d)(G_s)} \times 100 \quad (4)$$

Donde:

- W_{sat} = Contenido de agua para una saturación completa (%).
- γ_w = Peso unitario del agua 9,807kN/m³ ó (62,43 lbf/ pie³).
- γ_d = Peso unitario seco del suelo.
- G_s = Gravedad específica del suelo.

Nota 10. La gravedad específica puede ser calculada para los especímenes de prueba en base de datos de ensayos de otras muestras de la misma clasificación de suelo y origen. De otro modo sería necesario el ensayo de Gravedad Específica NTP 339.131.

7.2 INFORME

- 7.2.1 Reportar la siguiente información:
 - 7.2.1.1 Procedimiento usado (A, B o C).
 - 7.2.1.2 Método usado para la preparación (húmedo ó seco).
 - 7.2.1.3 El contenido de agua recibida, si se determinó.
 - 7.2.1.4 El óptimo Contenido de Agua Modificado, con aproximación al 0,5 %.



- 7.2.1.5 El Peso Unitario Seco Máximo, con aproximación a $0,5 \text{ lbf/pe}^3$.
- 7.2.1.6 Descripción del Pisón (Manual ó Mecánico).
- 7.2.1.7 Datos del tamizado del suelo para la determinación del procedimiento (A, B ó C) empleado.
- 7.2.1.8 Descripción o Clasificación del material usado en la prueba (ASTM D 2488, NTP 339.134).
- 7.2.1.9 Gravedad Específica y Método de Determinación.
- 7.2.1.10 Origen del material usado en el ensayo, por ejemplo, proyecto, lugar, profundidad, etc.
- 7.2.1.11 Ploteo de la Curva de Compactación mostrando los puntos de compactación utilizados para establecerla y la curva de compactación y la curva de 100% saturación, el punto de Peso Unitario Seco Máximo y Optimo Contenido de Agua.
- 7.2.1.12 El dato de Corrección por Fracción Sobredimensionada si es usado, incluyendo la fracción sobredimensionada (Fracción Gruesa), P_c en %.

8.0 PRECISION Y DISPERSION

- 8.1 PRECISION.- Todos los datos están siendo evaluados para determinar la precisión de este método de ensayo. Además los datos pertinentes están siendo solicitados por los usuarios de este método de ensayo.
- 8.2 CONFIABILIDAD.- No es posible obtener la información sobre la confiabilidad porque no existe otros métodos de determinación de valores de máximo Peso Unitario Seco Modificada y Optimo Contenido de Humedad.



PERÚ

Ministerio
de Transportes
y Comunicaciones

Viceministerio
de Transportes

Dirección General
de Caminos y
Ferrocarriles

ANEXO

(INFORMACION OBLIGATORIA)

A1. VOLUMEN DEL MOLDE DE COMPACTACION

A1.1. OBJETIVO

A1.1.1. Este anexo describe el procedimiento para la determinación del volumen del molde de compactación.

A1.1.2. El volumen es determinado por un método de llenado con agua y chequeado con un método de medición lineal.

A1.2. APARATOS

A1.2.1. En adición a los aparatos listados en la sección 4, los siguientes ítems son requeridos:

A1.2.1.1 Vernier o Dial Calibrado, graduado en un rango de 0 a 150 mm (0 a 6 pulg) y sensibilidad de 0,02 mm (0,001 pulg).

A1.2.1.2 Micrómetro Interior, graduado en un rango de 50 a 300 mm (2 a 12 pulg) y aproximación de lectura a 0,02 mm (0,001 pulg).

A1.2.1.3 Platos de Plástico ó Vidrio, Dos platos de vidrio o plástico de de espesor 200 mm² por 6 mm (8 pulg² por 1/4 pulg).

A1.2.1.4 Termómetro, de un rango de 0 - 50 °C, con graduaciones cada 0,5 °C, de acuerdo a las Especificaciones ASTM E 1.

A1.2.1.5 Llave de cierre engrasada o sellador similar.

A1.2.1.6 Equipo diverso; jeringa de pera, secadores, etc.

A1.3. PRECAUCIONES

A1.3.1. Desarrollar este procedimiento en un área aislada de corrientes de aire y fluctuaciones extremas de temperatura.

A1.4. PROCEDIMIENTO

A1.4.1. Método de Llenado de agua:

A1.4.1.1 Engrasar ligeramente la base del molde de compactación y colocarlo en uno de los platos de plástico ó vidrio. Engrasar ligeramente la parte superior del molde. Tener cuidado de no engrasar el interior del molde. Si es necesario usar el plato base, como se anota en 6.2.4.7 de este ensayo., colocar al molde engrasado en el plato base y asegurar con los tornillos sujetadores.

A1.4.1.2 Determinar la masa del molde engrasado y platos de vidrio o plástico con aproximación al 1 g (0,01 lb-m).

A1.4.1.3 Colocar el molde y la base del plato en una superficie nivelada, firme y llenar el molde con agua ligeramente hasta los bordes.

A1.4.1.4 Deslizar el segundo plato sobre el borde superior del molde de tal manera que el molde quede completamente lleno de agua y sin burbujas de aire atrapadas. Añadir o quitar agua si es necesario, con la jeringa bombilla.

A1.4.1.5 Secar completamente cualquier exceso de agua del exterior del molde y platos.

A1.4.1.6 Determinar el peso del molde, platos y agua y registrar con aproximación a 1 g (0,01 lb-m).

A1.4.1.7 Determinar la temperatura del agua en el molde con aproximación 1 °C y registrar. Determinar la densidad absoluta del agua según la Tabla A1.1.

A1.4.1.8 Calcular el peso del agua en el molde restando el peso determinado en A1.4.1.2. del registrado en A1.4.1.6.



- A1.4.1.9 Calcular el volumen de agua dividiendo el peso del agua por la densidad de agua y registrar con aproximación a 1 cm³ (0,0001 pie³).
- A1.4.1.10 Cuando el plato de base es usado para la calibración del volumen del molde repetir los pasos A1.4.1.3 al A1.4.1.9.
- A1.4.2 Método de Mediciones Lineales:
 - A1.4.2.1 Usando el vernier calibrador o el micrómetro interior, medir el diámetro del molde seis veces la parte superior del molde y seis veces en la parte inferior del molde, espaciando proporcionalmente cada una de las seis mediciones alrededor de la circunferencia del molde. Registrar valores con aproximación a 0,02 mm (0,001 pulgadas).
 - A1.4.2.2 Usando el vernier calibrador, medir la altura interior del molde realizando tres medidas igualmente espaciados alrededor de la circunferencia del molde. Registrar los valores con aproximación 0,02 mm (0,001 pulgadas).
 - A1.4.2.3 Calcular el promedio del diámetro de la parte superior del molde, promedio del diámetro de la parte inferior del molde y la altura.
 - A1.4.2.4 Calcular el volumen del molde y registrar con aproximación a 1 cm³ (0,0001 pie³) utilizando la ecuación A1a (para pulgadas-libra) ó A1b (para SI):

$$V = \frac{(\pi)(h)(d_t + d_b)^2}{(16)(1728)} \quad (A.1.a)$$

$$V = \frac{(\pi)(h)(d_t + d_b)^2}{(16)(10)^3} \quad (A.1.b)$$

Donde:

- V = Volumen de molde, cm³, (pie³)
- H = Promedio de altura, mm, (pulg).
- dt = Promedio de diámetro de la parte superior, mm (pulg)
- db = Promedio de diámetro de la parte inferior, mm (pulg)
- 1/1728 = Constante para convertir pulg³ a pie³
- 1/103 = Constante para convertir mm³ a cm³

- A1.5. Comparación de Resultados
 - A1.5.1 El volumen obtenido por otro método debe estar dentro de los requisitos de tolerancia de 4.1.1.1. y 4.1.1.2.
 - A1.5.2 La diferencia entre los dos métodos no debe ser mayor que 0,5 % del volumen nominal del molde.
 - A1.5.3 Repetir la determinación de volumen si estos criterios no concuerdan.
 - A1.5.4 La falla en la obtención de un acuerdo satisfactorio entre los dos métodos incluso después de varias tentativas, es una indicación que el molde se encuentra muy deformado y debe ser reemplazado.
 - A1.5.5 Emplear el volumen del molde determinado, con el método de llenado en agua, como el valor de volumen asignado para cálculo de humedad y densidad seca (ver 7.1.4).

