



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

“Estabilización del Suelo del Centro Poblado San Luis con adición de Bolsas de Polietileno a Nivel Subrasante, Distrito Santa – Áncash 2019”

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

**AUTORAS:**

ALBA MENDOZA, Fiorela Jacqueline (ORCID: 0000-0001-7734-7481)

HERNANDEZ HERNANDEZ, Miluska Jackelin (ORCID: 0000-0003-4586-4438)

**ASESORA:**

Mgr. FERNÁNDEZ MANTILLA, Jenisse del Rocio (ORCID: 0000-0003-3336-4786)

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Diseño de Infraestructura Vial

**CHIMBOTE – PERÚ**

**2019**

## **Dedicatoria**

A Dios por ayudarnos a cumplir nuestros objetivos y cuidar de nosotros día a día, sin él nada fuera posible.

A nuestros padres, por ser el pilar más importante y por su apoyo incondicional sin importar nuestras diferencias de opiniones.

## **Agradecimiento**

Agradecemos a Dios que permitió cumplir nuestras metas.

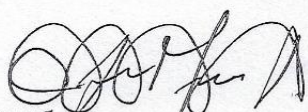
Agradecemos a nuestros padres, porque siempre están alentándonos en hacer las cosas adecuadas sin rendirnos, y también siempre están para ayudándonos a surgir.

Agradecemos a todas las personas que ayudaron con sus conocimientos e ideas a cumplir con esta investigación.

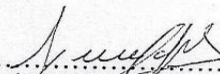
El Jurado encargado de evaluar la tesis presentada por don(a) ALBA MENDOZA, FIORELA JACQUELINE y HERNANDEZ HERNANDEZ, MILUSKA JACKELIN cuyo título es: ESTABILIZACIÓN DEL SUELO DEL CENTRO POBLADO SAN LUIS CON ADICIÓN DE BOLSAS DE POLIETILENO A NIVEL SUBRASANTE, DISTRITO SANTA-ANCASH 2019.

Reunido en la fecha, escuchó la sustentación y la resolución de preguntas por el/los estudiante(s), otorgándole(s) el calificativo de: ..10..(número) DIECESES.....(letras).

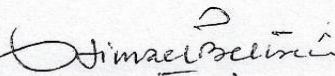
Chimbote, martes, 09 de julio de 2019



.....  
Mgtr. José Pepe Muñoz Arana  
PRESIDENTE



.....  
Mgtr. FERNÁNDEZ MANTILLA JENISSE DEL ROCÍO  
SECRETARIO



.....  
Mgtr. ABIMAEEL BELTRAN CRUZADO  
VOCAL

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

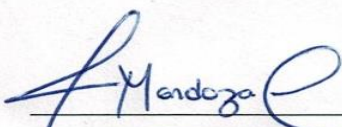
## DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo, FIORELA JACQUELINE ALBA MENDOZA con DNI N° 70860974 y MILUSKA JACKELIN HERNANDEZ HERNANDEZ con DNI N° 78011039, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela de 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 información 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 a lo dispuesto en las normas académicas de la Universidad César Vallejo.

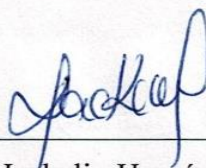
Chimbote, Julio del 2019



---

Fiorela Jacqueline Alba Mendoza

DNI N° 70860974.



---

Miluska Jackelin Hernández Hernández

DNI N°78011039

## Índice

<b>Dedicatoria</b> .....	ii
<b>Agradecimiento</b> .....	iii
<b>Página del Jurado</b> .....	iv
<b>Declaratoria de Autenticidad</b> .....	v
<b>Índice</b> .....	vi
<b>Resumen</b> .....	vii
<b>Abstract</b> .....	viii
<b>I. INTRODUCCIÓN</b> .....	1
<b>II. MÉTODO</b> .....	13
2.1. Tipo y Diseño de Investigación .....	13
2.2. Operacionalización de variables .....	13
2.3. Población, Muestra y Muestreo .....	16
2.4. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos, Validez y Confiabilidad .....	17
2.5. Procedimientos.....	18
2.6. Métodos de Análisis de Datos:.....	20
2.7. Aspectos Éticos:.....	20
<b>III. RESULTADOS</b> .....	21
<b>IV. DISCUSIÓN</b> .....	32
<b>V. CONCLUSIONES</b> .....	36
<b>VI. RECOMENDACIONES</b> .....	37
<b>REFERENCIAS</b>	
<b>ANEXOS</b>	

## Resumen

La presente investigación de tesis busca estabilizar el suelo del Centro Poblado San Luis con adición de bolsas de polietileno a nivel subrasante, esta se llevó a cabo en el Centro Poblado San Luis, perteneciente al Distrito Santa – Áncash en el presente año. La teoría que enmarcan esta investigación es estabilizar un suelo, lo cual consiste en mezclar, añadir al suelo existente un material de préstamo, seguidamente se continua con una combinación de los dos suelos, que se conformará y compactará cumpliendo las exigencias de densidad y espesores hasta el nivel de sub rasante requerido. En este estudio se utilizó el método de Análisis descriptivo, teniendo como tipo de investigación No experimental – correlacional. Para esta investigación la población son los 36 ensayos para hallar las propiedades físicas y mecánicas del suelo, teniendo así 5 calicatas para la muestra. Además, para la recolección de datos se utilizó como instrumento protocolos de laboratorio, los cuales luego, fueron procesados los datos demostrando que las propiedades físicas del suelo de la zona de estudio es una arena mal graduada (SP), sin índice de plasticidad. Así mismo en las propiedades mecánicas con la adición de bolsas de polietileno al suelo natural logro estabilizarlo con un CBR al 12.62%. Concluyendo que si es posible la estabilización del suelo del Centro Poblado San Luis adicionando Bolsas de Polietileno ya que el elemento químico (Carbono) permite el buen funcionamiento en sus propiedades físicas y mecánicas del suelo de la zona de estudio.

**Palabras clave:** Estabilización, Suelo, Bolsas, Polietileno, Combinación de Suelos.

## **Abstract**

The present thesis research seeks to stabilize the soil of the San Luis Town Center with the addition of polyethylene bags at the subgrade level, this was carried out in the San Luis Town Center, belonging to the Santa - Ancash District in the present year. The theory that frames this investigation is to stabilize a floor, which consists of mixing, adding a loan material to the existing floor, then continuing with a combination of the two floors, which will be shaped and compacted, meeting the demands of density and thickness. the level of subgrade required. In this study, the method of descriptive analysis was used, having as a non-experimental - correlational type of research. For this investigation the population is the 36 tests to find the physical and mechanical properties of the soil, thus having 5 test pits for the sample. In addition, for the collection of data laboratory protocols were used as an instrument, which then, the data were processed demonstrating that the physical properties of the soil of the study area is a poorly graded sand (SP), without index of plasticity. Likewise, in the mechanical properties with the addition of polyethylene bags to the natural soil, I can stabilize it with a CBR at 12.62%. Concluding that if possible, the stabilization of the San Luis Town Center soil by adding polyethylene bags, since the chemical element (Carbon) allows the good functioning of the soil in the study area in its physical and mechanical properties.

Key words: Stabilization, Soil, Bags, Polyethylene, Combination of Soils.



## I. INTRODUCCIÓN

Las bolsas hechas de plástico tienen una durabilidad menor de 500 años en desintegrarse, esto se debe que sus materiales contienen polímeros que son una derivación del petróleo, y en gran parte la existencia de estos materiales son de polietileno (Cisneros, 2018).

El plástico se usa continuamente todos los días ya sea en bolsas y envases, son una derivación del petróleo y otros agentes químicos que traen como consecuencias impactos totalmente negativos en el medio ambiente, debido que tarda miles de años en ser desintegrado por la propia naturaleza. El polietileno al ir deteriorándose se separa sus partículas en fracciones pequeñas, y estas partículas tiene como nombre micro-plástico (González, 2018, p.111).

Vivimos constantemente impregnados de agentes contaminantes que día a día aumentan el riesgo de sufrir diversas enfermedades. Las sustancias tóxicas producto del mal uso de los plásticos ya que al final las partículas de micro-etileno llegan adherirse a nuestro cuerpo por medio de los alimentos, agricultura, juguetes, muebles, o utensilios. Cada vez que respiramos, bebemos, comemos hasta nos maquillamos es objeto de preocupación para la sociedad (Porta, 2018, p.121).

Desmedidamente en el Perú, aún no se tiene una cuantía referente del plástico que son usadas anualmente, pero se saca un promedio alrededor de 500 mil a 3 millones de productos solamente en bolsas. Según información del año 2014 la Sociedad Nacional de Industrias (SNI), examinó aproximadamente 30 kg del uso de plástico por cada persona. Así mismo el Ministerio del Ambiente dio a conocer mediante un documento a los comerciantes estudiados en esta investigación, salió un promedio de 94 % que hacen uso de bolsas de plástico para atender sus productos.

A simple vista en las zonas costeras se encuentra un aproximado del 46% de residuos de plásticos esparcidos por las orillas (Ruiz, 2018, p.1).

Es por ello que el mar en casi todo el mundo se encuentra contaminado diariamente y más aún en verano por la gran cantidad de bebidas que las contienen en plásticos y son desechas en la arena. Por tal motivo genera un impacto negativo para la flora

y fauna de los océanos, ríos, etc. Y los principales afectados directamente son los peces que se consumen, por tal motivo la fauna marina se deteriora con el pasar de los años porque no toleran la presión de tal contaminación (R.P.P. Noticias, 2018).

En el Centro Poblado San Luis se viene observando una problemática causada por este material, las bolsas de polietileno, al no ser recicladas o reutilizadas tiene un aspecto negativo, por el simple hecho que tardan más de 500 años en ser deterioradas naturalmente, y estos contienen productos tóxicos que son negativos para la humanidad el cual se exponen diariamente ante esta situación; por ello que mediante esta investigación de manera productiva por los diferentes antecedentes e investigaciones va a generar un impacto positivo porque se utilizará para estabilizar el suelo, este material será aplicado para conseguir mejorar sus características, físicas, químicas y mecánicas del suelo, donde va a aumentar la resistencia del suelo y mejore a nivel de Subrasante.

Dicho esto en el C.P. San Luis su suelo presenta un material arenoso que trae como consecuencia la inestabilidad del suelo.

Se recolectó antecedentes internacionales para seguir el transcurso del presente trabajo de información:

Para Calderón Jahir, (2017). Que tiene como título su tesis “Análisis de resistencia a la compresión inconfiada y durabilidad de un suelo arcilloso estabilizado con cal adicionando fibras de material no biodegradable, polietileno de alta densidad (polisombra) reciclada”. Se tuvo como objetivo general evaluar el comportamiento a la compresión inconfiada y durabilidad del suelo c/s adición de polisombra en diferentes dosificaciones de 0.5%, 1% y 1.5% en relación con el peso del suelo.

Se llegó a una conclusión de que la capacidad portante del suelo (C.B.R.) a inicios del suelo natural registra un valor de 2.45%, llegando así a realizarse la dosificación de polisombra con un valor de 21.4% de CBR, se obtuvo como resultado una dosificación con una característica mejor; se consideró los criterios conformado de subrasante estipulados en el IDU, y es por ello que el material favorece en sus características para subrasante. Al hacer los ensayos en laboratorio se tendrá en

consideración que mediante el procedimiento de CBR ocurre que mientras mayor adición de polisombra los valores empiezan aumentar.

Ayala Génesis, (2017). En su tesis titulada “Estabilización y control de suelos expansivos utilizando polímeros”. La cual tuvo como objetivo lograr una estabilización adecuada de suelos expansivos a través del uso de polímeros, dicho esto se llegó a la conclusión que la influencia de los polímeros varió de modo significativo en sus propiedades físicas y mecánicas, en el ensayo de Atterberg había cambios en el límite líquido como en el de plasticidad y de esta manera en el índice de plasticidad.

Laica Juan, (2016). En su tesis que tiene de nombre “Influencia de la inclusión de polímero reciclado (caucho) en las propiedades mecánicas de una subbase”. Se planteó su objetivo siendo determinar el grado de poder a través de la incorporación de polímero reciclado en este caso utilizaron el caucho para que mejore sus propiedades mecánicas en la subbase. Se concluyó que al adicionar una mayor cantidad de proporción del material de caucho al suelo en estudio, el CBR disminuye moderadamente.

Así mismo en la recopilación de antecedentes se recaudó información nacional para guiarnos del tema en investigación:

Leiva Roly, (2016). En su tesis con nombre “Utilización de bolsas de polietileno para el mejoramiento del suelo a nivel de la subrasante en el Jr. Arequipa, progresiva km 0+000 - km 0+100, distrito de Orcotuna, Concepción”. Se tiene como objetivo principal diagnosticar la influencia de las bolsas de polietileno en la Subrasante del Jr. Arequipa de la progresiva KM 0+000 - KM 0+100 del distrito de Orcotuna – Concepción al 2%, 4%, 6%, 8% y 10%. La investigación tiene un tipo de investigación no experimental – descriptivo. Y se concluyó que, con agregar bolsas recicladas de polietileno fundido hubo una gran mejoría en sus propiedades físicas y mecánicas. Muy aparte se adicionó bolsas de polietileno fundido de característica grumosa en el suelo ocasionando que haya una mejor fricción, dicho sea el caso se obtuvo una alta capacidad portante en paralelo de una que no se le incorporó el polietileno. Terminado la tesis se obtuvo como resultado que el porcentaje óptimo solo fue del 6% del peso seco del suelo.

De igual manera, Vargas Nadia, (2017). En su tesis con nombre “Efecto de la adición de fibra de polímeros reciclados en el valor del CBR de suelos granulares en pavimentos”. Se generó como objetivo principal, diagnosticar las consecuencias de la adición de fibra de polímeros reciclados en el valor del CBR de suelos granulares en pavimentos, y se llegó a la conclusión que al incorporar los polímeros reciclados lo cual fue una buena opción y que era muy diferente a los demás para estabilizar el suelo con capas granulares en pavimentos. Esta nueva técnica permite solucionar de manera fácil el aumento en un porcentaje moderado el valor del CBR. Mediante la investigación se estudió que se podía conseguir mejores resultados al tomar en cuenta la morfología de la fibra y principalmente la dosificación, debido que estas características principales son fundamentales y si hay un mal dimensionamiento o en breve un mal cálculo pues como consecuencia va a ver resultados nada favorables y no sería ideal al que esperábamos.

Como para finalizar, Nesterenko Darko, (2018). En su tesis titulada “Desempeño de suelos estabilizados con polímeros en Perú”. Se formuló el objetivo general, precisar un procedimiento constructivo que logre estabilizar un suelo por medio de la incorporación de un polímero poliácridamida de acuerdo a nuestra realidad en Perú aumentando variables oportunas en el contexto que son de distintos tipos de equipamiento de ejecución y rendimientos constructivos. Se llegó a la conclusión que la estabilización no tradicional - PAM, se consideraría una opción para la solución de los caminos y pistas con una deficiente capacidad portante no mayor al 30 %, por lo que al desempeñarse en campo en esta investigación aumento el CBR bordeando el 20 % promediando, versus los suelos en estado natural.

Se recopilaron información respecto a las definiciones sobre el tema para tener un mejor conocimiento de los siguientes puntos:

El polímero está constituido por monómeros, el cual se caracteriza por la manera fundamental del polímero, esto quiere decir que la mezcla de varias moléculas de monómeros y entrando a un procedimiento de la reacción de polimerizar la molécula con nombre macromolécula (Nadal, 2017, p.114).

El polímero da como en palabra griega que Poli tiene como significado “mucho” y “parte” en concordancia. El cual están constituidos de una sustancia con nombre de

monómero y la reacción de dos o más monómeros distintos se forma una molécula de copolímeros, y el porcentaje de polimerización este compuesto de varias unidades monómeras que engloban a los polímeros (López. Et al, 2010, p.160).

El polietileno está conformado por polímeros que tienen organismo sintético y su reacción ante el calor es termoplástica, tiene un modo de creación a través de un procesamiento de polimerizar el etileno, las características propias del polietileno son poco transparente y casi amorfo (Shubbar, 2017, p.15).

Es por ello que el polietileno es considerado como el polímero termoplástico con mayor abundancia y utilización a nivel mundial. Y es normal la utilización de este material en el rubro de la construcción, como por ejemplo para la electricidad se consideran aislantes térmicos y se utiliza para empaquetar los productos, se utiliza de manera comercial porque es accesible al público por su bajo precio y se adecuada en distintas formas ya sea delgada o gruesa (López. Et al, 2010, p.162).

El polietileno está conformado de manera química por (CH<sub>2</sub>-CH<sub>2</sub>). Las moléculas que las conforman estructuralmente están conformadas por átomos pertenecientes al carbono y dos átomos pertenecientes a hidrogeno, los dos átomos entrelazados por un proceso de enlaces covalente. Se determina la formación del polietileno ya que se repite indefinidamente (López, 2018, p.2).

Por tal motivo el polímero tiende a dividirse en 3 clases, donde la densidad indica que tipología del polímero tiene en su estructura. (López, 2018, p.3).

Como principio el polietileno tiene una densidad baja, esta es lograda a través de un procedimiento de polimerizar el etileno y se logra sometiéndolo al proceso de presiones altas por el mecanismo de radicales abiertas. Así también su composición en su estructura esta ramificada y comprendida de tal manera que su densidad varía entre 0.910 a 0.925g/cm<sup>3</sup>; su color es incoloro, no tiene toxicidad e inodoro. (López, 2018, p.3).

Así también el polietileno de mediana densidad está prácticamente en un rango entre 0.93 gr/cm<sup>3</sup> a 0.94 gr/cm<sup>3</sup>, básicamente en la elaboración o colocación de tuberías (López, 2018, p.4)

Y por último se tiene el P.A.D. presenta su estructura lineal donde su ramificación es mínima. La elaboración de este polímero se da con presiones bajas la densidad varía entre 0.94gr/cm<sup>3</sup> a 0.95gr/cm<sup>3</sup> también es incoloro, sin toxicidad. Pero su estructura es resistente a todos los agentes químicos. (Li, 2017, p.403).

Una importante característica de los polímeros es el tamaño molecular, ya que estas características o estructuras es el principal factor para las propiedades y consecuentemente en su utilización. La alta densidad del polietileno mediante el peso molecular varía entre 200 a 400g/gmol, y la baja densidad varía su relación en 100 a 300g/gmol (Andrés, 2016, p.109).

“La propiedad principal del P.A.D, cuya característica se da en su estado puro. El polietileno normal tiene una densidad de 0.94 a 0.97gr/cm<sup>3</sup>, por otro lado, la de baja densidad varia en 0.91 a 0.94gr/cm<sup>3</sup>” (Giancoli, 2018, p.256).

El P.A.D, tiene su resistencia máxima de tracción la cual es 21 Mega pascales, del otro lado el de baja densidad tiene una resistencia máxima de 38 Mega pascales (Leiva, 2016, p.12).

El P.A.D en su módulo elástico máximo de 1000 Mega pascales, del otro lado el de baja densidad tiene un módulo de elasticidad de 250 Mega pascales (Leiva, 2016, p.12)

El P.A.D Entre sus principales elementos químicos, el que mayor predomina es el carbono (Lei, 2017, p.132).

La temperatura vítrea de transición es la que permite que el polímero sufra un cambio total, debido a los traslados internos de los enlaces que se generan en su polimerización. Se sabe que el polietileno de alta densidad fluctúa en una temperatura vítrea no menor a -80° Centígrados. Y de otra parte el de baja densidad fluctúa a -125° centígrados (Callister, 1996, p.139).

Se presenta una temperatura de Fusión de 130 a 140 ° Centígrados, y la de baja densidad se encuentra entre los 105 – 115° Centígrados (Leiva, 2016, p.12).

La mecánica de Suelos está sujeta por una serie de normas internacionales las cuales buscan estudiar el comportamiento natural tal cual se encuentra en el espacio geográfico (Sobhan, 2016, p.115).

Los suelos colapsables están compuestos por arenas, limos, arcillas. Estos suelos tienen un buen comportamiento en su estado seco, siempre y cuando no mantenga humedad (Ramírez, 2019, p.959).

El suelo es definido como un agregado no cementante de granos y materia orgánica compuesta principalmente por humedad y gas las cuales ocupan todos los espacios entre las partículas sólidas (Powrie, 2018, p.5).

El suelo tiene la capacidad de soportar las cargas transmitidas en la superficie, también llamado suelo de fundación debe estar en óptimas condiciones para soportar las cargas que se transmiten sobre ellas (Braja, 2017, p.81).

Las tipologías de los suelos se encuentran en las canteras o también llamados afloramientos. Es el lugar donde se almacena naturalmente debido a las características que forman entre ellos (Macías, 2018, p.34).

El suelo fino tiene una clasificación en la granulometría, suelo arcilloso inorgánico y suelos con alto contenido orgánico (Crespo, 2004, p.39).

Si pasa más del 50% de material por el tamiz N° 4 se clasifican en arenas y estas pueden ser bien graduadas o mal graduada (Ameratunga, 2015, p.65).

Si el límite líquido no supera el 50 % se clasifican en mínima plasticidad. Cuando el límite líquido supera o es similar al 50% se clasifican en plasticidad alta.

El límite de Atterberg es el proceso en diferenciar entre el estado líquido y el estado plástico el cual determina la plasticidad si es la indicada o inestable (Sanz, 1975, p.36).

Se llama subrasante a la base en donde irá colocada la estructura del pavimento, también es llamada como capa de terreno natural que tiene como función la distribución de las fuerzas de una estructura del pavimento, es por ello que es debidamente compactado por capas para que esté uniforme y sea sólido para que

posteriormente de acuerdo al diseño ejecutado del tránsito no traiga consecuencias negativas al respecto y pueda soportar las cargas de tránsito. Para diseñar la estructura del pavimento, se tienen que tener ciertos criterios que son analizados con los especialistas (MTC, 2016, p.21).

La subrasante se clasifica en categorías que depende del porcentaje que salga: Subrasante Inadecuada, se clasifica en CBR menores al 3%; Subrasante Insuficiente, se clasifica en CBR cuando es mayor igual al 3% y menores al 6%; Subrasante Regular, se clasifica en CBR mayor e igual al 6% y menor al 10%; Subrasante Buena, es CBR mayor o igual al 10% y menor al 20%; Subrasante Muy Buena, cuando el CBR es mayor igual al 20% y menor al 30%; Subrasante Excelente, es el CBR mayor al 30%.

La subrasante se clasifica en tres características básicas que tienen una conexión así misma (Guerrero, 2017, p.425).

Lo que más afecta a los suelos es el deslizamiento ya que la baja resistencia en sus propiedades las hace débiles y a su vez requieren de mejoras (Rico, 2006, p.64).

La compactación de la Subrasante se da mediante la máxima densidad seca de la muestra con la óptima humedad. Mediante la compactación los espacios vacíos se cierran de tal manera que forma un cuerpo compacto (Sivakugan, 2015, p.96).

La Subrasante debe de soportar y ser resistente a las cargas transferidas por las estructuras en el pavimento. El tipo de suelo es esencial para que soporte la capacidad de carga del pavimento. Es de suma importancia que la Subrasante resista a varias cantidades de repetición de carga sin tener consecuencia de deformidades pues a largo plazo el pavimento debe de soportar las cargas que transiten los vehículos (Guerrero, 2017, p.425).

Para realizar el ensayo correspondiente al suelo de fundación se debe medir de acuerdo a la funcionalidad de construcción. Es decir cada construcción se basa en sus componentes de edificación (Gnanendran, 2016, p.123).

La humedad consiste que contenga dicho suelo, es por ello que tienen que hacerse muestras para ver el grado de humedad de suelo, pues posteriormente trae como



consecuencia contracciones o expansiones no deseadas, esto se ve mayormente en suelos finos. El principal punto que se debe de ver son la condición del drenaje (Guerrero, 2017, p.425).

El suelo varía de acuerdo a las de partículas que lo conforman ya que las propiedades son distintas para cada una de ellas (Juárez y Rico, 2005, p.34).

Se llama contracción y expansión cuando la plasticidad y la humedad influyen en estas. Un pavimento si se efectúa con este tipo de características y si no se prevé del caso a la larga presentará deformaciones y se va a deteriorar precozmente. Es por ello, para prevenir las deflexiones que son influenciadas por la cargas. (Guerrero, 2017, p. 425).

De este modo se debe de tener en cuenta varios ensayos que se realizará al suelo como:

Contenido de humedad, el ensayo consiste que debe de tener relación o concordancia con materia sólida en porcentaje una vez procesada. Se da a través de colocar una muestra de suelo natural con contenido de humedad en el horno y después de 24 horas en el horno que debe ser controlado con un grado de un horno  $110 \pm 5$  °C, antes de ser colocado al horno debe de ser pesado y al salir del horno después de 24 horas también debe de ser pesado y la diferencia de estas es el contenido de humedad (MTC, 2016, p.49).

Los tamaños de los suelos se obtienen a través del peso indicado de cada uno de los tamices o aberturas (Craig, 2013, p.5).

El Índice de Plasticidad se da entre la diferencia de humedades es decir el límite plástico y el límite líquido (Smith, 2013, p.75).

El límite plástico consiste en la formación de unas tiras con la muestra que pasa la malla N°4 y su espesor es de 3,2 mm (1/8") de diámetro. Dichas barras no deben llegar a la ruptura (Verruijt, 2017, p.17).

El Proctor modificado es un ensayo que indica el grado de densidad de un material en un determinado volumen, es decir; el peso determinado que entra en un

determinado espacio en relación a la humedad óptima que se le aplique para su compactación (ASTM, 1997, p.63).

Proctor modificado, se ha usado para determinar el grado de compactación que puede tener un suelo, con la ayuda de la humedad óptima; cuando el suelo se encuentra en su estado natural su densidad es baja, pero cuando es modificado en el laboratorio su densidad es más alta (Fredlund, 1993, p.35).

El ensayo de CBR, este ensayo es para calcular la resistencia del suelo o también llamado la capacidad de soporte de carga del terreno, inicialmente para tener resultado del CBR primero se realiza el ensayo de PROCTOR, ya que con la humedad óptima se tendrá valores de la resistencia; la cual será medido en kg/cm<sup>3</sup> en correlación al tiempo y golpes que se le aplique a cada muestra. (MTC, 2016, P.248).

La estabilización del suelo es manipular el suelo para llegar a cambiar sus propiedades mecánicas y/o físicas, pueden ser con agentes químicos, sintéticos, orgánicos, inorgánicos, aditivos, etc. Normalmente se utiliza materiales de cantera para la estabilización de suelos, produciendo explosiones y contaminación del medio ambiente, además que el material de cantera su precio es elevado más aun el flete que transporta este tipo de material. Todo ello con el propósito de estabilizar el suelo como fin de pavimentación. La estabilización del suelo siempre es única y esencialmente en la Subrasante debido que es el suelo donde se proyectara un futuro diseño de espesores. (MTC, 2016, p.92).

Si la Subrasante del suelo presenta material limosa o arcillosa al humedecerse contaminan a los materiales granulares que conforman el pavimento; de tal manera la base o subbase presenta deficiencia en su estructura provocando daños. (MTC, 2016, p.92).

La evaluación para una estabilización se necesita identificar las propiedades de los suelos ya sean buenos o malos entre ellos están comprendidos por; limosos, arcillosos, o Arena limo arcilloso (Tuladhar, 2017, p.121).

Tipos de estabilización de suelo:

La estabilización mecánica consiste en la utilización de maquinaria pesada para poder mejorar el suelo a nivel de compactación; complementando sus propiedades y/o características físicas, químicas del suelo. La estabilización mecánica va de la mano con la estabilización física y química ya que en campo es necesario el uso de maquinaria pesada (MTC, 2016, p.98).

Estabilización por combinación de suelos, el proceso trata de mejorar el suelo considerando en remover o se añade material de préstamo al suelo. El suelo para estabilizar se desintegra a una altura de 15cm y luego adicionar el material de préstamo, una vez ya mezclado se necesitara una humedad adecuada para llegar a la compactación óptima y a su vez antes eliminar las partículas mayores de 75 milímetros. (MTC, 2016, p.98).

Estabilización que se dan por sustitución de suelos, este proceso de mejorar el suelo radica en que el suelo se modificará por agregado, es decir que se dará el determinado volumen. Una vez logrado la profundidad de excavación adecuada, se conformará y se hará el compactado del suelo (Espinosa, 2016, p.163).

La pregunta para esta investigación fue la siguiente:

¿Cómo influye la adición de bolsas de polietileno en la estabilización del suelo a nivel subrasante del Centro Poblado San Luis?

Por lo tanto, la justificación del estudio tuvo como propósito realizar este tipo de investigaciones, porque servirá para el mejoramiento de la transitabilidad de la zona en estudio, debido a que se nota afectado al encontrarse en un suelo arenoso, que imposibilita el pase vehicular, también de peatones, ya que son los más afectados por el tipo de suelo. De tal manera, se va a influenciar positivamente el medio ambiente, ya que se usó un material reciclado, identificado como bolsas de polietileno, ya que en la actualidad contaminan severamente no solo el suelo sino también a todos los recursos.

Tiene implicancias prácticas, ya que, no solamente se dará solución para mejorar el acceso del Centro Poblado San Luis estabilizando el suelo a nivel de subrasante, también, pretendemos contribuir al reciclaje para el bien del medio ambiente, al

usar material 100% reciclado de bolsas de polietileno, la cual se usará para la estabilización de suelos arenosos en diversos porcentajes.

Del mismo modo, se logrará ampliar muchos conocimientos sobre la influencia de las bolsas de polietileno para la estabilización de suelos, por tal motivo, podría influir positivamente para el desarrollo en nuevas tecnologías para la estabilización de suelos.

Así mismo según el Manual para el Diseño de Caminos no Pavimentados de bajo Volumen de Tránsito, si el IMD comprende entre 16 - 50 veh/día la cual puede ser de 1 ó 2 carriles con un ancho mínimo de 3.50 y máximo de 6.00 metros, es por ello que se escogió el de un carril ya que se tuvo un IMD de 45 veh/día con un ancho mínimo la misma que existe in situ (MTC, 2014, p. 19).

Por último, los resultados obtenidos en esta investigación después ayudarán en beneficio de los futuros estudiantes investigadores que consideren como un antecedente al tema relacionado y así a conocer población, los instrumentos, conclusiones, etc. y que fueron realizadas en esta investigación.

La hipótesis general de esta investigación fue la adición de bolsas de polietileno influye positivamente en la estabilización del suelo a nivel de la Subrasante del Centro Poblado San Luis, Distrito Santa – Áncash 2019.

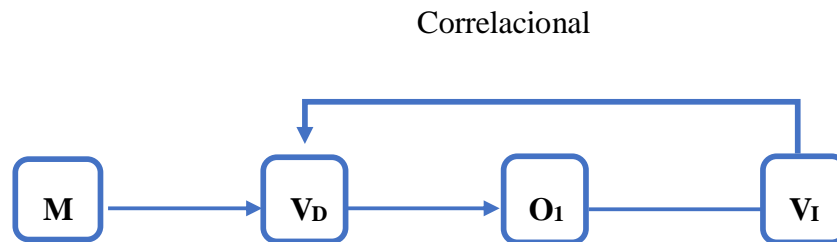
Al presentar una hipótesis nula, adicionando las bolsas de polietileno al suelo natural no influye positivamente en la mejora de las propiedades físicas y mecánicas del suelo a estabilizar.

El objetivo para esta investigación fue: Determinar la influencia de las bolsas de polietileno en la estabilización del suelo a nivel subrasante del Centro Poblado San Luis, Distrito Santa – Áncash 2019. Y como objetivos específicos de esta investigación fueron: Determinar las propiedades físicas y mecánicas del suelo. Determinar las propiedades físicas y mecánicas del suelo con adición del 4%, 6% y 8% de bolsas de polietileno. Determinar el porcentaje óptimo de adición de bolsas de polietileno al suelo. Determinar las propiedades químicas de las bolsas de polietileno.

## II. MÉTODO

### 2.1. Tipo y Diseño de Investigación

La presente es un diseño correlacional con las variables independiente y dependiente, de acuerdo con la manipulación de las variables no se alterará ningún tipo de fenómenos.



Donde:

**M: Muestra**

Suelo de camino vecinal no pavimentada

**VD: Variable Dependiente**

Estabilización del suelo

**O1: Resultados**

**VI: Variable Independiente**

Bolsas de Polietileno

### 2.2. Operacionalización de variables

#### 2.2.1. Variables

##### 2.2.1.1. Variable independiente

Bolsas de Polietileno.

##### 2.2.1.2. Variable dependiente

Estabilización del Suelo

### 2.2.2. Operacionalización

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
<b>VI: BOLSAS DE POLIETILENO</b>	<b>Polietileno:</b> Es de origen sintético y al someterse al calor se dice que es termoplástico, también este es creado mediante un proceso de polimerización del etileno (Shubbar, 2017, p.15).	Se recolectaron las bolsas de polietileno de tipo termoplásticas (bolsas chequeras), estas deberán estar limpias para luego ser fundidas y mezcladas con la muestra del suelo natural.	Porcentaje de Bolsas de Polietileno	Peso en Gramos de Bolsas en 4%, 6% y 8%	Nominal
			Propiedades Físicas y Químicas	Densidad	Nominal
				Peso Volumétrico	
				Temperatura Vítrea	
				Temperatura de Fusión	
				Composición Química	

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
<p style="text-align: center;"><b>VD:</b> <b>ESTABILIZACIÓN DEL SUELO</b></p>	<p><b>Estabilización del Suelo:</b> La estabilización de un suelo es la manipulación para mejorar las propiedades físicas y mecánicas de un suelo pobre (MTC, 2014, p.92).</p>	<p>Mediante la Norma técnica peruana del Ministerio de Transportes y Comunicaciones se obtuvo los resultados adecuados de las muestras ensayadas con la adición del 4, 6 y 8% de bolsas de polietileno e identificar sus componentes.</p>	<p>Propiedades Mecánicas</p>	<p>Capacidad de Soporte</p>	<p style="text-align: center;">Nominal</p>
			<p>Propiedades Físicas</p>	<p>Contenido de Humedad</p>	
				<p>Plasticidad</p>	
				<p>Peso Específico</p>	

## 2.3. Población, Muestra y Muestreo

### 2.3.1. Población

La población radica en 36 ensayos clasificatorios entre propiedades físicas y mecánicas del suelo.

### 2.3.2. Muestra

La muestra fue el material extraído de las calicatas que se plantea para esta investigación de acuerdo con el MTC 2016; tal y como se muestra a continuación. El muestreo de esta investigación es no probabilístico ya que se designaron en forma arbitraria a criterio de lo normado.

**Tabla N° 1.- Población y Muestra**

ENSAYOS A REALIZAR		MUESTRAS			
		Suelo	Adición del 4% de bolsas de polietileno.	Adición del 6% de bolsas de polietileno.	Adición del 8% de bolsas de polietileno.
Propiedades Físicas	Análisis Granulométrico	5			
	Contenido de Humedad	5			
	Límite Líquido	5			
	Límite Plástico	5			
Propiedades Mecánicas	Proctor Modificado	2	2	2	2
	CBR	2	2	2	2
Total por Muestra		24	4	4	4
TOTAL		36			



**Tabla N° 2.- Cantidad de Material Requerido**

ENSAYOS	MATERIAL REQUERIDO				TOTAL
	Suelo Arcilloso	Suelo Arenoso con adición del 4% de bolsas de polietileno	Suelo Arenoso con adición del 6% de bolsas de polietileno	Suelo Arenoso con adición del 8% de bolsas de polietileno	
<b>Análisis Granulométrico</b>	2.5 kg				<b>2.5 kg</b>
<b>Contenido de Humedad</b>	1.0 kg				<b>1.00 kg</b>
<b>Límite Líquido</b>	0.2 kg				<b>0.20 kg</b>
<b>Límite Plástico</b>	0.2 kg				<b>0.20 kg</b>
<b>Proctor Modificado</b>	24 kg	24 kg	24 kg	24 kg	<b>96.00 kg</b>
<b>CBR</b>	30 kg	30 kg	30 kg	30 kg	<b>120.00 kg</b>
<b>TOTAL DE MATERIAL REQUERIDO</b>					<b>219.9 kg</b>

#### **2.4. Técnicas e Instrumentos de Recolección de Datos, Validez y Confiabilidad**

Esta tesis fue obtenida gracias al recojo de datos del laboratorio a través de fichas técnicas y/o protocolos de acuerdo con lo normado.

El instrumento que se usó en esta investigación fue fichas técnicas del reglamento de la norma del MTC, ya que la rama de esta investigación está en suelos para fines de pavimentación.

Estos protocolos están validados científicamente, por tal motivo no es necesario realizar una validación mediante expertos, dichos protocolos fueron creados por las normativas internacionales AASHTO – ASTM.

## 2.5. Procedimientos

Se inició con la recolección de las bolsas de polietileno en distintos lugares, posteriormente se analizaron las bolsas plásticas en el Laboratorio Químico Sistema de Servicios y Análisis Químicos (SLAB PERÚ)

Contenido de humedad. (ASTM D 2216)

Se inició con la extracción de la muestra para determinar el contenido de humedad, el cual consistió en extraer una pequeña muestra y colocarlas en recipientes taras y preceder en la comparación de los pesos tanto en estado natural como en seco.