Tabla 1
Tiempo de permanencia requerido para saturación de especímenes

Clasificación	Tiempo de permanencia mínimo en horas
GW, GP, SW, SP	No se requiere
GM, SM	3
Todos los demás suelos	16



Tabla 2
Equivalencia métricas para las figuras N° 1 y 2

Pulgadas	milímetros
0,016	0,41
0,026	0,66
0,032	0,81
0,028	0,71
½	12,70
2 ½	63,50
2 ⅝	66,70
4	101,60
4 ½	114,30
4,584	116,43
4 ¾	120,60
6	152,4
6 ½	165,10
6 ⅝	168,30
6 ¾	171,40
8 ¼	208,60

pie ³	cm ³
1/30 (0,0333)	943
0,0005	14
1/13,333 (0,0750)	2 124
0,0011	31

Tabla A.1.1
Densidad del Agua

Temperatura °C (°F)	Densidad del Agua g/ml
18 (64,4)	0,99862
19 (66,2)	0,99843
20 (68,0)	0,99823
21 (69,8)	0,99802
22 (71,6)	0,99779
23 (73,4)	0,99756
24 (75,2)	0,99733
25 (77,0)	0,99707
26 (78,8)	0,99681

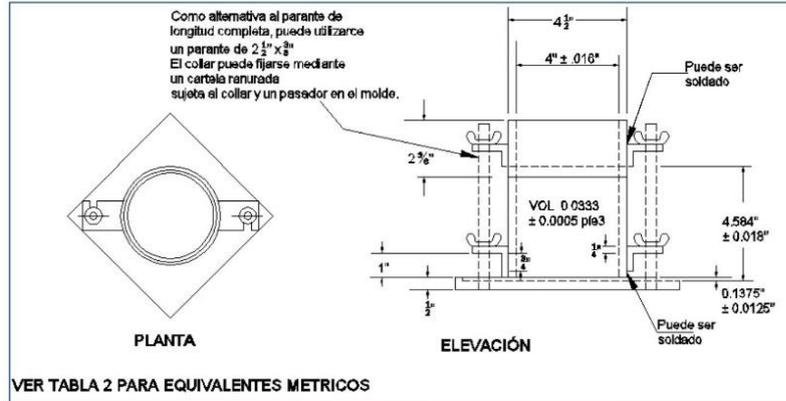


Figura 1: Molde cilíndrico de 4,0 pulg

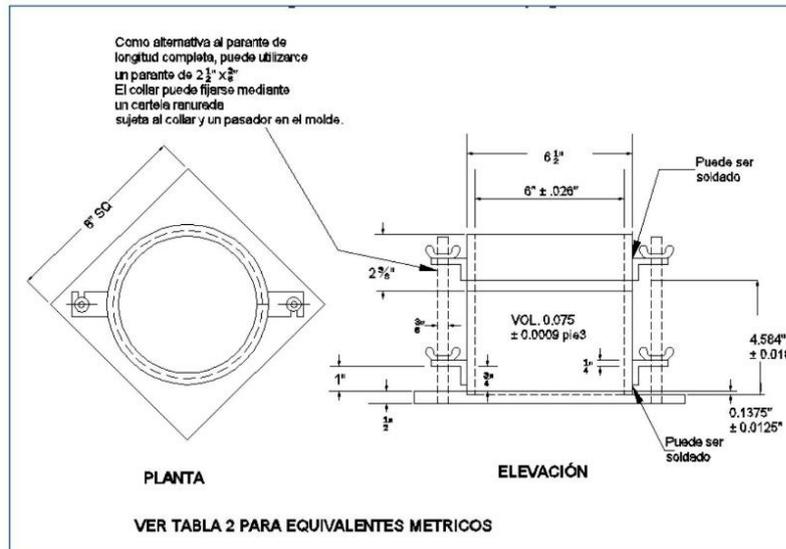


Figura 2: Molde cilíndrico de 6,0 pulg

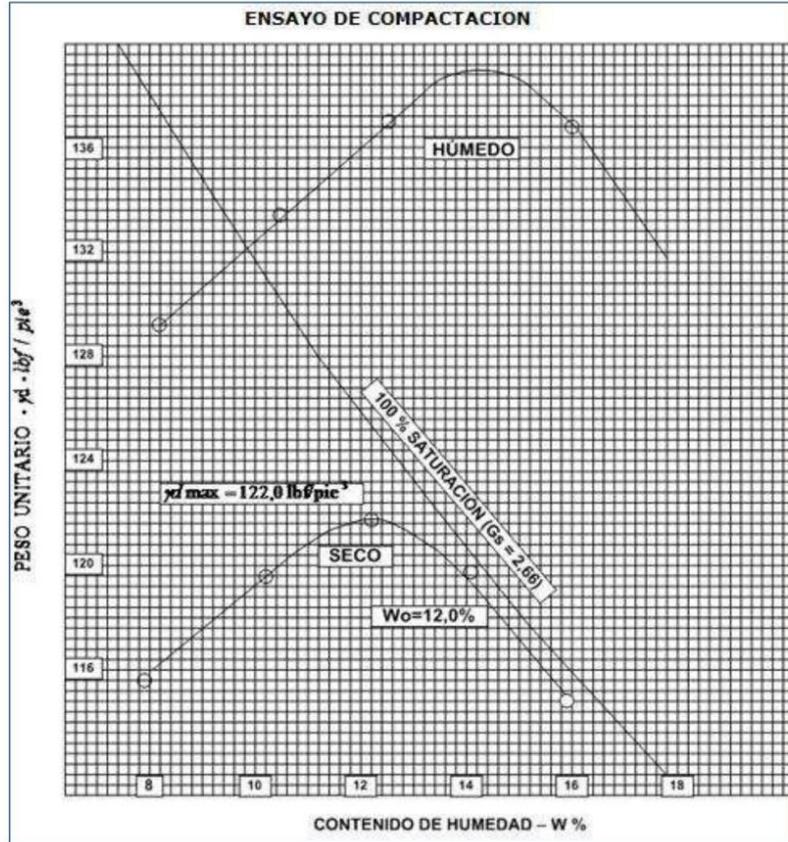


Figura 3. Ejemplo de Gráfico de Curva de Compactación

**NORMA MTC E 132 / ASTM D
1883 “CBR EN SUELOS
(LABORATORIO)”**

**PERU**Ministerio
de Transportes
y ComunicacionesViceministerio
de TransportesDirección General
de Caminos y
Ferrocarriles**MTC E 132****CBR DE SUELOS (LABORATORIO)****1.0 OBJETO**

- 1.1 Describe el procedimiento de ensayo para la determinación de un índice de resistencia de los suelos denominado valor de la relación de soporte, que es muy conocido, como CBR (California Bearing Ratio). El ensayo se realiza normalmente sobre suelo preparado en el laboratorio en condiciones determinadas de humedad y densidad; pero también puede operarse en forma análoga sobre muestras inalteradas tomadas del terreno.

2.0 FINALIDAD Y ALCANCE

- 2.1 Este método de ensayo se usa para evaluar la resistencia potencial de subrasante, subbase y material de base, incluyendo materiales reciclados para usar en pavimentos de vías y de campos de aterrizaje. El valor de CBR obtenido en esta prueba forma una parte integral de varios métodos de diseño de pavimento flexible.
- 2.2 Para aplicaciones donde el efecto del agua de compactación sobre el CBR es mínimo, tales como materiales no-cohesivos de granos gruesos, o cuando sea permisible para el efecto de diferenciar los contenidos de agua de compactación en el procedimiento de diseño, el CBR puede determinarse al óptimo contenido de agua de un esfuerzo de compactación especificado. El peso unitario seco especificado es normalmente el mínimo porcentaje de compactación permitido por la especificación de compactación de campo de la entidad usuaria.
- 2.3 Para aplicaciones donde el efecto del contenido de agua de compactación en el CBR es desconocido o donde se desee explicar su efecto, el CBR se determina para un rango de contenidos de agua, generalmente el rango de contenido de agua permitido para la compactación de campo por la especificación de compactación en campo de la entidad usuaria.
- 2.4 Los criterios para la preparación del espécimen de prueba con respecto a materiales cementados (y otros) los cuales recuperan resistencia con el tiempo, deben basarse en una evaluación geotécnica de ingeniería. Según sea dirigido por un ingeniero, los mismos materiales cementados deberán ser curados adecuadamente hasta que puedan medirse las relaciones de soporte que representen las condiciones de servicio a largo plazo.
- 2.5 Este índice se utiliza para evaluar la capacidad de soporte de los suelos de subrasante y de las capas de base, subbase y de afirmado.
- 2.6 Este modo operativo hace referencia a los ensayos para determinación de las relaciones de Peso Unitario - Humedad, usando un equipo modificado.

3.0 REFERENCIAS NORMATIVAS

- 3.1 ASTM D 1883: Standard Test Method for CBR (California Bearing Ratio) of Laboratory-Compacted Soils.

4.0 EQUIPOS Y MATERIALES**4.1 EQUIPOS**

- 4.1.1 Prensa similar a las usadas en ensayos de compresión, utilizada para forzar la penetración de un pistón en el espécimen. El pistón se aloja en el cabezal y sus características deben ajustarse a las especificadas en el numeral 4.1.7.

El desplazamiento entre la base y el cabezal se debe poder regular a una velocidad uniforme de 1,27 mm (0,05") por minuto. La capacidad de la prensa y su sistema para la medida de carga debe ser de 44,5 kN (10000 lbf) o más y la precisión mínima en la medida debe ser de 44 N (10 lbf) o menos.

- 4.1.2 Molde, de metal, cilíndrico, de 152,4mm \pm 0,66 mm (6 \pm 0,026") de diámetro interior y de 177,8 \pm 0,46 mm (7 \pm 0,018") de altura, provisto de un collar de metal suplementario de 50,8 mm (2,0")



de altura y una placa de base perforada de 9,53 mm (3/8") de espesor. Las perforaciones de la base no excederán de 1,6 mm (28 1/16") las mismas que deberán estar uniformemente espaciadas en la circunferencia interior del molde de diámetro (Figura 1a). La base se deberá poder ajustar a cualquier extremo del molde.

- 4.1.3 Disco espaciador, de metal, de forma circular, de 150,8 mm (5 15/16") de diámetro exterior y de $61,37 \pm 0,127$ mm ($2,416 \pm 0,005$ ") de espesor (Figura 1b), para insertarlo como falso fondo en el molde cilíndrico durante la compactación.
- 4.1.4 Pisón de compactación como el descrito en el modo operativo de ensayo Proctor Modificado, (equipo modificado).

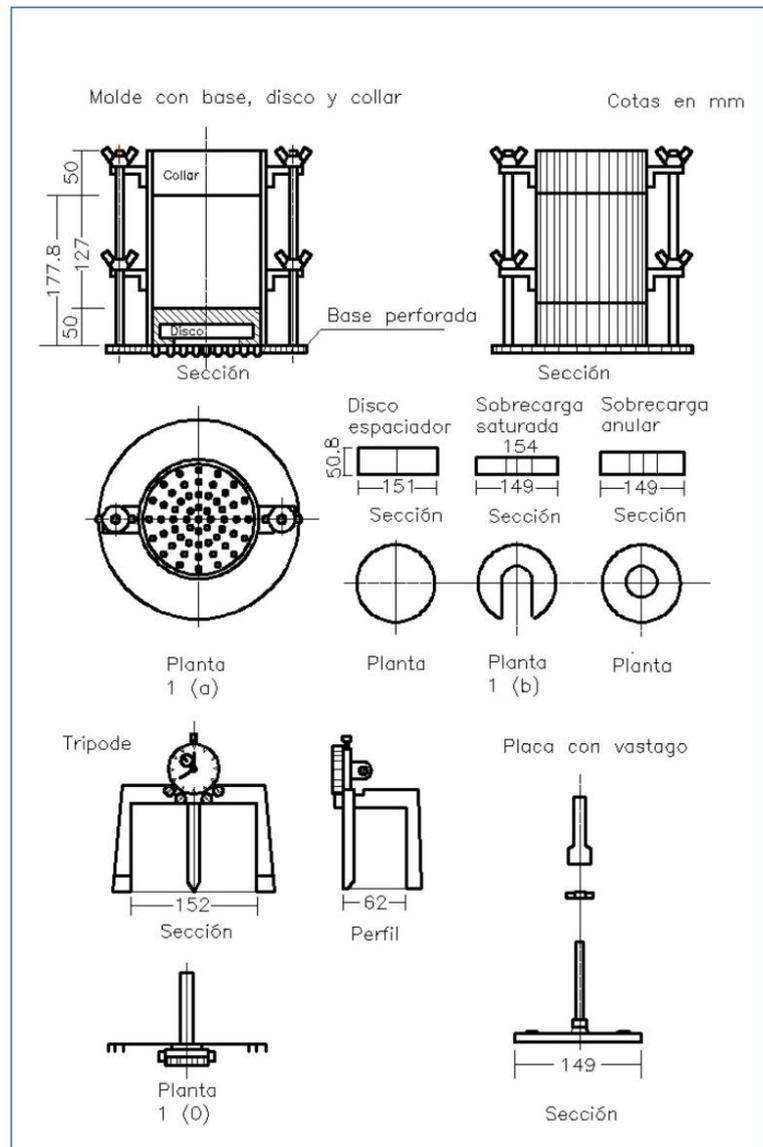


Figura 1.

4.1.5 Aparato medidor de expansión compuesto por:

- Una placa de metal perforada, por cada molde, de 149,2 mm (5 7/8") de diámetro, cuyas perforaciones no excedan de 1,6 mm (1/16") de diámetro. Estará provista de un vástago en el centro con un sistema de tornillo que permita regular su altura (Figura 1d).
- Un trípode cuyas patas puedan apoyarse en el borde del molde, que lleve montado y bien sujeto en el centro un dial (deformímetro), cuyo vástago coincida con el de la placa, de forma que permita controlar la posición de éste y medir la expansión, con aproximación de 0,025 mm (0,001") (véase Figura 1c).

4.1.6 Pesas. Uno o dos pesas anulares de metal que tengan una masa total de $4,54 \pm 0,02$ kg y pesas ranuradas de metal cada una con masas de $2,27 \pm 0,02$ kg. Las pesas anular y ranurada deberán tener 5 7/8" a 5 15/16" (149,23 mm a 150,81 mm) en diámetro; además de tener la pesa, anular un agujero central de 2 1/8" aproximado (53,98 mm) de diámetro.

4.1.7 Pistón de penetración, metálico de sección transversal circular, de $49,63 \pm 0,13$ mm ($1,954 \pm 0,005$ ") de diámetro, área de 19,35 cm² (3 pulg²) y con longitud necesaria para realizar el ensayo de penetración con las sobrecargas precisas de acuerdo con el numeral 6,4, pero nunca menor de 101,6 mm (4").

4.1.8 Dos diales con recorrido mínimo de 25 mm (1") y divisiones lecturas en 0,025 mm (0,001"), uno de ellos provisto de una pieza que permita su acoplamiento en la prensa para medir la penetración del pistón en la muestra.

4.1.9 Tanque, con capacidad suficiente para la inmersión de los moldes en agua.

4.1.10 Estufa, termostáticamente controlada, capaz de mantener una temperatura de 110 ± 5 °C.

4.1.11 Balanzas, una de 20 kg de capacidad y otra de 1000 g con sensibilidades de 1 g y 0,1 g, respectivamente.

4.1.12 Tamices, de 4,76 mm (No. 4), 19,05 mm (3/4") y 50,80 mm (2").

4.1.13 Misceláneos, de uso general como cuarteador, mezclador, cápsulas, probetas, espátulas, discos de papel de filtro del diámetro del molde, etc.