Análisis Granulométrico. (ASTM D 422)

Es la distribución adecuada de las partículas dependiendo de las características del suelo. Su determinación está basada en el tamizado o el paso del material por mallas debidamente seleccionadas, hasta llegar a la malla número 200 (diámetro = 0.074mm).

- Se utilizó un recipiente con una determinada muestra con peso de 100gr.
- Secada la muestra a una temperatura de 110° por un tiempo de 16 horas.
- Se pesó la muestra natural sin lavar y se anota como P1 (peso del material secado en horno). Se descontó el peso de la misma, es decir;  $P1 = \text{peso (recipiente más la muestra)} - \text{peso de recipiente}$ .
- Por último, se lavó la muestra de la malla número 200 vertiéndolo, eliminando los finos que contiene el agregado.

Límite de Atterberg o Índice de Plasticidad. (ASTM D 4318)

Este ensayo trató de cómo se comporta un material plástico con la humedad. Se requiere cambiar su comportamiento como si fuera un fluido viscoso, se usará la muestra que pase la malla número 40 de las 5 calicatas que se hizo en esta investigación. Se usó 200gr de muestra para cada calicata. Los equipos que se utilizó fueron las taras, espátulas Copa de casa Grande, Recipiente pequeño, Balanza con sensibilidad de 0,01%, horno de 110°.

Al ser un material Arenoso su trabajabilidad fue nula.

En nuestro caso por haber sido un suelo altamente arenoso, en este ensayo realizado no se obtuvo datos de Limite líquido, así también; Limite plástico debido a ello la configuración de este ensayo es NO PRESENTA.

Proctor Modificado. (ASTM D 1557)

Se utilizó el método “A” consiste en secar el material en el horno y posteriormente añadir los porcentajes de agua, se realizó en un molde cilíndrico de 4 pulgadas, su procedimiento se realizó en 5 capas de la cual cada es capa es compactada con un martillo con 25 golpes, obteniendo su densidad seca y óptimo contenido de humedad.

Siguiendo el mismo procedimiento anterior pero con los porcentajes a agregar de bolsas de polietileno al (4, 6 y 8%), para cada porcentaje se agregó la misma cantidad de agua en porcentajes (3, 6, 9 y 12%), para así obtener el óptimo contenido de humedad.

CBR “California Baring Ratio (ASTM D 1883)

Este ensayo se utilizó para determinar la resistencia al corte del suelo, tomando en cuenta tanto su densidad y humedad a través del ensayo de Proctor modificado, así mismo el CBR es la relación del peso que se aplica en carga versus la penetración.

Se utilizó los siguientes instrumentos: Molde de 6” y un collar de 2”, un disco espaciador, un martillo con peso de aproximadamente 10 libras, deformímetro, pesas anulares, pistón, prensa hidráulica, herramientas.

El procedimiento fue el siguiente. Se utilizó 20kg de muestra, usadas del material retenido entre la malla  $\frac{3}{4}$  a la malla N° 4. Se mezcló uniformemente y con 3 moldes se hizo distintos golpes de 12, 26, 55. Se llevó el material en condición de saturación por 96 horas con su papel filtro, espaciador, deformímetro y por último se procedió a evaluar su resistencia en la prensa hidráulica aplicando una carga de 10lb. Se ajustó el dial en el acero de la prensa e iniciamos la penetración con una velocidad estándar de 0.05” /min. Se tomaron distintas mediadas cada 0.0025” hasta llegar al 0.5”. Se retira la Muestra y se obtuvieron datos.

## **2.6. Métodos de Análisis de Datos:**

**Análisis descriptivo:** Se describió los resultados obtenidos en el laboratorio que fueron analizados por una guía de documentos. También se usó el Microsoft Excel para interpretar los resultados en bastones, barras, etc. De tal manera que se pudo identificar plenamente su variabilidad.

## **2.7. Aspectos Éticos:**

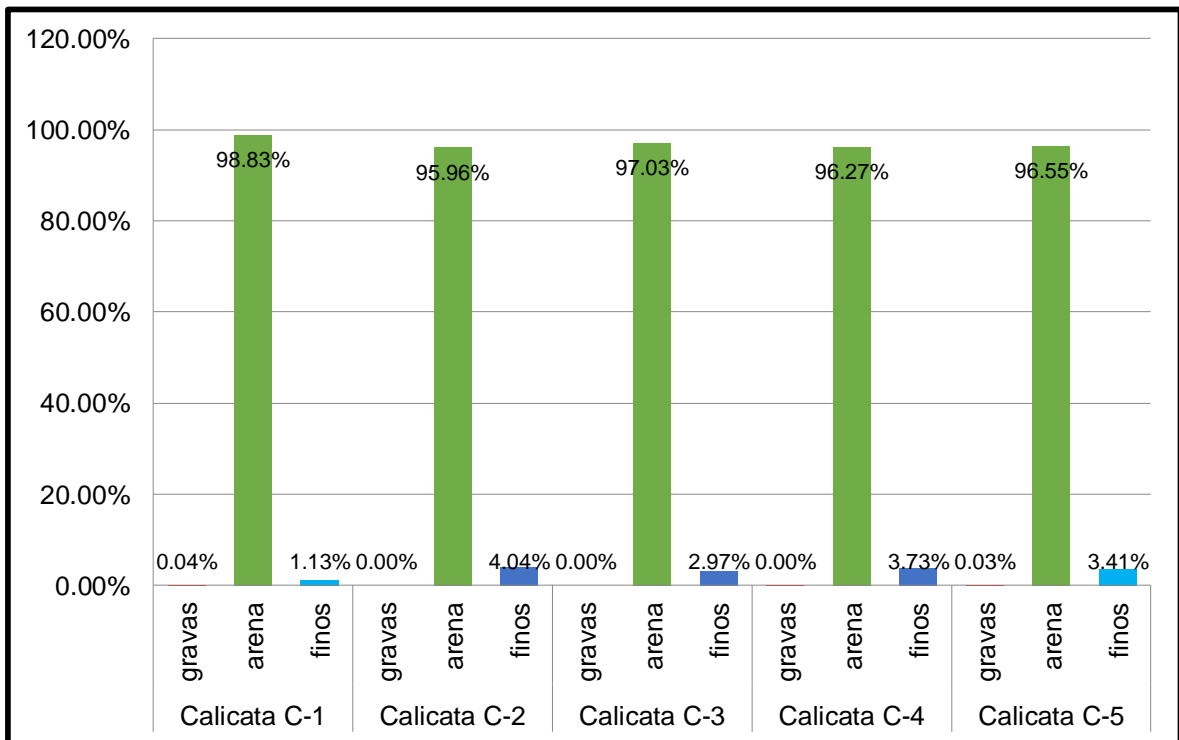
Los resultados que se desarrolló en esta investigación son veraces; la propiedad intelectual de los investigadores está plenamente comprometidos con la fidelidad e idoneidad, por tal motivo se asume la responsabilidad ante la universidad Cesar Vallejo y ante la Justicia Peruana.

### III. RESULTADOS

#### 3.1. De acuerdo al primer objetivo se obtuvo las propiedades físicas y mecánicas del suelo Natural, siguiendo el Manual de Ensayo de Materiales

Para las propiedades físicas del suelo se realizó el ensayo de Análisis Granulométrico, y Contenido de Humedad.

**Gráfico N°1:** Análisis Granulométrico de las Calicatas C1-C2-C3-C4-C5



**Fuente:** Resultados de los ensayos del laboratorio GEOLAB

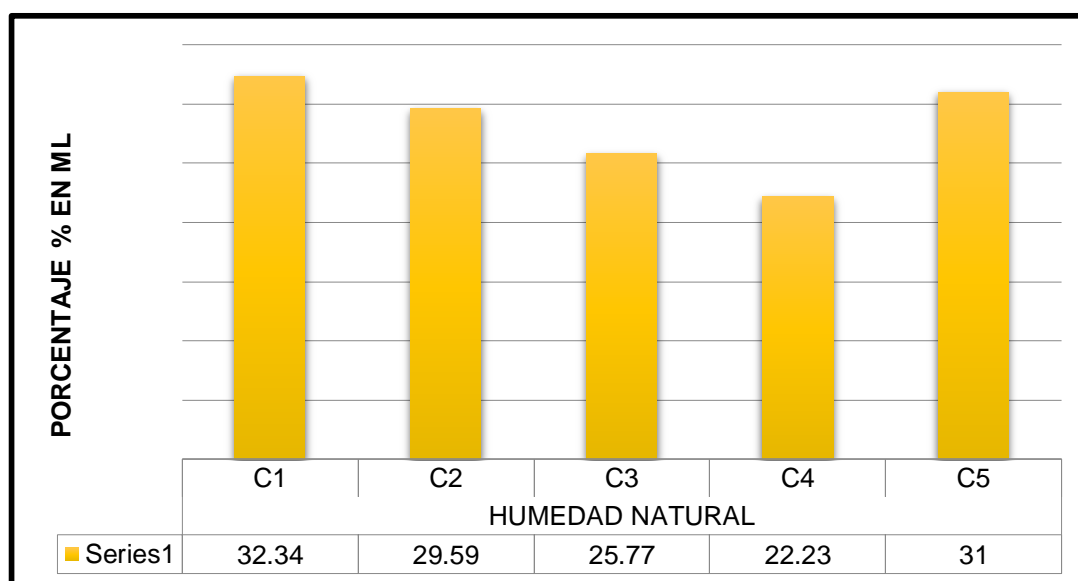
**Interpretación:** El análisis granulométrico se detalla a continuación:

- Para la calicata C-1 el porcentaje de Gravas fue de (0.04%), porcentaje de Arena (98.83%) y por último el porcentaje de finos (1.13%) a 1.10 metros de profundidad.
- Para la calicata C-2 el porcentaje de Gravas fue de (0.00%), porcentaje de Arena (95.96%) y por último el porcentaje de finos (4.04%) a 1.10 metros de profundidad.
- Para la calicata C-3 el porcentaje de Gravas fue de (0.00%), porcentaje de Arena (97.03%) y por último el porcentaje de finos (2.97%) a 1.10 metros de profundidad.

- Para la calicata C-4 el porcentaje de Gravas fue de (0.04%), porcentaje de Arena (96.27%) y por último el porcentaje de finos (3.73%) a 1.10 Metros de profundidad.
- Para la calicata C-5 el porcentaje de Gravas fue de (0.03%), porcentaje de Arena (96.55%) y por último el porcentaje de finos (3.41%) a 1.10 Metros de profundidad.

Por tal motivo sus características de esta muestra resultó ser una arena mal graduada (SP), de acuerdo a la normativa ASTM las cuales están incluidos en la norma del MTC.

**Gráfico N°2:** Contenido de Humedad C1-C2-C3-C4-C5



**Fuente:** Resultados de los ensayos del laboratorio GEOLAB

**Interpretación:** Así también, la humedad natural para las calicatas se detalla a continuación:

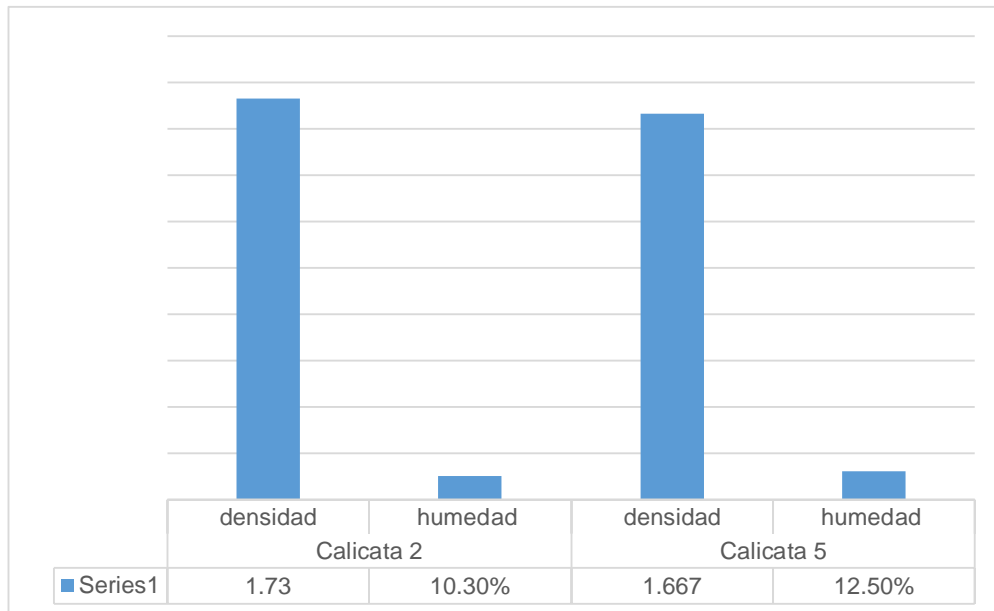
- El porcentaje de Humedad para calicata C1 fue de 32.34%.
- El porcentaje de Humedad para calicata C2 fue de 29.59%.
- El porcentaje de Humedad para calicata C3 fue de 25.77%.
- El porcentaje de Humedad para calicata C4 fue de 22.23%.
- El porcentaje de Humedad para calicata C5 fue de 31.00%.

Por lo tanto, usando los parámetros de la norma internacional ASTM D 2216 se identificó que todas las muestras de las calicatas las cuales se obtuvo un porcentaje alto de Humedad que varió desde 22.23% hasta 32.34%

Así también se pudo verificar que el material en estudio no contaba con Índice de Plasticidad.

Siguiendo con las propiedades mecánicas del suelo natural se realizó los ensayos de Proctor Modificado y CBR.

**Gráfico N°03:** Proctor Modificado terreno natural C2-C5

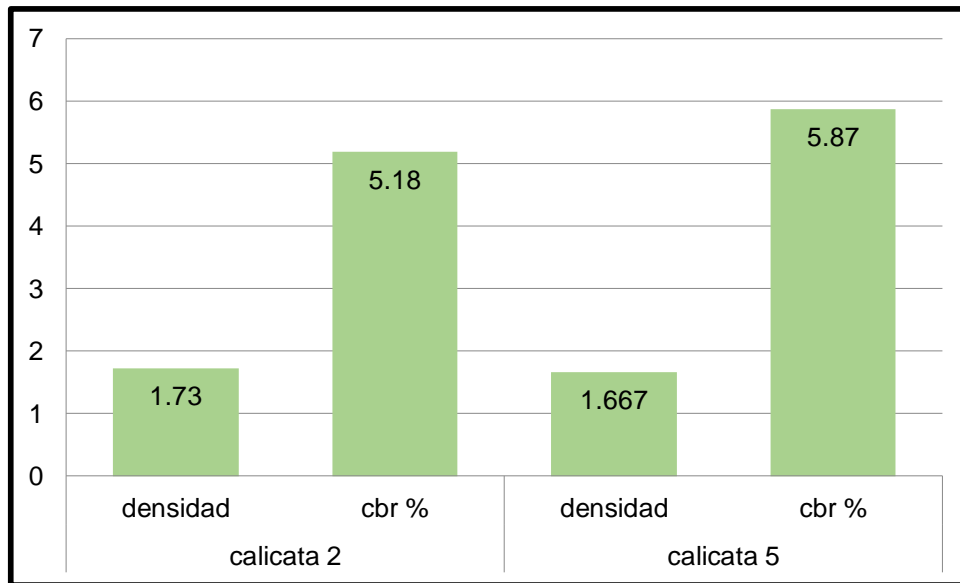


**Fuente:** Resultados de los ensayos del laboratorio GEOLAB

**Interpretación:** El Proctor Modificado del suelo tuvo como resultados para la Calicata C-2, 1.73gr/cm<sup>3</sup>, con una humedad de 10.30% y para la Calicata C-5 de 1.667gr/cm<sup>3</sup>, con una humedad de 12.50% de acuerdo a la norma ASTM D 1557.



**Gráfico N°4:** CBR del Terreno Natural C-2 y C-5

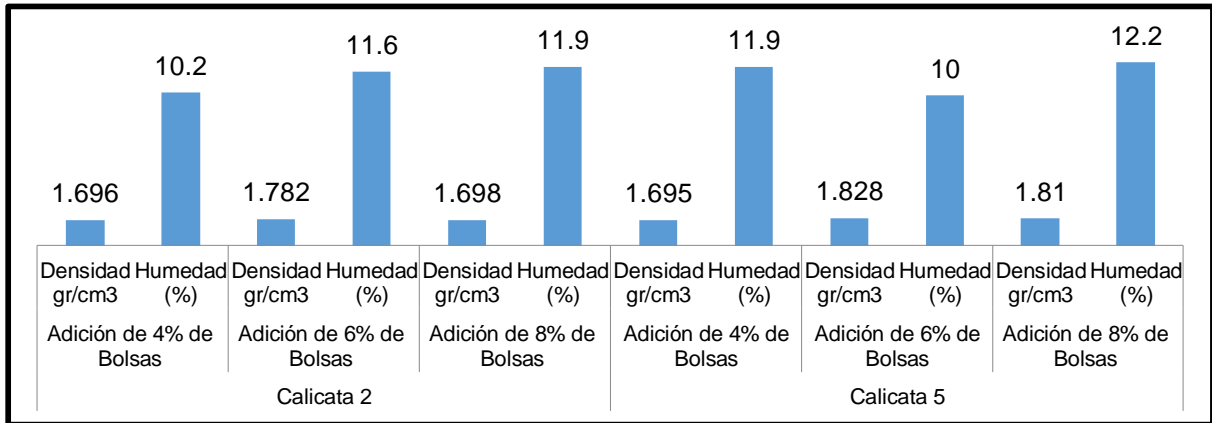


**Fuente:** Resultados de los ensayos del laboratorio GEOLAB

**Interpretación:** De acuerdo a la tabla mostrada, el CBR de la muestra tuvo una resistencia de 5.18% de CBR para la Calicata 2 y 5.87 % de CBR para la Calicata 5, calificada como terreno malo y/o insuficiente según la norma ASTM 1883.

**3.2. En el segundo objetivo se obtuvo las propiedades físicas y mecánicas del suelo con adición de bolsas al 4%, 6% y 8%, siguiendo los parámetros del Manual de Ensayo de Materiales MTC.**

**Gráfico N°5:** Proctor Modificado Adicionando 4, 6 y 8% de Bolsas de Polietileno C2-C5



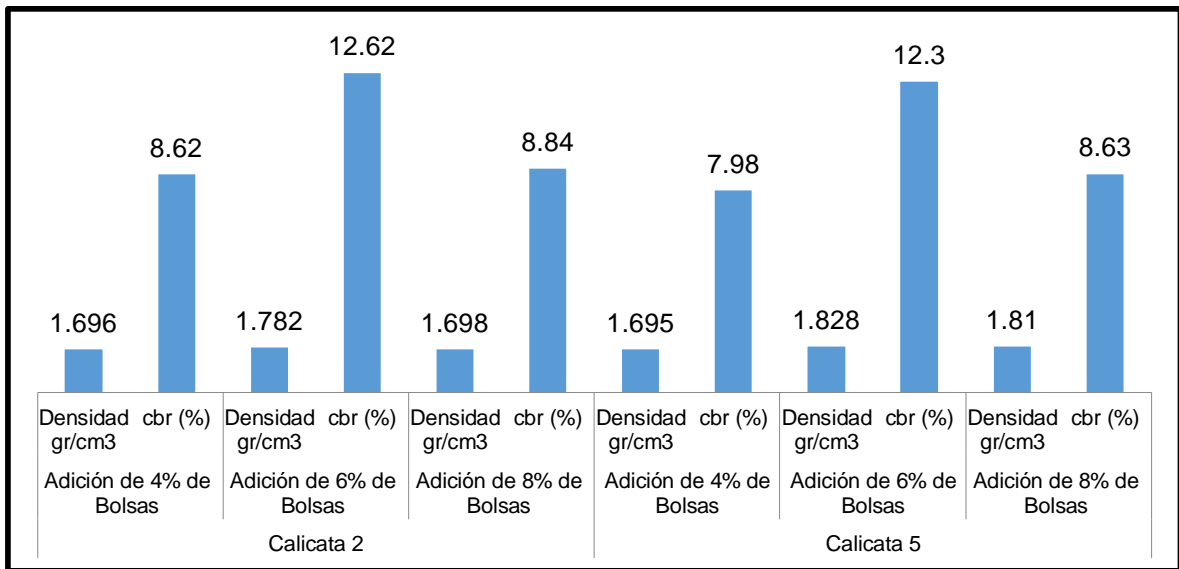
**Fuente:** Resultados de los ensayos del laboratorio GEOLAB

**Interpretación:** De acuerdo a la norma ASTM D 1557 se obtuvo los siguientes resultados:

- Al 4%, bolsas de polietileno de la C-2, se obtuvo una densidad de 1.696gr/cm<sup>3</sup> con una humedad óptima de 10.2%.
- Al 6%, bolsas de polietileno de la C-2, se obtuvo una densidad de 1.782gr/cm<sup>3</sup> con una humedad óptima de 11.6%.
- Al 8%, bolsas de polietileno de la C-2, se obtuvo una densidad de 1.698gr/cm<sup>3</sup> con una humedad óptima de 11.9%.
- Al 4%, bolsas de polietileno de la C-5, se obtuvo una densidad de 1.695gr/cm<sup>3</sup> con una humedad óptima de 11.9%.
- Al 6%, bolsas de polietileno de la C-5, se obtuvo una densidad de 1.828gr/cm<sup>3</sup> con una humedad óptima de 10%.
- Al 8%, bolsas de polietileno de la C-5, se obtuvo una densidad de 1.81gr/cm<sup>3</sup> con una humedad óptima de 12.2%.

El predominante fue el 6% de adición de bolsas de polietileno en donde la calicata C-2 obtuvo una densidad de 1.782gr/cm<sup>3</sup>, con una humedad óptima de 10.20%. Y así también la calicata C-5 donde se obtuvo una densidad de 1.828gr/cm<sup>3</sup>, con una humedad óptima de 10%.

**Gráfico N°6:** CBR con Adición del 4, 6 y 8% de Bolsas de Polietileno para las calicatas C2 - C5



**Fuente:** Resultados de los ensayos del laboratorio GEOLAB

**Interpretación:** De acuerdo a la norma ASTM D 1883.

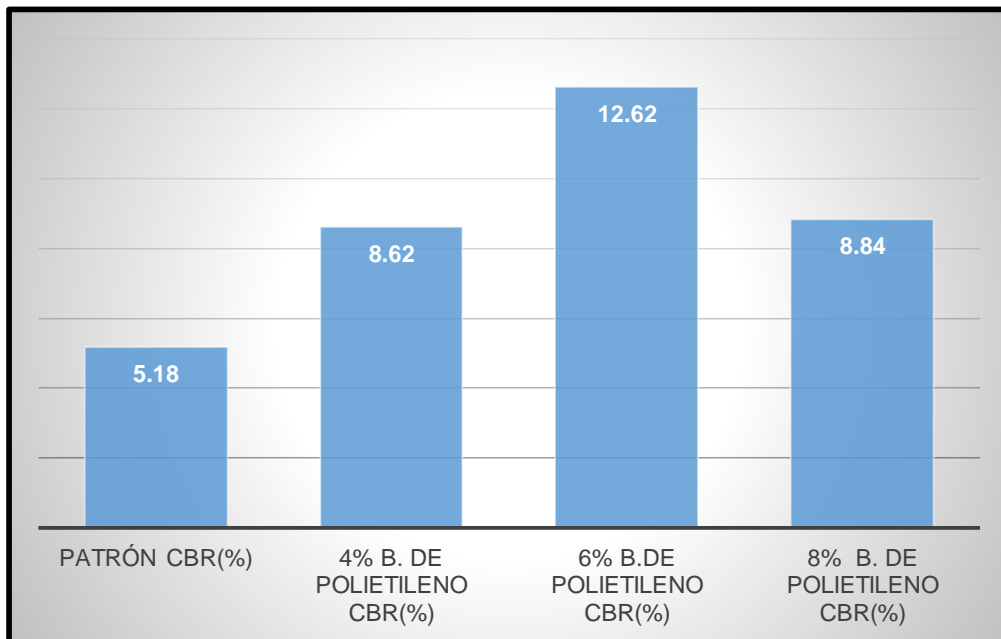
- 4% de bolsas de polietileno de la C-2, obtuvo una densidad de 1.696gr/cm<sup>3</sup> la cual arroja un CBR de 8.62%
- 6% de bolsas de polietileno de la C-2, obtuvo una densidad de 1.782gr/cm<sup>3</sup> la cual arroja un CBR de 12.62%
- 8% de bolsas de polietileno de la C-2, obtuvo una densidad de 1.698gr/cm<sup>3</sup> la cual arroja un CBR de 8.84%
- 4% de bolsas de polietileno de la C-5, obtuvo una densidad de 1.695gr/cm<sup>3</sup> la cual arroja un CBR de 7.98%
- 6% de bolsas de polietileno de la C-5, obtuvo una densidad de 1.828gr/cm<sup>3</sup> la cual arroja un CBR de 12.3%
- 8% de bolsas de polietileno de la C-2, obtuvo una densidad de 1.81gr/cm<sup>3</sup> la cual arroja un CBR de 8.63%

El factor predominante fue la adición del 6% de bolsas de polietileno, indicó un mayor CBR las cuales varía desde 8.62% hasta 12.62% para la calicata C-2 y 7.98% hasta 12.3% en la calicata C-5.

**3.3. Determinar el porcentaje óptimo de adición de bolsas de polietileno al suelo, para fines de estabilización.**

Se usó las adiciones del 4%, 6%, 8% de bolsa de polietileno para las calicatas C2 – C5 que a continuación se muestra:

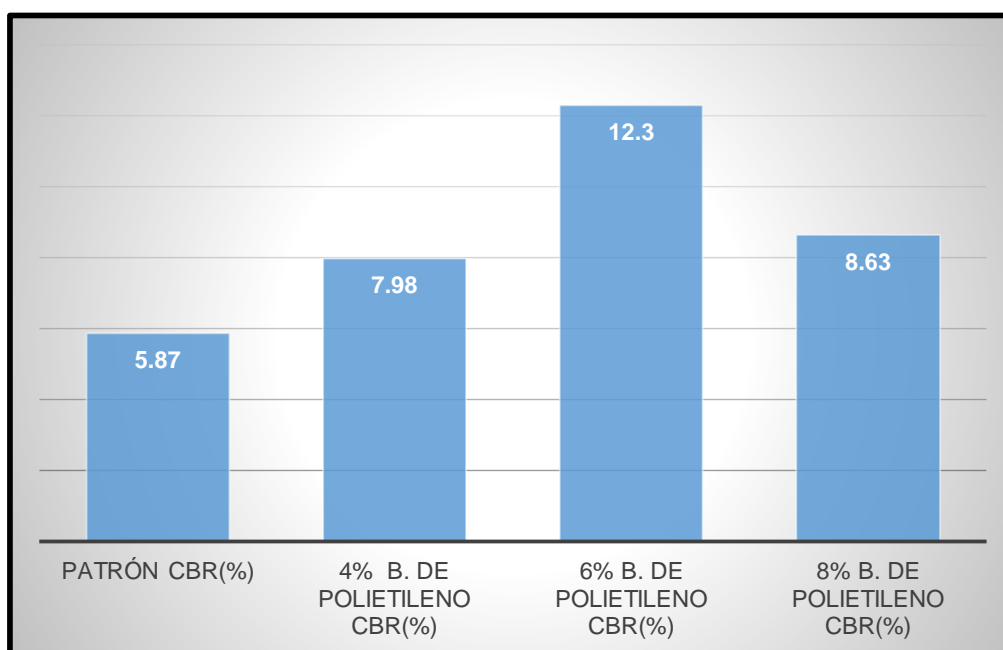
**Gráfico N°7:** Porcentaje ideal de adición de bolsas de polietileno C-2



**Fuente:** Resultados de los ensayos del laboratorio GEOLAB

**Interpretación:** De acuerdo a los porcentajes de adición de bolsas de polietileno el que predominó fue el 6% ya que su resultado de CBR es de 12.62, seguido por el 8% de adición de bolsas de polietileno ya que su resultado es de 8.84% CBR y por último la adición de 4% de bolsas de polietileno con un resultado es de 8.62% CBR. Por otro lado, el patrón con su CBR de 5.18%.

**Gráfico N° 8:** Porcentaje ideal de adición de bolsas de polietileno C-5

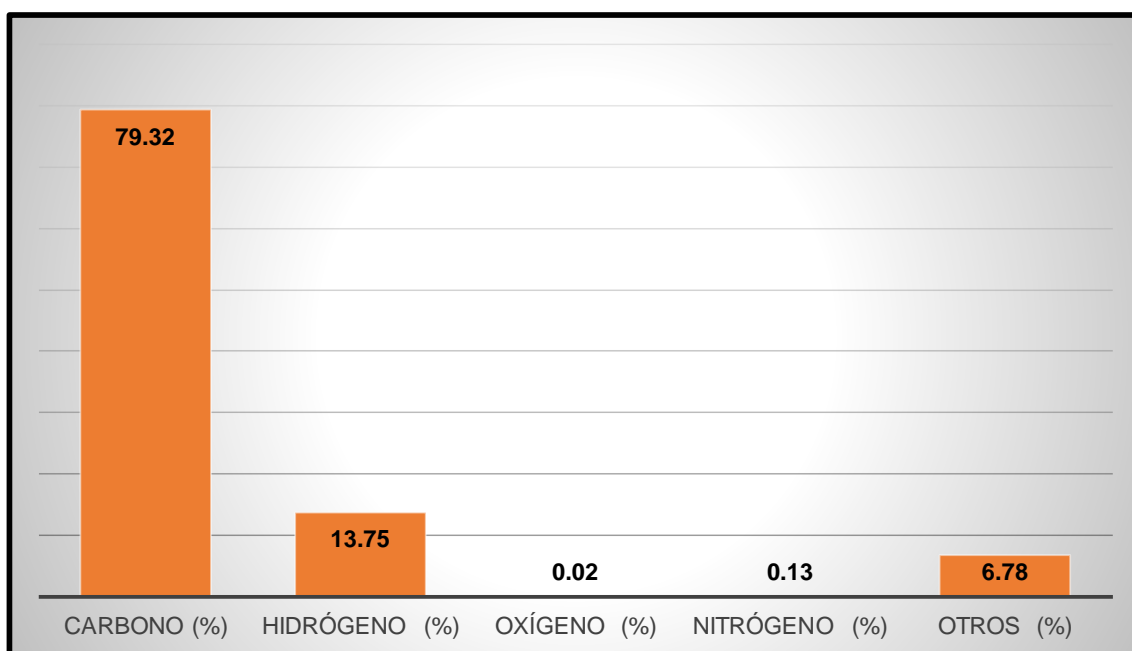


**Fuente:** Resultados de los ensayos del laboratorio GEOLAB

**Interpretación:** De acuerdo a los porcentajes de adición de bolsas de polietileno el que predominó fue el 6% ya que su resultado de CBR es de 12.3, seguido por el 8% de adición de bolsas de polietileno ya que su resultado es de 8.63% CBR y por último la adición de 4% de bolsas de polietileno con un resultado es de 7.98% CBR. Por otro lado, el patrón con su CBR de 5.87%.

### 3.4. Determinar las propiedades químicas de las bolsas de polietileno

Gráfico N° 9: Elementos Químicos de las Bolsas de Polietileno



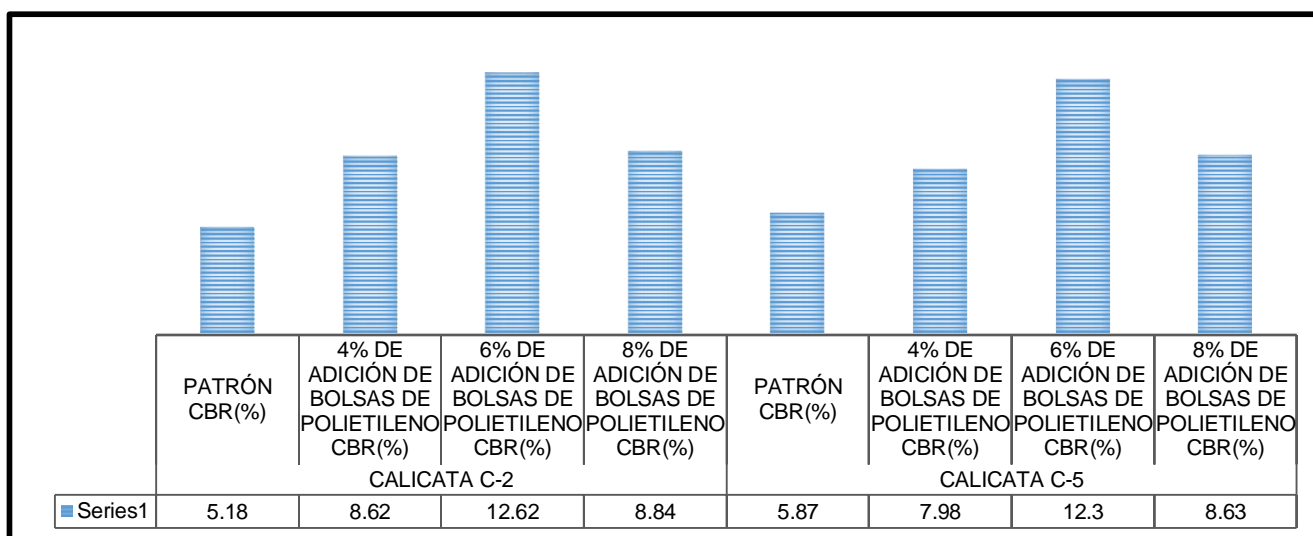
**Fuente:** Resultados de los ensayos del laboratorio SLAB

**Interpretación:** Dentro de los elementos químicos el predominante fue el Carbono con un porcentaje de (79.32%), seguido por el hidrógeno (13.75%), por los elementos químicos de nitrógeno (0.13) y oxígeno (0.02) y demás en menor cuantía.

**La hipótesis general de esta investigación es la adición de bolsas de polietileno influye positivamente en la estabilización del suelo a nivel de la Subrasante del Centro Poblado San Luis, Distrito Santa – Áncash 2019.**

**Presentando una hipótesis nula,** adicionando las bolsas de polietileno al suelo natural no influye positivamente en la mejora de las propiedades físicas y mecánicas del suelo a estabilizar.

**Gráfico N° 10:** Comprobación de Hipótesis



**Fuente:** Elaboración Propia

Mediante la adición de los distintos porcentajes de bolsas de polietileno se pudo observar que los resultados fueron favorables para el mejoramiento del suelo debido a que aumenta su CBR a un 12.62% y 12.3%. Por tal motivo la hipótesis de esta investigación si influye positivamente en la estabilización del suelo del Centro Poblado San Luis a nivel de Subrasante, descartando la hipótesis nula de acuerdo a los resultados obtenidos.

#### IV. DISCUSIÓN

De acuerdo con el Primer objetivo en determinar las propiedades físicas y mecánicas del suelo natural se destacó las siguientes discusiones:

- Las propiedades físicas de esta investigación y así como de Jair Calderón, mostraron que resultados no coinciden, aun así, teniendo una investigación con el mismo proceso metodológico pero con distintos tipos de suelos. Así como indica Calderón Jair que en las propiedades físicas del suelo natural en su investigación presentó un suelo altamente arcilloso con los siguientes porcentajes; gravas (0%), arena (1.95%) y finos arcillosos de (98.05%). Así mismo obtuvo un índice de plasticidad alto con un valor de 43.60%. por ello en nuestra investigación se ha demostrado que las propiedades físicas obtiene los siguientes porcentajes; Gravass (0.04%), arenas (98.83%) y finos arcillosos de (1.13%). Además el índice de plasticidad de la muestra de estudio es nula.

Y en las propiedades mecánicas en ambas investigaciones teniendo diferentes tipos de suelos se observó que la resistencia del suelo mejora, determinando las pérdidas y cambios volumétricos (expansión y contracción) con distintos porcentajes de humedad presentados al humedecer y secar las probetas con suelo natural en determinadas repeticiones con un contenido óptimo de humedad. Obteniendo un (C.B.R.) de 2.3%. En nuestra investigación se determinó que el CBR del suelo natural tiene una resistencia de 5.18% y 5.87 % de CBR respectivamente.

- Las propiedades físicas de esta investigación y así como la tesis de Vargas Nadia, muestran distintos tipos de suelos, así mismo Vargas obtuvo los siguientes resultados; Gravass (3.2%), arena (5.82%) y finos de (9116%). También su índice de plasticidad tuvo un valor de 25.31%. En nuestra investigación se demostró que las propiedades físicas de nuestra muestra de estudio obtiene los siguientes porcentajes; gravas (0.04%), arenas (98.83%) y finos arcillosos de (1.13%). De tal manera el índice de plasticidad de la muestra de estudio fue totalmente nulo.

En las propiedades mecánicas para nuestra investigación y para la tesis de Vargas siguen los mismos procesos metodológicos de acuerdo a Norma. Obteniendo distintos resultados las cuales Vargas indica que en su resistencia del suelo obtiene



un (C.B.R.) de 4.8%. Por otra parte en nuestra investigación se determinó que el CBR del suelo natural tiene una resistencia de 5.18% y 5.87 %.