5.0 MUESTRA

5.1 La muestra deberá ser preparada y los especímenes para la compactación deberán prepararse de acuerdo con los procedimientos dados en los métodos de prueba NTP 339.141 ó NTP 339.142 para la compactación de un molde de 152,4mm (6") excepto por lo siguiente:

- Si todo el material pasa el tamiz de 19mm (3/4"), toda la graduación deberá usarse para preparar las muestras a compactar sin modificación. Si existe material retenido en el tamiz de 19 mm (3/4"), este material deberá ser removido y reemplazado por una cantidad igual de material que pase el tamiz de 3/4 de pulgada (19 mm) y sea retenido en el tamiz N° 4 obtenido por separación de porciones de la muestra no de otra forma usada para ensayos.

6.0 PROCEDIMIENTO

6.1 El procedimiento es tal que los valores de la relación de soporte se obtienen a partir de especímenes de ensayo que posean el mismo peso unitario y contenido de agua que se espera encontrar en el terreno. En general, la condición de humedad crítica (más desfavorable) se tiene cuando el material está saturado. Por esta razón, el método original del Cuerpo de Ingenieros de E.U.A. contempla el ensayo de los especímenes después de estar sumergidos en agua por un período de cuatro (4) días confinados en el molde con una sobrecarga igual al peso del pavimento que actuará sobre el material.

6.2 Preparación de la Muestra. - Se procede como se indica en las normas mencionadas (Relaciones de peso unitario-humedad en los suelos, con equipo estándar o modificado). Cuando más del 75 % en peso de la muestra pase por el tamiz de 19,1 mm (3/4"), se utiliza para el ensayo el material que pasa por dicho tamiz. Cuando la fracción de la muestra retenida en el tamiz de 19,1 mm (3/4") sea



PERÚ

Ministerio
de Transportes
y Comunicaciones

Viceministerio
de Transportes

Dirección General
de Caminos y
Ferrocarriles

superior a un 25% en peso, se separa el material retenido en dicho tamiz y se sustituye por una proporción igual de material comprendido entre los tamices de 19,1 mm (3/4") y de 4,75 mm (Nº4), obtenida tamizando otra porción de la muestra.

De la muestra así preparada se toma la cantidad necesaria para el ensayo de apisonado, más unos 5 kg por cada molde CBR.

Se determina la humedad óptima y la densidad máxima por medio del ensayo de compactación elegido. Se compacta un número suficiente de especímenes con variación en su contenido de agua, con el fin de establecer definitivamente la humedad óptima y el peso unitario máximo. Dichos especímenes se preparan con diferentes energías de compactación. Normalmente, se usan la energía del Proctor Estándar, la del Proctor Modificado y una Energía Inferior al Proctor Estándar. De esta forma, se puede estudiar la variación de la relación de soporte con estos dos factores que son los que la afectan principalmente. Los resultados se grafican en un diagrama de contenido de agua contra peso unitario.

Se determina la humedad natural del suelo mediante secado en estufa, según la norma MTC E 108.

Conocida la humedad natural del suelo, se le añade la cantidad de agua que le falte para alcanzar la humedad fijada para el ensayo, generalmente la óptima determinada según el ensayo de compactación elegido y se mezcla íntimamente con la muestra.

- 6.3 Elaboración de especímenes. Se pesa el molde con su base, se coloca el collar y el disco espaciador y, sobre éste, un disco de papel de filtro grueso del mismo diámetro.

Una vez preparado el molde, se compacta el espécimen en su interior, aplicando un sistema dinámico de compactación (ensayos mencionados, ídem Proctor Estándar o Modificado), pero utilizando en cada molde la proporción de agua y la energía (número de capas y de golpes en cada capa) necesarias para que el suelo quede con la humedad y densidad deseadas (véase Figura 2a). Es frecuente utilizar tres o nueve moldes por cada muestra, según la clase de suelo granular o cohesivo, con grados diferentes de compactación. Para suelos granulares, la prueba se efectúa dando 55, 26 y 12 golpes por capa y con contenido de agua correspondiente a la óptima. Para suelos cohesivos interesa mostrar su comportamiento sobre un intervalo amplio de humedades. Las curvas se desarrollan para 55, 26 y 12 golpes por capa, con diferentes humedades, con el fin de obtener una familia de curvas que muestran la relación entre el peso específico, humedad y relación de capacidad de soporte.

Nota 1. En este procedimiento queda descrito cómo se obtiene el índice CBR para el suelo colocado en un solo molde, con una determinada humedad y densidad. Sin embargo, en cada caso, al ejecutar el ensayo deberá especificarse el número de moldes a ensayar, así como la Humedad y Peso Unitario a que habrán de compactarse.

Si el espécimen se va a sumergir, se toma una porción de material, entre 100 y 500g (según sea fino o tenga grava) antes de la compactación y otra al final, se mezclan y se determina la humedad del Suelo de acuerdo con la Norma MTC E 108. Si la muestra no va a ser sumergida, la porción de material para determinar la humedad se toma del centro de la probeta resultante de compactar el suelo en el molde, después del ensayo de penetración. Para ello el espécimen se saca del molde y se rompe por la mitad.

Terminada la compactación, se quita el collar y se enrasa el espécimen por medio de un enrasador o cuchillo de hoja resistente y bien recta. Cualquier depresión producida al eliminar partículas gruesas durante el enrase, se rellenará con material sobrante sin gruesos, comprimiéndolo con la espátula.

Se desmonta el molde y se vuelve a montar invertido, sin disco espaciador, colocando un papel filtro entre el molde y la base. Se pesa.

- 6.4 Inmersión. Se coloca sobre la superficie de la muestra invertida la placa perforada con vástago, y, sobre ésta, los anillos necesarios para completar una sobrecarga tal, que produzca una presión equivalente a la originada por todas las capas de materiales que hayan de ir encima del suelo que



se ensaya, la aproximación quedará dentro de los 2,27 kg correspondientes a una pesa. En ningún caso, la sobrecarga total será menor de 4,54 kg (véase Figura 2b).

Nota 2. A falta de instrucciones concretas al respecto, se puede determinar el espesor de las capas que se han de construir por encima del suelo que se ensaya, bien por estimación o por algún método aproximado. Cada 15 cm (6") de espesor de estructura del pavimento corresponde aproximadamente a 4,54 kg de sobrecarga.

Se toma la primera lectura para medir el hinchamiento colocando el trípode de medida con sus patas sobre los bordes del molde, haciendo coincidir el vástago del dial con el de la placa perforada. Se anota su lectura, el día y la hora. A continuación, se sumerge el molde en el tanque con la sobrecarga colocada dejando libre acceso al agua por la parte inferior y superior de la muestra. Se mantiene la probeta en estas condiciones durante 96 horas (4 días) "con el nivel de agua aproximadamente constante. Es admisible también un período de inmersión más corto si se trata de suelos granulares que se saturan de agua rápidamente y si los ensayos muestran que esto no afecta los resultados (véase Figura 2c).

Al final del período de inmersión, se vuelve a leer el deformímetro para medir el hinchamiento. Si es posible, se deja el trípode en su posición, sin moverlo durante todo el período de inmersión; no obstante, si fuera preciso, después de la primera lectura puede retirarse, marcando la posición de las patas en el borde del molde para poderla repetir en lecturas sucesivas. La expansión se calcula como un porcentaje de la altura del espécimen.

Después del período de inmersión se saca el molde del tanque y se vierte el agua retenida en la parte superior del mismo, sosteniendo firmemente la placa y sobrecarga en su posición. Se deja escurrir el molde durante 15 minutos en su posición normal y a continuación se retira la sobrecarga y la placa perforada. Inmediatamente se pesa y se procede al ensayo de penetración según el proceso del numeral siguiente.

Es importante que no transcurra más tiempo que el indispensable desde cuando se retira la sobrecarga hasta cuando vuelve a colocarse para el ensayo de penetración.

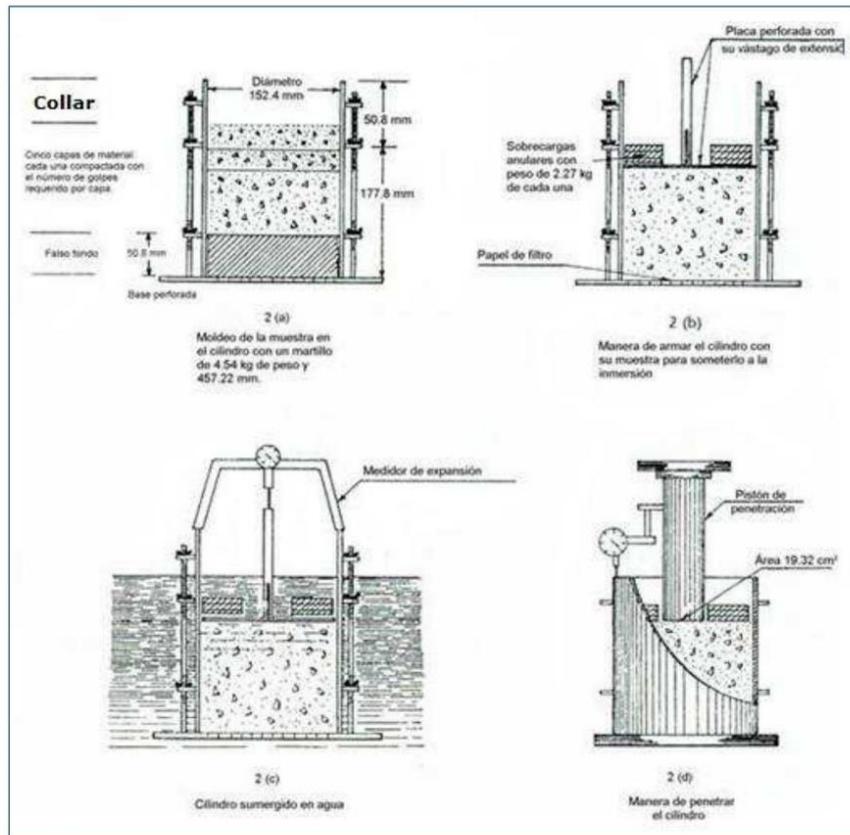


Figura 2: Determinación del valor de la relación de soporte en el laboratorio

- 6.5 Penetración. Se aplica una sobrecarga que sea suficiente, para producir una intensidad de carga igual al peso del pavimento (con $\pm 2,27$ kg de aproximación) pero no menor de 4,54 kg. Para evitar el empuje hacia arriba del suelo dentro del agujero de las pesas de sobrecarga, es conveniente asentar el pistón luego de poner la primera sobrecarga sobre la muestra, Llévase el conjunto a la prensa y colóquese en el orificio central de la sobrecarga anular, el pistón de penetración y añade el resto de la sobrecarga si hubo inmersión, hasta completar la que se utilizó en ella. Se monta el dial medidor de manera que se pueda medir la penetración del pistón y se aplica una carga de 50N (5 kg) para que el pistón asiente. Seguidamente se sitúan en cero las agujas de los diales medidores, el del anillo dinamométrico, u otro dispositivo para medir la carga, y el de control de la penetración (véase Figura 2d). Para evitar que la lectura de penetración se vea afectada por la lectura del anillo de carga, el control de penetración deberá apoyarse entre el pistón y la muestra o molde.

Se aplica la carga sobre el pistón de penetración mediante el gato o mecanismo correspondiente de la prensa, con una velocidad de penetración uniforme de 1,27 mm (0,05") por minuto. Las prensas manuales no preparadas para trabajar a esta velocidad de forma automática se controlarán mediante el deformímetro de penetración y un cronómetro. Se anotan las lecturas de la carga para las siguientes penetraciones:



Penetración

Milímetros	Pulgadas
0,63	0,025
1,27	0,050
1,90	0,075
2,54	0,100
3,17	0,125
3,81	0,150
5,08	0,200
7,62	0,300
10,16	0,400
12,70	0,500

* Estas lecturas se hacen si se desea definir la forma de la curva, pero no son indispensables.

Finalmente, se desmonta el molde y se toma de su parte superior, en la zona próxima a donde se hizo la penetración, una muestra para determinar su humedad.

6.6 PROCEDIMIENTO PARA EL ENSAYO SOBRE MUESTRAS INALTERADAS

En el caso de muestras inalteradas se procede como sigue:

- Se trabajará en una calicata de aproximadamente 0,80 x 0,80 m.
- Se nivela la superficie y se coloca el molde en el centro del área de trabajo. El molde se le debe haber adicionado el anillo cortador.
- Posteriormente se excava suavemente alrededor del molde, presionándolo para que corte una delgada capa de suelo a su alrededor.
- Se clava el molde en el suelo poco a poco, con ayuda de herramientas apropiadas, hasta llenarlo, haciendo uso de la técnica para la toma de muestras inalteradas que se describe en la norma MTC E 112. Debe entenderse que por ningún motivo la muestra debe ser golpeada, tanto en el proceso de recuperación en el campo, como en su transporte y trabajo de laboratorio
- Una vez lleno el molde, se parafinan sus caras planas y, cuidando de no golpearlo, se traslada al laboratorio. Cuando se vaya a efectuar el ensayo se quita la parafina de ambas caras y, con ayuda de la prensa y el disco espaciador o de un extractor de muestras, se deja un espacio vacío en el molde equivalente al del disco espaciador, enrasando el molde por el otro extremo. A continuación se procede como con las muestras preparadas en el laboratorio. La operación para dejar ese espacio vacío no es necesaria (7,0" ± 0,16") si se utiliza un molde con 127 mm (5") de altura, en vez de los 177,8 mm, y se monta el collar antes de proceder al ensayo de penetración.

7.0 CALCULOS E INFORME

7.1 CALCULOS

- 7.1.1 Humedad de compactación. El tanto por ciento de agua que hay que añadir al suelo con su humedad natural para que alcance la humedad prefijada, se calcula como sigue:

$$\% \text{ de agua a añadir} = \frac{H - h}{100 + h} \times 100$$

Donde:

- H = Humedad prefijada
h = Humedad natural



- 7.1.2 Densidad o peso unitario. La densidad se calcula a partir del peso del suelo antes de sumergirlo y de su humedad, de la misma forma que en los métodos de ensayo citados. Proctor normal o modificado, para obtener la densidad máxima y la humedad óptima.
- 7.1.3 Agua absorbida. El cálculo para el agua absorbida puede efectuarse de dos maneras. Una, a partir de los datos de las humedades antes de la inmersión y después de ésta (numerales 4.1.3 y 4.1.4); la diferencia entre ambas se toma normalmente como tanto por ciento de agua absorbida. Otra, utilizando la humedad de la muestra total contenida en el molde. Se calcula a partir del peso seco de la muestra (calculado) y el peso húmedo antes y después de la inmersión.
- Ambos resultados coincidirán o no, según que la naturaleza del suelo permita la absorción uniforme del agua (suelos granulares), o no (suelos plásticos). En este segundo caso debe calcularse el agua absorbida por los dos procedimientos.
- 7.1.4 Presión de penetración. Se calcula la presión aplicada por el penetrómetro y se dibuja la curva para obtener las presiones reales de penetración a partir de los datos de prueba; el punto cero de la curva se ajusta para corregir las irregularidades de la superficie, que afectan la forma inicial de la curva (véase Figura 3).
- 7.1.5 Expansión. La expansión se calcula por la diferencia entre las lecturas del deformímetro antes y después de la inmersión, numeral 6.3. Este valor se refiere en tanto por ciento con respecto a la altura de la muestra en el molde, que es de 127 mm (5").

Es decir:

$$\% \text{ Expansión} = \frac{L_2 - L_1}{127} \times 100$$

Donde

L₁ = Lectura inicial en mm.

L₂ = Lectura final en mm.