De acuerdo con el segundo objetivo en determinar las propiedades físicas y mecánicas del suelo con adiciones, se destacó las siguientes discusiones:

- Para nuestra investigación y la tesis de Laica Juan se tiene distintos tipos de suelos así mismo distintos porcentajes de adición y material. Laica indicó que en sus propiedades físicas con la adición de los porcentajes de 3%, 6% y 9% de caucho, el índice de plasticidad están dentro de la norma establecida ya que es menor de 25 y mayor de 6 respectivamente a diferencia de nuestra investigación el índice de plasticidad es nula ya que el suelo es arenoso mal graduado.

Por otra en la determinación de sus propiedades mecánicas indicó que las pérdidas en volumen de expansión y contracción con porcentajes distintos de humedad en la muestra de suelo adicionando caucho al 3%, 6% y 9. Obtuvo un porcentaje máximo de (C.B.R.) de 18.1% con la adición del 3% de caucho. Por otra parte, en esta investigación, en las propiedades mecánicas del suelo adicionando bolsas de polietileno al 4%, 6% y 8% se obtuvo un porcentaje máximo de (C-B.R) de 12.3% con la adición de 6% de bolsas de polietileno. Se obtuvo mejoras de la resistencia en ambas investigaciones con distintos porcentajes y materiales a fin de estabilizar el suelo.

- Teniendo suelos diferentes y adicionando distintos porcentajes en la tesis de Ayala Génesis, se obtuvo resultados favorables en ambas investigaciones. Para Ayala al adicionar el 8% de polímeros mostró que el índice de plasticidad está dentro del rango de norma, menor de 22% y mayor de 6% respectivamente. A diferencia de esta investigación que siendo un suelo arenoso no presentó índice de plasticidad con y sin adición de bolsas de polietileno.

Así mismo Ayala Génesis en las propiedades mecánicas indica que su resistencia de (C.B.R.) es de 15.31% con la adición del 8% de polímeros. Por otra parte, en esta investigación, en las propiedades mecánicas del suelo adicionando bolsas de polietileno al 4%, 6% y 8% se obtuvo un porcentaje máximo de (C.B.R) de 12.3% con la adición de 6% de bolsas de polietileno. En ambos casos se siguió el mismo procedimiento ya que la norma del ensayo del CBR es igual. Por tal motivo la

investigación estudiada fue aceptable ya que en ambos casos los procedimientos van de acuerdo a normativa.

De acuerdo con al Tercer objetivo en determinar el óptimo porcentaje de adición de bolsas de polietileno se destacó las siguientes discusiones:

- En ambas investigaciones se utilizó adiciones de bolsas de polietileno donde la metodología sigue los mismos procedimientos y la influencia coincidió en los resultados alcanzando valores de CBR positivos para estabilización. Leiva Roly al diagnosticar la influencia de las bolsas de polietileno en la Subrasante del Jr. Arequipa con las adiciones al 2%, 4%, 6%, 8% y 10%. El que más resistencia obtuvo fue la adición del 6% de bolsas de polietileno alcanzado un cbr de 15.22%. Por otra parte en esta investigación se propuso la adición de 4%,6%,8% de bolsas de polietileno. Donde el 6% de bolsas de polietileno logro alcanzar un valor de 12.3% CBR. Por tal motivo la información de Leyva Roly fue confiable.

De acuerdo con al cuarto objetivo se determinó el ensayo químico de bolsas de polietileno se destacó las siguientes discusiones:

- Para determinar la influencia del elemento químico predominante se realizó estudios químicos para ambos casos. Leiva Roly indicó que en la utilización de bolsas de polietileno al fundirse el elemento químico que más incide es el Carbono con un porcentaje equivalente a (75.52%). De igual manera, en esta investigación se determinó que el componente químico que más incide es el Carbono con un (79.32%) y con ello se logró mejorar el suelo a fin de estabilizarlo. Por tal motivo la fuente de Leiva Roly es confiable y permite obtener resultados óptimos.

En relación al marco teórico destacó la siguiente discusión:

- Guerrero indicó que la Subrasante tiene una capacidad de soportar las cargas establecidas ya que las cargas serán transferidas por la estructura del pavimento. De acuerdo a lo expresado en esta investigación se ha definido que la subrasante

debe estar por lo menos estabilizado con un CBR que supere el 8% de acuerdo a norma del MTC.

Para la justificación de esta investigación se destaca la siguiente discusión:

- Según el Manual para el diseño de caminos no pavimentados de bajo volumen de tránsito indica que; el ancho de calzada se dará mediante el índice de tráfico y estas pueden ser de uno o más carriles. Indica que si el índice de tráfico es mayor a 201 y menor a 400 v/día la calzada será de 2 carriles con un ancho total entre 6 a 7 metros, si esta entre 101 a 200 v/día la calzada será de 2 carriles con un ancho entre 5.50 a 6.50 metros, si esta entre 51 a 100 v/día la calzada será de 2 carriles con un ancho entre 5.50 a 6.00 metros, si esta entre 16 a 50 v/día la calzada será de 1 o 2 carriles con un ancho entre 3.50 a 4.00 metros, y por último indica que si es menor a 15 v/día la calzada será de 1 carril con un ancho total de 3.50 metros para carreteras no pavimentadas.

Por tal motivo en esta investigación de acuerdo al IMD se observó en el Centro Poblado San Luis un total de 45 v/día, por ello su clasificación está en el IMD de 16 a 50 v/día donde la calzada será de 1 carril con un ancho de 3.50 metros ya que la carretera no pavimentada pertenece a las vías vecinales de la Municipalidad Distrital del Santa por tal motivo solo se evaluó al ancho existente y la cual está dentro de los parámetros de la norma del MTC.

## V. CONCLUSIONES

1. Con los resultados obtenidos se determinó que si es posible la estabilización del suelo del Centro Poblado San Luis adicionando Bolsas de Polietileno.
2. De acuerdo a los resultados obtenidos para las propiedades físicas, el tipo de suelo es una arena mal graduada (SP), donde el contenido de humedad varia de 22.23% hasta 32.34% además no presenta índice de plasticidad. Y en las propiedades mecánicas se determinó que el CBR del suelo natural es insuficiente con valores desde 5.18% hasta 5.87%.
3. En las propiedades físicas del suelo con adición al 4%, 6%, 8% de bolsas de polietileno, la muestra del suelo no presenta índice de plasticidad y en las propiedades mecánicas se determinó que el CBR llegó alcanzar valores de 8.62% hasta 12.62%. C2 y 7.98% hasta 12.30% de la calicata C5 logrando estabilizar el suelo.
4. Se concluyó que el porcentaje óptimo es el 6%, de bolsas de polietileno alcanzando los máximos valores de 12.62% y 12.30% de CBR.
5. De acuerdo al Ensayo químico de bolsas de polietileno se concluyó que el elemento químico que predominante es el carbono con una mayor incidencia.

## **VI. RECOMENDACIONES**

1. Se recomienda a la Municipalidad Distrital de Santa que ejecute la mejora de la Subrasante en el tramo del acceso al Centro Poblado San Luis usando las Bolsas de Polietileno para estabilizar el suelo natural, se debe indicar una adición del 6% del peso volumétrico de la muestra, se debe remover y mezclar el suelo.
2. Se recomienda a la Municipalidad Distrital de Santa suministrar equipamientos de laboratorio que permita obtener el disgregado de las bolsas de polietileno para fines de estabilización de sus vías de acceso.
3. Se recomienda a los Pobladores del Centro Poblado San Luis – Distrito Santa en reutilizar reciclando las bolsas de polietileno ya que es un material a cero costo.
4. Se recomienda a los futuros tesisistas e investigadores que se debe emplear las Bolsas de polietileno en evaluación de otros tipos suelos.

## REFERENCIAS

AMERICAN Society Technology Materials. Committee report by the Subcommittee on Unsaturated Soils (Committee on Soil Properties) and the Committee on Shallow Foundations of the Geo-Institute, in cooperation with the ISSMFE TC6 Committee on Unsaturated Soils: also the proceedings of sessions on unsaturated soils at Geo-Logan '97 sponsored by the Geo-Institute of the American Society of Civil Engineers, Logan, Utah, July 15-19, 1997. American Society of Civil Engineers: USA 1997.333pp.

ISBN: 0784402590.

ANDRÉS, María. Física y Química 4º ESO. Editex: ESPAÑA, 2016. 280pp.

ISBN: 8490788022

AYALA, Génesis. Estabilización y control de suelos expansivos utilizando polímeros. Tesis (Título de Ingeniero Civil) Samborondón: Universidad de Especialidades Espíritu Santo, 2017. 115 pp.

BOWEN, Li. Characterization of Minerals, Metals, and Materials. Springer. USA. 2017, 872PP

ISBN: 3319513826

BRAJA, Das. Geotechnical Engineering. Cengage Learning: USA, 2017. 800 pp.

ISBN: 1305635183

BRAJA, Das. Bearing Capacity and Settlement, Third Edition .CRC Press: USA, 2017. 384 pp.

ISBN 9781498731171

CALDERÓN, Jahir y Velosa, María. Análisis de resistencia a la compresión inconfiada y durabilidad de un suelo arcilloso estabilizado con cal adicionando fibras de material no biodegradable, polietileno de alta densidad (polisombra) reciclada. Tesis (Título de Ingeniero Civil) Bogotá D. C.: Universidad de la Selle, 2017. 175 pp.

CARTHIGESU, Gnanendran. Civil Engineering Materials. Cengage Learning: USA, 2016. 512pp.

ISBN: 1305386648

CRAIG, R.F. Soil Mechanics. Springer: USA, 2013. 419pp.

ISBN: 9780442314347

CISNEROS, Luis. ONU urge a restringir bolsas de plástico para evitar contaminación. El Comercio [en línea]. 04 de Junio de 2018. [Fecha de consulta: 07 de Septiembre de 2018]. Disponible en: <https://elcomercio.pe/mundo/actualidad/onu-urge-restringir-bolsas-plastico-evitar-contaminacion-oceanos-noticia-525209>

CRESPO, Carlos. Mecánica de suelos y cimentaciones.5. a ed. Limusa: México, 2004. 650 pp.

ISBN: 9681864891

DOUGLAS Giancoli. Principles with Applications Volume I (Chs.1-15). Pearson Education. USA, 2018. 512pp

ISBN: 1292057122

ESPINOSA, José. Fundamentos Básicos y Guía en la Construcción de Carretera. Impresora Conadex: Republica Dominicana, 2016. 370pp.

ISBN: 9945409360

FREDLUND, Delwyn, Rahardjo Hendry. Soil Mechanics for Unsaturated Soils. John Wiley & Sons: USA, 1993.544pp.

ISBN: 047185008X

GUERRERO, Antonio. Ingeniería de Vías Férreas. Lulu.com: México, 2017. 522pp.

ISBN: 1326935518

GONZÁLEZ, Pilar. Impacto ambiental en las actividades humanas. UF0735. Tutor Formación: Italia, 2018. 128pp.

ISBN: 8416482942

JAY, Ameratunga. Correlations of Soil and Rock Properties in Geotechnical Engineering. Springer: USA, 2015. 228pp.

ISBN: 8132226291

JUAREZ, Badillo, Eulalio y Rodríguez, Alfonso. Fundamentos de la mecánica de suelos. Limusa: México, 2005. 644 pp.

ISBN: 9681800699

KHALED, Sobhan. Principles of Geotechnical Engineering. Cengage Learning: USA, 2016. 784pp.

ISBN: 1305970939

LAICA, Juan. Influencia de la inclusión de polímero reciclado (caucho) en las propiedades mecánicas de una subbase. Tesis (Título de Ingeniero Civil) Ambato: Universidad técnica de Ambato, 2016. 101 pp.

ZHANG, Lei, Jaroslaw W. Drelich. Energy Technology 2017: Carbon Dioxide Management and Other Technologies. Springer. USA, 2017. 499pp

ISBN: 33195219216

LEIVA, Roly. Utilización de bolsas de polietileno para el mejoramiento de suelo a nivel de la subrasante en el Jr. Arequipa, progresiva Km 0+000 - Km 0+100, distrito de Orcotuna, Concepción. Tesis (Título de Ingeniero Civil) Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú, 2016. 125 pp.

LOPÉZ del Pino, Sergio Jesús. . UF0285. Tratamiento de residuos urbanos o municipales. Editorial Elearning, S.L: ESPAÑA, 2018. 204pp.

ISBN: 978-84-16102-64-8



LÓPEZ, T.; HERNÁNDEZ, J.; HORTA, J.; CORONADO, A. y CASTAÑO, V. Polímeros para la estabilización volumétrica de arcillas expansivas. *Revista Iberoamericana de Polímeros* [en línea]. Mayo 2010, n.º 11. [Fecha de consulta: 07 de Septiembre de 2018]. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/277275715>

MACÍAS Loor Adrián Oscar. MECÁNICA DE SUELO 3. Ciencias: España, 2018. 78pp. ISBN: 8494857775

RUIZ, Albina. Bolsas plásticas, enemigo silencioso. LA REPÚBLICA [en línea]. 17 de Febrero de 2018. [Fecha de consulta: 07 de Septiembre de 2018]. Disponible en: <https://larepublica.pe/domingo/1199040-no-las-use>

MINISTERIO de transportes y comunicaciones (Perú).NP, R.D. N°10-MTC/14: Manual de carreteras suelos, geología, geotecnia y pavimentos. Lima: INN, 2016, 305 pp.

MINISTERIO de transportes y comunicaciones (Perú).NP E 101, R.D. N°18/14.MTC: Manual de ensayos de materiales. Lima: INN, 2016, 1269pp.

MINISTERIO de transportes y comunicaciones (Perú). Provías Rural, Dirección general de caminos y ferrocarriles DGCF. Manual para el diseño de caminos no pavimentados de bajo volumen de tránsito. Lima: INN, 2016. 208 pp.

NAGARATNAM, Sivakugan. Introduction to Geotechnical Engineering. Cengage Learning: USA 2015. 448pp. ISBN: 1305257320

NESTERENKO, Darko. Desempeño de suelos estabilizados con polímeros en el Perú. Tesis (Magister en Ingeniería Civil) Lima: Universidad de Piura, 2018. 33 pp.

PORTA Serra Miquel. Reduciendo tóxicos y contaminantes ambientales. Penguin Random House Grupo Editorial España:ESPAÑA, 2018. 320pp  
ISBN: 8425356008

SMITH, Ian. Smith's Elements of Soil Mechanics. John Wiley & Sons: USA, 2013. 552pp.  
ISBN: 9780470673393

TULADHAR, Rabin. Civil Engineering Materials. Cengage Learning: USA, 2017. 512pp.  
ISBN: 9781337291699

POWRIE, William. Soil Mechanics: Concepts and Applications, Third Edition. CRC Press: USA, 2018. 682pp.  
ISBN: 1466552484

RAMÍREZ, Jaime.Reglamento de Construcciones Sismorresistentes NSR 10 Tomo Dos: NSR- 10 TOMO DOS.RAM Ediciones: Colombia, 2019. 1085 pp.  
ISBN: 9589703364

RICO, Rodríguez, Alfonso. La ingeniería de los suelos en las vías terrestres Carreteras, Ferrocarriles y Aeropistas. Limusa: México, 2006. 466 pp.  
ISBN: 9681800540

NADAL, Antonio V., Juárez Varón David. Cuadernos de investigación en la ingeniería. vol i 2017: Avances en el área de materiales y sus procesos: España, 2017. 122pp. ISBN: 8494799592.

SAWSAN D. Shubbar. Thermal Cracking of Low and High Density Polyethylene. Noor Publishing: USA, 2017. 148pp.  
ISBN: 333085538X

VARGAS, Nadia. Efecto de la adición de fibra de polímeros reciclados en el valor del CBR de suelos granulares en pavimentos. Tesis (Título de Ingeniero Civil) Huancayo: Universidad Continental, 2017. 155 pp.

VERRUIJT, Arnold. *An Introduction to Soil Mechanics*. Springer; USA, 2017. 420pp.  
ISBN: 3319611852

SANZ, Juan. *Mecánica de suelos*. Eyrolles: Barcelona, 1975. 223 pp.  
ISBN: 847146165X

# **ANEXOS**

# **ANEXO N°1: MATRIZ DE CONSISTENCIA.**

## MATRIZ DE CONSISTENCIA

### TÍTULO:

“Estabilización del Suelo del Centro Poblado San Luis con adición de Bolsas de Polietileno a Nivel Subrasante, Distrito Santa – Áncash 2019”

### LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Diseño de Infraestructura Vial

### DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA:

En el Centro Poblado San Luis se viene observando una problemática causada por este material, las bolsas de polietileno, al no ser recicladas o reutilizadas tiene un aspecto negativo, por el simple hecho que tardan más de 500 años en ser deterioradas naturalmente, y estos contienen productos tóxicos que son negativos para la humanidad el cual se exponen diariamente ante esta situación; por ello que mediante esta investigación de manera productiva por los diferentes antecedentes e investigaciones va a generar un impacto positivo porque se utilizará para estabilizar el suelo, este material será aplicado para conseguir mejorar sus características, físicas, químicas y mecánicas del suelo, donde va a aumentar la resistencia del suelo y mejore a nivel de Subrasante.

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTO	JUSTIFICACIÓN
<p>¿Cómo influye la adición de bolsas de polietileno en la estabilización del suelo a nivel subrasante del Centro Poblado San Luis?</p>	<p>General:</p> <p>Determinar la influencia de las bolsas de polietileno en la estabilización del suelo a nivel subrasante del Centro Poblado San Luis, Distrito Santa – Áncash 2019.</p>	<p>General:</p> <p>La adición de bolsas de polietileno influye positivamente en la estabilización del suelo a nivel de la Subrasante del Centro Poblado San Luis, Distrito Santa – Áncash 2019.</p> <p>-Al presentar una hipótesis nula, adicionando las bolsas de polietileno al suelo natural no influye positivamente en la mejora de las propiedades físicas y mecánicas del suelo a estabilizar.</p>	<p>Propiedades Mecánicas</p>	<p>Capacidad de Soporte</p>	<p>El instrumento usado fueron los protocolos de ensayos de materiales de laboratorio.</p>	<p>El estudio tiene como propósito realizar este tipo de investigaciones, porque servirá para el mejoramiento de la transitabilidad de la zona en estudio, ya que este se nota afectado al encontrarse en un suelo arenoso que, imposibilita el pase vehicular, también de peatones debido a que son los más afectados por el tipo de suelo. De tal manera, se va a influenciar positivamente el medio ambiente, usando un material reciclado, identificado como bolsas de polietileno, ya que en la actualidad contaminan severamente no solo el suelo sino también a todos los recursos.</p>
	<p>Específicos:</p> <p>-Determinar las propiedades físicas y mecánicas del suelo del Centro Poblado San Luis, Distrito Santa – Áncash 2019.</p> <p>-Determinar las propiedades físicas y mecánicas del suelo con adición del 4%, 6% y 8% de bolsas de polietileno para el Centro Poblado San Luis, Distrito Santa – Áncash 2019.</p> <p>-Determinar el porcentaje óptimo de adición de bolsas de polietileno al suelo para el Centro Poblado San Luis, Distrito Santa – Áncash 2019.</p> <p>-Determinar las propiedades químicas de las bolsas de polietileno para el Centro Poblado San Luis, Distrito Santa – Áncash 2019.</p>		<p>Propiedades Físicas</p>	<p>Contenido de Humedad</p>		
			<p>Plasticidad</p>	<p>Peso Específico</p>		

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	DIMENSIONES	INDICADORES	INSTRUMENTO	JUSTIFICACIÓN
¿Cómo influye la adición de bolsas de polietileno en la estabilización del suelo a nivel subrasante del Centro Poblado San Luis?	General: Determinar la influencia de las bolsas de polietileno en la estabilización del suelo a nivel de subrasante del Centro Poblado San Luis, Distrito Santa – Áncash 2019.	General: La adición de bolsas de polietileno influye positivamente en la estabilización del suelo a nivel de la Subrasante del Centro Poblado San Luis, Distrito Santa – Áncash 2019.	Porcentaje de Bolsas de Polietileno	Peso en Gramos de Bolsas en 4%, 6% y 8%	El instrumento a usar fueron los protocolos de ensayos de materiales en laboratorio.	El estudio tiene como propósito realizar este tipo de investigaciones, porque servirá para el mejoramiento de la transitabilidad de la zona en estudio, ya que este se nota afectado al encontrarse en un suelo arenoso que, imposibilita el pase vehicular, también de peatones debido a que son los más afectados por el tipo de suelo. De tal manera, se va a influenciar positivamente el medio ambiente, usando un material reciclado, identificado como bolsas de polietileno, ya que en la actualidad contaminan severamente no solo el suelo sino también a todos los recursos.
	Específicos: -Determinar las propiedades físicas y mecánicas del suelo del Centro Poblado San Luis, Distrito Santa– Áncash 2019. -Determinar las propiedades físicas y mecánicas del suelo con adición del 4%, 6% y 8% de bolsas de polietileno para el Centro Poblado San Luis, Distrito Santa – Áncash 2019. -Determinar el porcentaje óptimo de adición de bolsas de polietileno al suelo para el Centro Poblado San Luis, Distrito Santa – Áncash 2019. -Determinar las propiedades químicas de las bolsas de polietileno para el Centro Poblado San Luis, Distrito Santa – Áncash 2019.	-Al presentar una hipótesis nula, adicionando las bolsas de polietileno al suelo natural no influye positivamente en la mejora de las propiedades físicas y mecánicas del suelo a estabilizar.	Propiedades físicas y químicas	Densidad		
				Peso Volumétrico		
				Temperatura Vítrea		
				Temperatura de Fusión		
			Composición Química			



# **ANEXO N°2: PANEL FOTOGRAFICO.**

## MUESTREO DE DATOS.

Figura N°1: Reconocimiento de terreno.



Figura N°2: Calicata N°1



Figura N°3: Inicia a realizar la calicata N°1, napa freática



Figura N°4: Calicata N°2



Figura N°5: Inicio a realizar la Calicata N°2, napa freática



Figura N°6: Bolsas de polietileno fundidas.

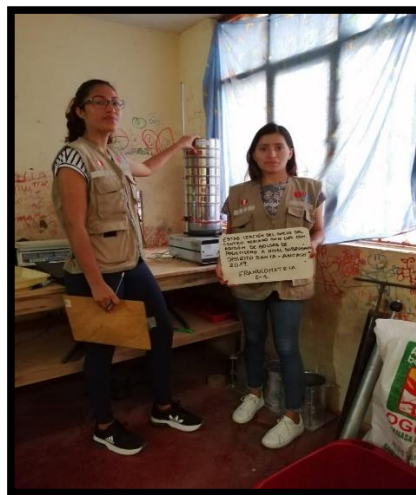


## GRANULOMETRÍA

Figura N°7: Colocación de la muestra seca de la calicata N°1.



Figura N°8: Zarandeado de la calicata N°1.



## CONTENIDO DE HUMEDAD

Figura N°9: Peso de la tara pequeña.

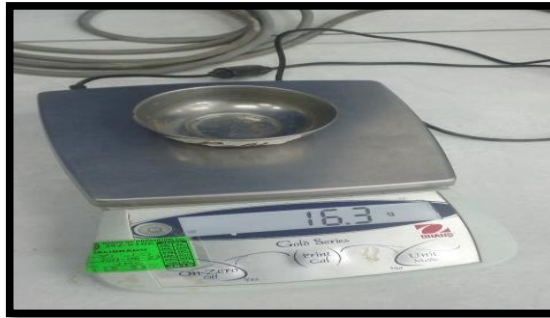


Figura N°10: Peso de la tara pequeña más la muestra de la Calicata N°1.



Figura N°11: Material seco de las muestras de la Calicata N°1.



Figura N°12: Peso del material seco de la muestra de la Calicata N°1.



## ÍNDICE DE PLASTICIDAD

Figura N°13: Material tamizado de la Calicata N°1.



Figura N°14: Preparación de la pasta con el material utilizado en seco de la calicata N°1.



Figura N°15: Muestra del material granulado en la copa de Casagrande de la Calicata N°1.



Figura N°16: Muestras del Límite líquido y Límite plástico de la calicata N°1.



Figura N°17: Peso en seco del Límite líquido de la calicata N°1.



## PROCTOR MODIFICADO

Figura N°18: Material tamizado para realizar el ensayo de Proctor Modificado de ambas calicatas.



Figura N°19: Peso del material a utilizar para el Proctor Modificado Patrón Calicata N°1.



Figura N°20: Amasado del material (3kg) para el ensayo de Proctor Modificado Patrón Calicata N°1, con diferentes % de agua.





Figura N°21: Vaciado del material en 5 capas con respecto al % de agua, en la calicata N°1.



Figura N°22: Aplicación del número de golpes para el ensayo de Proctor Modificado en la calicata N°1.



Figura N° 23: Equipos para el ensayo de Proctor Modificado, martillo de 10 lbs y molde.



Figura N°24: Enrase del 1er anillo con una regla metálica del ensayo de Proctor Modificado Patrón Calicata N°1.



Figura N°25: Peso del 1er anillo del molde - Proctor Modificado Patrón Calicata N°1.



Figura N°26: Peso de la muestra interiormente del ensayo de Proctor Modificado Patrón Calicata N°1.



## CALIFORNIA BEARING RATIO (CBR)

Figura N°27: Colocación del papel filtro en la base y la habilitación del molde.



Figura N° 28: Realización del amasado patrón ensayo de CBR Patrón.



Figura N° 29: Realización del ensayo de CBR Patrón.



Figura N°30: Colocación del pisón y las 2 pesas para ser sumergidas en el agua de la muestra patrón.



Figura N°31: Lectura de CBR patrón.



Figura N°32: Lectura con el dial de dispersión sumergido en agua, con adición al 4% del aceite reciclado.



Figura N° 33: Ensayo de CBR Patrón en la prensa.



**ANEXO N°3:  
PROTOCOLOS DE LOS  
ENSAYOS.**

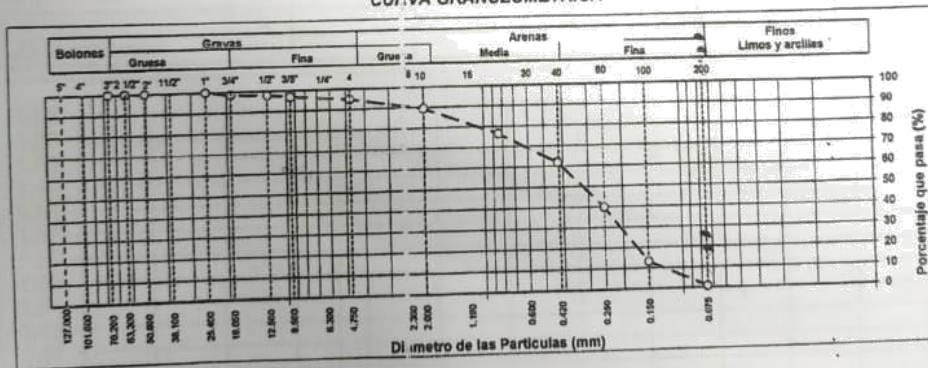


LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS  
ASTM D1 913/ ASTM D2487/ AASHTO D3282

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

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 N.º 1111  
Urb. Bolognesi - Nuevo Chimbote  
Tel.: (043) 483 030 Anx. 4000  
Tel.: (043) 483 030 Anx. 4000

fb/ucv.peru  
fb/@ucv.peru  
@sahradelante  
uc.edu.pe

2019/7/15 21:48



# UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

## ENSAYO DE COMPACTACIÓN (PROCTOR MODIFICADO) ASTM D 1556

SOLICITANTE

UBICACIÓN

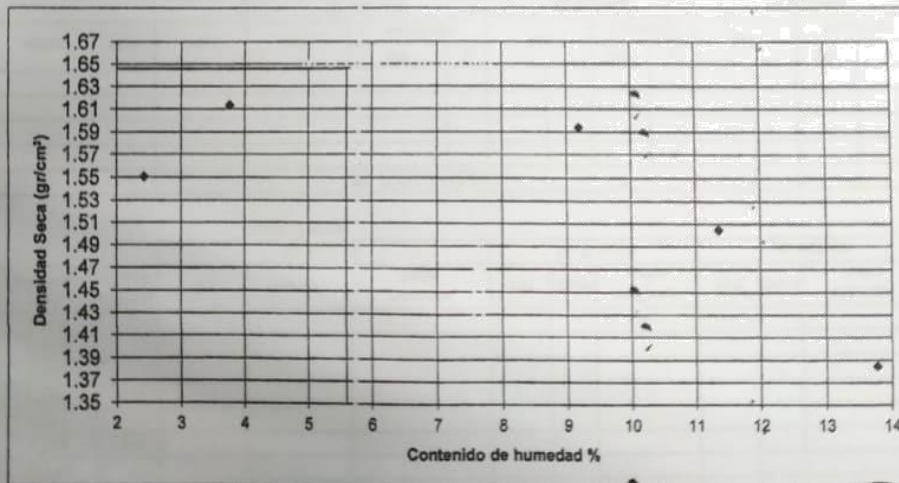
PROYECTO

PROFUNDIDAD  
MUESTRA (m.)

CALICATA

MUESTRA

MOLDE N°	1	Volumen de Molde (cc):	Tipo de Molde:		Temperatura Secado (°C):	110
CAPAS N°	5	Golpes (N°):	Peso de Molde (gr.):		Método:	
MUESTRA	N°		2	3	4	5
PESO SUELO HUMEDO+MOLDE	Grs.					
PESO DEL MOLDE	Grs.					
PESO DEL SUELO HUMEDO	Grs.					
DENSIDAD DE SUELO HUMEDO	Grs/c.c.					
CONTENIDO DE HUMEDAD						
RECIPIENTE	N°					
PESO SUELO HUMEDO+CAPSULA	Grs.					
PESO SUELO SECO+CAPSULA	Grs.					
PESO DE LA CAPSULA	Grs.					
PESO DEL AGUA	Grs.					
PESO DEL SUELO SECO	Grs.					
HUMEDAD	%					
DENSIDAD DE SUELO SECO	Grs/c.c.					



DENSIDAD MAXIMA =

HUMEDAD OPTIMA =

CAMPUS CHIMBOTE  
 Av. General Bolognesi N° 1  
 Av. General Bolognesi N° 1 - Nuevo Chimbote  
 Web: [www.ucv.edu.pe](http://www.ucv.edu.pe)  
 Tel.: (043) 483 030 Anx.: 4000



*Lener Hamilton Villanueva Vásquez*  
 TÉCNICO DE LABORATORIO



2019/7/15 21:49





**ANEXO N°4:  
CERTIFICADO DE  
ENSAYOS REALIZADOS.**



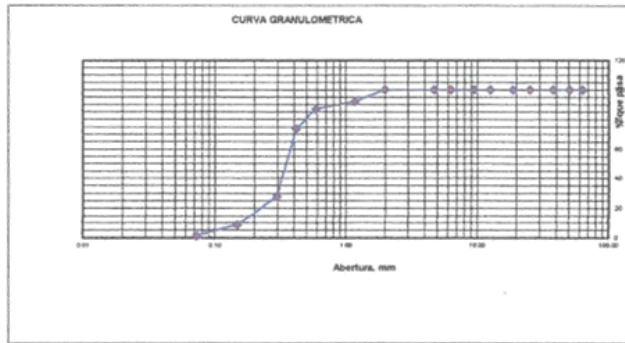
**TESIS:** ESTABILIZACION DEL SUELO DEL CENTRO POBLADO SAN LUIS CON ADICION DE BOLSAS DE POLIETILENO A NIVEL DE SUBRASANTE, DISTRITO SANTA - ANCASH 2019  
**UBICACIÓN :** DISTRITO DE SANTA - PROVINCIA DEL SANTA - REGION ANCASH  
**TESISTAS:** ALBA MENDOZA FIORELA JACQUELINE  
HERNANDEZ HERNANDEZ MILUSKA JACKELIN  
**FECHA** ABRIL DEL 2019

**RESULTADOS DE ENSAYOS ESTANDAR DE LABORATORIO**

**CALICATA** 01 **MUESTRA** .01 Prof. = 1.10 cm ( estrato)

**1. ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM - D421)**

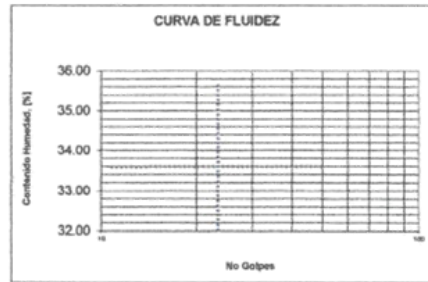
Peso Inicial Seco, [gr]	1202.000		
Peso Lavado y Seco, [gr]	1188.400		
Mallas	Abertura [mm]	Peso retenido [grs]	% pasa
2 1/2"	63.500	0.000	100.00
2"	50.800	0.000	100.00
1 1/2"	38.100	0.000	100.00
1"	25.400	0.000	100.00
3/4"	19.000	0.000	100.00
1/2"	12.700	0.000	100.00
3/8"	9.510	0.000	100.00
1/4"	6.350	0.000	100.00
Nº 4	4.760	0.500	99.96
Nº 10	2.000	0.100	99.95
Nº 16	1.180	95.200	92.03
Nº 30	0.595	65.200	86.61
Nº 40	0.420	156.300	73.80
Nº 50	0.297	552.300	27.85
Nº 100	0.149	231.200	8.42
Nº 200	0.074	87.600	1.13
< Nº 200		13.600	0.00



**2. LIMITES DE CONSISTENCIA (ASTM - D4318)**

**A. LIMITE LIQUIDO**

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



**B. LIMITE PLASTICO**

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

**3. CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM - D2216)**

Procedimiento	Tara No 1
1. Peso Tara, [gr]	21.51
2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	185.20
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	145.20
4. Peso Agua, [gr]	40.00
5. Peso Suelo Seco, [gr]	123.89
6. Contenido de Humedad, [%]	32.34

Grava(%)	0.04
Arena (%)	98.83
Finos(%)	1.13
Límite Líquido	NP
Límite Plástico	NP
Índice Plasticidad	NP
Clasif. SUCS	SP
Clasif. AASHTO	A - 2 - 4 (0)
Contenido de Humedad	32.34
Peso específico	2.83
Índice de Grupo	U

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES EIRL  
LAB. MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

ING. NESTOR A. ZELAYA SANTOS  
CIP. N° 88157- CONSULTOR C-7960  
JEFE LABORATORIO

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES EIRL  
LAB. MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

ING. WILSON J. ZELAYA SANTOS  
CIP. N° 195373  
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS

Dirección: Pueblo Joven C3 De Octubre, Mz B Lt. 07, Distrito de Nuevo Chimbote, Provincia del Santa, Departamento de Ancash.  
Celular: 954877150 - 945417124 RUC:20604190640  
E-mail: wilza822@hotmail.com.  
E-mail: wilza822@outlook.com.



# GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS  
ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECÁNICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,  
CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TÉCNICOS, SUPERVISIÓN, RESIDENCIAS,  
LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS



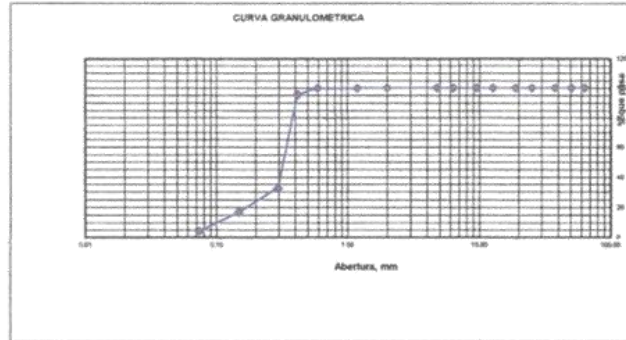
**TESIS:** ESTABILIZACIÓN DEL SUELO DEL CENTRO POBLADO SAN LUIS CON ADICIÓN DE BOLSAS DE POLIETILENO A NIVEL DE SUBRASANTE, DISTRITO SANTA - ANCASH 2019\*  
**UBICACIÓN :** DISTRITO DE SANTA - PROVINCIA DEL SANTA - REGION ANCASH  
**TESISTAS:** ALBA MENDOZA FIORELA JACQUELINE  
HERNANDEZ HERNANDEZ MILUSKA JACKELIN  
**FECHA** ABRIL DEL 2019

## RESULTADOS DE ENSAYOS ESTANDAR DE LABORATORIO

**CALICATA** 02 **MUESTRA** .01 Prof. =135 cm ( estrato)

### 1. ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM - D421)

Peso Inicial Seco, [gr]		507.450	
Peso Lavado y Seco, [gr]		486.950	
Mallas	Abertura [mm]	Peso retenido [grs]	% pesa
2 1/2"	63.500	0.000	100.00
2"	50.800	0.000	100.00
1 1/2"	38.100	0.000	100.00
1"	25.400	0.000	100.00
3/4"	19.000	0.000	100.00
1/2"	12.700	0.000	100.00
3/8"	9.510	0.000	100.00
1/4"	6.350	0.000	100.00
Nº 4	4.760	0.000	100.00
Nº 10	2.000	0.550	99.89
Nº 16	1.180	0.300	99.83
Nº 30	0.595	0.500	99.73
Nº 40	0.420	21.500	95.50
Nº 50	0.297	320.330	32.37
Nº 100	0.149	78.550	16.89
Nº 200	0.074	65.220	4.04
< Nº 200		20.500	0.00



### 2. LIMITES DE CONSISTENCIA (ASTM - D4318)

#### A. LIMITE LIQUIDO

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



#### B. LIMITE PLASTICO

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

### 3. CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM - D2216)

Procedimiento	Tara No 1
1. Peso Tara, [gr]	23.90
2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	125.50
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	102.30
4. Peso Agua, [gr]	23.20
5. Peso Suelo Seco, [gr]	78.40
6. Contenido de Humedad, [%]	29.59

Grava(%)	0.00
Arena (%)	95.96
Finos(%)	4.04
Limite Liquido	NP
Limite Plástico	NP
Índice Plasticidad	NP
Clasif. SUCS	SP
Clasif. AASHTO	A - 2 - 4 (0)
Contenido de Humedad	29.59
Peso específico	2.83
Índice de Grupo	0

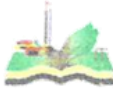
GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.  
LAB. MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

ING. NESTORA A. ZELAYA SANTOS  
CIP. N° 88157- CONSULTOR C-7960  
JEFE LABORATORIO

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.  
LAB. MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

ING. WILSON J. ZELAYA SANTOS  
CIP. N° 195373  
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS

Dirección: Pucallpa Joven 03 De Octubre, Mz. 8 L: 07, Distrito de Nuevo Chimbote, Provincia del Santa, Departamento de Ancash.  
Celular: 954877160 - 945417124 RUC: 20604190640  
E-mail: wilze822@hotmail.com.  
E-mail: wilze822@outlook.com.