- 7.1.6 Valor de la relación de soporte (índice resistente CBR). Se llama valor de la relación de soporte (índice CBR), al tanto por ciento de la presión ejercida por el pistón sobre el suelo, para una penetración determinada, en relación con la presión correspondiente a la misma penetración en una muestra patrón. Las características de la muestra patrón son las siguientes:

Penetración		Presión		
Mm	Pulgadas	MN/m ²	kgf/cm ²	lb/plg ²
2,54	0,1	6,90	70,31	1,000
5,08	0,2	10,35	105,46	1,500

Para calcular el índice CBR se procede como sigue:

- a) Se dibuja una curva que relacione las presiones (ordenadas) y las penetraciones (abscisas), y se observa si esta curva presenta un punto de inflexión. Si no presenta punto de inflexión se toman los valores correspondientes a 2,54 y 5,08 mm (0,1" y 0,2") de penetración. Si la curva presenta un punto de inflexión, la tangente en ese punto cortará el eje de abscisas en otro punto (o corregido), que se toma como nuevo origen para la determinación de las presiones correspondientes a 2,54 y 5,08 mm.
- b) De la curva corregida tómense los valores de esfuerzo-penetración para los valores de 2,54 mm y 5,08 mm y calcúlense los valores de relación de soporte correspondientes, dividiendo los esfuerzos corregidos por los esfuerzos de referencia 6,9 MPa (1000lb/plg²) y 10,3 MPa (1500 lb/plg²) respectivamente, y multiplíquese por 100. La relación de soporte reportada para el suelo es normalmente la de 2,54 mm (0,1") de penetración. Cuando la relación a 5,08 mm (0,2") de penetración resulta ser mayor, se repite el ensayo. Si el ensayo de comprobación da un resultado similar, úsese la relación de soporte para 5,08 mm (0,2") de penetración.

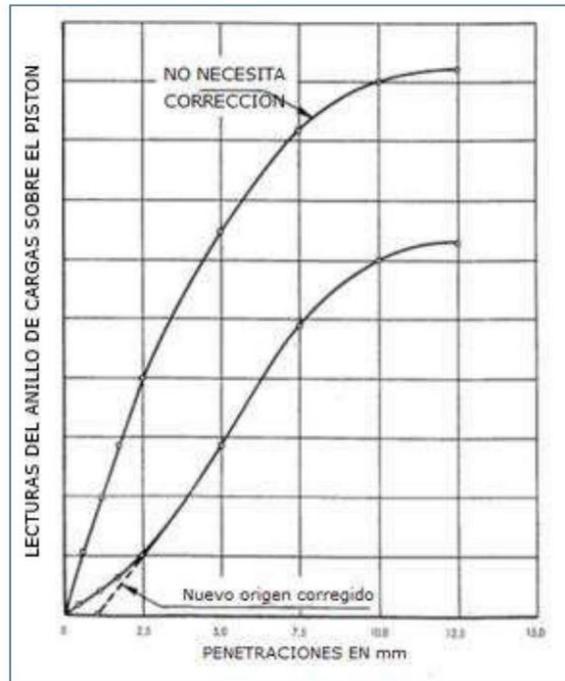


Figura 3: Curva para cálculo de índice de CBR

7.2 INFORME LECTURAS DEL ANILLO DE CARGAS SOBRE EL PISTON

Los datos y resultados de la prueba que deberán suministrarse son los siguientes:

- Método usado para la preparación y compactación de los especímenes.
- Descripción e identificación de la muestra ensayada.
- Humedad al fabricar el espécimen.
- Peso unitario.
- Sobrecarga de saturación y penetración.
- Expansión del espécimen.
- Humedad después de la saturación.
- Humedad óptima y densidad máxima determinados mediante la norma MTC E 115.
- Curva presión-penetración.
- Valor de relación de soporte (C.B.R.).

ANEXO N° 05
“ENSAYO QUIMICO DEL
PET”

INFORME DE ENSAYO
SL-IE-03052019-7

1. DATOS DEL CLIENTE

Cliente : YEREMMI SAUCEDO CALDAS
DNI : 72017223
Dirección : Las Delicias II Etapa Mz V, Lt 24 – Nuevo Chimbote

2. FECHAS

Inicio : 24 de Abril de 2019
Finalización : 03 de Mayo de 2019
Emisión de informe : 03 de Mayo de 2019
Observaciones : —

3. CONDICIONES AMBIENTALES DE ENSAYO

Temperatura : 19.5 °C
Humedad Relativa : 49 %

4. ENSAYO SOLICITADO Y METODO UTILIZADO

Ensayo solicitado : Propiedades Mecánicas en PET
: Propiedades de Migración en PET

- Los Resultados pertenecen a las muestras entregadas al laboratorio
- Queda prohibida la copia parcial de este informe sin el consentimiento por escrito de SISTEMA DE SERVICIOS Y ANÁLISIS QUÍMICOS SAC.



NOELYA MORÁN CORREA
QUÍMICA
CQP. 1281

5. DATOS DE LA MUESTRA ANALIZADA

Nombre de Producto	Composición
Botella Plástica 600 mL	PET

6. RESULTADOS

Tabla 1: Propiedades Mecánicas

Parámetro	Método	Unidad	Resultados
Absorción de Agua (24 horas)	ASTM D570	%	0.08
Densidad	ISO 1183	g/cm ³	1.36
Permeabilidad al Oxígeno	ASTM D3985	cc/m ² .dia	9.70
Dureza Rockwell	ASTM D795	-	M95
Coefficiente de Fricción	ASTM D1894	-	0.21
Resistencia a la Tracción	ASTM D882	MPa	67
Elongación	ASTM D882	%	136

Tabla 2: Propiedades de Migración Contacto Alimentario

Parámetro	Método	Unidad	Resultados
Determinación de Etilenglicol	NTP 399.163-13	mg/kg	< 3.00
Determinación de Ácido Tereftálico	NTP 399.163-12	mg/kg	< 0.20

- Los Resultados pertenecen a las muestras entregadas al laboratorio
- Queda prohibida la copia parcial de este informe sin el consentimiento por escrito de SISTEMA DE SERVICIOS Y ANÁLISIS QUÍMICOS SAC.



NOELYA MORÁN CORREA
 QUÍMICA
 CQP. 1281

ANEXO N° 06

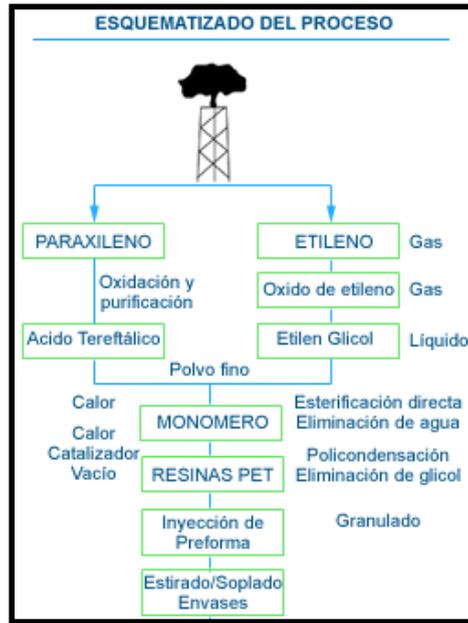


Figura 1. Esquematación del proceso del PET



Figura 2. Estructura Química del PET.

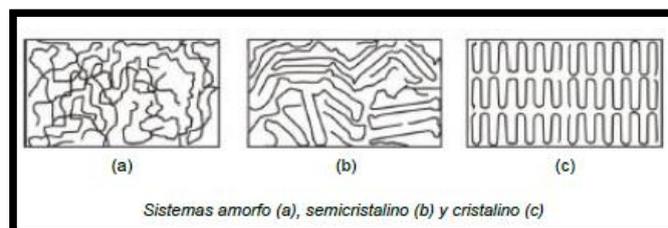


Figura 3. Estados del PET.

Tabla 3: *Densidad de los estados del PET.*

ESTADOS DEL PET	DENSIDAD	
Amorfo	1.33 / 1.37	g / cm ³
Semicristalino	1.45 / 1.51	g / cm ³
Densidad aparente	0.85	g / cm ³

Fuente: MUÑOS, Liliana. 2012

Tabla 4: *Capacidad de Absorción de Agua.*

TIPOS DE ABSORCIÓN		PORCENTAJE
Absorción de agua ASTM	0.16	%
Absorción de agua 24 hrs.	< 0.7	%
Absorción de agua al equilibrio	0.1	%

Fuente: MUÑOS, Liliana. 2012

Tabla 5: *Permeabilidad del PET*

TIPOS QUIMICOS	CANTIDADES
Oxígeno 23° C, 100% RF	2
Nitrógeno 23° C 100%, RF	9
Permeabilidad al vapor de Agua	0.9
Dióxido de Carbono	5.1

Fuente: MUÑOS, Liliana. 2012

Tabla 6: Propiedades Térmicas del PET.