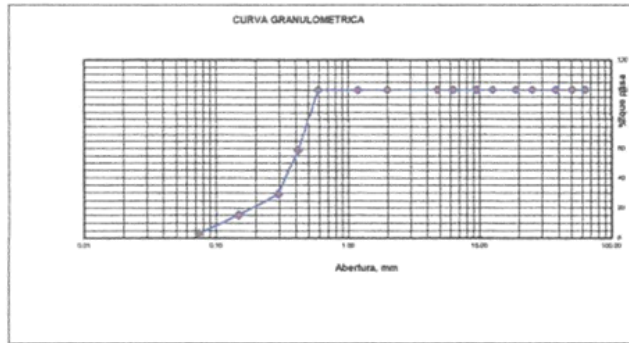
**TESIS:** ESTABILIZACION DEL SUELO DEL CENTRO POBLADO SAN LUIS CON ADICION DE BOLSAS DE POLIETILENO A NIVEL DE SUBRASANTE, DISTRITO SANTA - ANCASH 2019  
**UBICACIÓN :** DISTRITO DE SANTA - PROVINCIA DEL SANTA - REGION ANCASH  
**TESISTAS:** ALBA MENDOZA FIORELA JACQUELINE  
 HERNANDEZ HERNANDEZ MILUSKA JACKELIN  
**FECHA** ABRIL DEL 2019

**RESULTADOS DE ENSAYOS ESTANDAR DE LABORATORIO**

**CALICATA** 03 **MUESTRA** .01 Prof. = 110 cm ( estrato)

**1. ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM - D421)**

Peso Inicial Seco. [gr]	535.130		
Peso Lavado y Seco. [gr]	519.230		
Mallas	Abertura [mm]	Peso retenido [grs]	% pasa
2 1/2"	63.500	0.000	100.00
2"	50.800	0.000	100.00
1 1/2"	38.100	0.000	100.00
1"	25.400	0.000	100.00
3/4"	19.000	0.000	100.00
1/2"	12.700	0.000	100.00
3/8"	9.510	0.000	100.00
1/4"	6.350	0.000	100.00
Nº 4	4.760	0.000	100.00
Nº 10	2.000	0.600	99.89
Nº 16	1.180	0.170	99.86
Nº 30	0.595	0.110	99.84
Nº 40	0.420	221.300	58.48
Nº 50	0.297	156.700	29.20
Nº 100	0.149	75.800	15.03
Nº 200	0.074	64.550	2.97
< Nº 200		15.900	0.00



**2. LIMITES DE CONSISTENCIA (ASTM - D4318)**

**A. LIMITE LIQUIDO**

Procedimiento	Tara No		
	1	2	3
1. No de Golpes			
2. Peso Tara. [gr]			
3. Peso Tara + Suelo Húmedo. [gr]			NP
4. Peso Tara + Suelo Seco. [gr]			
5. Peso Agua. [gr]			
6. Peso Suelo Seco. [gr]			
7. Contenido de Humedad. (%)			

**B. LIMITE PLASTICO**

Procedimiento	Tara No	
	1	2
1. Peso Tara. [gr]		
2. Peso Tara + Suelo Húmedo. [gr]		
3. Peso Tara + Suelo Seco. [gr]		NP
4. Peso Agua. [gr]		
5. Peso Suelo Seco. [gr]		
6. Contenido de Humedad. (%)		



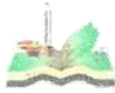
**3. CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM - D2216)**

Procedimiento	Tara No 1
1. Peso Tara. [gr]	23.90
2. Peso Tara + Suelo Húmedo. [gr]	140.11
3. Peso Tara + Suelo Seco. [gr]	116.30
4. Peso Agua. [gr]	23.81
5. Peso Suelo Seco. [gr]	92.40
6. Contenido de Humedad. (%)	25.77

Grava (%)	0.00
Arena (%)	97.03
Finos (%)	2.97
Límite Líquido	NP
Límite Plástico	NP
Índice Plasticidad	NP
Clasif. SUCS	SP
Clasif. AASHTO	A-2-4 (0)
Contenido de Humedad	25.77
Peso específico	2.83
Índice de Grupo	0

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES EIRL  
 LAB. MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO  
 ING. NESTOR A. ZELAYA SANTOS  
 CIP. N° 88157- CONSULTOR C-7960  
 JEFE LABORATORIO

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES EIRL  
 LAB. MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO  
 ING. WILSON J. ZELAYA SANTOS  
 CIP. N° 195373  
 ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS



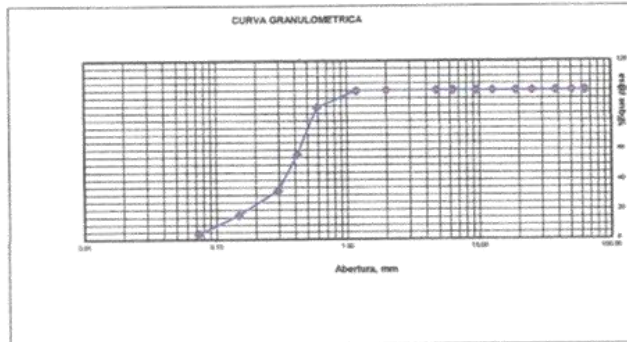
**TESIS:** ESTABILIZACION DEL SUELO DEL CENTRO POBLADO SAN LUIS CON ADICION DE BOLSAS DE POLIETILENO A NIVEL DE SUBRASANTE, DISTRITO SANTA - ANCASH 2019°  
**UBICACIÓN:** DISTRITO DE SANTA - PROVINCIA DEL SANTA - REGION ANCASH  
**TESISTAS:** ALBA MENDOZA FIORELA JACQUELINE  
 HERNANDEZ HERNANDEZ MILUSKA JACKELIN  
**FECHA:** ABRIL DEL 2019

**RESULTADOS DE ENSAYOS ESTANDAR DE LABORATORIO**

**CALICATA:** 04 **MUESTRA:** .01 Prof. = 110 cm ( estrato)

**1. ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM - D421)**

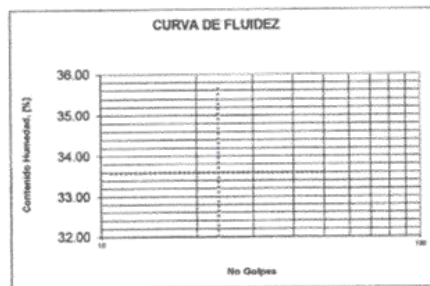
Peso Inicial Seco, [gr]	608.490		
Peso Lavado y Seco, [gr]	585.790		
Mallas	Abertura [mm]	Peso retenido [grs]	% pasa
2 1/2"	63.500	0.000	100.00
2"	50.800	0.000	100.00
1 1/2"	38.100	0.000	100.00
1"	25.400	0.000	100.00
3/4"	19.000	0.000	100.00
1/2"	12.700	0.000	100.00
3/8"	9.510	0.000	100.00
1/4"	6.350	0.000	100.00
Nº 4	4.750	0.000	100.00
Nº 10	2.000	0.800	99.87
Nº 16	1.180	1.300	99.85
Nº 30	0.595	65.200	88.94
Nº 40	0.420	196.300	56.68
Nº 50	0.297	145.800	32.72
Nº 100	0.149	99.400	16.38
Nº 200	0.074	76.990	3.73
< Nº 200		22.700	0.00



**2. LIMITES DE CONSISTENCIA (ASTM - D4318)**

**A. LIMITE LIQUIDO**

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



**B. LIMITE PLASTICO**

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

**3. CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM - D2216)**

Procedimiento	Tara No 1
1. Peso Tara, [gr]	21.47
2. Peso Tara + Suelo Húmedo, [gr]	159.30
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	156.30
4. Peso Agua, [gr]	3.00
5. Peso Suelo Seco, [gr]	134.83
6. Contenido de Humedad, [%]	2.23

Grava(%)	0.00
Arena (%)	96.27
Finos(%)	3.73
Limite Liquido	NP
Limite Plástico	NP
Indice Plasticidad	NP
Clasif. SUCS	SP
Clasif. AASHTO	A-2-4 (0)
Contenido de Humedad	2.23
Peso específico	2.63
Indice de Grupo	U

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES EIRL  
 LAB. MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO  
 ING. NESTOR A. ZELAYA SANTOS  
 CIP. N° 88167- CONSULTOR C-7960  
 JEFE LABORATORIO

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES EIRL  
 LAB. MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO  
 ING. WILSON J. ZELAYA SANTOS  
 CIP. N° 195373  
 ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS

Dirección: Pueblo Joven C3 De Octubre, Mg. B. L. 07. Distrito de Nuevo Chimbote, Provincia del Santa, Departamento de Ancash;  
 Celular: 954877150 - 945417124 RUC:20604190540  
 E-mail: wilze822@hotmail.com.  
 E-mail: wilze822@outlook.com.



# GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS  
ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,  
CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TECNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAS,  
LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS



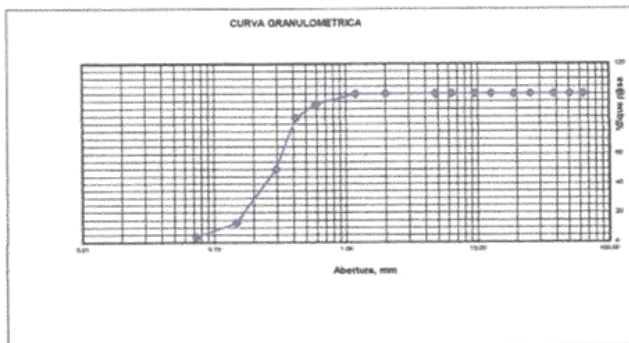
**TESIS:** ESTABILIZACION DEL SUELO DEL CENTRO POBLADO SAN LUIS CON ADICION DE BOLSAS DE POLIETILENO A NIVEL DE SUBRASANTE, DISTRITO SANTA - ANCASH 2019  
**UBICACIÓN :** DISTRITO DE SANTA - PROVINCIA DEL SANTA - REGION ANCASH  
**TESISTAS:** ALBA MENDOZA FIORELA JACQUELINE  
HERNANDEZ HERNANDEZ MILUSKA JACKELIN  
**FECHA** ABRIL DEL 2019

## RESULTADOS DE ENSAYOS ESTANDAR DE LABORATORIO

**CALICATA** 05 **MUESTRA** .01 Prof. = 110 cm ( estrato)

### 1. ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO (ASTM - D421)

Peso Inicial Seco, [gr]	951.830		
Peso Lavado y Seco, [gr]	919.330		
Mallas	Abertura [mm]	Peso retenido [grs]	% pasa
2 1/2"	63.500	0.000	100.00
2"	50.800	0.000	100.00
1 1/2"	38.100	0.000	100.00
1"	25.400	0.000	100.00
3/4"	19.000	0.000	100.00
1/2"	12.700	0.000	100.00
3/8"	9.510	0.000	100.00
1/4"	6.350	0.000	100.00
N° 4	4.760	0.300	99.97
N° 10	2.000	0.800	99.88
N° 16	1.180	0.600	99.82
N° 30	0.595	0.710	92.77
N° 40	0.420	0.630	83.70
N° 50	0.297	0.321	49.92
N° 100	0.149	0.351	13.02
N° 200	0.074	0.140	3.41
< N° 200		0.325	0.00



### 2. LIMITES DE CONSISTENCIA (ASTM - D4318)

#### A. LIMITE LIQUIDO

Procedimiento	Tara No		
	1	2	3
1. No de Golpes			
2. Peso Tara, [gr]			
3. Peso Tara + Suelo Humedo, [gr]			NP
4. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]			
5. Peso Agua, [gr]			
6. Peso Suelo Seco, [gr]			
7. Contenido de Humedad, (%)			

#### B. LIMITE PLASTICO

Procedimiento	Tara No	
	1	2
1. Peso Tara, [gr]		
2. Peso Tara + Suelo Humedo, [gr]		
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]		NP
4. Peso Agua, [gr]		
5. Peso Suelo Seco, [gr]		
6. Contenido de Humedad, (%)		



### 3. CONTENIDO DE HUMEDAD (ASTM - D2216)

Procedimiento	Tara No 1
1. Peso Tara, [gr]	23.90
2. Peso Tara + Suelo Humedo, [gr]	106.30
3. Peso Tara + Suelo Seco, [gr]	86.80
4. Peso Agua, [gr]	19.50
5. Peso Suelo Seco, [gr]	62.90
6. Contenido de Humedad, (%)	31.00

Grava(%)	0.03
Arena (%)	96.55
Finos(%)	3.41
Limite Liquido	NP
Limite Plastico	NP
Indice Plasticidad	NP
Clasif SUCS	GP
Clasif AASHTO	A1-a(0)
Contenido de Humedad	31.00
Peso especifico	2.63
Indice de Grupo	U

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES EIRL  
LAB MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

ING. NESTOR A. ZELAYA SANTOS  
CIP. N° 88157- CONSULTOR C-7960  
JEFE LABORATORIO

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES EIRL  
LAB MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTO

ING. WILSON J. ZELAYA SANTOS  
CIP. N° 196373  
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS

Dirección: Pueblo Joven 03 De Octubre, 352 8 L. 07, Distrito de Nuevo Chimbote, Provincia del Santa, Departamento de Ancash.  
Celular: 984877150 - 945417124 RUC:20604190640  
E-mail: wilze822@hotmail.com.  
E-mail: wilze822@outlook.com.



**ENSAYO DE COMPACTACION (PROCTOR MODIFICADO)  
ASTM-D1557**

**TESIS:** ESTABILIZACION DEL SUELO DEL CENTRO POBLADO SAN LUIS CON ADICION DE BOLSAS DE POLIETILENO A NIVEL DE SUBRASANTE, DISTRITO SANTA - ANCASH 2019\*

**UBICACIÓN :** DISTRITO DE SANTA - PROVINCIA DEL SANTA - REGION ANCASH

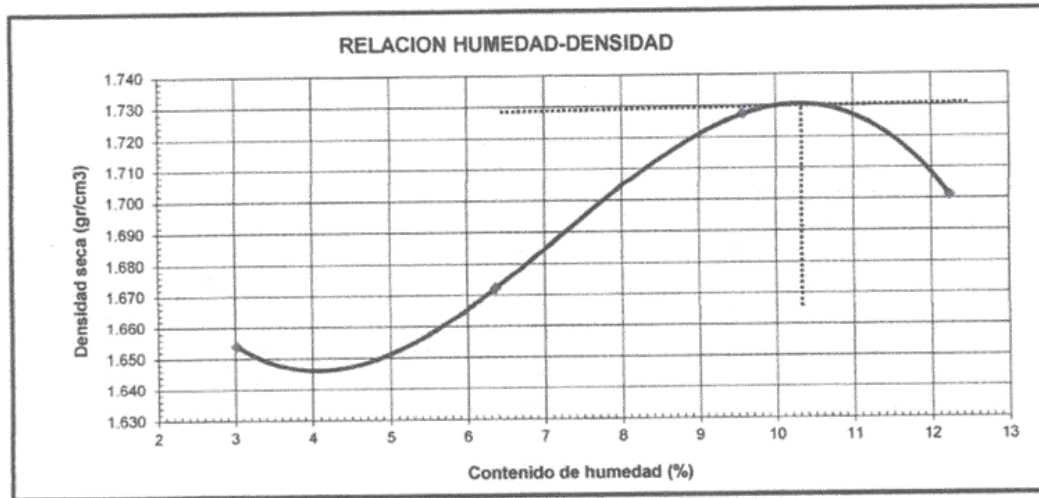
**TESISTAS:** ALBA MENDOZA FIORELA JACQUELINE  
HERNANDEZ HERNANDEZ MILUSKA JAC

**FECHA** ABRIL DEL 2019

**DETALLE:** MUESTRA PATRON **MUESTRA :** TERRENO NATURAL CALICATA C-02

Peso suelo + molde	gr	6452.00	6610.00	6852.00	6886.00
Peso molde	gr	2845.00	2845.00	2845.00	2845.00
Peso suelo húmedo compactado	gr	<b>3607.00</b>	<b>3765.00</b>	<b>4007.00</b>	<b>4041.00</b>
Volumen del molde	cm <sup>3</sup>	2116.88	2116.88	2116.88	2116.88
Peso volumétrico húmedo	gr/cm <sup>3</sup>	<b>1.70</b>	<b>1.78</b>	<b>1.89</b>	<b>1.91</b>
Recipiente N°		1	2	3	4
Peso del suelo húmedo+tara	gr	160.32	150.23	161.23	150.39
Peso del suelo seco + tara	gr	156.30	142.60	149.20	136.50
Peso de la Tara	gr	23.36	22.80	23.69	23.00
Peso de agua	gr	<b>4.02</b>	<b>7.63</b>	<b>12.03</b>	<b>13.89</b>
Peso del suelo seco	gr	<b>132.94</b>	<b>119.80</b>	<b>125.51</b>	<b>113.50</b>
Porcentaje de Humedad	%	<b>3.02</b>	<b>6.37</b>	<b>9.58</b>	<b>12.24</b>
Peso volumétrico seco	gr/cm <sup>3</sup>	<b>1.654</b>	<b>1.672</b>	<b>1.727</b>	<b>1.701</b>

Densidad máxima (gr/cm <sup>3</sup> )	1.730
Humedad óptima (%)	10.30



GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES EIRL  
LAB. MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

ING. NESTOR A. ZELAYA SANTOS  
CIE. N° 88157- CONSULTOR C-7960  
JEFE LABORATORIO

Dirección: Pucallpa Joven 03 De Octubre, Mz. B U 07, Distrito de Nuevo Chimbote, Provincia de Tarma, Departamento de Ancash  
Celular: 954877150 - 945417124 RUC:20504190540  
E-mail: wltze822@hotmail.com.  
E-mail: wltze822@outlook.com.

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES EIRL  
LAB. MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTO

ING. WILSON J. ZELAYA SANTOS  
CIP N° 195373  
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS





# GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS  
ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,  
CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TECNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAS,  
LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS



**TESIS:** ESTABILIZACION DEL SUELO DEL CENTRO POBLADO SAN LUIS CON ADICION DE BOLSAS DE POLIETILENO A NIVEL DE SUBRASANTE, DISTRITO SANTA - ANCASH 2019\*

**UBICACION:** DISTRITO DE SANTA - PROVINCIA DEL SANTA - REGION ANCASH

**TESISTAS:** ALBA MENDOZA FIORELA JACQUELINE  
HERNANDEZ HERNANDEZ MILUSKA JACKELIN

**FECHA:** ABRIL DEL 2019

**DETALLE:** MUESTRA PATRON **MUESTRA :** TERRENO NATURAL CALICATA C. 02

## ENSAYO RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA

Tamiz	N° 10			N° 200			ENSAYO DE COMPACTACION		
	Pasa %	98.50	96.79	3.42	Metodo	Densidad Maxima	Humedad Optima		
LL	0.0	IP	0.0	Clasificacion	A - 2 - 4 (0)	ASSTHO	1.73	10.30	

Molde N°	1		2		3	
	Altura Molde	18.2	18.1	18.1	18.05	18.05
Diametro Molde	15.25	15.23	15.23	15.21	15.21	15.21
Altura disco Espaciador	6.14	6.14	6.14	6.14	6.14	6.14
Diametro disco espaciador	15.19	15.19	15.19	15.19	15.19	15.19
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Condición de la muestra	Antes de mojar	despues de mojado	Antes de mojar	despues de mojado	Antes de mojar	despues de mojado
Peso humedo de la probeta + molde (g)	8552	8875	8290	8576	8258	8620
Peso de molde (g)	4124	4124	4138	4138	4280	4280
Peso del suelo húmedo (g)	4428	4551	4152	4438	3978	4340
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2203	2227	2179	2206	2164	2193
Densidad húmeda (g/cm <sup>3</sup> )	2.010	2.044	1.906	2.012	1.838	1.979
Recipiente (N°)	A		B		C	
Peso del Recipiente + suelo húmedo (g)	141.31	125.62	131.12	114.05	136.52	75.96
Peso Recipiente + suelo seco	128.62	112.87	120.66	99.35	123.85	66.51
Peso Recipiente	26.08	23.09	39.28	22.52	28.01	23.34
Peso de agua (g)	12.69	12.75	10.46	14.70	12.67	9.44
Peso de suelo seco (g)	102.54	89.78	81.38	76.83	95.84	43.17
Contenido de humedad (%)	12.38	14.20	12.65	19.13	13.22	21.67
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.789	1.789	1.689	1.689	1.624	1.624

## DETERMINACION DE LA EXPANSION

Fecha	Hora	Tiempo	Lectura Extens.	Expansion		Lectura Extens.	Expansion		Lectura Extens.	Expansion	
				mm	%		mm	%		mm	%
	10:20	0	0.031	0.787	0.65	0.042	1.067	0.89	0.048	1.219	1.02
	10:30	24	0.035	0.889	0.74	0.046	1.168	0.96	0.052	1.321	1.14
	11:00	48	0.040	1.016	0.84	0.048	1.219	1.06	0.056	1.422	1.23
	10:30	72	0.052	1.321	1.10	0.056	1.422	1.23	0.060	1.524	1.32

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

Penetración	Carga Estándar Kg/cm <sup>2</sup>	MOLDE N°						MOLDE N°						MOLDE N°							
		CARGA			CORRECCION			CARGA			CORRECCION			CARGA			CORRECCION				
		Lect. Dial	kg	% CBR	Lect. Dial	kg	% CBR	Lect. Dial	kg	% CBR	Lect. Dial	kg	% CBR	Lect. Dial	kg	% CBR	Lect. Dial	kg	% CBR		
0.000	0.000	0	0				0	0				0	0				0	0			
0.635	0.025	9	23.4				7	15.8				5	8.3				5	8.3			
1.270	0.050	18	57.2				16	49.6				14	42.1				14	42.1			
1.905	0.075	29	98.5				24	79.7				21	68.4				21	68.4			
2.540	0.100	70.455	43	151.1	140.9	10.3	35	121.0	116.3	8.5	26	87.2	84.2	6.2			26	87.2	84.2	6.2	
5.080	0.200	165.68	101	368.9	374.1	16.3	71	256.2	258.6	12.6	41	143.5	146.9	7.2			41	143.5	146.9	7.2	
6.350	0.250		150	552.9			87	316.3			48	169.8					48	169.8			

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.  
LAB. MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

ING. NESTOR A. ZELAYA SANTOS  
CIP. N° 88157 - CONSULTOR C-7960  
JEFE LABORATORIO

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.  
LAB. MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

ING. WILSON J. ZELAYA SANTOS  
CIP. N° 196373  
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS

Dirección: Pueblo Joyoso 09 De Octubre, Mz B L 07, Distrito de Nuevo Chimbo, Provincia del Santa, Departamento de Ancash.  
Celular: 954877150 - 945417124 RUC:20804190640  
E-mail: wilza822@hotmail.com.  
E-mail: wilza822@outlook.com.



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

**TESIS:** ESTABILIZACION DEL SUELO DEL CENTRO POBLADO SAN LUIS CON ADICION DE BOLSAS DE POLIETILENO A NIVEL DE SUBRASANTE, DISTRITO SANTA - ANCASH 2019\*

**UBICACIÓN:** DISTRITO DE SANTA - PROVINCIA DEL SANTA - REGION ANCASH

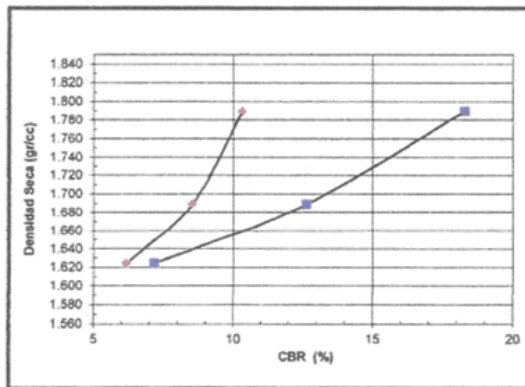
**TESISTAS:** ALBA MENDOZA FIORELA JACQUELINE  
 HERNANDEZ HERNANDEZ MILUSKA JACKELIN

**FECHA:** ABRIL DEL 2019

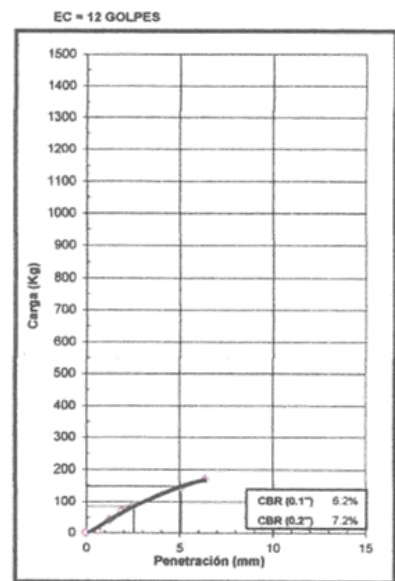
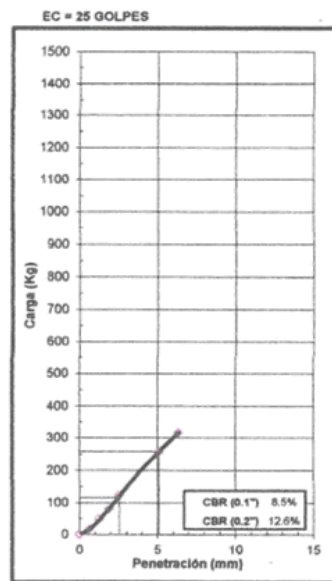
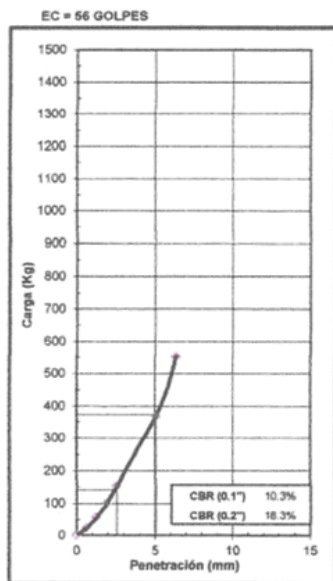
**DETALLE:** MUESTRA PATRON

**MUESTRA :** TERRENO NATURAL CALICATA C-02  
**CLASIFICACION (SUCS) :** SP

**METODO DE COMPACTACION :** ASTM D1557  
**MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm<sup>3</sup>) :** 1.73  
**OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) :** 10.30



C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1":	7.64	0.2":	15.44
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1":	5.18	0.2":	9.02



GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.  
 LAB. MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

**ING. NESTORA ZELAYA SANTOS**  
 CIP. N° 88157 - CONSULTOR C-7960  
 JEFE LABORATORIO

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.  
 LAB. MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

**ING. WILSON J. ZELAYA SANTOS**  
 CIP. N° 195373  
 ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS

Dirección: Pueblo joven C3 De Oshiro, Mz. B Lj. 07. Distrito de Nuevo Chimbote, Provincia de Tarma, Departamento de Tarma.  
 Celular: 954877150 - 945417124 RUC: 20604190540  
 E-mail: wilze822@hotmail.com.  
 E-mail: wilze822@outlook.com.



# GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS  
ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,  
CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TECNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAS,  
LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS



## ENSAYO DE COMPACTACION (PROCTOR MODIFICADO) ASTM-D1557

**TESIS:** ESTABILIZACION DEL SUELO DEL CENTRO POBLADO SAN LUIS CON ADICION DE BOLSAS DE POLIETILENO A NIVEL DE SUBRASANTE, DISTRITO SANTA - ANCASH 2019\*

**UBICACIÓN:** DISTRITO DE SANTA - PROVINCIA DEL SANTA - REGION ANCASH

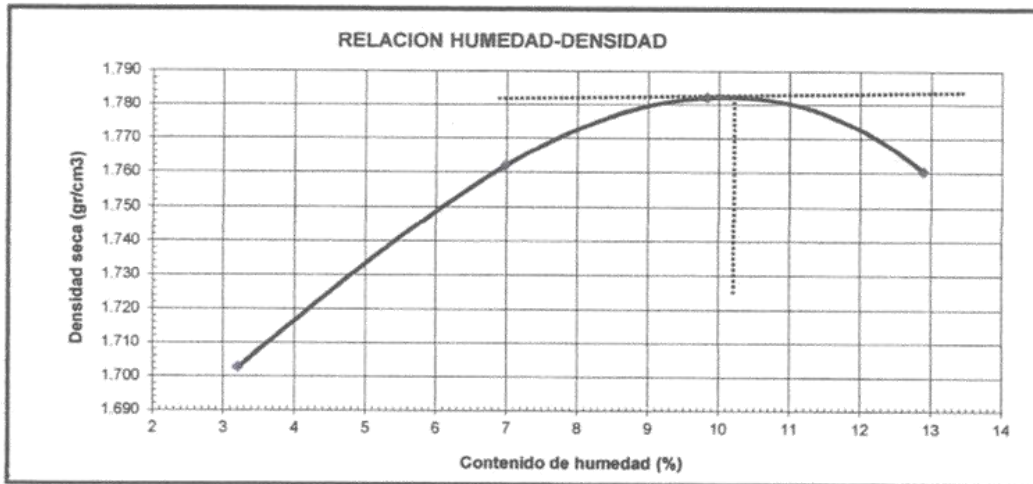
**TESISTAS:** ALBA MENDOZA FIORELA JACQUELINE  
HERNANDEZ HERNANDEZ MILUSKA JACI

**FECHA:** ABRIL DEL 2019

**DETALLE:** MUESTRA AL 4% DE POLIETILENO **MATERIAL:** TERRENO NATURAL CALICATA C - 02

Peso suelo + molde	gr	6565.00	6835.00	6989.00	7052.00
Peso molde	gr	2845.00	2845.00	2845.00	2845.00
Peso suelo húmedo compactado	gr	3720.00	3990.00	4144.00	4207.00
Volumen del molde	cm <sup>3</sup>	2116.88	2116.88	2116.88	2116.88
Peso volumétrico húmedo	gr/cm <sup>3</sup>	1.76	1.88	1.96	1.99
Recipiente N°		1	2	3	4
Peso del suelo húmedo+tara	gr	98.25	161.15	202.30	144.78
Peso del suelo seco + tara	gr	95.85	152.32	186.30	131.25
Peso de la Tara	gr	21.14	25.88	23.69	26.35
Peso de agua	gr	2.40	8.83	16.00	13.53
Peso del suelo seco	gr	74.71	126.44	162.61	104.90
Porcentaje de Humedad	%	3.21	6.98	9.84	12.90
Peso volumétrico seco	gr/cm <sup>3</sup>	1.703	1.762	1.782	1.760

Densidad máxima (gr/cm <sup>3</sup> )	1.782
Humedad óptima (%)	10.20



GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.  
LAB. MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

ING. NESTORA ZELAYA SANTOS  
CIP. N° 88157- CONSULTOR C-7960  
JEFE LABORATORIO

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.  
LAB. MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

ING. WILSON J. ZELAYA SANTOS  
CIP. N° 195373  
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS

Dirección: Pueblo Joven 03 De Octubre, Mz B U. 07, Distrito de Nuevo Chimbote, Provincia del Santa, Departamento de Ancash.  
Celular: 954877150 - 945417124 RUC:20604190640  
E-mail: wilze822@hotmail.com.  
E-mail: wilze822@outlook.com.

**GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.**

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS  
 ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,  
 CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TECNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAS,  
 LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS



**TESIS:** ESTABILIZACION DEL SUELO DEL CENTRO POBLADO SAN LUIS CON ADICION DE BOLSAS DE POLIETILENO A NIVEL DE SUBRASANTE, DISTRITO SANTA - ANCASH 2019\*

**UBICACION:** DISTRITO DE SANTA - PROVINCIA DEL SANTA - REGION ANCASH

**TESISTAS:** ALBA MENDOZA FIORELA JACQUELINE  
 HERNANDEZ HERNANDEZ MILUSKA JACKELIN

**FECHA:** ABRIL DEL 2019

**DETALLE:** MUESTRA AL 4% DE POLIETILENO **MATERIAL:** TERRENO NATURAL CALIGATA C - 02

**ENSAYO RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA**

Tamiz	N° 10	N° 40	N° 200	ENSAYO DE COMPACTACION				
Pasa %	97.84	79.71	1.63	Metodo	Densidad Maxima	Humedad Optima		
LL	0.0	IP	0.0	Clasificacion	A - 2 - 4 (0)	ASSTHO	1.782	10.20

	1	2	3			
Molde N°						
Altura Molde	18.2	18.1	18.05			
Diametro Molde	15.25	15.23	15.21			
Altura disco Espaciador	6.14	6.14	6.14			
Diametro disco espaciador	15.19	15.19	15.19			
Capas N°	5	5	5			
Golpes por capa N°	56	25	12			
Condición de la muestra	Antes de mojar	despues de mojado	Antes de mojar	despues de mojado	Antes de mojar	despues de mojado
Peso humedo de la probeta + molde (g)	8521	8728	8298	8685	8275	8751
Peso de molde (g)	4124	4124	4138	4138	4280	4280
Peso del suelo húmedo (g)	4397	4604	4160	4517	3995	4471
Volumen del molde (cm³)	2203	2220	2179	2197	2164	2184
Densidad húmeda (g/cm³)	1.996	2.074	1.909	2.066	1.846	2.047
Recipiente (N°)	A	11	B	22	C	33
Peso del Recipiente + suelo húmedo (g)	162.28	179.58	189.35	189.25	144.99	188.26
Peso Recipiente + suelo seco	149.32	159.60	174.12	163.36	134.25	159.60
Peso Recipiente	22.90	22.90	26.35	25.48	28.01	29.65
Peso de agua (g)	12.96	19.98	15.23	25.89	10.74	28.66
Peso de suelo seco (g)	126.42	136.70	147.77	137.88	106.24	129.95
Contenido de humedad (%)	10.25	14.62	10.31	18.78	10.11	22.05
Densidad seca (g/cm³)	1.810	1.810	1.731	1.731	1.677	1.677

**DETERMINACION DE LA EXPANSION**

Fecha	Hora	Tiempo	Lectura Extens.	Expansion		Lectura Extens.	Expansion		Lectura Extens.	Expansion	
				mm	%		mm	%		mm	%
	10:20	0	0.018	0.457	0.38	0.022	0.559	0.47	0.032	0.813	0.68
	10:30	24	0.025	0.635	0.53	0.032	0.813	0.68	0.035	0.889	0.77
	11:00	48	0.035	0.889	0.74	0.035	0.889	0.77	0.038	0.965	0.84
	10:30	72	0.036	0.914	0.76	0.038	0.965	0.84	0.042	1.067	0.92

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

Penetración		Carga Estándar Kg/cm2	MOLDE N°			MOLDE N°				MOLDE N°				
			CARGA	CORRECCION		CARGA	CORRECCION		CARGA	CORRECCION				
mm.	pulg.		Lect. Dial	kg	kg	% CBR	Lect. Dial	kg	kg	% CBR	Lect. Dial	kg	kg	% CBR
0.000	0.000		0	0			0	0			0	0		
0.635	0.025		13	39.4			10	27.1			8	19.6		
1.270	0.050		25	83.4			21	68.4			17	53.4		
1.905	0.075		35	121.0			29	98.5			23	75.9		
2.540	0.100	70.455	51	181.1	173.6	12.7	45	158.6	150.0	11.0	35	121.0	111.4	8.2
5.080	0.200	105.88	116	425.2	427.9	20.9	86	312.6	315.3	15.4	65	233.7	237.5	11.6
6.350	0.250		168	620.5			102	372.6			85	308.8		

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.  
 LAB. MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

ING. NESTOR A. ZELAYA SANTOS  
 CIP. N° 88157 - CONSULTOR C-7960  
 JEFE LABORATORIO

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.  
 LAB. MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

ING. WILSON J. ZELAYA SANTOS  
 CIP. N° 195373  
 ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS

Dirección: Pueblo joven 03 De Octubre, Mz B L. 07. Distrito de Nuevo Chimbote, Provincia del Santa, Departamento de Ancash.  
 Celular: 994877150 - 948417124 RUC: 20604100640  
 E-mail: wilze822@hotmail.com.  
 E-mail: wilze822@outlook.com.