PROPIEDADES	PARAMETROS
Calor Especifico (Kj, Kg ⁻¹ , K ⁻¹)	1200 - 1350
Coefficiente de Expansión Termica (x10 ⁻⁶ K ⁻¹)	20 - 80
Conductividad Térmica @ 23C (W m ⁻¹ K ⁻¹)	0,15 - 0,4
Temperatura Máxima de Utilización (C)	115 - 170
Temperatura Mínima de Utilización (C)	-40 a -60
Temperatura de Deflexión en caliente - 0.45MPa (C)	115
Temperatura de Deflexión en caliente - 1.8 MPa (C)	80

Fuente: TORO, Jorge. 2004

Tabla 7: Comportamiento del plástico a altas temperaturas

CARACTERISTICAS	VALOR	UNIDAD
Punto de fusión	250/260	°C
Punto de ablandamiento según la prueba Vicat B	170	°C
Calor específico	1.04/1.05	Kj /(kg*k)
Coefficiente de expansión lineal	<6.10 ⁻⁵	°C
Temperatura de transición vítrea	80	°C
expansión térmica	70	E - 6/K
Temperatura de Servicio	-40 / 100	°C

Fuente: MUÑOS, Liliana. 2012

Tabla 8: Clasificación de suelos según tamaño de partículas.

Tipo de Material		Tamaño de las Partículas
Grava		75mm - 4.75mm
Arena		Arena gruesa: 4.75 mm - 2.00mm
		Arena media: 2.00 mm - 0.425mm
		Arena fina: 0.425mm - 0.075mm
Material Fino	Limo	0.075mm - 0.005mm
	Arcilla	Menor a 0.005mm

Fuente: Instituto de la Construcción y Gerencia, 2013.

Tabla 9: Clasificación de suelos según índice de plasticidad

Tipo de Material	Plasticidad	Tamaño de las Partículas
IP > 20	Alta	Suelos muy Arcillosos
IP ≤ 20 IP > 7	Media	Suelos Arcillosos
IP < 7	Baja	Suelos poco arcillosos plasticidad
IP = 0	No plástico (NP)	suelos exentos de arcilla

Fuente: Instituto de la Construcción y Gerencia, 2013.

Tabla 10: Clasificación de suelos según equivalente de Arena.

Equivalente de Arena	Característica
SI EA > 40	El suelo no es plástico, es arena.
SI 40 > EA > 20	El suelo es poco plástico y no heladizo.
SI EA < 20	El suelo es plástico y arcilloso.

Fuente: Instituto de la Construcción y Gerencia, 2013.

Tabla 11: Categorías de Subrasante.

Categorías de Subrasante	CBR
S0: Subrasante Inadecuada	CBR < 3%
S1: Subrasante Pobre	De CBR ≥ 3% A CBR < 6%
S2: Subrasante Regular	De CBR ≥ 6% A CBR < 10%
S3: Subrasante Buena	De CBR ≥ 10% A CBR < 20%
S4: Subrasante Muy Buena	De CBR ≥ 20% A CBR < 30%
S5: Subrasante Excelente	CBR ≥ 30%

Fuente: Instituto de la Construcción y Gerencia, 2013.

Tabla 12: Resistencia químicas del PET

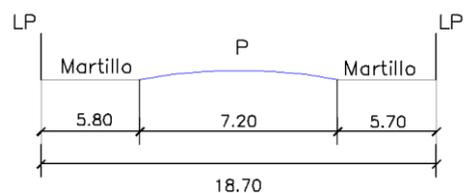
QUIMICO	CAPACIDAD
Alcoholes	
Metanol	muy resistente
Etanol	muy resistente
Isopropanol	resistente
Ciclohexanol	muy resistente
Glicol	muy resistente
Glicerina	resistente
Alcohol bencílico	resistente
Aldehidos	
Acetaldehído	muy resistente
Formaldehído	muy resistente
Hidrocarburos	
Benceno resistente	resistente
Tolueno resistente	resistente
Xileno resistente	resistente
Hidrocarburo alifático	resistente
Gasolina	resistente
Aceite mineral	resistente
Hidrocarburos clorados	
Tetracloruro de carbono	muy resistente
Cloroformo	resistente
Difenil clorado	muy resistente
Tricloro etileno	muy resistente
Disolventes	
Éter	muy resistente
Acetona	no resistente
Nitrobenceno	no resistente
Fenol	no resistente

QUIMICO	CAPACIDAD
Ácidos	
Acido formica	muy resistente
Ácido acético	muy resistente
Ácido Clorhídrico 10 %	resistente
Ácido Clorhídrico 30 %	resistente
Ácido Fluorhídrico 10 y 35 %	muy resistente
Ácido Nítrico 10 % muy	muy resistente
Ácido Nítrico 65 y 100 %	no resistente
Ácido fosfórico 30 y 85 %	muy resistente
Ácido sulfúrico 20%	resistente
Ácido sulfúrico 80 % o más	no resistente
Anhídrido sulfuroso seco	muy resistente
Dióxido de azufre gaseoso (seco)	no resistente
Soluciones alcalinas acuosas	
Hidróxido amónico	no resistente
Hidróxido cálcico	resistente
Hidróxido sódico	no resistente
salinas	
Dicromato	muy resistente
Carbonatos alcalinos	muy resistente
Cianuros	muy resistente
Fluoruros	muy resistente
Bicarbonato	resistente
Sustancias varias	
Cloro	muy resistente
Agua	muy resistente
Peróxido de hidrógeno	muy resistente
Oxígeno	muy resistente
Esteres	
Acetato Etilico	resistente

ANEXO N° 07
“PANEL FOTOGRAFICO”

FOTOS DE VISITA DE CAMPO.

PROGRESIVA: 0+000



PROGRESIVA: 0+040



PROGRESIVA: 0+080



PROGRESIVA: 0+160



PROGRESIVA: 0+240



FOTOS DE CAMPO



Realizaciòn de Calicata



Realizaciòn de Calicata en calles del Asentamiento Humano Miraflores Alto.

FOTOS DE LABORATORIO



Realizaci3n de Proctor Modificado de muestra patr3n



Realizaci3n de CBR de muestra patr3n y proctor modificado.



Muestra seca de terreno natural y realización de ensayo de granulometría según tamizado.

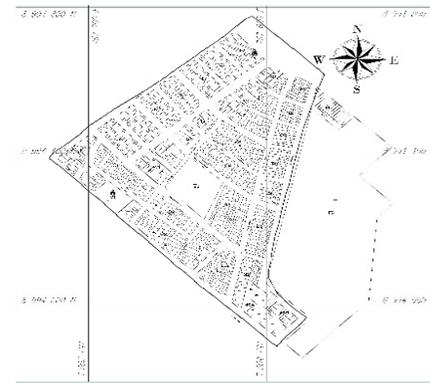


Realización de CBR de muestra de suelo con Adición de PET reciclado.

ANEXO N° 08
“PLANOS”



PLANO PLANTA
ESC 1:1700



PLANO DE UBICACION
ESC 1:15000

LEYENDA	
MINI/AMBIOS	
NORTE MAGNETICO	
CURVA MAYOR	
CURVA MENOR	

UCV UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO
ESCUOLA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

PROYECTO: "Estabilización del suelo con PL1 reciclado con fines de pavimentación. Asentamiento Humano Miraflores alto - Chimboi - Arequipa - 2019"

TIPO: TOPOGRAFICO

ALTERNAS: Carlos Acosta, Nelson Alvarez, Sandro Carlos Yacuzzi, Anderson	USO: AMI 2008	ESCALA: 1:1-1
ASISTENTE: Mgter. Fernando Murillo, Ing. Walter del Socio	PROYECTO: SANTA	FECHA: T-01
PROYECTO: INGENIERIA CIVIL	GRUPO: CDMOTOTE	
PROYECTO: INGENIERIA CIVIL	GRUPO: F-0001	

ANEXO N° 09
**“ACTA DE APROBACIÓN
DE ORIGINALIDAD DE
TESIS”**



ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DE TESIS

Código : F06-PP-PR-02.02
Versión : 10
Fecha : 10-06-2019
Página : 1 de 1

Yo, Mgtr. José Pepe Muñoz Arana docente de la Facultad de Ingeniería y Escuela Profesional de Ingeniería Civil de la Universidad César Vallejo Chimbote, revisor de la tesis titulada "ESTABILIZACIÓN DEL SUELO CON PET RECICLADO CON FINES DE PAVIMENTACIÓN, ASENTAMIENTO HUMANO MIRAFLORES ALTO - CHIMBOTE - ANCASH - 2019", de los estudiantes Edwin Hector Castillo Ravelo y Yeremmi Anderson Saucedo Caldas, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 16% verificable en el reporte de originalidad del programa Turnitin.

El suscrito analizó dicho reporte y concluyó que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio. A mi leal saber y entender la tesis cumple con todas las normas para el uso de citas y referencias establecidas por la Universidad César Vallejo.

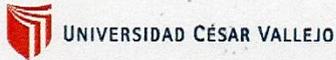
Chimbote, 09 de Julio del 2019

Mgtr. José Pepe Muñoz Arana

DNI: 32960000

Revisó	Vicerrectorado de Investigación /DEVAC/ Responsable del SGC	Aprobó	Rectorado
--------	---	--------	-----------

Nota: Cualquier documento impreso diferente del original, y cualquier archivo electrónico que se encuentre fuera del campus virtual será considerado como COPIA NO CONTROLADA.



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERIA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERIA CIVIL

"Estabilización del suelo con PET reciclado con fines de pavimentación,

Asentamiento Humano Miraflores alto - Chimbote - Ancash - 2019"

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

AUTORES:

Castillo Ravelo **Edwin** Hector (0800-0803-2909-9756)

Saucedo Celdás Yerrimmi Anderson (0800-0801-9907-7558)

ASESOR(A):

Mgtr. Fernández Manilla Jenisse del Rocío (0800-0803-3336-4786)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Infraestructura Vial

CHIMBOTE - PERÚ

2019

Ing. José Muñoz Araya

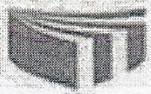
Match Overview

16%

Rank	Source	Match %
1	Submitted to Universid... <small>Student Paper</small>	14%
2	repositorio.ucv.edu.pe <small>Internet Source</small>	<1%
3	Submitted to Universid... <small>Student Paper</small>	<1%
4	docplayer.es <small>Internet Source</small>	<1%
5	Submitted to Universid... <small>Student Paper</small>	<1%
6	Brajesh Mishra, Mohit ... <small>Publication</small>	<1%
7	Submitted to Universid... <small>Student Paper</small>	<1%
8	www.ptolomeo.unam... <small>Internet Source</small>	<1%
9	prezi.com <small>Internet Source</small>	<1%
10	www.cepes.com <small>Internet Source</small>	<1%
11	www.frc.utn.edu.ar <small>Internet Source</small>	<1%
12	Submitted to UNLIBRE	<1%

ANEXO N° 10

**“FORMULARIO DE
AUTORIZACIÓN PARA
LA PUBLICACIÓN DE
LAS TESIS”**



Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación (CRAI)
“César Acuña Peralta”

FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN PARA LA PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DE LAS TESIS

1. DATOS PERSONALES

Apellidos y Nombres: (solo los datos del que autoriza)

CASTILLO PAVELO EDWIN HECTOR
D.N.I. : 72308119
Domicilio : A.H. LAS DELICIAS M2=4 LT= 22
Teléfono : Fijo : Móvil : 972090157
E-mail : edu.castillo997@gmail.com

2. IDENTIFICACIÓN DE LA TESIS

Modalidad:

[X] Tesis de Pregrado

Facultad : INGENIERIA
Escuela : INGENIERIA CIVIL
Carrera : INGENIERIA CIVIL
Título : INGENIERO CIVIL

[] Tesis de Post Grado

[] Maestría

[] Doctorado

Grado :
Mención :

3. DATOS DE LA TESIS

Autor (es) Apellidos y Nombres:

CASTILLO PAVELO EDWIN HECTOR
SAUCEDO CALDA YEREMMI ANDERSON

Título de la tesis:

ESTABILIZACION DEL SUELO CON PET RECICLADO CON FINES DE
PAVIMENTACION, ASENTAMIENTO HUMANO MIRAFLORES ALTO - CHIMBOTE -
ANCASH - 2019

Año de publicación : 2019

4. AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE LA TESIS EN VERSIÓN ELECTRÓNICA:

A través del presente documento,

Si autorizo a publicar en texto completo mi tesis.

No autorizo a publicar en texto completo mi tesis.

[X]
[]



Firma : Educel

Fecha : 09/07/19



Centro de Recursos para el Aprendizaje y la Investigación (CRAI)
"César Acuña Peralta"

FORMULARIO DE AUTORIZACIÓN PARA LA PUBLICACIÓN ELECTRÓNICA DE LAS TESIS

1. DATOS PERSONALES

Apellidos y Nombres: (solo los datos del que autoriza)

Saucedo Caldas Yeremmi Anderson
D.N.I. : 72017223
Domicilio : Las Delicias Zetapa Mz V Lt 24
Teléfono : Fijo : 043-229913 Móvil : 981329790
E-mail : ysac97@hotmail.com

2. IDENTIFICACIÓN DE LA TESIS

Modalidad:

[X] Tesis de Pregrado

Facultad : Ingeniería
Escuela : Ingeniería Civil
Carrera : Ingeniería Civil
Título : Ingeniero Civil

[] Tesis de Post Grado

[] Maestría

[] Doctorado

Grado :
Mención :

3. DATOS DE LA TESIS

Autor (es) Apellidos y Nombres:

Castillo Ravelo Edwin Hector
Saucedo Caldas Yeremmi Anderson

Título de la tesis:

Estabilización del Suelo con PET Reciclado con fines de
pavimentación, Asentamiento Humana Miraflores Alto-
Chimbote - Ancash - 2019

Año de publicación : 2019

4. AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN DE LA TESIS EN VERSIÓN ELECTRÓNICA:

A través del presente documento,

Si autorizo a publicar en texto completo mi tesis.

No autorizo a publicar en texto completo mi tesis.

[X]
[]



Firma : [Signature]

Fecha : 09/07/2019

ANEXO N° 11
“AUTORIZACIÓN DE LA
VERSIÓN FINAL DEL
TRABAJO DE
INVESTIGACIÓN”



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

CONSTE POR EL PRESENTE EL VISTO BUENO QUE OTORGA EL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN DE
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

A LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN QUE PRESENTA:

CASTILLO RAVELO, EDWIN HECTOR

INFORME TÍTULADO:

ESTABILIZACION DEL SUELO CON PET RECICLADO CON FINES DE PAVIMENTACION ,
ASENTAMIENTO HUMANO MIRAFLORES ALTO - CHIMBOTE - ANCASH - 2019

PARA OBTENER EL TÍTULO O GRADO DE:

INGENIERO CIVIL

SUSTENTADO EN FECHA: 09/07/2019

NOTA O MENCIÓN: 16



Mg. GONZALO H. DÍAZ GARCÍA
ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN DE E.P. INGENIERÍA CIVIL



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

AUTORIZACIÓN DE LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN

CONSTE POR EL PRESENTE EL VISTO BUENO QUE OTORGA EL ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN DE ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

A LA VERSIÓN FINAL DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN QUE PRESENTA:

SAUCEDO CALDAS, YEREMMI ANDERSON

INFORME TITULADO:

ESTABILIZACION DEL SUELO CON PET RECICLADO CON FINES DE PAVIMENTACION ,
ASENTAMIENTO HUMANO MIRAFLORES ALTO - CHIMBOTE - ANCASH - 2019

PARA OBTENER EL TÍTULO O GRADO DE:

INGENIERO CIVIL

SUSTENTADO EN FECHA: 09/07/2019

NOTA O MENCIÓN: 16



Mg. GONZALO H. DÍAZ GARCÍA
ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN DE E.P. INGENIERÍA CIVIL