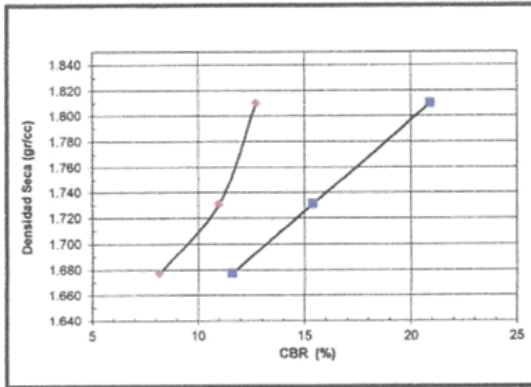


**RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)**  
**ASTM D-1883**

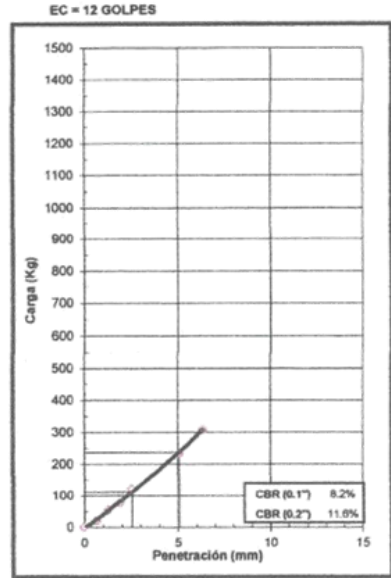
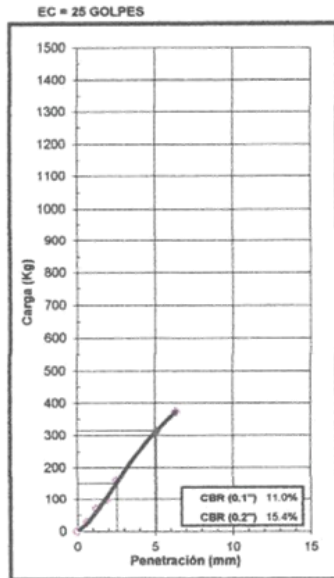
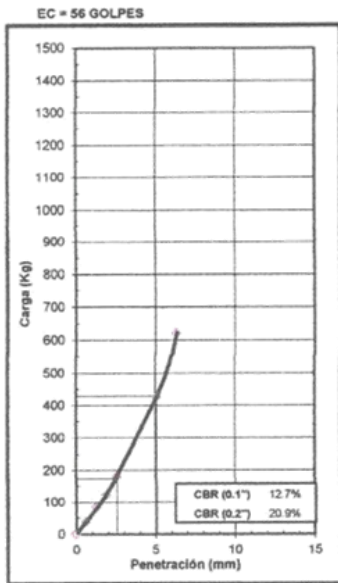
**TESIS:** ESTABILIZACION DEL SUELO DEL CENTRO POBLADO SAN LUIS CON ADICION DE BOLSAS DE POLIETILENO A NIVEL DE SUBRASANTE, DISTRITO SANTA - ANCASH 2019\*  
**UBICACIÓN:** DISTRITO DE SANTA - PROVINCIA DEL SANTA - REGION ANCASH  
**TESISTAS:** ALBA MENDOZA FIORELA JACQUELINE  
HERNANDEZ HERNANDEZ MILUSKA JACKELIN  
**FECHA:** ABRIL DEL 2019  
**DETALLE:** MUESTRA AL 4% DE POLIETILENO

**MATERIAL:** TERRENO NATURAL CALICATA C - 02  
**CLASIFICACION (SUCS):** SP

**METODO DE COMPACTACION:** ASTM D1557  
**MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm<sup>3</sup>):** 1.78  
**OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%):** 10.20



C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1":	11.91	0.2":	18.99
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1":	8.62	0.2":	12.73



GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES EIRL  
LAB. MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

ING. NESTOR A. ZELAYA SANTOS  
CIP. N° 88157- CONSULTOR C-7960  
JEFE LABORATORIO

Dirección: Pucallpa Joven 03 De Octubre, Mz B L1, 07, Distrito de Nuevo Chimbote, Provincia del Santa, CIP. N° 195373 de Ancash.  
Celular: 954877150 - 945417124 RUC: 20604190640  
E-mail: wize822@hotmail.com.  
E-mail: wize822@outlook.com.

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES EIRL  
LAB. MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTO

ING. WILSON J. ZELAYA SANTOS  
CIP. N° 195373 de Ancash  
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS



# GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS  
ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,  
CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TECNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAS,  
LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS



## ENSAYO DE COMPACTACION (PROCTOR MODIFICADO) ASTM-D1557

**TESIS:** ESTABILIZACION DEL SUELO DEL CENTRO POBLADO SAN LUIS CON ADICION DE BOLSAS DE POLIETILENO A NIVEL DE SUBRASANTE, DISTRITO SANTA - ANCASH 2019\*

**UBICACION:** DISTRITO DE SANTA - PROVINCIA DEL SANTA - REGION ANCASH

**TESISTAS:** ALBA MENDOZA FIORELA JACQUELINE  
HERNANDEZ HERNANDEZ MILUSKA JACKELIN

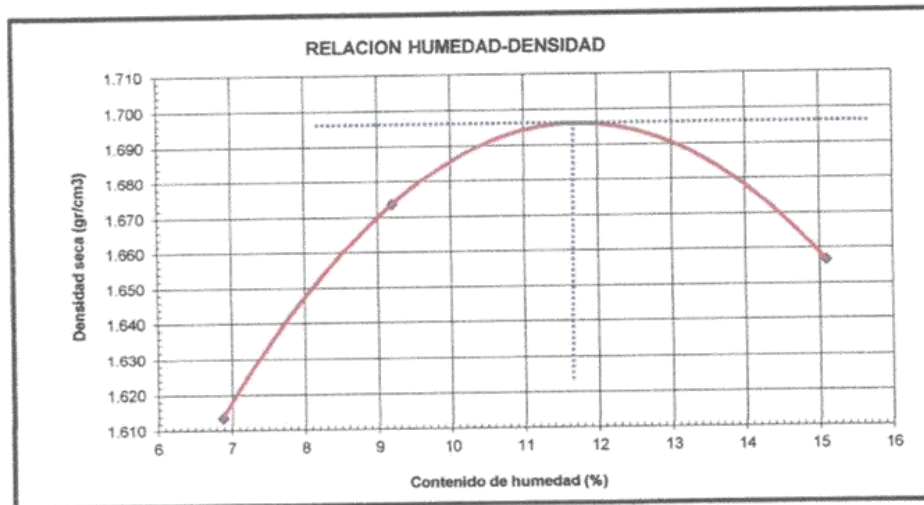
**FECHA:** ABRIL DEL 2019

**DETALLE:** MUESTRA AL 6% DE POLIETILENO **MUESTRA :** TERRENO NATURAL CALICATA C-02

**CLASIFICACION (SUCS) :** SP

Peso suelo + molde	gr	6565.00	6790.00	6963.00
Peso molde	gr	2795.00	2795.00	2795.00
Peso suelo húmedo compactado	gr	3770.00	3995.00	4168.00
Volumen del molde	cm <sup>3</sup>	2186.00	2186.00	2186.00
Peso volumétrico húmedo	gr/cm <sup>3</sup>	1.72	1.83	1.91
Recipiente N°		1	1	1
Peso del suelo húmedo+tara	gr	116.00	102.24	110.24
Peso del suelo seco + tara	gr	110.02	96.02	98.73
Peso de la Tara	gr	23.12	28.44	22.49
Peso de agua	gr	5.98	6.22	11.51
Peso del suelo seco	gr	86.90	67.58	76.24
Porcentaje de Humedad	%	6.88	9.20	15.10
Peso volumétrico seco	gr/cm <sup>3</sup>	1.614	1.674	1.657

Densidad máxima (gr/cm <sup>3</sup> )	1.696
Humedad óptima (%)	11.60



GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.  
LAB. MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

ING. NESTOR A. ZELAYA SANTOS  
CIP. N° 88157- CONSULTOR C-7960  
JEFE LABORATORIO

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.  
LAB. MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

ING. WILSON J. ZELAYA SANTOS  
CIP. N° 195373  
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS

Dirección: Pueblo Joven 03 De Octubre, Mz B L1, 07, Distrito de Nuevo Chimbote, Provincia del Santa, Departamento de Ancash.  
Celular: 984877150 - 945417124 RUC: 20604190640  
E-mail: wilze822@hotmail.com.



# GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS  
ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,  
CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TECNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAS,  
LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS



**TESIS:** ESTABILIZACION DEL SUELO DEL CENTRO POBLADO SAN LUIS CON ADICION DE BOLSAS DE POLIETILENO A NIVEL DE SUBRASANTE, DISTRITO SANTA - ANCASH 2019\*

**UBICACIÓN :** DISTRITO DE SANTA - PROVINCIA DEL SANTA - REGION ANCASH

**TESISTAS:** ALBA MENDOZA FIORELA JACQUELINE  
HERNANDEZ HERNANDEZ MILUSKA JACKELIN

**FECHA** ABRIL DEL 2019 **MUESTRA :** TERRENO NATURAL CALICATA C-02

**DETALLE:** MUESTRA AL 6% DE POLIETILENO **CLASIFICACION (SUCS) :** SP

## ENSAYO RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA

Tamiz	N° 10		N° 40		N° 200		ENSAYO DE COMPACTACION		
Pasa %							Metodo	Densidad Maxima	Humedad Optima
LL	19.60	IP	2.03	Clasificación			ASSTHO	1.696	11.60

Molde N°	1		2		3			
Altura Molde	17.56		17.61		17.85			
Diametro Molde	14.91		14.93		15.14			
Altura disco Espaciador	5.01		5.01		5.01			
Diametro disco espaciador	15.19		15.19		15.19			
Capas N°	5		5		5			
Golpes por capa N°	56		25		12			
Condición de la muestra	Antes de mojar		despues de mojado		Antes de mojar		despues de mojado	
Peso humedo de la probeta + molde (g)	8510	8639	8145	8378	8202	8677		
Peso de molde (g)	4270	4270	4115	4115	4130	4130		
Peso del suelo húmedo (g)	4240	4369	4030	4263	4072	4547		
Volumen del molde (cm³)	2191	2191	2206	2206	2312	2312		
Densidad húmeda (g/cm³)	1.935	1.994	1.827	1.933	1.762	1.967		
Recipiente (N°)	A		B		C		33	
Peso del Recipiente + suelo húmedo (g)	147.24	115.45	142.60	136.59	105.98	117.19		
Peso Recipiente + suelo seco	132.67	102.06	128.13	117.42	96.52	97.89		
Peso Recipiente	23.34	22.49	23.08	23.10	22.47	23.36		
Peso de agua (g)	14.57	13.39	14.47	19.17	8.46	19.30		
Peso de suelo seco (g)	109.33	79.57	105.05	94.32	74.05	74.53		
Contenido de humedad (%)	13.33	16.83	13.77	20.32	12.78	25.90		
Densidad seca (g/cm³)	1.707	1.707	1.606	1.606	1.562	1.562		

## DETERMINACION DE LA EXPANSION

Fecha	Hora	Tiempo	Lectura Extens.	Expansion		Lectura Extens.	Expansion		Lectura Extens.	Expansion	
				mm	%		mm	%		mm	%
		0	0	0.000	0.0	0	0.000	0.0	0	0.000	0.0
		24	0	0.000	0.0	0	0.000	0.0	0	0.000	0.0
		48	0	0.000	0.0	0	0.000	0.0	0	0.000	0.0
		72	0	0.000	0.0	0	0.000	0.0	0	0.000	0.0

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

Penetración		Carga Estándar Kg/cm2	MOLDE N°				MOLDE N°				MOLDE N°			
			CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
mm.	pulg.		Lect. Dial	kg	kg	% CBR	Lect. Dial	kg	kg	% CBR	Lect. Dial	kg	kg	% CBR
0.000	0.000		0	0			0	0			0	0		
0.635	0.025		34	117.2			12	34.6			4	4.6		
1.270	0.050		45	158.6			21	68.4			10	27.1		
1.905	0.075		59	211.1			35	121.0			15	45.9		
2.540	0.100	70.455	75	271.2	263.6	19.3	50	177.3	162.2	11.9	22	72.2	66.2	4.9
3.810	0.150		88	320.1			61	218.7			31	106.0		
5.080	0.200	105.68	97	353.9	354.7	17.3	72	260.0	257.4	12.6	45	156.6	157.2	7.7

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.  
LAB. MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

ING. NESTOR A. ZELAYA SANTOS  
CIP. N° 88157- CONSULTOR C-7960  
JEFE LABORATORIO

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.  
LAB. MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

ING. WILSON J. ZELAYA SANTOS  
CIP. N° 195373  
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS

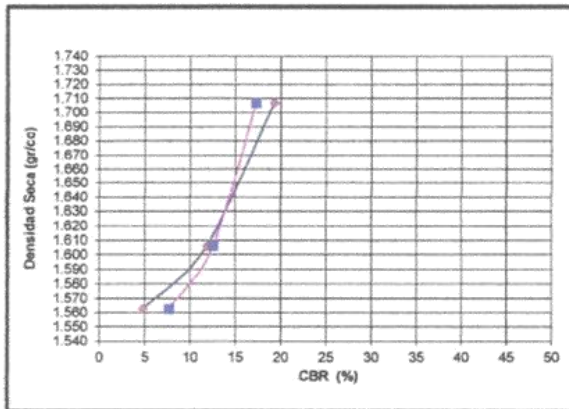
Dirección: Pueblo Joven 03 De Octubre, Mz B Lt. 07, Distrito de Nuevo Chimbote, Provincia del Santa, Departamento de Ancash.  
Cetular: 954677150 - 945417124 RUC: 20604190640  
E-mail: wilze822@hotmail.com.  
E-mail: wilze822@outlook.com.



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

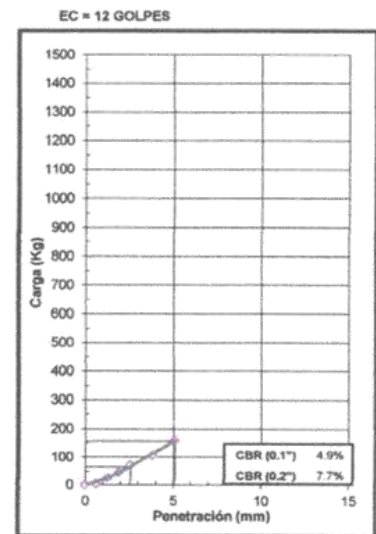
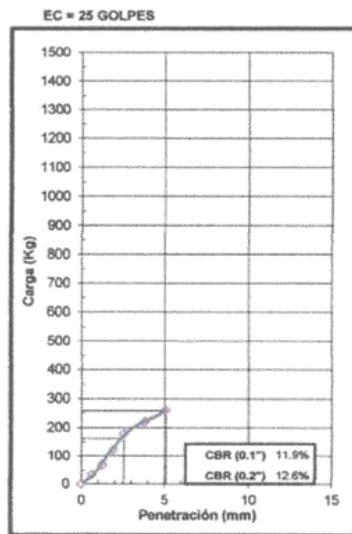
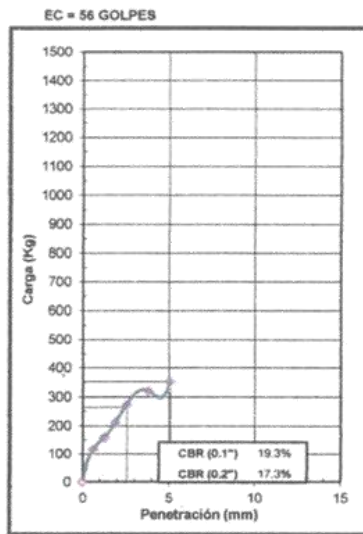
**TESIS:** ESTABILIZACION DEL SUELO DEL CENTRO POBLADO SAN LUIS CON ADICION DE BOLSAS DE POLIETILENO A NIVEL DE SUBRASANTE, DISTRITO SANTA - ANCASH 2019"  
**UBICACION:** DISTRITO DE SANTA - PROVINCIA DEL SANTA - REGION ANCASH  
**TESISTAS:** ALBA MENDOZA FIORELA JACQUELINE  
 HERNANDEZ HERNANDEZ MILUSKA JACKELIN  
**FECHA:** ABRIL DEL 2019  
**DETALLE:** MUESTRA AL 6% DE POLIETILENO

**MUESTRA :** TERRENO NATURAL CALICATA C-02  
**CLASIFICACION (SUCS) :** SP



**METODO DE COMPACTACION :** ASTM D1557  
**MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) :** 1.70  
**OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) :** 11.60

C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1":	19.19	0.2":	17.26
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1":	12.62	0.2":	13.04



GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.  
 LAB. MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

**ING. NESTOR A. ZELAYA SANTOS**  
 CIP. N° 88157 - CONSULTOR C-7960  
 JEFE LABORATORIO

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.  
 LAB. MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

**ING. WILSON J. ZELAYA SANTOS**  
 CIP. N° 196373  
 ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS





# GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS  
ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,  
CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TECNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAS,  
LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS



## ENSAYO DE COMPACTACION (PROCTOR MODIFICADO) ASTM-D1557

**TESIS:** ESTABILIZACION DEL SUELO DEL CENTRO POBLADO SAN LUIS CON ADICION DE BOLSAS DE POLIETILENO A NIVEL DE SUBRASANTE, DISTRITO SANTA - ANCASH 2019\*

**UBICACION:** DISTRITO DE SANTA - PROVINCIA DEL SANTA - REGION ANCASH

**TESISTAS:** ALBA MENDOZA FIORELA JACQUELINE  
HERNANDEZ HERNANDEZ MILUSKA JACKELIN

**FECHA:** ABRIL DEL 2019

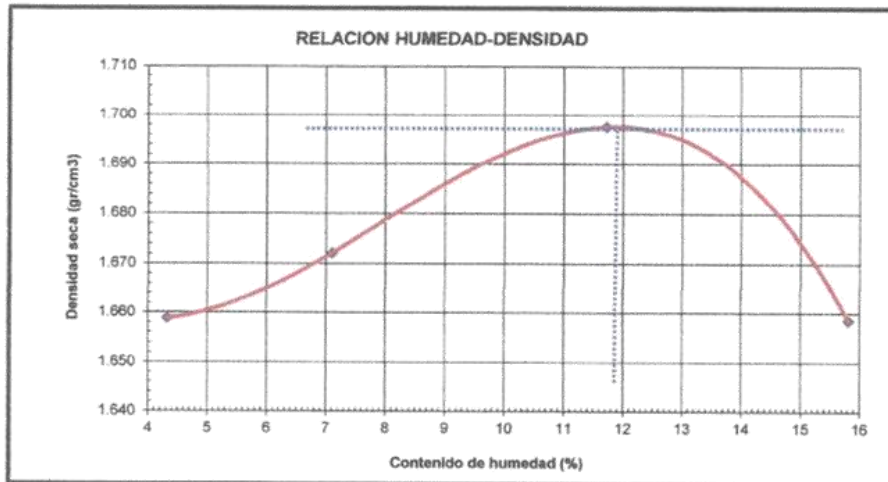
**DETALLE:** MUESTRA AL 8% DE POLIETILENO

**MUESTRA :** TERRENO NATURAL CALICATA C-2

**CLASIFICACION (SUCS) :** SP

Peso suelo + molde	gr	6589.00	6721.00	6952.00	7005.00
Peso molde	gr	2806.00	2806.00	2806.00	2806.00
Peso suelo húmedo compactado	gr	3783.00	3915.00	4146.00	4199.00
Volumen del molde	cm <sup>3</sup>	2186.00	2186.00	2186.00	2186.00
Peso volumétrico húmedo	gr/cm <sup>3</sup>	1.73	1.79	1.90	1.92
Recipiente N°		1	1	2	2
Peso del suelo húmedo+tara	gr	165.23	158.23	167.25	165.32
Peso del suelo seco + tara	gr	159.30	149.30	152.10	145.96
Peso de la Tara	gr	22.30	23.66	22.90	23.60
Peso de agua	gr	5.93	8.93	15.15	19.36
Peso del suelo seco	gr	137.00	125.64	129.20	122.36
Porcentaje de Humedad	%	4.33	7.11	11.73	15.82
Peso volumétrico seco	gr/cm <sup>3</sup>	1.659	1.672	1.698	1.658

Densidad máxima (gr/cm <sup>3</sup> )	1.698
Humedad óptima (%)	11.90



GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.  
LAB. MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

ING. NESTOR A. ZELAYA SANTOS  
GIR. N° 88157- CONSULTOR C-7960  
JEFE LABORATORIO

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.  
LAB. MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

ING. WILSON J. ZELAYA SANTOS  
CIP. N° 195373  
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS

Dirección: Pueblo Joven 03 De Octubre, Mz B L1. 07. Distrito de Nuevo Chimbote, Provincia del Santa, Departamento de Ancash.  
Celular: 954877150 - 945417124 RUC: 20604190640  
E-mail: witze822@hotmail.com.  
E-mail: witze822@outlook.com.



# GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS  
ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,  
CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TECNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAS,  
LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS



TESIS: ESTABILIZACION DEL SUELO DEL CENTRO POBLADO SAN LUIS CON ADICION DE BOLSAS DE POLIETILENO A NIVEL DE SUBRASANTE, DISTRITO SANTA - ANCASH 2019\*  
UBICACION: DISTRITO DE SANTA - PROVINCIA DEL SANTA - REGION ANCASH  
TESISTAS: ALBA MENDOZA FIORELA JACQUELINE  
HERNANDEZ HERNANDEZ MILUSKA JACKELIN  
FECHA: ABRIL DEL 2019  
DETALLE: MUESTRA AL 8% DE POLIETILENO

MUESTRA : TERRENO NATURAL CALICATA C-2  
CLASIFICACION (SUCS) : SP

## ENSAYO RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA

Tamiz	N° 10		N° 40		N° 200		ENSAYO DE COMPACTACION					
Pasa %							Metodo		Densidad Maxima		Humedad Optima	
LL	14.60	IP	NP	Clasificacion	Al -a (0)		ASSTHO		1.698		11.90	
Molde N°			1		2		3					
Altura Molde			17.8		17.8		17.85					
Diametro Molde			15.1		15.14		15.14					
Altura disco Espaciador			5.01		5.01		5.01					
Diametro disco espaciador			15.19		15.19		15.19					
Capas N°			5		5		5					
Golpes por capa N°			56		25		12					
Condición de la muestra			Antes de mojar		despues de mojado		Antes de mojar		despues de mojado		Antes de mojar	despues de mojado
Peso humedo de la probeta + molde (g)			8478		8636		8502		8796		8231	8633
Peso de molde (g)			4120		4120		4275		4275		4130	4130
Peso del suelo humedo (g)			4358		4516		4227		4521		4101	4503
Volumen del molde (cm³)			2290		2290		2303		2303		2312	2312
Densidad humeda (g/cm³)			1.903		1.972		1.836		1.963		1.774	1.948
Recipiente (N°)			A		11		B		22		C	33
Peso del Recipiente + suelo humedo (g)			187.30		105.62		160.20		123.30		142.30	169.55
Peso Recipiente + suelo seco			169.70		94.13		145.02		106.80		128.60	142.20
Peso Recipiente			22.60		22.60		18.25		23.60		13.13	22.26
Peso de agua (g)			17.60		11.49		15.18		16.50		13.70	27.35
Peso de suelo seco (g)			147.10		71.53		126.77		83.20		115.47	119.94
Contenido de humedad (%)			11.96		16.06		11.97		19.83		11.86	22.80
Densidad seca (g/cm³)			1.699		1.899		1.639		1.639		1.586	1.586

## DETERMINACION DE LA EXPANSION

Fecha	Hora	Tiempo	Lectura Extens.	Expansion		Lectura Extens.	Expansion		Lectura Extens.	Expansion	
				mm	%		mm	%		mm	%
		0	0	0.000	0.0	0	0.000	0.0	0	0.000	0.0
		24	0	0.000	0.0	0	0.000	0.0	0	0.000	0.0
		48	0	0.000	0.0	0	0.000	0.0	0	0.000	0.0
		72	0	0.000	0.0	0	0.000	0.0	0	0.000	0.0

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

Penetración	Carga Estándar Kg/cm2	MOLDE N°				MOLDE N°				MOLDE N°				
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		
		Lect. Dial	kg	kg	% CBR	Lect. Dial	kg	kg	% CBR	Lect. Dial	kg	kg	% CBR	
0.000	0.000	0	0			0	0			0	0			
0.635	0.025	19	60.9			10	27.1			7	15.8			
1.270	0.050	32	109.7			23	75.9			12	34.6			
1.905	0.075	65	233.7			35	121.0			19	60.9			
2.540	0.100	70.455	78	282.5	266.8	19.6	46	162.3	156.2	11.5	29	98.5	89.1	6.5
3.810	0.150		89	323.8			62	222.4			38	132.3		
5.080	0.200	105.68	95	346.4	341.0	16.7	81	293.8	292.0	14.3	49	173.6	172.2	8.4

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES EIRL  
LAB. MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

ING. NESTORA ZELAYA SANTOS  
CIR N° 88157 - CONSULTOR C-7960  
JEFE LABORATORIO

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES EIRL  
LAB. MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTO

ING. WILSON J. ZELAYA SANTOS  
CIR N° 195373  
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS

Dirección: Pueblo Joven 03 De Octubre, Mz B L1 07, Distrito de Nuevo Chimbote, Provincia del Santa, Departamento de Ancash.  
Celular: 954877150 - 94547124 RUC: 20004190640  
E-mail: wilze822@hotmail.com.  
E-mail: wilze822@outlook.com.



# GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS  
ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES.  
CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TECNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAS,  
LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS



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

ASTM D-1883

**TESIS:** ESTABILIZACION DEL SUELO DEL CENTRO POBLADO SAN LUIS CON ADICION DE BOLSAS DE POLIETILENO A NIVEL DE SUBRASANTE, DISTRITO SANTA - ANCASH 2019"

**UBICACIÓN:** DISTRITO DE SANTA - PROVINCIA DEL SANTA - REGION ANCASH

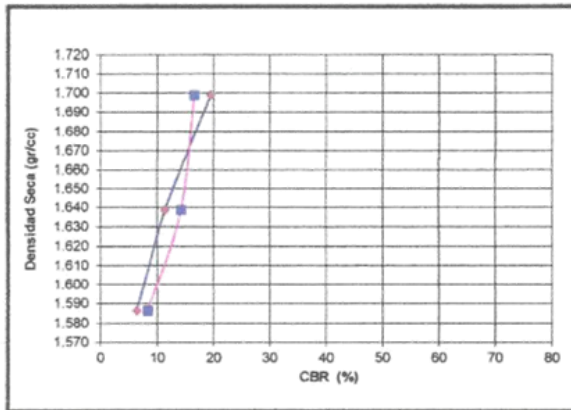
**TESISTAS:** ALBA MENDOZA FIORELA JACQUELINE  
HERNANDEZ HERNANDEZ MILUSKA JACKELIN

**FECHA:** ABRIL DEL 2019

**DETALLE:** MUESTRA AL 8% DE POLIETILENO

**MUESTRA :** TERRENO NATURAL CALICATA C-2  
**CLASIFICACION (SUCS) :** SP

**METODO DE COMPACTACION :** ASTM D1557  
**MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm<sup>3</sup>) :** 1.70  
**OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) :** 11.90

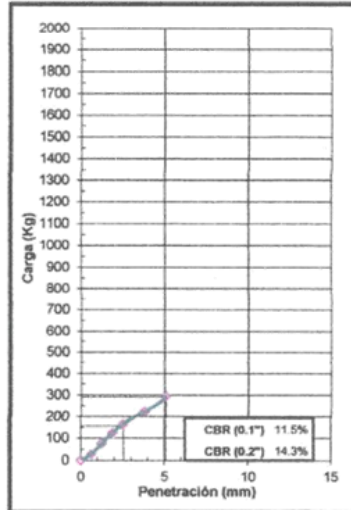


C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1":	19.47	0.2":	54.27
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1":	8.84	0.2":	26.61

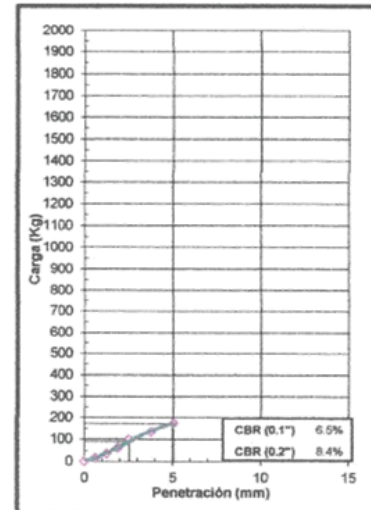
EC = 56 GOLPES



EC = 25 GOLPES



EC = 12 GOLPES



GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.  
LAB. MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

ING. NESTOR A. ZELAYA SANTOS  
CIP. N° 88167- CONSULTOR C-7960  
JEFE LABORATORIO

Dirección: Pueblo Joven 03 De Octubre, Mz B L1. 07. Distrito de Nuevo Chimbote, Provincia del Granca, Depto. Tarma N° 195373  
Ancash.  
Celular: 954877150 - 945417124 RUC:20604190640  
E-mail: wltze822@hotmail.com.  
E-mail: wltze822@outlook.com.

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.  
LAB. MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

ING. WILSON J. ZELAYA SANTOS

ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS

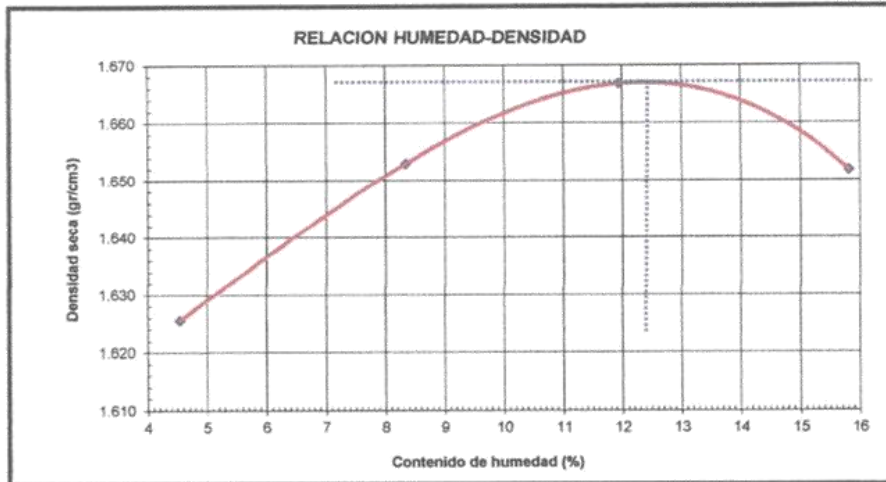


**ENSAYO DE COMPACTACION (PROCTOR MODIFICADO)  
 ASTM-D1557**

**TESIS:** ESTABILIZACION DEL SUELO DEL CENTRO POBLADO SAN LUIS CON ADICION DE BOLSAS DE POLIETILENO A NIVEL DE SUBRASANTE, DISTRITO SANTA - ANCASH 2019°  
**UBICACION :** DISTRITO DE SANTA - PROVINCIA DEL SANTA - REGION ANCASH  
**TESISTAS:** ALBA MENDOZA FIORELA JACQUELINE  
 HERNANDEZ HERNANDEZ MILUSKA JACKELIN  
**FECHA** ABRIL DEL 2019 **MUESTRA :** TERRENO NATURAL- C-05  
**DETALLE:** MUESTRA PATRON **CLASIFICACION (SUCS) :** SP

Peso suelo + molde	gr	6521.00	6721.00	6885.00	6988.00
Peso molde	gr	2806.00	2806.00	2806.00	2806.00
Peso suelo húmedo compactado	gr	3715.00	3915.00	4079.00	4182.00
Volumen del molde	cm <sup>3</sup>	2186.00	2186.00	2186.00	2186.00
Peso volumétrico húmedo	gr/cm <sup>3</sup>	1.70	1.79	1.87	1.91
Recipiente N°		1	1	2	2
Peso del suelo húmedo+tara	gr	118.32	119.35	127.15	165.32
Peso del suelo seco + tara	gr	114.20	112.01	116.30	145.96
Peso de la Tara	gr	23.56	24.10	25.50	23.60
Peso de agua	gr	4.12	7.34	10.85	19.36
Peso del suelo seco	gr	90.64	87.91	90.80	122.36
Porcentaje de Humedad	%	4.55	8.35	11.95	15.82
Peso volumétrico seco	gr/cm <sup>3</sup>	1.626	1.653	1.667	1.652

Densidad máxima (gr/cm <sup>3</sup> )	1.667
Humedad óptima (%)	12.50



GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.  
 LAB. MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

ING. NESTOR A. ZELAYA SANTOS  
 CIP. N° 88467- CONSULTOR C-7960  
 JEFE LABORATORIO

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.  
 LAB. MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

ING. WILSON J. ZELAYA SANTOS  
 CIP. N° 195373  
 ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS

Dirección: Pueblo Joven 03 De Octubre, Mz B Lt. 07, Distrito de Nuevo Chimbote, Provincia del Santa, Departamento de Ancash.  
 Celular: 954877150 - 945417124 RUC:20604190640  
 E-mail: wilza822@hotmail.com.  
 E-mail: wilza822@outlook.com.



# GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS  
ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,  
CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TECNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAS,  
LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS



TESIS: ESTABILIZACION DEL SUELO DEL CENTRO POBLADO SAN LUIS CON ADICION DE BOLSAS DE POLIETILENO A NIVEL DE SUBRASANTE, DISTRITO SANTA - ANCASH 2019\*  
UBICACION: DISTRITO DE SANTA - PROVINCIA DEL SANTA - REGION ANCASH  
TESISTAS: ALBA MENDOZA FIORELA JACQUELINE  
HERNANDEZ HERNANDEZ MILUSKA JACKELIN  
FECHA: ABRIL DEL 2019  
DETALLE: MUESTRA PATRON

MUESTRA : TERRENO NATURAL- C-05  
CLASIFICACION (SUCS) : SP

## ENSAYO RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA

Tamiz	N° 10		N° 40		N° 200		ENSAYO DE COMPACTACION		
Pasa %							Metodo	Densidad Maxima	Humedad Optima
LL	14.60	IP	NP	Clasificacion	A1 -a (0)		ASSTHO	1.667	12.50
Molde N°			1		2		3		
Altura Molde			17.8		17.8		17.85		
Diametro Molde			15.1		15.14		15.14		
Altura disco Espaciador			5.01		5.01		5.01		
Diametro disco espaciador			15.19		15.19		15.19		
Capas N°			5		5		5		
Golpes por capa N°			56		25		12		
Condición de la muestra			Antes de mojar	despues de mojado	Antes de mojar	despues de mojado	Antes de mojar	despues de mojado	
Peso humedo de la probeta + molde (g)			8465	8636	8475	8796	8201	8633	
Peso de molde (g)			4120	4120	4275	4275	4130	4130	
Peso del suelo húmedo (g)			4345	4516	4203	4521	4071	4503	
Volumen del molde (cm³)			2290	2290	2303	2303	2312	2312	
Densidad húmeda (g/cm³)			1.897	1.972	1.825	1.963	1.761	1.948	
Recipiente (N°)			A	11	B	22	C	33	
Peso del Recipiente + suelo húmedo (g)			146.30	4516.00	124.15	4521.00	135.25	4503.00	
Peso Recipiente + suelo seco			132.20	3849.73	112.15	3726.74	121.45	3610.96	
Peso Recipiente			22.60	0.00	18.25	0.00	13.13	0.00	
Peso de agua (g)			14.10	666.27	12.00	794.26	13.80	892.04	
Peso de suelo seco (g)			109.60	3849.73	93.90	3726.74	106.32	3610.96	
Contenido de humedad (%)			12.86	17.31	12.78	21.31	12.74	24.70	
Densidad seca (g/cm³)			1.681	1.681	1.619	1.619	1.562	1.562	

## DETERMINACION DE LA EXPANSION

Fecha	Hora	Tiempo	Lectura Extens.	Expansion		Lectura Extens.	Expansion		Lectura Extens.	Expansion	
				mm	%		mm	%		mm	%
		0	0	0.000	0.0	0	0.000	0.0	0	0.000	0.0
		24	0	0.000	0.0	0	0.000	0.0	0	0.000	0.0
		48	0	0.000	0.0	0	0.000	0.0	0	0.000	0.0
		72	0	0.000	0.0	0	0.000	0.0	0	0.000	0.0

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

Penetración	Carga Estándar Kg/cm2	MOLDE N°				MOLDE N°				MOLDE N°				
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		
		Lect. Dial	kg	kg	% CBR	Lect. Dial	kg	kg	% CBR	Lect. Dial	kg	kg	% CBR	
0.000	0.000	0	0			0	0			0	0			
0.635	0.025	8	19.6			6	12.1			4	4.6			
1.270	0.050	16	49.6			12	34.6			8	19.6			
1.905	0.075	32	109.7			21	68.4			15	45.9			
2.540	0.100	70.455	51	181.1	185.6	12.1	35	121.0	113.5	8.3	25	83.4	77.8	5.7
3.810	0.150		72	260.0			56	199.9			41	143.5		
5.080	0.200	105.68	91	331.3	328.7	16.1	78	282.5	281.6	13.8	59	211.1	210.3	10.3

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.  
LAB. MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

ING. NESTOR A. ZELAYA SANTOS  
CIP. N° 88157- CONSULTOR C-7960  
JEFE LABORATORIO

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.  
LAB. MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

ING. WILSON J. ZELAYA SANTOS  
CIP. N° 195973  
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS

Dirección: Pueblo Joven 03 De Octubre, Mz B U. 07, Distrito de Nuevo Chimbote, Provincia del Santa, Departamento de Ancaash.  
Celular: 954877150 - 945417124 RUC: 20604190640  
E-mail: wltze822@hotmail.com.  
E-mail: wltze822@outlook.com.

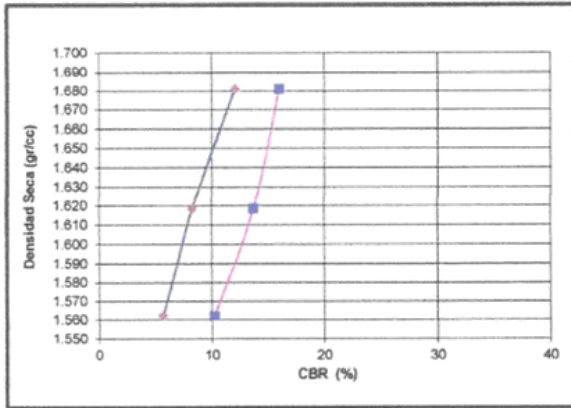


**RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)  
 ASTM D-1883**

**TESIS:** ESTABILIZACION DEL SUELO DEL CENTRO POBLADO SAN LUIS CON ADICION DE BOLSAS DE POLIETILENO A NIVEL DE SUBRASANTE, DISTRITO SANTA - ANCASH 2019"  
**UBICACION :** DISTRITO DE SANTA - PROVINCIA DEL SANTA - REGION ANCASH  
**TESISTAS:** ALBA MENDOZA FIORELA JACQUELINE  
 HERNANDEZ HERNANDEZ MILUSKA JACKELIN  
**FECHA** ABRIL DEL 2019  
**DETALLE:** MUESTRA PATRON

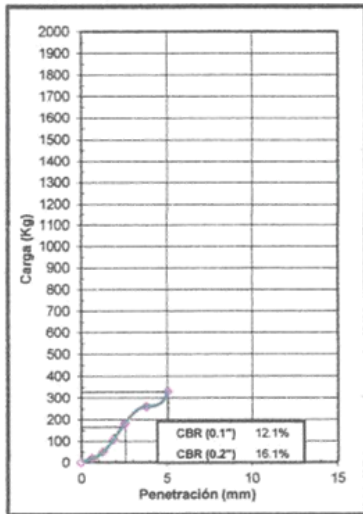
**MUESTRA :** TERRENO NATURAL - C-05  
**CLASIFICACION (SUCS) :** SP

**METODO DE COMPACTACION :** ASTM D1557  
**MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm<sup>3</sup>) :** 1.67  
**OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) :** 12.50

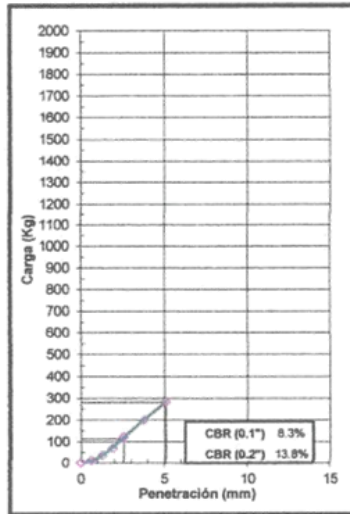


C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1": 10.39	0.2": 15.70
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1": 5.87	0.2": 11.77

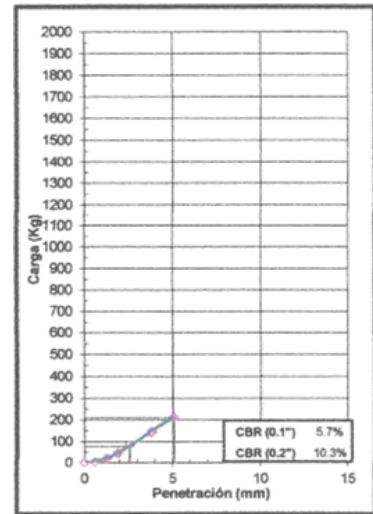
EC = 56 GOLPES



EC = 25 GOLPES



EC = 12 GOLPES



GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.  
 LAB. MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

ING. NESTOR A. ZELAYA SANTOS  
 CIP. N° 88157- CONSULTOR C-7960  
 JEFE LABORATORIO

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.  
 LAB. MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

ING. WILSON J. ZELAYA SANTOS  
 CIP. N° 196373  
 ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS

Dirección: Pueblo Joven C3 De Ccolubra, Mz. B L1 07, Distrito de Nuevo Chimbote, Provincia del Santa, Departamento de Ancash.  
 Celular: 954877150 - 945417124 RUC: 20504190640  
 E-mail: wilze822@hotmail.com.  
 E-mail: wilze822@outlook.com.

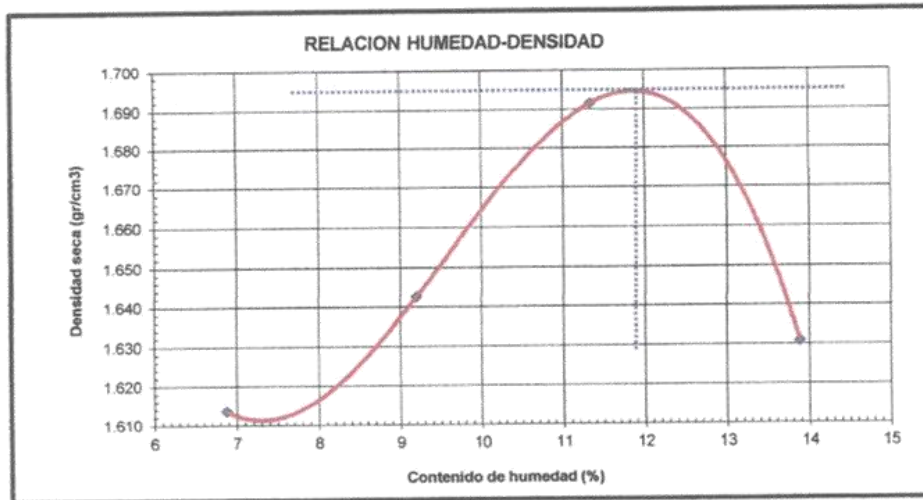


**ENSAYO DE COMPACTACION (PROCTOR MODIFICADO)  
 ASTM-D1557**

**TESIS:** ESTABILIZACION DEL SUELO DEL CENTRO POBLADO SAN LUIS CON ADICION DE BOLSAS DE POLIETILENO A NIVEL DE SUBRASANTE, DISTRITO SANTA - ANCASH 2019"  
**UBICACION :** DISTRITO DE SANTA - PROVINCIA DEL SANTA - REGION ANCASH  
**TESISTAS:** ALBA MENDOZA FIORELA JACQUELINE  
 HERNANDEZ HERNANDEZ MILUSKA JACKELIN  
**FECHA** ABRIL DEL 2019  
**DETALLE:** MUESTRA AL 4% DE POLIETILENO  
**CLASIFICACION (SUCS) :** SP **MUESTRA :** TERRENO NATURAL - C-05

Peso suelo + molde	gr	6565.00	6716.00	6912.00	6855.00
Peso molde	gr	2795.00	2795.00	2795.00	2795.00
Peso suelo húmedo compactado	gr	3770.00	3921.00	4117.00	4060.00
Volumen del molde	cm <sup>3</sup>	2186.00	2186.00	2186.00	2186.00
Peso volumétrico húmedo	gr/cm <sup>3</sup>	1.72	1.79	1.88	1.86
Recipiente N°		1	1	1	1
Peso del suelo húmedo+tara	gr	116.00	102.24	110.24	105.17
Peso del suelo seco + tara	gr	110.02	96.02	101.30	95.30
Peso de la Tara	gr	23.12	28.44	22.49	24.21
Peso de agua	gr	5.98	6.22	8.94	9.87
Peso del suelo seco	gr	86.90	67.58	78.81	71.09
Porcentaje de Humedad	%	6.88	9.20	11.34	13.89
Peso volumétrico seco	gr/cm <sup>3</sup>	1.614	1.643	1.691	1.631

Densidad máxima (gr/cm <sup>3</sup> )	1.695
Humedad óptima (%)	11.90



GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.  
 LAB. MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

ING. NESTORA ZELAYA SANTOS  
 CIP. N° 88157 CONSULTOR C-7960  
 JEFE LABORATORIO

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.  
 LAB. MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

ING. WILSON J. ZELAYA SANTOS  
 CIP. N° 195373  
 ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS

Dirección: Pueblo Joyen 03 De Octubre, Mz B Lt. 07, Distrito de Nuevo Chimbote, Provincia del Santa, Departamento de Ancash.  
 Celular: 954877150 - 945417124 RUC: 20604190640  
 E-mail: wilze822@hotmail.com.  
 E-mail: wilze822@outlook.com.



# GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS  
ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,  
CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TECNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAS,  
LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS



**TESIS:** ESTABILIZACION DEL SUELO DEL CENTRO POBLADO SAN LUIS CON ADICION DE BOLSAS DE POLIETILENO A NIVEL DE SUBRASANTE, DISTRITO SANTA - ANCASH 2019\*

**UBICACION:** DISTRITO DE SANTA - PROVINCIA DEL SANTA - REGION ANCASH

**TESISTAS:** ALBA MENDOZA FIORELA JACQUELINE  
HERNANDEZ HERNANDEZ MILUSKA JACKELIN

**FECHA:** ABRIL DEL 2019

**DETALLE:** MUESTRA AL 4% DE POLIETILENO

**MUESTRA :** TERRENO NATURAL - C-05

**CLASIFICACION (SUCS) :** SP

## ENSAYO RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA

Tamiz	N° 10	N° 40	N° 200	Metodo	Densidad Maxima	Humedad Optima
Pasa %				ASSTHO	1.895	11.90
LL	19.80	IP	2.03	Clasificacion		

Molde N°	1		2		3	
	Antes de mojar	despues de mojado	Antes de mojar	despues de mojado	Antes de mojar	despues de mojado
Altura Molde	17.56		17.61		17.85	
Diámetro Molde	14.91		14.93		15.14	
Altura disco Especiador	5.01		5.01		5.01	
Diámetro disco especiador	15.19		15.19		15.19	
Capas N°	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Condición de la muestra						
Peso húmedo de la probeta + molde (g)	8510	8639	8145	8378	8202	8678
Peso de molde (g)	4270	4270	4115	4115	4130	4130
Peso del suelo húmedo (g)	4240	4369	4030	4263	4072	4546
Volumen del molde (cm³)	2191	2191	2206	2206	2312	2312
Densidad húmeda (g/cm³)	1.935	1.994	1.827	1.933	1.762	1.967
Recipiente (N°)	A	11	B	22	C	33
Peso del Recipiente + suelo húmedo (g)	147.24	115.45	142.60	136.59	105.98	117.19
Peso Recipiente + suelo seco	132.67	102.06	128.13	117.42	96.52	97.89
Peso Recipiente	23.34	22.49	23.08	23.10	22.47	23.36
Peso de agua (g)	14.57	13.39	14.47	19.17	9.46	19.30
Peso de suelo seco (g)	109.33	79.57	105.05	94.32	74.05	74.53
Contenido de humedad (%)	13.33	16.83	13.77	20.32	12.78	25.90
Densidad seca (g/cm³)	1.707	1.707	1.806	1.806	1.562	1.562

## DETERMINACION DE LA EXPANSION

Fecha	Hora	Tiempo	Lectura Extens.	Expansion		Lectura Extens.	Expansion		Lectura Extens.	Expansion	
				mm	%		mm	%		mm	%
		0	0	0.000	0.0	0	0.000	0.0	0	0.000	0.0
		24	0	0.000	0.0	0	0.000	0.0	0	0.000	0.0
		48	0	0.000	0.0	0	0.000	0.0	0	0.000	0.0
		72	0	0.000	0.0	0	0.000	0.0	0	0.000	0.0

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

Penetración	Carga Estándar Kg/cm2	MOLDE N°				MOLDE N°				MOLDE N°				
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		
		Lect. Dial	kg	kg	% CBR	Lect. Dial	kg	kg	% CBR	Lect. Dial	kg	kg	% CBR	
0.000	0.000	0	0			0	0			0	0			
0.635	0.025	47	166.1			12	34.6			4	4.6			
1.270	0.050	90	327.6			28	94.7			10	27.1			
1.905	0.075	128	470.3			43	151.1			17	53.4			
2.540	0.100	70.455	160	590.5	586.2	43.0	54	192.4	187.6	13.8	24	79.7	77.9	5.7
3.810	0.150		212	785.8			69	248.7			38	132.3		
5.080	0.200	105.68	261	969.8	968.3	47.3	80	290.0	288.0	14.1	52	184.9	184.1	9.0

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES EIRL  
LAB. MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

ING. NESTOR A. ZELAYA SANTOS  
CIP. N° 88157- CONSULTOR C-7960  
JEFE LABORATORIO

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES EIRL  
LAB. MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

ING. WILSON J. ZELAYA SANTOS  
CIP. N° 195373  
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS

Dirección: Pucallpa, Calle 03 De Octubre, Mz. B L1, 07. Distrito de Nuevo Chimbote, Provincia del Santa, Departamento de  
Áncash.  
Celular: 954877150 - 945417124 RUC: 20604190640  
E-mail: wilza822@hotmail.com.  
E-mail: wilza822@outlook.com.



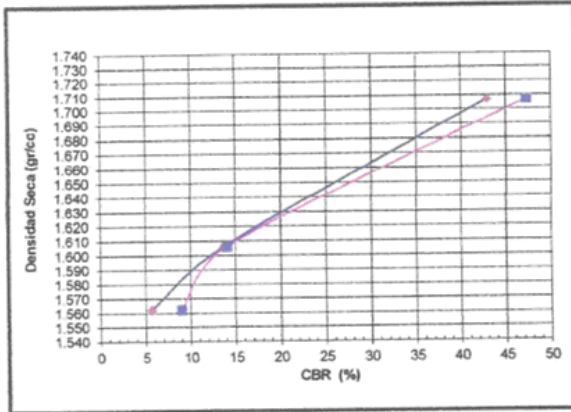


**RELACION DE SOPORTE DE CALIFORNIA (C.B.R.)  
 ASTM D-1883**

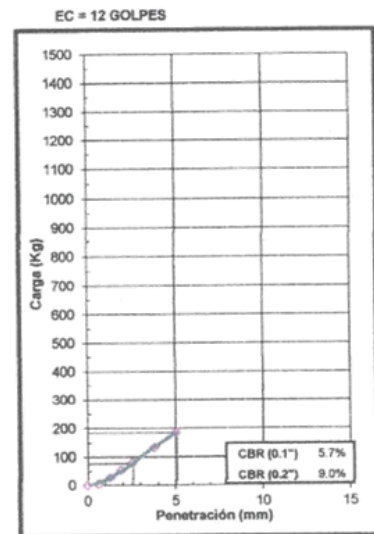
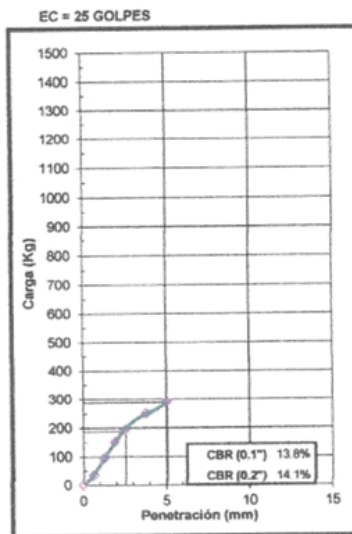
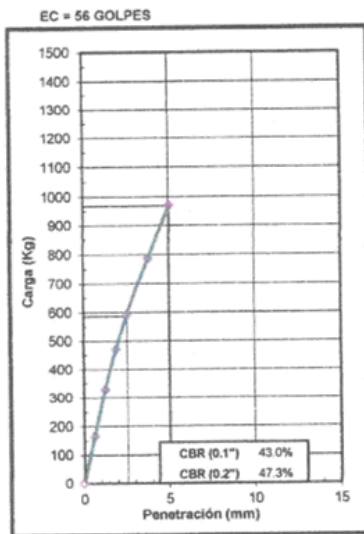
**TESIS:** ESTABILIZACION DEL SUELO DEL CENTRO POBLADO SAN LUIS CON ADICION DE BOLSAS DE POLIETILENO A NIVEL DE SUBRASANTE, DISTRITO SANTA - ANCASH 2019"  
**UBICACION:** DISTRITO DE SANTA - PROVINCIA DEL SANTA - REGION ANCASH  
**TESISTAS:** ALBA MENDOZA FIORELA JACQUELINE  
 HERNANDEZ HERNANDEZ MILUSKA JACKELIN  
**FECHA:** ABRIL DEL 2019  
**DETALLE:** MUESTRA AL 4% DE POLIETILENO

**MUESTRA :** TERRENO NATURAL - C-05  
**CLASIFICACION (SUCS) :** SP

**METODO DE COMPACTACION :** ASTM D1557  
**MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm<sup>3</sup>) :** 1.70  
**OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) :** 11.90



C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1": 31.59	0.2": 41.96
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1": 7.98	0.2": 14.99



GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.  
 LAB. MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

ING. NESTOR A. ZELAYA SANTOS  
 CIP. N° 88167- CONSULTOR C-7960  
 JEFE LABORATORIO

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.  
 LAB. MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

ING. WILSON J. ZELAYA SANTOS  
 CIP. N° 196373  
 ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS

Dirección: Pueblo joven 03 De Colubre, Mz B L. 07, Distrito de Nuevo Chimbote, Provincia del Santa, Departamento de  
 Ancash.  
 Celular: 954877150 - 945417124 RUC: 20604190540  
 E-mail: wltze822@hotmail.com.  
 E-mail: wltze822@outlook.com.

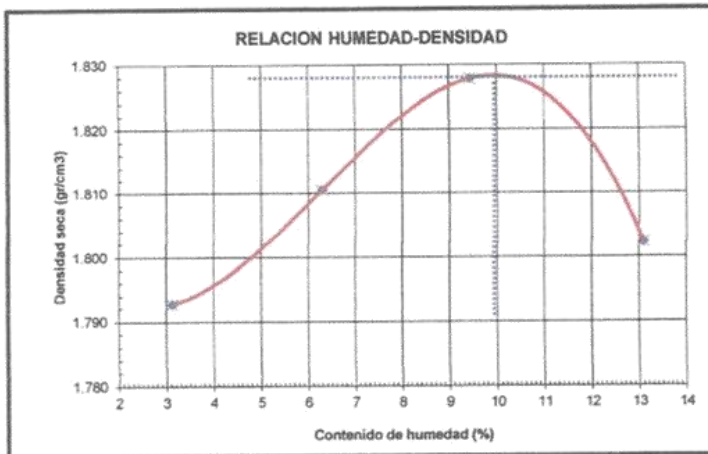


**ENSAYO DE COMPACTACION (PROCTOR MODIFICADO)  
 ASTM-D1557**

**TESIS:** ESTABILIZACION DEL SUELO DEL CENTRO POBLADO SAN LUIS CON ADICION DE BOLSAS DE POLIETILENO A NIVEL DE SUBRASANTE, DISTRITO SANTA - ANCASH 2019\*  
**UBICACION:** DISTRITO DE SANTA - PROVINCIA DEL SANTA - REGION ANCASH  
**TESISTAS:** ALBA MENDOZA FIORELA JACQUELINE  
 HERNANDEZ HERNANDEZ MILUSKA JACKELIN  
**FECHA:** ABRIL DEL 2019  
**DETALLE:** MUESTRA AL 6% DE POLIETILENO **MUESTRA :** TERRENO NATURAL - C-05

Peso suelo + molde	gr	8802.00	9002.00	9202.00	9302.00
Peso molde	gr	3915.00	3915.00	3915.00	3915.00
Peso suelo húmedo compactado	gr	4887.00	5087.00	5287.00	5387.00
Volumen del molde	cm <sup>3</sup>	2643.00	2643.00	2643.00	2643.00
Peso volumétrico húmedo	gr/cm <sup>3</sup>	1.85	1.92	2.00	2.04
Recipiente N°		1	2	3	3
Peso del suelo húmedo+tara	gr	135.62	142.26	167.18	164.23
Peso del suelo seco + tara	gr	132.20	135.20	155.30	148.63
Peso de la Tara	gr	23.30	23.30	29.51	29.51
Peso de agua	gr	3.42	7.06	11.88	15.60
Peso del suelo seco	gr	108.90	111.90	125.79	119.12
Porcentaje de Humedad	%	3.14	6.31	9.44	13.10
Peso volumétrico seco	gr/cm <sup>3</sup>	1.793	1.810	1.828	1.802

Densidad máxima (gr/cm <sup>3</sup> )	1.828
Humedad óptima (%)	10.00



GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.  
 LAB. MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO  
 ING. NESTORA ZELAYA SANTOS  
 DIP. N° 88457- CONSULTOR C-7960  
 JEFE LABORATORIO

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.  
 LAB. MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO  
 ING. WILSON J. ZELAYA SANTOS  
 CIP N° 196373  
 ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS

Dirección: Pucallpa Joven 03 De Octubre, Mz B L: 07, Distrito de Nuevo Chimbote, Provincia del Santa, Departamento de Ancash.  
 Celular: 954877180 - 045417124 RUC: 20604190640  
 E-mail: wilze822@hotmail.com.  
 E-mail: wilze822@outlook.com.



# GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS  
ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,  
CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TECNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAS,  
LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS



TESIS: ESTABILIZACION DEL SUELO DEL CENTRO POBLADO SAN LUIS CON ADICION DE BOLSAS DE POLIETILENO A NIVEL DE SUBRASANTE, DISTRITO SANTA - ANCASH 2019\*

UBICACIÓN : DISTRITO DE SANTA - PROVINCIA DEL SANTA - REGION ANCASH

TESISTAS: ALBA MENDOZA FIORELA JACQUELINE  
HERNANDEZ HERNANDEZ MILUSKA JACKELIN

FECHA: ABRIL DEL 2019

DETALLE: MUESTRA AL 6% DE POLIETILENO MUESTRA : TERRENO NATURAL - C-05  
CLASIFICACION (SUCS) : SP

## ENSAYO RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA

Tamaz	N° 10			N° 40			N° 200			ENSAYO DE COMPACTACION		
	Pasa %	LL	IP	Clasificación	A1-a (0)	Metodo	ASSTHO	Densidad Maxima	Humedad Optima			
	50.20	0	0	35.56	0	0.96		1.828	10.00			
Molde N°	1			2			3					
Altura Molde	17.8			17.8			17.85					
Diametro Molde	15.1			15.14			15.14					
Altura disco Espaciador	6.09			6.09			6.09					
Diametro disco espaciador	15.19			15.19			15.19					
Capas N°	5			5			5					
Golpes por capa N°	56			25			12					
Condición de la muestra	Antes de mojar		despues de mojado		Antes de mojar		despues de mojado		Antes de mojar		despues de mojado	
Peso humedo de la probeta + molde (g)	8489		8644		8235		8457		8089		8405	
Peso de molde (g)	4270		4270		4120		4120		4125		4125	
Peso del suelo humedo (g)	4219		4374		4115		4337		3964		4280	
Volumen del molde (cm³)	2097		2097		2108		2108		2117		2117	
Densidad húmeda (g/cm³)	2.012		2.086		1.952		2.057		1.872		2.022	
Recipiente (N°)	A			11			B			C		
Peso del Recipiente + suelo húmedo (g)	161.20			154.23			146.35			179.36		
Peso Recipiente + suelo seco	148.20			137.50			134.68			157.18		
Peso Recipiente	22.30			21.15			23.06			22.21		
Peso de agua (g)	13.00			16.73			11.67			22.18		
Peso de suelo seco (g)	125.90			116.35			111.62			134.97		
Contenido de humedad (%)	10.33			14.38			10.46			16.43		
Densidad seca (g/cm³)	1.824			1.824			1.767			1.695		

## DETERMINACION DE LA EXPANSION

Fecha	Hora	Tiempo	Lectura Extens.	Expansion		Lectura Extens.	Expansion		Lectura Extens.	Expansion	
				mm	%		mm	%		mm	%
		0	0	0.000	0.0	0	0.000	0.0	0	0.000	0.0
		24	0	0.000	0.0	0	0.000	0.0	0	0.000	0.0
		48	0	0.000	0.0	0	0.000	0.0	0	0.000	0.0
		72	0	0.000	0.0	0	0.000	0.0	0	0.000	0.0

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

Penetración		Carga Estándar Kg/cm2	MOLDE N°				MOLDE N°				MOLDE N°			
			CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
mm.	pulg.		Lect. Dial	kg	kg	% CBR	Lect. Dial	kg	kg	% CBR	Lect. Dial	kg	kg	% CBR
0.000	0.000		0	0			0	0			0	0		
0.635	0.025		16	49.6			13	38.4			8	19.6		
1.270	0.050		32	109.7			18	57.2			15	45.9		
1.905	0.075		45	158.6			35	121.0			29	98.5		
2.540	0.100	70.455	85	308.8	275.1	20.2	82	222.4	201.2	14.8	39	136.0	128.0	9.4
3.810	0.150		120	440.3			92	335.1			96	199.9		
5.080	0.200	105.66	162	598.0	595.4	29.1	123	451.5	449.6	22.0	81	293.8	291.5	14.3

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.  
LAB. MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

ING. NESTORA ZELAYA SANTOS  
C.I.P. N° 88157- CONSULTOR C-7960  
JEFE LABORATORIO

Dirección: Pucallpa Joven 03 De Octubre, Mz B Lt. 07, Distrito de Nuevo Chimbote, Provincia del Santa, Departamento de Ancash.  
Celular: 954877150 - 945417124 RUC: 20604190640  
E-mail: wiltze822@hotmail.com.  
E-mail: wiltze822@outlook.com.

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.  
LAB. MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO  
ING. WILSON J. ZELAYA SANTOS  
C.I.P. N° 496673  
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS



# GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS  
ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,  
CONTROL DE CALIDAD EN OBRAS, EXPEDIENTES, PERFILES TECNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAS,  
LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS



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

ASTM D-1883

**TESIS:** ESTABILIZACION DEL SUELO DEL CENTRO POBLADO SAN LUIS CON ADICION DE BOLSAS DE POLIETILENO A NIVEL DE SUBRASANTE, DISTRITO SANTA - ANCASH 2019\*

**UBICACIÓN:** DISTRITO DE SANTA - PROVINCIA DEL SANTA - REGION ANCASH

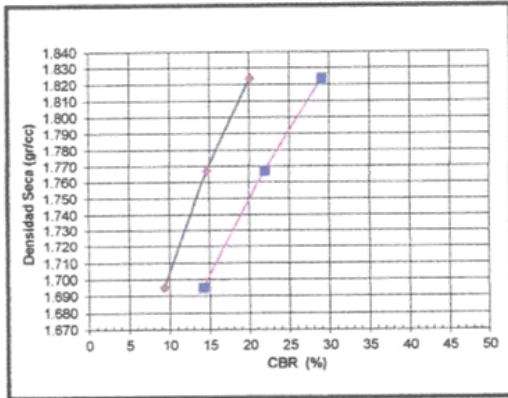
**TESISTAS:** ALBA MENDOZA FIORELA JACQUELINE  
HERNANDEZ HERNANDEZ MILUSKA JACKELIN

**FECHA:** ABRIL DEL 2019

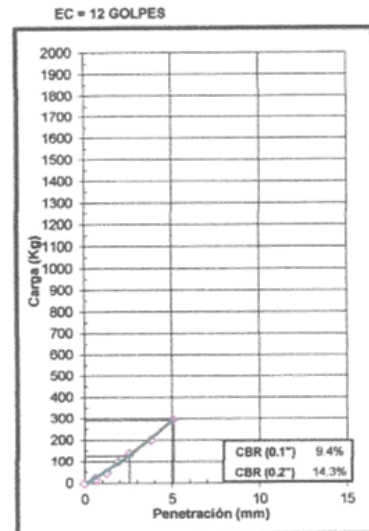
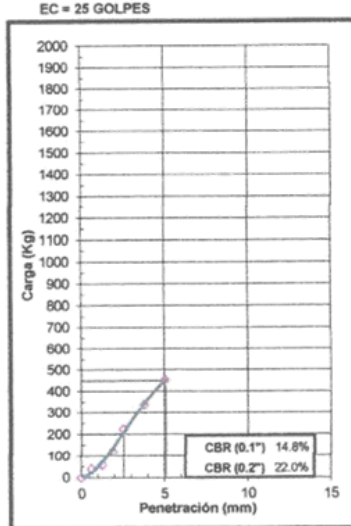
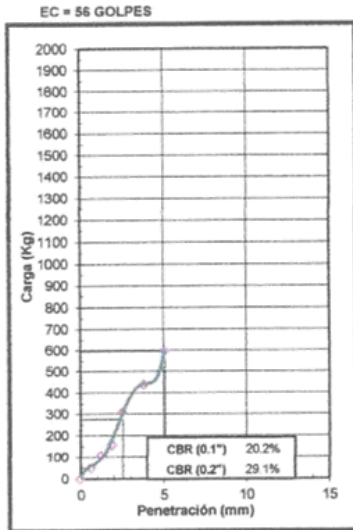
**DETALLE:** MUESTRA AL 6% DE POLIETILENO

**MUESTRA :** TERRENO NATURAL - C-05  
**CLASIFICACION (SUCS) :** SP

**METODO DE COMPACTACION :** ASTM D1557  
**MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm<sup>3</sup>) :** 1.83  
**OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) :** 10.00



C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1":	20.65	0.2":	29.72
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1":	12.30	0.2":	18.56



GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.  
LAB. MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

**ING. NESTOR A. ZELAYA SANTOS**  
CIP. N° 88157 - CONSULTOR C-7960  
JEFE LABORATORIO

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.  
LAB. MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

**ING. WILSON J. ZELAYA SANTOS**  
CIP. N° 156272  
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS

Dirección: Pueblo Joven 03 De Octubre, Mz. B.L. 07, Distrito de Nuevo Chimbote, Provincia del Santa, Departamento de Ancash.  
Celular: 954877180 - 945417124 RUC: 20504190640  
E-mail: wilza822@hotmail.com.  
E-mail: wilza822@outlook.com.



# GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS  
ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,  
CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TECNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAS,  
LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS

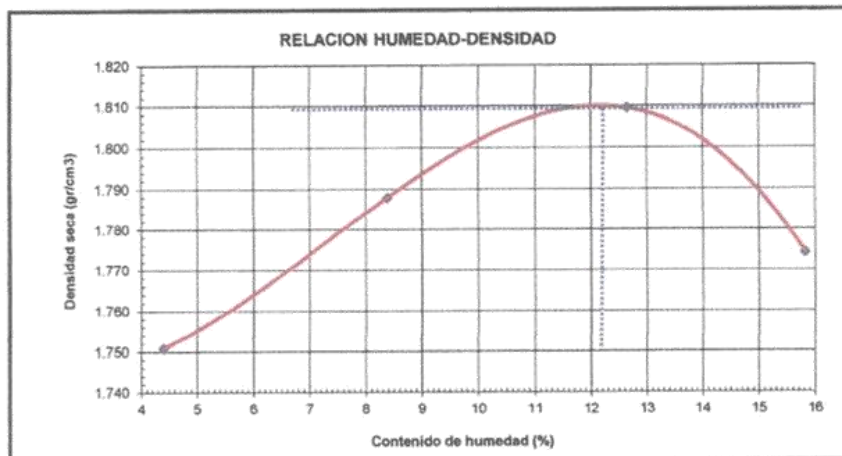


## ENSAYO DE COMPACTACION (PROCTOR MODIFICADO) ASTM-D1557

**TESIS:** ESTABILIZACION DEL SUELO DEL CENTRO POBLADO SAN LUIS CON ADICION DE BOLSAS DE POLIETILENO A NIVEL DE SUBRASANTE, DISTRITO SANTA - ANCASH 2019\*  
**UBICACION :** DISTRITO DE SANTA - PROVINCIA DEL SANTA - REGION ANCASH  
**TESISTAS:** ALBA MENDOZA FIORELA JACQUELINE  
HERNANDEZ HERNANDEZ MILUSKA JACKELIN  
**FECHA** ABRIL DEL 2019  
**DETALLE:** MUESTRA AL 8% DE POLIETILENO      **MUESTRA :** TERRENO NATURAL - C-05

Peso suelo + molde	gr	6802.00	7042.00	7262.00	7298.00
Peso molde	gr	2806.00	2806.00	2806.00	2806.00
Peso suelo húmedo compactado	gr	3996.00	4236.00	4456.00	4492.00
Volumen del molde	cm <sup>3</sup>	2186.00	2186.00	2186.00	2186.00
Peso volumétrico húmedo	gr/cm <sup>3</sup>	1.83	1.94	2.04	2.05
Recipiente N°		1	1	2	3
Peso del suelo húmedo+tara	gr	119.24	165.95	159.25	196.30
Peso del suelo seco + tara	gr	115.20	154.96	144.20	172.45
Peso de la Tara	gr	23.60	23.95	25.29	21.74
Peso de agua	gr	4.04	10.99	15.05	23.85
Peso del suelo seco	gr	91.60	131.01	118.91	150.71
Porcentaje de Humedad	%	4.41	8.39	12.66	15.83
Peso volumétrico seco	gr/cm <sup>3</sup>	1.751	1.788	1.809	1.774

Densidad máxima (gr/cm <sup>3</sup> )	1.810
Humedad óptima (%)	12.20



GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.  
LAB. MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO  
ING. NESTOR A. ZELAYA SANTOS  
CIP. N° 88157 - CONSULTOR C-7960  
JEFE LABORATORIO

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.  
LAB. MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO  
ING. WILSON J. ZELAYA SANTOS  
CIP. N° 195373  
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS

Dirección: Pucallpa, Jiryan C3 De Octubre, Mz B Lt. 07, Distrito de Nuevo Chimbote, Provincia del Santa, Departamento de  
Arequife.  
Celular: 954877160 - 945417124 RUC: 20604190640  
E-mail: wilze822@hotmail.com.



# GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS  
ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,  
CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TECNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAS,  
LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS



TESIS: ESTABILIZACION DEL SUELO DEL CENTRO POBLADO SAN LUIS CON ADICION DE BOLSAS DE POLIETILENO A NIVEL DE SUBRASANTE, DISTRITO SANTA - ANCASH 2019\*  
UBICACIÓN : DISTRITO DE SANTA - PROVINCIA DEL SANTA - REGION ANCASH  
TESISTAS: ALBA MENDOZA FIORELA JACQUELINE  
HERNANDEZ HERNANDEZ MILUSKA JACKELIN  
FECHA: ABRIL DEL 2019  
DETALLE: MUESTRA AL 8% DE POLIETILENO MUESTRA : TERRENO NATURAL - C-05  
CLASIFICACION (SUCS) : SP

## ENSAYO RELACION SOPORTE DE CALIFORNIA

Tamiz	N° 10	N° 40	N° 200	ENSAYO DE COMPACTACION				
Pasa %	100.00	92.19	5.27	Metodo	Densidad Maxima	Humedad Optima		
LL	0	IP	0	Clasificacion	A-2 - 4 (0)	ASSTHO	1.81	12.20
Molde N°	1		2		3			
Altura Molde	17.8		17.8		17.85			
Diametro Molde	15.1		15.14		15.14			
Altura disco Espaciador	6.09		6.09		6.09			
Diametro disco espaciador	15.19		15.19		15.19			
Capas N°	5		5		5			
Golpes por capa N°	56		25		12			
Condición de la muestra	Antes de mojarse	despues de mojado	Antes de mojarse	despues de mojado	Antes de mojarse	despues de mojado		
Peso humedo de la probeta + molde (g)	8551	8616	10082	10207	9458	9640		
Peso de molde (g)	4235	4235	5999	5999	5620	5620		
Peso del suelo humedo (g)	4316	4381	4083	4208	3838	4020		
Volumen del molde (cm <sup>3</sup> )	2097	2097	2108	2108	2117	2117		
Densidad humeda (g/cm <sup>3</sup> )	2.058	2.089	1.937	1.996	1.813	1.899		
Recipiente (N°)	A		B		C			
Peso del Recipiente + suelo humedo (g)	158.23	135.26	176.35	149.32	158.25	164.19		
Peso Recipiente + suelo seco	144.20	123.30	159.60	132.20	143.62	143.60		
Peso Recipiente	32.30	39.27	24.10	23.60	25.44	27.89		
Peso de agua (g)	14.03	11.96	16.75	17.12	14.63	20.59		
Peso de suelo seco (g)	111.90	84.03	135.50	108.60	117.18	115.71		
Contenido de humedad (%)	12.54	14.23	12.36	15.76	12.49	17.79		
Densidad seca (g/cm <sup>3</sup> )	1.829	1.829	1.724	1.724	1.612	1.612		

## DETERMINACION DE LA EXPANSION

Fecha	Hora	Tiempo	Lectura Extens.	Expansion		Lectura Extens.	Expansion		Lectura Extens.	Expansion	
				mm	%		mm	%		mm	%
		0	0	0.000	0.0	0	0.000	0.0	0	0.000	0.0
		24	0	0.000	0.0	0	0.000	0.0	0	0.000	0.0
		48	0	0.000	0.0	0	0.000	0.0	0	0.000	0.0
		72	0	0.000	0.0	0	0.000	0.0	0	0.000	0.0

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

Penetración		Carga Estándar Kg/cm <sup>2</sup>	MOLDE N°				MOLDE N°				MOLDE N°			
			CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
			Lect. Dial	kg	kg	% CBR	Lect. Dial	kg	kg	% CBR	Lect. Dial	kg	kg	% CBR
0.000	0.000		0	0		0	0		0	0		0	0	
0.635	0.025		9	23.4		7	15.8		5	8.3				
1.270	0.050		28	94.7		21	68.4		18	57.2				
1.905	0.075		45	158.6		39	130.0		25	83.4				
2.540	0.100	70.455	92	335.1	201.5	19.2	75	271.2	224.0	16.4	56	199.9	152.3	11.2
3.810	0.150		103	376.4		89	323.8		61	218.7				
5.080	0.200	105.68	155	571.7	560.8	27.4	110	402.7	395.7	19.3	89	323.8	317.2	15.5

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.  
LAB. MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

ING. NESTOR A. ZELAYA SANTOS  
CIP. N° 88157- CONSULTOR C-7960  
JEFE LABORATORIO

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.  
LAB. MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

ING. WILSON J. ZELAYA SANTOS  
CIP. N° 195373  
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS

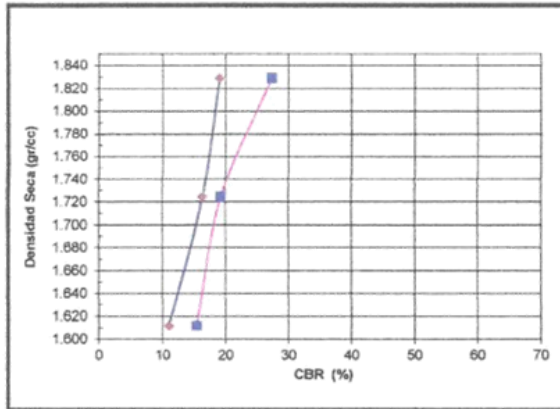
Dirección: Pueblo Jaxan C3 De Octubre, Mz B Lt. 07. Distrito de Nuevo Chimbote, Provincia del Santa, Departamento de Ancash.  
Celular: 954877150 - 945417124 RUC: 20004190640  
E-mail: wilze822@hotmail.com.  
E-mail: wilze822@outlook.com.



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

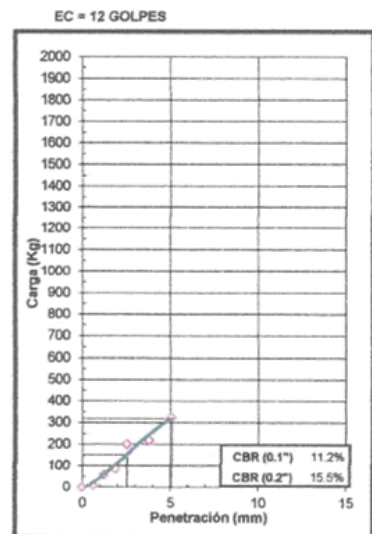
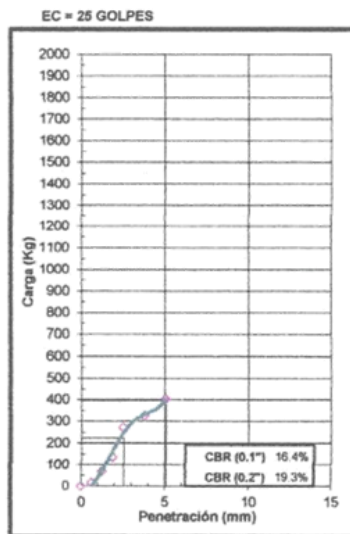
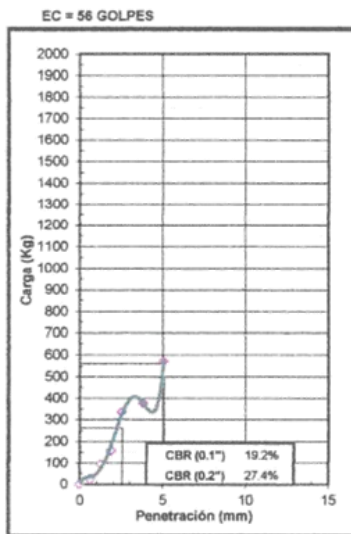
**TESIS:** ESTABILIZACION DEL SUELO DEL CENTRO POBLADO SAN LUIS CON ADICION DE BOLSAS DE POLIETILENO A NIVEL DE SUBRASANTE, DISTRITO SANTA - ANCASH 2019"  
**UBICACIÓN :** DISTRITO DE SANTA - PROVINCIA DEL SANTA - REGION ANCASH  
**TESTISTAS:** ALBA MENDOZA FIORELA JACQUELINE  
 HERNANDEZ HERNANDEZ MILUSKA JACKELIN  
**FECHA** ABRIL DEL 2019  
**DETALLE:** MUESTRA AL 8% DE POLIETILENO

**MUESTRA :** TERRENO NATURAL - C-05  
**CLASIFICACION (SUCS) :** SP



**METODO DE COMPACTACION :** ASTM D1557  
**MAXIMA DENSIDAD SECA (g/cm³) :** 1.81  
**OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD (%) :** 12.20

C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1":	10.48	0.2":	25.65
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1":	8.63	0.2":	19.09



GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.  
 LAB. MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

**ING. NESTOR A. ZELAYA SANTOS**  
 CIP. N° 88157- CONSULTOR C-7960  
 JEFE LABORATORIO

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.  
 LAB. MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

**ING. WILSON J. ZELAYA SANTOS**  
 CIP. N° 195373  
 ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS

Dirección: Pueblo joven 03 De Octubre, Mg. B. L. 07. Distrito de Nuevo Chimbote, Provincia de Santa, Departamento de Ancash.  
 Celular: 954877150 - 945417124 RUC: 20504190640  
 E-mail: wilze822@hotmail.com.  
 E-mail: wilze822@outlook.com.

## **INFORME DE ENSAYO**

### **SL-IE-03052019-8**

#### **1. DATOS DEL CLIENTE**

**Proyecto** : Estabilización del Suelo del Centro Poblado San Luis con adición de Bolsas de Polietileno a Nivel Subrasante, Distrito Santa – Ancash 2019  
**Cliente 1** : ALBA MENDOZA FIORELA JACQUELINE  
**Cliente 2** : HERNÁNDEZ HERNÁNDEZ MILUSKA JACKELIN  
**DNI 1** : 70860974  
**DNI 2** : 78011039  
**Dirección** : Urb. Los Héroes Mz O2 Lote 4

#### **2. FECHAS**

**Inicio** : 08 de Abril de 2019  
**Finalización** : 18 de Abril de 2019  
**Emisión de informe** : 19 de Abril de 2019  
**Observaciones** : —

#### **3. CONDICIONES AMBIENTALES DE ENSAYO**

**Temperatura** : 20.2 °C  
**Humedad Relativa** : 50 %

#### **4. ENSAYO SOLICITADO Y METODO UTILIZADO**

**Ensayo solicitado** : Propiedades Elementales  
: Propiedades Térmicas  
: Propiedades Físicas

- 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
Bolsa Plástica Negra	Poliétileno

**6. RESULTADOS**

**Tabla 1: Propiedades Elementales**

Parámetro	Método	Unidad	Resultados
Carbono	ANÁLISIS ELEMENTAL	%	79.32
Hidrógeno		%	13.75
Oxígeno		%	0.02
Nitrógeno		%	0.13
Cinco		%	6.78

**Tabla 2: Propiedades de Térmicas**

Parámetro	Método	Unidad	Resultados
Temperatura Vítreo	DSC – 30°C /	°C	-35.23
Temperatura de Fusión	10(k/min)/600°C	°C	143.57

**Tabla 3: Propiedades Físicas**

Parámetro	Método	Unidad	Resultado
Peso	Gravimétrico	g/cm <sup>2</sup>	0.14
Densidad	ISO 1183	g/cm <sup>3</sup>	0.955

- 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 S.A.C.

  
 \_\_\_\_\_  
**HEDYÁ MORÁN CORREA**  
 QUÍMICA  
 CQP. 1281

Página 1 de 2

**ANEXO N°5: INFORME  
TÉCNICO DE ESTUDIOS  
DE MECÁNICA DE  
SUELOS.**



**GEOLAB** INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS  
ELABORACIÓN DE ESTUDIOS DE MECÁNICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,  
CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TÉCNICOS, SUPERVISIÓN, RESIDENCIAS,  
LEVANTAMIENTOS TOPOGRÁFICOS



## FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

### INFORME TÉCNICO DE ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS

#### PROYECTO DE INVESTIGACIÓN

“ESTABILIZACIÓN DEL SUELO DEL CENTRO POBLADO SAN LUIS CON ADICIÓN DE BOLSAS DE POLIETILENO A NIVEL SUBRASANTE, DISTRITO SANTA – ANCASH 2019”



#### Solicitantes:

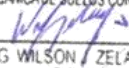
Alba Mendoza Fiorela Jacqueline

Hernandez Hernandez Miluska Jackelin

#### Apoyo técnico:

Ing. Wilson Zelaya Santos

NUEVO CHIMBOTE, MAYO 2019

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.  
LAB. MECÁNICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTO  
  
ING. WILSON / ZELAYA SANTOS  
CIP N° 195373  
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS

1



# GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS  
ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,  
CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TECNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAS,  
LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS



## ÍNDICE

1. ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS.....	3
2. UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO .....	6
3. GEOLOGÍA DEL ÁREA EN ESTUDIO .....	9
4. GEOLOGÍA REGIONAL .....	13
5. TRABAJOS DE CAMPO.....	14
6. ENSAYOS DE LABORATORIO .....	15
7. ENSAYOS ESTANDAR .....	15
8. CLASIFICACIÓN DE SUELOS .....	16
9. CARACTERÍSTICAS DEL TERRENO DE FUNDACIÓN.....	16
10. DETERMINACIÓN DEL POTENCIAL DE EXPANSIÓN .....	16
11. DE LOS TERRENOS COLINDANTES .....	17
12. DATOS GENERALES DE LA ZONA .....	17
13. EFECTO DE SISMO .....	19
14. EFECTO DE SISMO .....	20
15. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....	22

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.  
LAB. MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTO  
*Wilson J. Zelaya Santos*  
ING. WILSON J. ZE LAYA SANTOS  
CIP. N.º 195371  
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS



**GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.**

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS  
ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,  
CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TECNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAS,  
LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS



## INFORME TÉCNICO

### 1. ESTUDIO DE MECÁNICA DE SUELOS.

#### 1.1. GENERALIDADES

##### Objetivos

El objetivo principal del presente estudio de investigación consiste en realizar el estudio de geotecnia y mecánica de suelos, en el marco de la mejora del Estudio definitivo del Proyecto de investigación “Estabilización del Suelo del Centro Poblado San Luis con adición de bolsas de polietileno a nivel de Subrasante, Distrito Santa – Áncash 2019”

El estudio de suelos está orientado a determinar las características físico-mecánicas en las áreas donde se emplazará el proyecto de investigación, con el propósito de estimar su comportamiento así como sus propiedades de esfuerzo y deformación, proporcionándose las condiciones mínimas, asentamientos diferenciales y las recomendaciones necesarias.

Para alcanzar el objetivo principal, se requiere alcanzar los siguientes objetivos específicos:

- ✓ Elaboración de un estudio geológico que sirva de marco para las investigaciones geotécnicas.
- ✓ Realización de los ensayos de laboratorio de mecánica de suelos.
- ✓ Interpretación de los resultados de las investigaciones geotécnicas de campo y los ensayos de laboratorio.
- ✓ Elaboración de los perfiles estratigráficos y establecimiento de las consideraciones geotécnicas.
- ✓ Elaboración de las recomendaciones técnicas y tipo de edificación.

Los objetivos secundarios fueron alcanzados mediante la implementación de una metodología de estudio adecuada y la ejecución de un plan de trabajo, que guardaron correspondencia con los términos de referencia establecidos para el presente estudio.

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.  
LAB. MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTO  
  
ING. WILSON J. ZELAYA SANTOS  
CIP N° 195373  
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS

3



## 1.2. METODOLOGÍA Y PLAN DE TRABAJO

### Metodología

El conjunto de actividades de campo, laboratorio y gabinete contemplados en la ejecución de las investigaciones geotécnicas, se implementó en tres fases:

#### a) Fase preliminar

Esta fase de trabajo estuvo programada para desarrollarse en un lapso de quince días, durante el cual se realizaron las siguientes actividades:

- Recopilación de información básica existente.
- Planeamiento de las distintas actividades de campo y laboratorio de mecánica de suelos, incluyendo el desplazamiento e instalación del personal técnico, equipos de laboratorio y el apoyo logístico correspondiente.

#### b) Fase de campo y ensayos de laboratorio

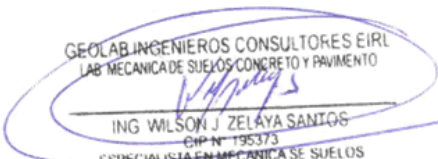
- Exploración de campo para el estudio geológico del área de estudio con fines geotécnicos.

Clasificación visual manual de las muestras. Se tomaron muestras alteradas y disturbadas para su análisis en el laboratorio anotando en una libreta sus propiedades físicas observables para complementar los resultados que se obtengan en el laboratorio para los correspondientes ensayos de mecánica de suelos

Los resultados tanto de laboratorio como de campo son plasmados en un perfil estratigráfico que representa la variabilidad de los suelos que conforman el terreno de fundación.

Del material encontrado, se tomaron muestras selectivas en forma representativa, los cuales se colocaron en bolsas de polietileno (doble), las que fueron descritas e identificadas siguiendo la norma ASTM D-2488 "Practica Recomendable para la descripción de suelos", para posteriormente ser trasladados al laboratorio.

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.  
LAB. MECÁNICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

  
ING. WILSON J. ZELAYA SANTOS  
CIP N° 195373  
ESPECIALISTA EN MECÁNICA DE SUELOS



**GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.**

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS  
ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,  
CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TECNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAS,  
LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS



### c) Fase de gabinete

Interpretación de los resultados de las investigaciones geotécnicas de campo, ensayos de laboratorio de mecánica de suelos.

- Elaboración de los perfiles geotécnicos representativos del suelo donde se emplazará la obra en mención. Asimismo, la presentación de las profundidades de las napas freáticas encontradas (en caso de presentarse) y los parámetros físicos de suelo con fines de pavimentación.
- Recomendaciones técnicas y diseño estructural de cimentación, consideraciones constructivas y sismo resistentes de las obras.
- Conclusiones y recomendaciones del estudio geotécnico.

### 1.3.- Plan de trabajo

#### a) Planteamiento del estudio

El planeamiento del estudio geotécnico, ha sido realizado como una parte del sistema interno de control de calidad. Esto incluyó:

- La definición del área del estudio.
- Identificación de las tareas de campo, laboratorio y gabinete a ser emprendidas, y los alcances de las mismas.
- Elaboración de metodologías para cada una de las actividades de campo, laboratorio y trabajos de gabinete.
- Establecimiento de la secuencia de actividades y la interdependencia de las mismas.
- Procedimientos de interpretación y discusión de los resultados de campo y laboratorio.
- Estimación de los recursos requeridos para el cumplimiento de cada una de las tareas, y determinación de las tareas críticas en cuanto al tiempo y recursos que demanden.

Para el estudio geotécnico, las actividades han sido agrupadas en dos frentes de trabajo:

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.  
LAB. MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTO  
*WJZ*  
ING. WILSON J. ZELAYA SANTOS  
CIP. N° 195373  
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS

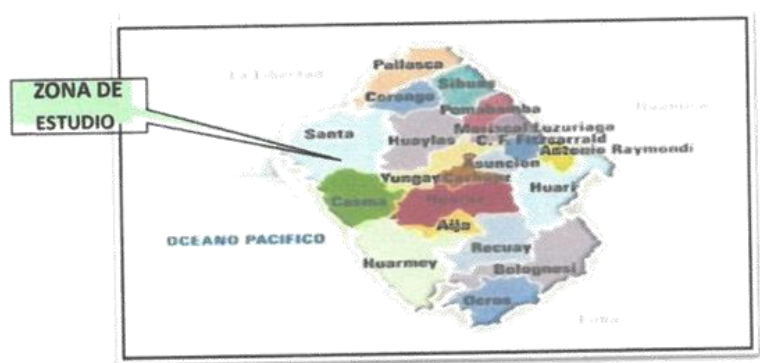


## b) Programa de actividades y recursos logísticos

La empresa, ha cumplido con los recursos humanos y logísticos ofrecidos en su propuesta técnica-económica, es decir, se ha mantenido el staff de ingenieros y personal técnico, así como los recursos logísticos ofrecidos y obrero en su totalidad.

## 2.0.- UBICACIÓN DEL ÁREA DE ESTUDIO

El presente proyecto de investigación se ejecutará en el centro poblado San Luis perteneciente al Distrito de Santa, Provincia de Santa, Departamento de Áncash, Región Áncash. Específicamente el proyecto de investigación es "Estabilización del Suelo del Centro Poblado San Luis con adición de bolsas de polietileno a nivel Subrasante, Distrito Santa – Áncash 2019"



**FIGURA N° 01:** Mapa provincial del departamento de Ancash. La zona en estudio se encuentra en la Provincia de Santa.



**FIGURA N° 02:** La zona en estudio se encuentra en el Centro Poblado de San Luis - Santa.

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.  
LAB. MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTO  
*W. J. Zelaya Santos*  
ING. WILSON J. ZELAYA SANTOS  
CIP N° 195373  
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS





**FIGURA N° 03:** Mapa del Perú. La zona en estudio se encuentra en la Ciudad de Santa, Provincia de Santa, Departamento de Áncash.

### 2.1. Clima Y Temperatura:

El distrito de Santa presenta un clima soleado. Las temperaturas en el área varían entre 23°C a 26°C en promedio durante los meses de verano (Noviembre a Abril) y a una temperatura promedio mínima de 15 °C durante los meses de invierno (Mayo a Octubre). El promedio de temperatura en verano es de 26°C y el promedio en invierno es de 18°C.

#### Precipitación:

Muy raras veces llueve en la región y se sabe de décadas que transcurren sin ella. El régimen de lluvias en la cuenca es relativamente homogéneo, conteniendo en el año dos épocas definidas, una humedad correspondiente a los meses de verano y otra seca ocurriendo básicamente en los meses restantes se pueden considerar como transición entre estas épocas.

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.  
LAB. MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO  
*Wilson J. Zelaya Santos*  
ING. WILSON J. ZELAYA SANTOS  
CIP N° 176473  
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS



### **Humedad Atmosférica:**

Como es normal para las zonas costeras, se considera el distrito de Santa está en una zona húmeda. El vapor de agua desempeña un rol importante en la evolución de los fenómenos atmosféricos y en las características fundamentales del clima. Una de las formas de expresar el contenido de vapor de agua del aire es por medio de la humedad relativa en las cuatro estaciones meteorológicas ubicadas en Santa. La humedad relativa media mensual histórica es de 73%.

## **3. GEOLOGÍA DEL ÁREA EN ESTUDIO**

### **3.1. Geomorfología**

#### **3.1.1 Principales agentes modeladores**


Dentro de los principales que han dado origen a las geoformas actuales, se tiene el agua y el viento como los que han jugado un papel muy importante. Las intensas lluvias que se producen en la región costera después de largos periodos de precipitación, origina grandes torrentes que descienden por las diversas quebradas, los materiales acarreados por dichos torrentes se han acumulado en las planicies bajas en formas de grandes abanicos.

#### **3.1.2. Unidades geomorfológicas**

Las unidades geomorfológicas mayores son la faja costera, los valles de la vertiente pacífica y las estribaciones de la cordillera occidental, dentro de las cuales se pueden identificar en la zona las siguientes unidades menores.

Cuadrángulo de Chimbote, los afloramientos de gabros y rocas asociados se encuentran en la Isla Blanca, cerró señal Taricay y Cerro Tambo. Los afloramientos de gabros tienen coloraciones oscuras que se diferencian de las rocas adyacentes por su mayor resistencia a la erosión. En algunos casos tienen morfología resaltante, como el caso del Cerro Tortugas, Cerro Prieto, Cerro Samanco, etc.

Los componentes intrusivos iniciales del Batolito de la costa Varían en un rango desde gabro a diorita, según sus características jeroglíficas se han separado en los mapas geológicos respectivos cuerpos de gabro, diorita, microdiorita a diablia y un complejo de diques, cada uno de ellos tiene una forma y distribución espacial.

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.  
LAB MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTO  
  
ING WILSON J. ZELAYA SANTOS  
CIP N° 195373  
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS



### 3.2 Súper Unidad Santa Rosa

El lado Oeste del Batolito está compuesto por un complejo muy variado de tonalita ácida. Las características petrográficas y de campo de este complejo son muy similares a las del complejo de la región Chancay – Huaura (Cobbing yPitcher, 1972). Ya que el complejo de la tonalita acida de la región de Casma representa claramente la continuación hacia el norte, del Complejo Tonalita Santa Rosa de Cobbing y Pitcher; Child R. (1976) prefiere mantener el nombre y sin embargo cambia la denominación de “Complejo” por la de “Súper Unidad”

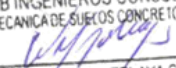
La súper unidad Santa Rosa es la más amplia de las unidades intrusivas que forman el Batolito cubriendo aproximadamente el 60 % del área total, correspondiente a las rocas intrusivas. Aflora en una extensa franja que va desde Chimbote en el Norte, hasta la quebrada Berna Puquio en el Sur (Culebras) y se prolonga más hacia el Sur a los Cuadrángulos adyacentes.

#### 3.2.1. Depósitos cuaternarios

La evidencia del levantamiento y erosión de la región se sustenta en la presencia de terrazas marinas levantadas, depósitos marinos recientes, terrazas aluviales levantadas, depósitos aluviales recientes, depósitos eólicos estabilizados y acumulaciones eólicas en actividad, etc. Todos estos depósitos fluvio-aluviales depósitos residuales y aun los deslizamientos constituyen la cobertura del material reciente que recubren gran parte del área de estudio y por simplificación de le ha agrupado como depósitos marinos, eólicos y aluviales.

#### 3.2.2 Depósitos marinos

Se encuentran distribuidos a lo largo del litoral, especialmente en las bahías y efitrantes; consiste de arenas semiconsolidadas con estratificación sesgada, cuyos componentes son cuarzo de 1 a 3 milímetros, granos oscuros de rocas volcánicas finas en algunos casos con fragmentos de conchas en una matriz de arena gruesa. Los remanentes de depósitos marinos levantados en general se inclinan suavemente hacia el Oeste.

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.  
LAB. MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTO  
  
ING WILSON J. ZELAYA SANTOS  
CIP N° 196373  
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS



### 3.2.3. Depósitos eólicos

Se pueden distinguir dos tipos de arenas eólicas; los montículos de arenas eólicas; los montículos de arena estabilizadas y depósitos de arena en movimiento o continua evolución.

Las arenas estabilizadas se observan al Este de la ciudad de Chimbote, al Sur de Samanco, etc.

Los procesos eólicos trabajan rápidamente las arenas y cubren los depósitos de playas, estos últimos representan la fuente principal del material eólico que se transporta hacia el continente. El avance continuo de las arenas ha definido cuerpos alargados, longitudinales conocidos como médanos que avanzan hacia el continente sobre yaciendo a rocas cretáceas.

### 3.1.1. Depósitos aluviales

Como se observa en los mapas geológicos los depósitos aluviales son más abundantes en el cuadrángulo de Chimbote, en estrecha relación con la mayor extensión de rocas plutónicas, las cuales son fácilmente erosionables, originando depósitos arenosos gruesos y limoarcillas

En los depósitos aluviales se incluyen las terrazas, los rellenos de quebradas y valles, así como los depósitos recientes que constituyen las pampas o llanuras aluviales, las terrazas están formadas por gravas arenas y limos que en algunos casos sobreyacen directamente al basamento rocosos, en otros casos constituyen una secuencia gruesa de depósitos aluviales mal seleccionados con clastos de litologías diversas.

En general los depósitos aluviales son más gruesos a heterogéneos hacia el Este, en cambio hacia el Oeste son de fragmentometría más fina y características más homogéneas, por lo que son explotados como agregados y material de construcción.

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.  
LAB. MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTO  
*Wilson J. Zelaya Santos*  
ING. WILSON J. ZELAYA SANTOS  
CIP N° 195373  
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS



### **Geología general:**

La ciudad de Santa y sus alrededores está enmarcada dentro de las siguientes geomorfologías:

#### **a) Unidad de playas**

Se ubica a lo largo de la costa de la bahía de Santa y Coishco, con un ancho promedio de 10 a 30 m. Está constituido de arenas gruesas, arenas finas y conchas marinas.

#### **b) Unidad de pantanos**

Limitada por la unidad de playas y ubicada dentro del gran abanico aluvial de Santa, presentándose con nivel freático casi superficial y en las áreas distantes del cono aluvial a consecuencia de la crecida del río Santa, cuyas aguas se infiltran y fluyen subterráneamente hacia el mar.

En épocas de ocurrencia del Fenómeno "El Niño", el área de pantanos aumenta de extensión superficial, provocando inestabilidades.

#### **c) Unidad de depósitos aluviales del río Santa**

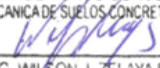
Se encuentra a lo largo del cono aluvial, ensanchándose cerca a la desembocadura del río Santa en el Océano Pacífico. Los depósitos aluviales se extienden desde Chimbote hasta los de Santa.

Dentro de esta unidad se encuentra el cauce fluvial del río Santa, que en épocas de crecidas produce la erosión local y general del cauce e inundación de las planicies inundables, comprometiendo la seguridad de las obras de ingeniería emplazadas en el cauce y faja marginal del río.

Dicha unidad está constituida de arenas, limos y gravas en profundidades de 5 m a 10 m. El nivel freático varía desde 0,00 m (pantano) hasta 1.50 m de profundidad (áreas limítrofes del abanico).

#### **d) Unidad de colinas**

Es parte de la vertiente andina, constituida de rocas graníticas cubiertas superficialmente con arenas eólicas, formando colinas suaves y onduladas cuyas pendientes varían de 3° a 10°.

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.  
LAB. MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTO  
  
ING. WILSON J. ZELAYA SANTOS  
CIP N° 196379  
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS



En esta unidad se aprecian depósitos coluviales y proluviales, de granulometría heterométrica.

**e) Unidad de dunas**

Son depósitos eólicos ubicados en la margen derecha del río Santa tienen un espesor de 10 m a 20 m aproximadamente.

**4. GEOLOGÍA REGIONAL**

Geológicamente, a nivel regional se han reconocido las siguientes unidades estratigráficas:

**a) Cretáceo**

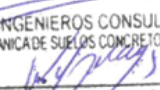
Es una secuencia volcánica andesítica, conformada por lavas y brechas, de composición básicamente de andesita y porfírica que presentan fenocristales de plagioclasas anfíboles y en menor proporción piroxenos. También se observan alteraciones de tipo propilítico, cloritización y silicificación incipiente. En la ciudad de Chimbote el volcánico se encuentra expuesto principalmente en el extremo norte por los cerros Chimbote y Tambo Real, y en el extremo Sur-Este por los cerros Península y División.

**b) Intrusivos**

Este segundo tipo de afloramiento existente en la zona se encuentra representado por formaciones de granodiorita, cuya coloración oscila entre gris oscuro y gris claro, su grano varía entre medio y grueso; teniendo su mejor exposición en el lado Este de la ciudad, en las colinas de las Pampas de Chimbote.

**c) Cuaternario**

Son los más predominantes en el área de estudio, formada por extensos depósitos la arena eólica, formando muchas veces colinas de poca elevación. Se nota la presencia de materiales aluvionales y fluviales formando depósitos a lo largo del lecho antiguo del Río Santa, así como en el extremo Norte de la ciudad, conocidos como Cascajal, La Mora, etc.

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.  
LAB. MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTO  
  
ING. WILSON J. ZELAYA SANTOS  
CIP 195373  
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS



#### **d) Tectonismo**

Esta región es considerada como un área de concentración sísmica caracterizada por movimientos con hipocentros entre 40 y 70 Km. de profundidad frente al litoral de Chimbote y en la falla de Cerro península en Samanco, con relación a los focos sísmicos indicados se estima que en 70 años se puede alcanzar una magnitud de 6.9 mb y una aceleración de 0.28g para condiciones medidas de cimentación en material blando.

### **5. TRABAJO DE CAMPO**

#### **Calicata.**

Con la finalidad de definir el perfil estratigráfico se realizó la apertura de tres calicatas a cielo abierto de aproximadamente 1.20mts. de profundidad, denominándola como C-1, C-2 y C-3, la cual se ubica en el área de estudio, la ubicación de dicha calicata se muestra en el croquis adjunto.

#### **Muestreo**

Se tomaron muestras alteradas o disturbadas de cada estrato, las cuales fueron guardadas y selladas y enviadas al laboratorio, realizándose ensayos con fines de identificación y clasificación.

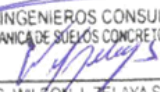
#### **Registro de sondaje**

Paralelamente al avance de las excavaciones de los sondeos, se realizó el registro de excavación vía clasificación manual visual según ASTM D2488, descubriéndose las principales características de los suelos encontrados tales como; espesor tipo de suelo, color, plasticidad, humedad, compacidad etc.

### **6. ENSAYOS DE LABORATORIO**

#### **Ensayos de laboratorio de mecánica de suelos**

Con las muestras alteradas obtenidas de los sondeos realizados, se han ejecutado los siguientes ensayos estándar: 5 ensayo de análisis granulométrico por tamizado, 5 ensayo de contenido de humedad, 1 índice de plasticidad 8 CBR incluidos los Proctor Modificada para cada una. Las muestras fueron ensayadas en el laboratorio de GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L., han sido clasificadas

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.  
LAB. MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTO  
  
ING. WILSON J. ZELAYA SANTOS  
CIP. N° 195373  
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS



utilizando el Sistema Unificado de Clasificación (SUCS) y American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO).

Los ensayos fueron realizados de acuerdo a las Norma Peruana E.050 de Mecánica de Suelos, American Society for Testing and Materials (ASTM), American Association of State Highway and Transportation Officials (AASHTO).

Los resultados de los ensayos de mecánica de suelos estándar se presentan en el Anexo.

## 7. ENSAYOS ESTARDAR

Con las muestras representativas extraídas se realizaron los siguientes ensayos:

1. Análisis Granulométrico. ASTM D 422
2. Contenidos de Humedad. ASTM D 2216
3. Limite de consistencia. ASTM D4318
4. Descripción visual de los suelos ASTM D 1557
5. California Bearing Ratio – C.B.R. ASTM D1883)

## 8. CLASIFICACION DE SUELO

Las muestras ensayadas se han clasificado de acuerdo a American Association of State Highway Oficial (AASHTO) y al Sistema Unificado de Clasificación de Suelo (SUCCS).

## 9. CARACTERISTICAS DEL TERRENO DE FUNDACION

De acuerdo al análisis efectuado de la estratigrafía del subsuelo y a los ensayos de laboratorio realizado, se concluye que el suelo natural más desfavorable encontrado en el área de estudio, es del tipo SP, está conformado por un material que presenta las siguientes características:

Permeabilidad	: Alta
Expansión	: Baja
Valor como terreno de fundación	: Mala
Característica de Drenaje	: Mala

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.  
LAB. MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO  
*Wilson J. Zelaya Santos*  
ING WILSON J. ZELAYA SANTOS  
CIP N° 195373  
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS





## 10. DETERMINACION DEL POTENCIAL DE EXPANSIÓN.

De acuerdo a Seed, Woodward y Lundgren, establecieron la siguiente tabla de potencial de expansión determinada en laboratorio.

INDICE DE PLASTICIDAD	POTENCIAL DE EXPANSION
0 -15	BAJO
15 -35	MEDIO
35 – 55	ALTO
>55	MUY ALTO

Se ha estimado el potencial de expansión para cada uno de los puntos de investigación del área en estudio, según los ensayos realizados se desprende que hay presencia de suelos poco o nada expansibles.

## 11. TERRENOS COLINDANTES

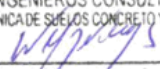
En el área del proyecto de investigación no se ha podido verificar otros estudios Similares al presente.

### De las cimentaciones adyacentes

Se ha verificado que algunas de las edificaciones adyacentes son de material de quincha y adobe de 01 piso a 02 pisos. Por la ubicación de las obras previstas en el proyecto, las edificaciones adyacentes no afectaran a las edificaciones a realizarse.

## 12. DATOS GENERALES DE LA ZONA.

- a) **Geodinámica Externa.** – Respecto a este fenómeno lo que se puede anotar es que la zona en estudio se encuentra dentro de la región Media de Sismicidad en el Perú en la Zona 4 cuyo factor es  $Z = 0.45$ , el cual se interpreta como la aceleración máxima horizontal en suelo rígido con una probabilidad de 10 % de ser excedida en 50 años. El factor Z se expresa como una fracción de la aceleración de la gravedad.

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.  
LAB. MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTO  
  
ING. WILSON J. ZELAYA SANTOS  
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS



Como un antecedente relativamente cercano tenemos el terremoto del 31 de Mayo de 1970, el cual fue uno de los más catastróficos de la Historia, su epicentro fue localizado a 9.4° Latitud Sur y 79.3° Longitud Oeste, el cual produjo una aceleración de 0.24g. La magnitud calculada fue de 7.5° en la escala de Richter, la cual fue menor al Sismo del 26 de febrero de 1619 que alcanzó 7.8° en la escala de Richter.

ZONA	Z
4	0,45
3	0,35
2	0,25
1	0,10

**b) terrenos colindantes.-** Adyacentes al terreno se encuentran viviendas y construcciones de la población.

### 13. EFECTO DE SISMO

La zona de estudio corresponde al distrito de Santa en el departamento de Ancash, la cual se encuentra dentro de la zona 3 del mapa de zonificación sísmica del Perú de acuerdo a la Norma de Diseño Sismorresistente E-030 del Reglamento Nacional de Edificaciones (2016) como se puede observar en la figura 4. En la figura 5 se muestra el mapa de distribución de máximas intensidades en el Perú. Las fuerzas sísmicas horizontales pueden calcularse de acuerdo a las normas de diseño sismorresistente según la siguiente relación:

$$\frac{ZUCS}{R} V = P$$

- ✓ Para la zona donde se cimentará, el suelo de cimentación es arena limosa el cual tendrá los siguientes parámetros sísmicos: S es el factor Suelo con un valor de S=1.1, para un periodo predominante de Tp=1.0 s, y Z es el factor de la zona 4 resultando Z=0.45g.

Para el análisis seudo estático se ha empleado una aceleración máxima de 0.42g, y según la literatura técnica internacional para la selección del coeficiente del análisis seudo estático se ha considerado la mitad de la aceleración máxima de la zona y cuyo valor es 0.21.

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.  
LAB. MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO  
  
ING. WILSON J. ZELAYA SANTOS  
CIP N° 135373  
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS



## GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,

CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TECNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAS,

LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS



En la figura 6 se muestra los valores de isoaceleraciones para un periodo de retorno de 500 años y para una vida útil de 50 años, con una excedencia de 10%.

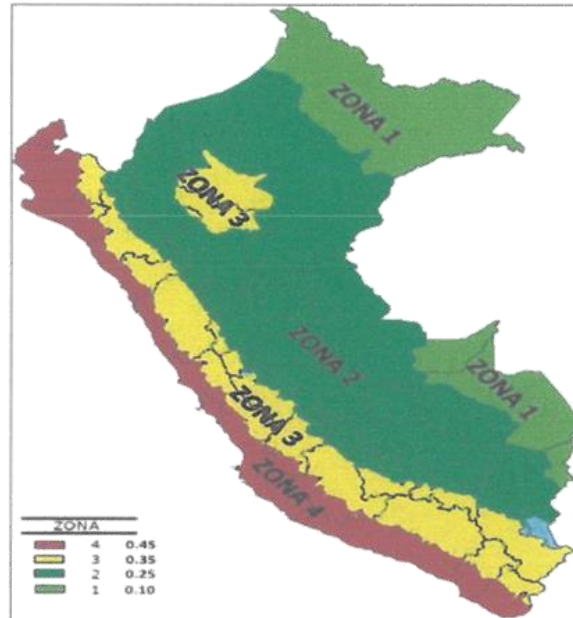
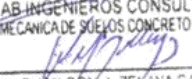


FIGURA N° 04: Mapa de zonificación Sísmica del Perú, según el Reglamento Nacional de Edificaciones (2016)

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.  
LAB. MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTO  
  
ING. WILSON J. ZEÑAYA SANTOS  
C.O. N° 125373  
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS



# GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,

CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TECNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAS,

LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS

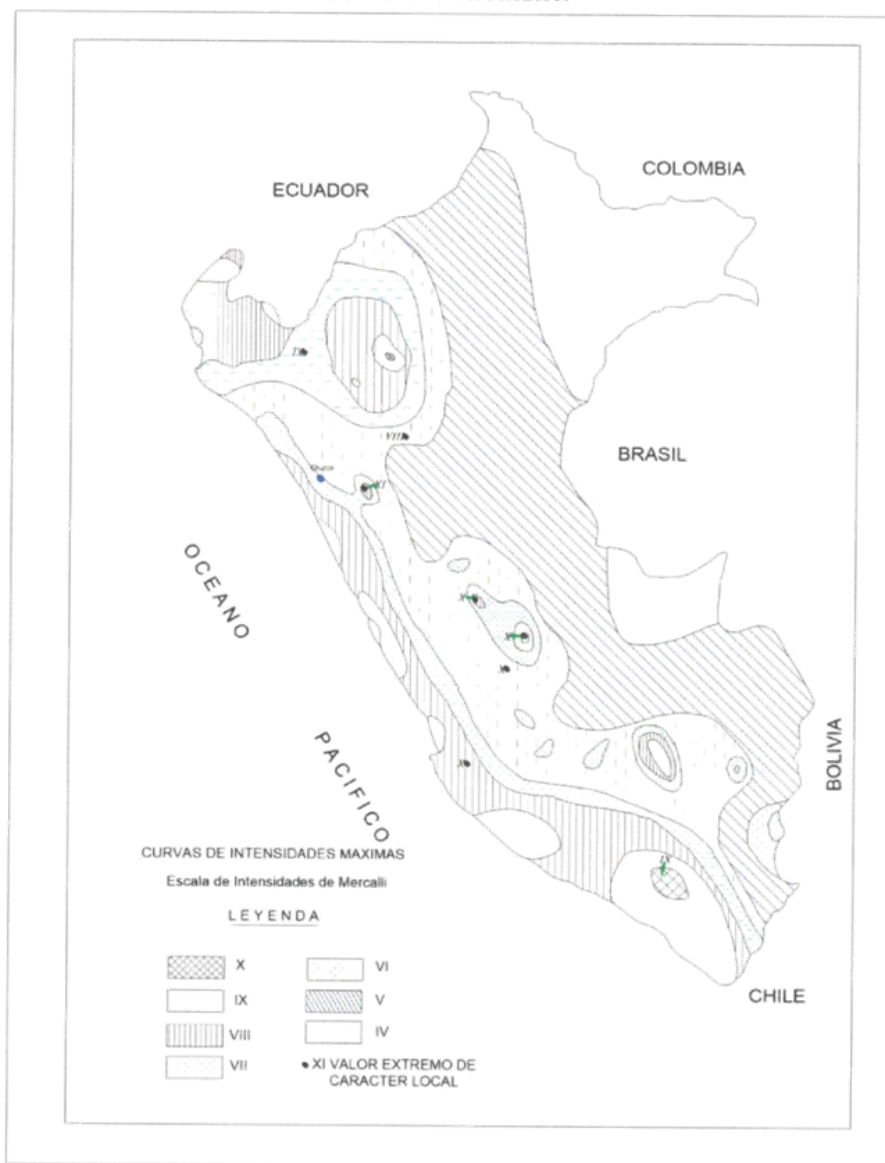


FIGURA N° 5: Mapa de distribución de máximas intensidades sísmicas (Alva et., al, 1984).

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.  
LAB. MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTO  
*Wilson J. Zelaya Santos*  
ING. WILSON J. ZELAYA SANTOS  
CIP N° 196379  
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS



# GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,

CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TECNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAS,

LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS

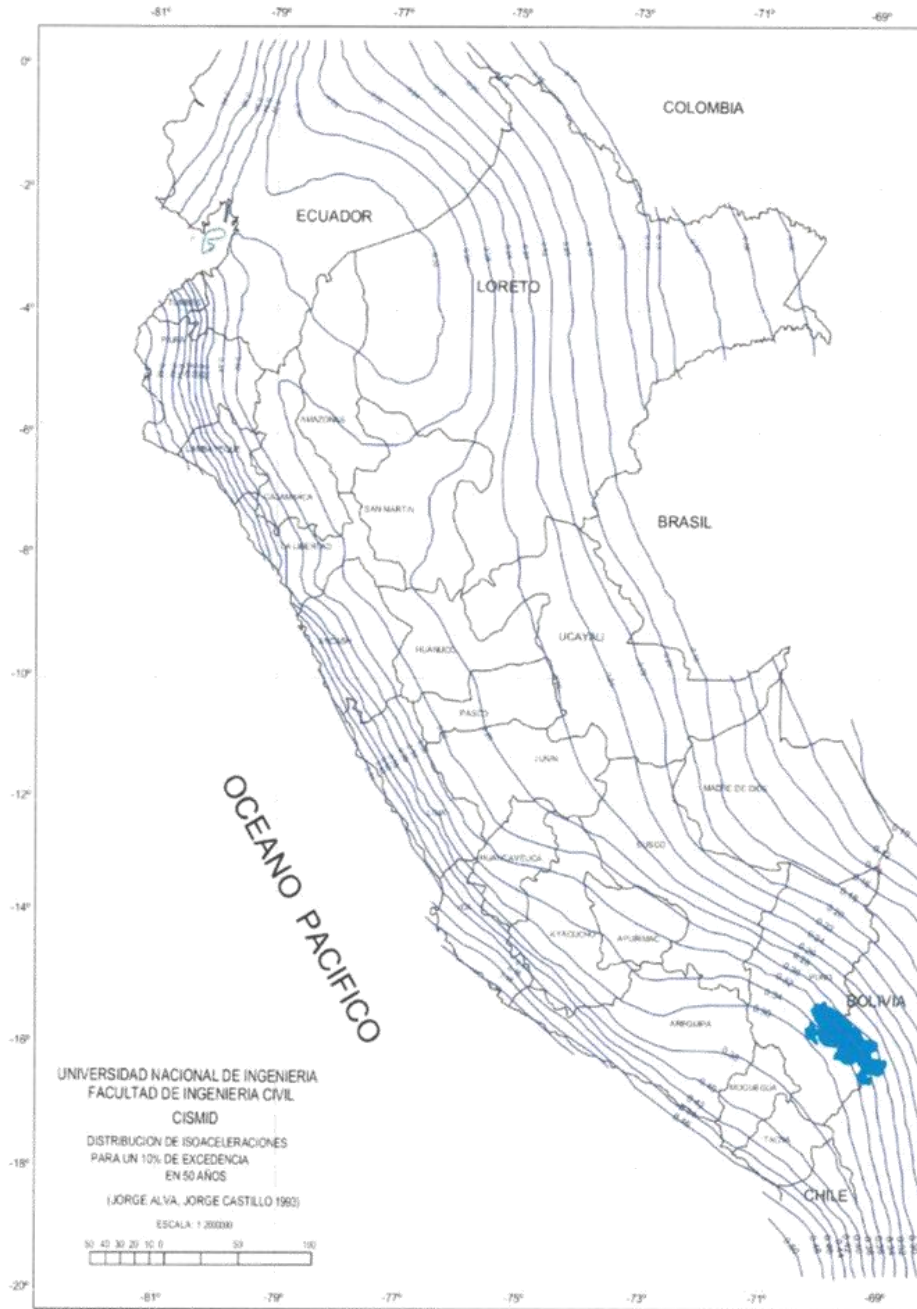


FIGURA N°6: Mapa de Isoaceleraciones para 500 años de Periodo de Retorno

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.  
LAB. MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTO  
*Wilson J. Zelava Santos*  
ING WILSON J. ZELAVA SANTOS  
CIP N° 196373  
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS



## 14. ENSAYOS

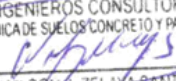
### 14.1. Ensayo DE Análisis Granulométrico

**La calicata N° 01;** En base a los ensayos de campo se deduce la siguiente conformación: Presenta nivel freático a la profundidad de 0.90 m; está conformado por una capa uniforme de material proveniente de relleno, ladrillos, plásticos su alturas varían entre 0.15 y 0.40 m, además presenta en adelante un suelo de gris oscuro denominado arena limosa, condición in situ: no saturado y en estado compacto. En el laboratorio de acuerdo a la columna de tamices se ha demostrado que es un suelo Arenoso mal graduado SP Para la calicata C-1 el porcentaje de Gravas es (0.04%), porcentaje de Arena (98.83%) y por último el porcentaje de finos (1.13%) a 1.10 Metros de profundidad.

**La calicata N° 02;** Presenta nivel freático a la profundidad de 0.90 m; está conformado por una capa uniforme de material proveniente de relleno, ladrillos, plásticos su alturas varían entre 0.15 y 0.40 m, además presenta en adelante un suelo de gris oscuro denominado arena limosa, condición in situ: no saturado y en estado compacto. Para la calicata C-2 el porcentaje de Gravas es (0.00%), porcentaje de Arena (95.96%) y por último el porcentaje de finos (4.04%) a 1.10 Metros de profundidad

**La calicata N° 03;** Tiene una profundidad de 1.20 m. Presenta nivel freático a la profundidad de 0.90 m; está conformado por una capa uniforme de material proveniente de relleno, ladrillos, plásticos su alturas varían entre 0.15 y 0.40 m , además presenta en adelante un suelo de gris oscuro denominado arena limosa, condición in situ: no saturado y en estado compacto. Para la calicata C-3 el porcentaje de Gravas es (0.00%), porcentaje de Arena (97.03%) y por último el porcentaje de finos (2.97%) a 1.10 Metros de profundidad

**La calicata N° 04;** Presenta nivel freático a la profundidad de 0.90 m; está conformado por una capa uniforme de material proveniente de relleno, ladrillos, plásticos su alturas varían entre 0.15 y 0.40 m, además presenta en adelante un suelo de gris oscuro denominado arena limosa, condición in situ: no saturado y en estado compacto. Para la calicata C-4 el porcentaje de Gravas es (0.04%), porcentaje de Arena (96.27%) y por último el porcentaje de finos (3.73%) a 1.10 Metros de profundidad

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.  
LAB MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTO  
  
ING WILSON J. ZELAYA SANTOS  
CIP N° 106373  
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS



**La calicata N° 05;** Presenta nivel freático a la profundidad de 0.90 m; está conformado por una capa uniforme de material proveniente de relleno, ladrillos, plásticos su alturas varían entre 0.15 y 0.40 m , además presenta en adelante un suelo de gris oscuro denominado arena limosa, condición in situ: no saturado y en estado compacto. Para la calicata C-5 el porcentaje de Gravas es (0.03%), porcentaje de Arena (96.55%) y por último el porcentaje de finos (3.41%) a 1.10 Metros de profundidad

#### **14.2. ENSAYO DE LIMITE DE CONSISTENCIA**

Límite plástico (LP) Porcentaje de contenido de humedad con que un suelo cambia al disminuir su humedad de la consistencia plástica a la semisólida, o, al aumentar su humedad, de la consistencia semisólida a la plástica. El límite plástico es el límite inferior del estado plástico

De acuerdo al Límite de consistencia. ASTM D4318 La muestra extraída de cada una de las 5 calicatas no presentan límite plástico ni límite líquido.

#### **14.3. ENSAYO DE PROCTOR Y CBR**

**El valor del CBR, se tomara del punto más críticos del suelo de fundación.**

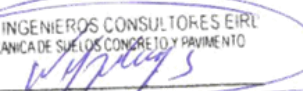
✓ La Capacidad de Soporte de California (CBR) de la sub rasante, tiene los siguientes valores:

✓ Calicata C-02 Y C-05, presenta un C.B.R de 5.18% Y 5.87% respectivamente, obtenido al 95% de M.D.S. a una penetración de 0.1".

En base a los resultados obtenidos, se aprecia que el valor de CBR más desfavorable pertenece a los suelos SP; cuyo valor es de 5.18%.

A la luz de estos resultados el Consultor cree conveniente utilizar estos valores como CBR de diseño.

• Ser el valor más desfavorable de CBR obtenido, perteneciente a suelos tipo SP, los cuales se encuentran en forma aleatoria en todo este tramo como se muestra en el registro de sondaje.

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.  
LAB. MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTO  
  
ING. WILSON J. ZELMA SANTOS  
CIP N° 195373  
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS



**GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.**

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,

CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TECNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAS,

LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS



La Capacidad de Soporte de California (CBR) de la sub rasante se tomó del promedio de los CBRs, teniendo como valor de diseño el siguiente valor.

- C.B.R de 5.18% Y 5.87% obtenido al 95% de M.D.S. a una penetración de 0.1". En todo el tramo, longitud y ancho de la carretera: Una compactación de 6" de espesor (15 cm.), con material de bolsas de polietileno, para un C.B.R mayor o igual a 12.62 %, con una compactación mínima del 95% para sub rasante de su proctor modificado, el control de calidad se hará cada 40 m lineales y en bolillo. La Subrasante servirá como anticontaminante de sales hacia la base y por ende a la carpeta asfáltica, así mismo sirve para romper la ascensión capilar del agua subterránea.

## 15. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Basándose en los trabajos de campo y ensayos de laboratorio realizados, así como el análisis efectuado, se puede concluir lo siguiente:

- El suelo del área en estudio está conformado por arena limosa con grava y arenas limosas, el espesor de material Grava y arena arcillosa o limosa de color marrón oscuro sus granos son redondeados y sub redondeados, con presencia de finos no plásticos, plásticos condición in situ: No saturado y en estado compacto.
- Si se cuenta con napa freática.
- El perfil geotécnico descrito precedentemente se considera de mala calidad mecánica en general, las arenas limosas con grava de granos redondeado y sub redondeado sin presencia de finos plásticos, situados en la zona de estudio cuando están sumergidas son proclives a experimentar asentamientos diferenciales de importancia, son muy susceptibles a los fenómenos telúricos que provocarían su densificación y podría reducirse a cero su resistencia al corte (licuefacción).

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.  
LAB. MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO  
*Wilson y Zelaya Santos*  
ING. WILSON Y ZELAYA SANTOS  
CIP N° 195373  
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS





## GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,

CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TECNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAS,

LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS



- Para la estabilización del tramo de esta carretera. En la evaluación estructural del suelo, se realizó mediante calicatas excavadas manualmente, hasta una profundidad de 1.20 a 1.50 m, se extrajeron muestras del suelo que fueron analizadas en el laboratorio, lo que permitió conocer la estratigrafía de estudio.
  
- El tramo está compuesto por granos de forma angular y sub redondeados, con presencia de finos no plásticos, condición in situ semi suelto y ligeramente húmedo; seguido de un segundo estrato conformado de arena mal graduada de color beige, sus granos son de forma sub redondeados con presencia de finos no plásticos, condición in situ semi suelto y ligeramente húmedo, luego subyace un tercer estrato conformado de suelto tipo arena mal gradada sus granos son de forma sub redondeada con presencia de finos no plásticos de color beige oscuro con machas grisáceas, condición in situ semi suelto y ligeramente húmedo.
  
- para un CBR mayor o igual al 12.62%, obtenido al 95% de M.D.S. a una penetración de 0.1". Se recomienda el control de la compactación del material, por medio del ensayo de Compactación mínima requerida en la sub rasante será del 95% de la compactación con respecto a su Proctor Modificado.
  
- Se humedecerá, batirá y conformará la capa de sub rasante hasta alcanzar el nivel de base terminada teniendo en cuenta el espesor recomendado.

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.  
LAB. MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO

*Wilson J. Zelaya Santos*  
ING. WILSON J. ZELAYA SANTOS

CIP. N° 195373  
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS



**GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.**

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,

CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TECNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAS,  
LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS



## FOTOGRAFIAS

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.  
LAB. MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO  
  
ING. WILSON J. ZELAYA SANTOS  
C.R.P. 195373  
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS



**GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.**

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS  
ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,  
CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TECNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAS,  
LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS



IMAGEN 01. En la presente imagen se aprecia las aperturas de las calicatas para la toma de muestra.



IMAGEN 02. En la presente imagen se aprecia las muestras.

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.  
LAB MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTO  
*Wilson J. Zelaya Santos*  
ING WILSON J. ZELAYA SANTOS  
CIP N° 195373  
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS



**GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.**

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS

ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,

CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TECNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAS,

LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS



IMAGEN 03. Procedemos a la realización del tamizado para obtener los pesos retenidos clasificar el tipo de suelo.



IMAGEN 04. Obtención del contenido de humedad secando la muestra al horno durante 24 horas.

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.  
LAB. MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO  
*Wilson J. Zelaya Santos*  
ING. WILSON J. ZELAYA SANTOS  
CIP N° 195373  
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS

26



**GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.**


LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS  
ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,  
CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TECNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAS,  
LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS



IMAGEN 05. Ensayo de copa grande



IMAGEN 06. Ensayo de granulometría

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.  
LAB. MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTO  
  
ING. WILSON J. ZAYAS SANTOS  
CIP N° 155573  
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS



**GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.**

LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS, CONCRETO Y PAVIMENTOS  
ELABORACION DE ESTUDIOS DE MECANICA DE SUELOS, ENSAYOS DE MATERIALES,  
CONTROL DE CALIDAD EN OBRA, EXPEDIENTES, PERFILES TECNICOS, SUPERVISION, RESIDENCIAS,  
LEVANTAMIENTOS TOPOGRAFICOS



IMAGEN 07. Ensayo de cbr

GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.  
LAB MECANICA DE SUELOS CONCRETO Y PAVIMENTO  
*Wilson J. Zelaya Santos*  
ING WILSON J. ZELAYA SANTOS  
C.R.N. 19949  
ESPECIALISTA EN MECANICA DE SUELOS

**ANEXO N°6:  
CALIBRACIÓN DE  
EQUIPOS DE  
LABORATORIO.**



Punto de Precisión SAC

# PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LL - 056 - 2019

Página : 1 de 2

Expediente : T 079-2019  
Fecha de emisión : 2019-02-15

1. Solicitante : GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.  
Dirección : JR. TANGAY MZA. B LOTE. 7 P.J. 3 DE OCTUBRE -  
NUEVO CHIMBOTE - SANTA - ANCASH

El Equipo de medición con el modelo y número de serie abajo. Indicado ha sido calibrado probado y verificado usando patrones certificados con trazabilidad a la Dirección de Metrología del INACAL y otros.

2. Instrumento de Medición : COMPARADOR DE CUADRANTE PARA CBR  
Tipo de Indicación : ANALÓGICO  
Alcance de Indicación : 0 mm a 25 mm  
División de Escala : 0,01 mm  
Marca : LITZ  
Modelo : NO INDICA  
Serie : 21278  
Procedencia : ALEMANA  
Identificación : NO INDICA

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

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

3. Lugar y fecha de Calibración  
LABORATORIO DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.  
15 - FEBRERO - 2019

4. Método de Calibración  
La calibración se efectuó por comparación directa tomando como referencia el Procedimiento de calibración de Comparadores de cuadrante PC-014 (2da Edición 2001) del servicio nacional de metrología, del INACAL - DM.

### 5. Trazabilidad

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO	TRAZABILIDAD
BLOQUES PLANOPARALELOS	INSIZE	LLA - C - 045 - 2016	INACAL - DM


### 6. Condiciones Ambientales

	INICIAL	FINAL
Temperatura °C	21,6	21,9
Humedad %	58	57

### 7. Observaciones

Los resultados de las mediciones efectuadas se muestran en la página 02 del presente documento. Con fines de identificación se colocó una etiqueta autoadhesiva de color verde con la indicación "CALIBRADO"



  
Jefe de Laboratorio  
Ing. Luis Loayza Capcha  
Reg. CIP N° 152631

128





Punto de Precisión SAC

# PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACION N° LL - 056 - 2019

Página : 2 de 2

## Resultados

### ALCANCE DEL ERROR DE INDICACIÓN ( $f_e$ )

VALOR PATRÓN (mm)	INDICACIÓN DEL COMPARADOR (mm)	ERROR DE INDICACIÓN (mm)
0,00	0,00	0,00
1,00	1,02	0,02
2,00	2,03	0,03
5,00	5,02	0,02
8,00	8,03	0,03
10,00	10,02	0,02
12,50	12,53	0,03
15,00	15,02	0,02
20,00	20,03	0,03
25,00	25,04	0,04

Alcance de error de indicación ( $f_e$ ) : 0,04 mm  
Incertidumbre del error de indicación :  $\pm 3$   $\mu$ m

### ERROR DE REPETIBILIDAD ( $f_w$ )

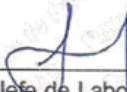
VALOR PATRÓN (mm)	INDICACIÓN DEL COMPARADOR (mm)	ERROR DE INDICACIÓN (mm)
12,50	12,52	0,02
	12,52	0,02
	12,53	0,03
	12,53	0,03
	12,52	0,02

Error de Repetibilidad ( $f_w$ ) : 0,03 mm  
Incertidumbre de medición :  $\pm 3$   $\mu$ m

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

FIN DEL DOCUMENTO



  
Jefe de Laboratorio  
Ing. Luis Loayza Capcha  
Reg. CIP N° 152631



Punto de Precisión SAC

# PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

## LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

### CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LB - 110 - 2019

Página: 1 de 3

Expediente : T 079-2019  
Fecha de Emisión : 2019-02-15

**1. Solicitante** : GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES  
E.I.R.L.  
**Dirección** : JR. TANGAY MZA. B LOTE. 7 P.J. 3 DE OCTUBRE -  
NUEVO CHIMBOTE - SANTA - ANCASH

**2. Instrumento de Medición** : **BALANZA**

**Marca** : **POCKET SCALE**

**Modelo** : **MH-SERIES**

**Número de Serie** : **NO INDICA**

**Alcance de Indicación** : **200 g**

**División de Escala de Verificación ( e )** : **0,1 g**

**División de Escala Real (d)** : **0,1 g**

**Procedencia** : **CHINA**

**Identificación** : **NO INDICA**

**Tipo** : **ELECTRÓNICA**

**Ubicación** : **LOCAL**

**Fecha de Calibración** : **2019-02-15**

La incertidumbre reportada en el presente certificado es la incertidumbre expandida de medición que resulta de multiplicar la incertidumbre estándar por el factor de cobertura  $k=2$ . La incertidumbre fue determinada según la "Guía para la Expresión de la incertidumbre en la medición". Generalmente, el valor de la magnitud está dentro del intervalo de los valores determinados con la incertidumbre expandida con una probabilidad de aproximadamente 95 %.

Los resultados son válidos en el momento y en las condiciones en que se realizaron las mediciones y no debe ser utilizado como certificado de conformidad con normas de productos o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

Al solicitante le corresponde disponer en su momento la ejecución de una recalibración, la cual está en función del uso, conservación y mantenimiento del instrumento de medición o a reglamentaciones vigentes.

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

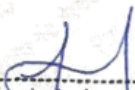
**3. Método de Calibración**

La calibración se realizó mediante el método de comparación según el PC-001 3ra Edición, 2009; Procedimiento para la Calibración de Balanzas de Funcionamiento no Automático Clase III y IIII del INACAL-DM.

**4. Lugar de Calibración**

Jr. TENIENTE JIMENEZ URB. LA CAMPIÑA - CHORRILLOS - LIMA



  
-----  
Jefe de Laboratorio  
Ing. Luis Loayza Capcha  
Reg. CIP N° 152631

130



Punto de Precisión SAC

# PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LB - 110 - 2019

Página: 2 de 3

## 5. Condiciones Ambientales

	Inicial	Final
Temperatura	26,2 °C	26,8 °C
Humedad Relativa	68 %	68 %

## 6. Trazabilidad

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

Trazabilidad	Patrón utilizado	Certificado de calibración
INACAL - DM	Pesas (exactitud F1)	M-0660-2018

## 7. Observaciones

Los errores máximos permitidos (e.m.p.) para esta balanza corresponden a los e.m.p. para balanzas en uso de funcionamiento no automático de clase de exactitud III, según la Norma Metrológica Peruana 003 - 2009. Instrumentos de Pesaje de Funcionamiento no Automático.

Se colocó una etiqueta autoadhesiva de color verde con la indicación de "CALIBRADO".

Los resultados de este certificado de calibración no debe ser utilizado como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

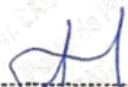
## 8. Resultados de Medición

INSPECCIÓN VISUAL			
AJUSTE DE CERO	TIENE	ESCALA	NO TIENE
OSCILACIÓN LIBRE	TIENE	CURSOR	NO TIENE
PLATAFORMA	TIENE	SIST. DE TRABA	NO TIENE
NIVELACIÓN	TIENE		

### ENSAYO DE REPETIBILIDAD

Medición N°	Inicial Temp. (°C) 26,2			Final Temp. (°C) 26,4		
	Carga L1= 100,00 g			Carga L2= 200,00 g		
	I(g)	$\Delta L$ (mg)	E(mg)	I(g)	$\Delta L$ (mg)	E(mg)
1	100,00	6	44	200,00	7	43
2	100,00	7	43	200,01	6	54
3	99,99	4	36	200,01	6	54
4	100,00	6	44	200,02	4	66
5	100,00	8	42	200,00	5	45
6	100,00	9	41	200,02	5	65
7	99,99	5	35	200,01	6	54
8	100,00	6	44	200,00	8	42
9	100,00	7	43	200,02	6	64
10	100,00	8	42	200,02	8	62
Diferencia Máxima			9			24
Error máximo permitido	± 200 mg			± 200 mg		



  
Jefe de Laboratorio  
Ing. Luis Loayza Capcha  
Reg. CIP N° 152631



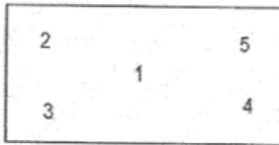
Punto de Precisión SAC

# PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.

## LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LB - 110 - 2019

Página: 3 de 3



Vista Frontal

### ENSAYO DE EXCENRICIDAD

Posición de la Carga	Determinación de E <sub>0</sub>				Determinación del Error corregido				
	Carga mínima (g)	l(g)	ΔL(mg)	E <sub>0</sub> (mg)	Carga (g)	l(g)	ΔL(mg)	E(mg)	E <sub>c</sub> (mg)
Temp. (°C) Inicial: 26,4 Final: 26,6									
1	0,10	0,10	6	44	60,00	60,00	7	43	-1
2		0,10	7	43		60,01	6	54	11
3		0,10	8	42		59,98	8	22	-20
4		0,10	9	41		60,02	9	61	20
5		0,10	8	42		60,02	7	63	21
(*) valor entre 0 y 10 e									
Error máximo permitido : ± 200 mg									

### ENSAYO DE PESAJE

Carga L(g)	CRECIENTES				DECRECIENTES				emp(**) ±(mg)
	l(g)	ΔL(mg)	E(mg)	E <sub>c</sub> (mg)	l(g)	ΔL(mg)	E(mg)	E <sub>c</sub> (mg)	
Temp. (°C) Inicial: 26,6 Final: 26,8									
0,10	0,10	6	44						100
0,20	0,20	6	44	0	0,20	8	42	-2	100
0,50	0,50	7	43	-1	0,50	9	41	-3	100
1,00	1,00	8	42	-2	1,00	9	41	-3	100
2,00	2,00	9	41	-3	2,00	8	42	-2	100
20,00	20,00	8	42	-2	20,00	8	42	-2	100
50,00	50,00	6	44	0	50,00	7	43	-1	100
80,00	80,01	4	56	12	80,00	5	45	1	200
100,00	100,00	8	42	-2	100,01	6	54	10	200
150,00	150,02	6	64	20	150,01	5	55	11	200
200,00	200,02	4	66	22	200,02	4	66	22	200

(\*\*) error máximo permitido

### Lectura corregida e incertidumbre expandida del resultado de una pesada

$$R_{\text{corregida}} = R - 0,0000778 \times R$$

$$U_R = 2 \sqrt{0,00176 \text{ g}^2 + 0,000000348 \times R^2}$$

R: Lectura de la balanza    ΔL: Carga incrementada    E: Error encontrado    E<sub>0</sub>: Error en cero    E<sub>c</sub>: Error corregido

R: en g

FIN DEL DOCUMENTO



Jefe de Laboratorio  
Ing. Luis Loayza Capcha  
Reg. CIP N° 152631



Punto de Precisión SAC

# PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LFP - 043 - 2019

Página : 1 de 2

Expediente : T 079-2019  
Fecha de emisión : 2019-02-15

1. Solicitante : GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

Dirección : JR. TANGAY MZA. B LOTE. 7 P.J. 3 DE OCTUBRE -  
NUEVO CHIMBOTE - SANTA - ANCASH

2. Descripción del Equipo : PRENSA CBR

Marca de Prensa : NO INDICA

Marca de Celda : MAVIN

Modelo de Celda : NO INDICA

Serie de Celda : e6700397

Capacidad de Celda : 5 t

Marca de indicador : HIGH WEIGHT

Modelo de Indicador : 315-X8

Serie de Indicador : 231269

El Equipo de medición con el modelo y número de serie abajo. Indicados ha sido calibrado probado y verificado usando patrones certificados con trazabilidad a la Dirección de Metrología del INACAL y otros.

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

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

### 3. Lugar y fecha de Calibración

LABORATORIO DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.  
15 - FEBRERO - 2019

### 4. Método de Calibración

La Calibración se realizo de acuerdo a la norma ASTM E4 .

### 5. Trazabilidad

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO O INFORME	TRAZABILIDAD
CELDA DE CARGA	AEP TRANSDUCERS	INF-LE 090-2018	UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
INDICADOR	AEP TRANSDUCERS		

### 6. Condiciones Ambientales

	INICIAL	FINAL
Temperatura °C	22,1	22,5
Humedad %	58	57

### 7. Resultados de la Medición

Los errores de la prensa se encuentran en la página siguiente.

### 8. Observaciones

Con fines de identificación se ha colocado una etiqueta autoadhesiva de color verde con el número de certificado y fecha de calibración de la empresa PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



Jefe de Laboratorio

Ing. Luis Loayza Capcha  
Reg. CIP N° 152631

133

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Telf. 292-5106 292-2095

www.puntodeprecision.com E-mail: info@puntodeprecision.com / puntodeprecision@hotmail.com

PROHIBIDA LA REPRODUCCIÓN PARCIAL DE ESTE DOCUMENTO SIN AUTORIZACIÓN DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.



TABLA N° 1

SISTEMA DIGITAL "A" kgf	SERIES DE VERIFICACIÓN (kgf)				PROMEDIO "B" kgf	ERROR Ep %	RPTBLD Rp %
	SERIE 1	SERIE 2	ERROR (1) %	ERROR (2) %			
500	498,65	500,55	0,27	-0,11	499,60	0,08	-0,38
1000	995,75	998,90	0,43	0,11	997,33	0,27	-0,31
1500	1499,65	1499,00	0,02	0,07	1499,33	0,05	0,04
2000	1999,90	1998,98	0,00	0,05	1999,44	0,03	0,05
2500	2500,05	2500,10	0,00	0,00	2500,08	0,00	0,00
3000	3001,30	2999,35	-0,04	0,02	3000,33	-0,01	0,07
3500	3499,25	3499,85	0,02	0,00	3499,55	0,01	-0,02
4000	4001,25	4001,65	-0,03	-0,04	4001,45	-0,04	-0,01

NOTAS SOBRE LA CALIBRACIÓN

1.- Ep y Rp son el Error Porcentual y la Repetibilidad definidos en la citada Norma:

$$Ep = ((A-B) / B) * 100 \quad Rp = Error(2) - Error(1)$$

2.- La norma exige que Ep y Rp no excedan el 1,0 %

3.- Coeficiente Correlación:  $R^2 = 1$

Ecuación de ajuste :  $y = 0,9993x + 1,848$

Donde: x : Lectura de la pantalla  
y : Fuerza promedio (kgf)

GRÁFICO N° 1

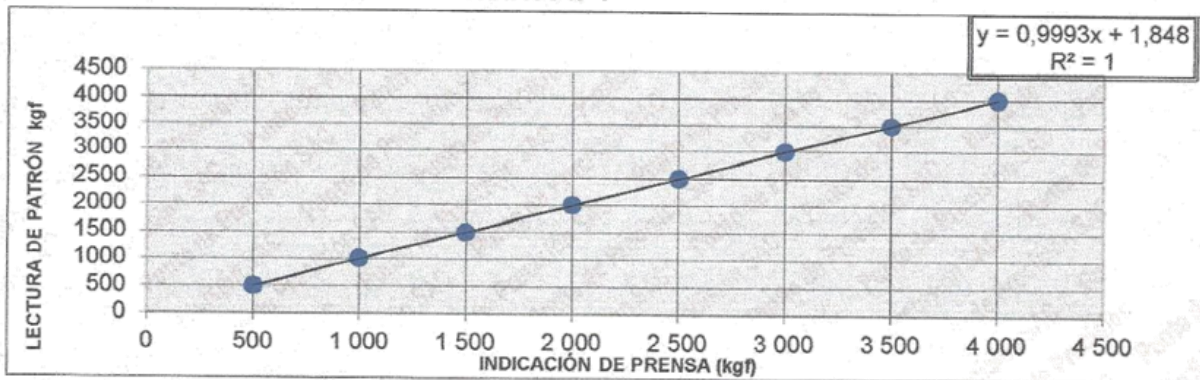
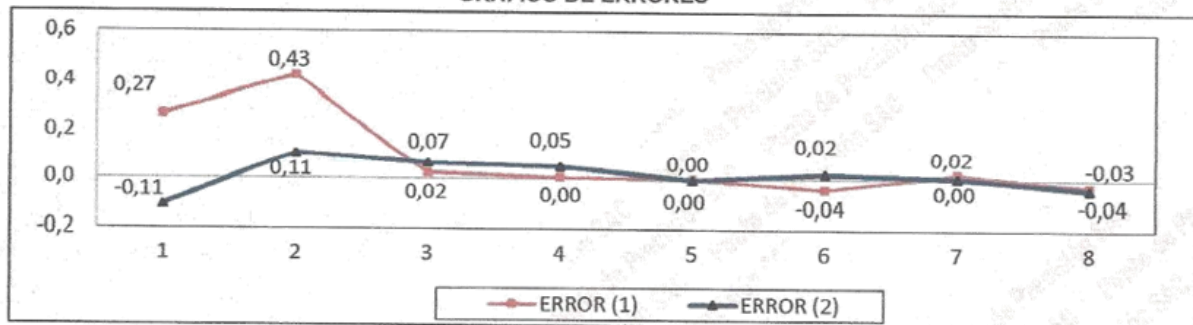


GRÁFICO DE ERRORES



FIN DEL DOCUMENTO



Jefe de Laboratorio  
Ing. Luis Loayza Capcha  
Reg. CIP N° 152631



Punto de Precisión SAC

# PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LFP - 044 - 2019

Página : 1 de 2

Expediente : T 079-2019  
Fecha de emisión : 2019-02-15

1. Solicitante : GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

Dirección : JR. TANGAY MZA. B LOTE. 7 P.J. 3 DE OCTUBRE -  
NUEVO CHIMBOTE - SANTA - ANCASH

2. Equipo : SPEEDY

3. Instrumento de Medición : MANÓMETRO DE DEFORMACIÓN ELÁSTICA

Alcance de Escala : 0 psi a 30 psi ; 0 bar a 2 bar

División de Escala : 0,5 psi ; 0,05 bar

Marca de Manómetro : WINTERS

Modelo de Manómetro : PFQ SERIES

Serie de Manómetro : Z1388

Procedencia : CANADA

Posición de Trabajo : POSTERIOR

Serie de Botella : NO INDICA

Material de Botella : ALUMINIO

4. Lugar y fecha de Calibración

LABORATORIO DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.  
15 - FEBRERO - 2019

5. Método de Calibración

Se utilizó el método de comparación directa, según el procedimiento de calibración PC-004.

6. Trazabilidad

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO	TRAZABILIDAD
MANÓMETRO	OMEGA ENGINEERING	LFP - 319 - 2017	INACAL - DM

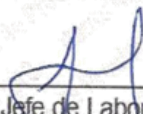
7. Condiciones Ambientales

	INICIAL	FINAL
Temperatura °C	22,4	22,3
Humedad %	59	59

8. Observaciones

Los resultados de las mediciones efectuadas se muestran en la página 02 del presente documento.  
La incertidumbre de la medición se determinó con un factor de cobertura K=2, para un nivel de confianza de 95%  
Con fines de identificación se colocó una etiqueta autoadhesiva de color verde con la indicación "CALIBRADO"



  
Jefe de Laboratorio  
Ing. Luis Loayza Capcha  
Reg. CIP N° 152631

El Equipo de medición con el modelo y número de serie abajo. Indicados ha sido calibrado probado y verificado usando patrones certificados con trazabilidad a la Dirección de Metrología del INACAL y otros.

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

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



Punto de Precisión SAC

# PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LFP - 044 - 2019

Página : 1 de 2

Expediente : T 079-2019  
Fecha de emisión : 2019-02-15

1. Solicitante : GEOLAB INGENIEROS CONSULTORES E.I.R.L.

Dirección : JR. TANGAY MZA. B LOTE. 7 P.J. 3 DE OCTUBRE -  
NUEVO CHIMBOTE - SANTA - ANCASH

2. Equipo : SPEEDY

3. Instrumento de Medición : MANÓMETRO DE DEFORMACIÓN ELÁSTICA

Alcance de Escala : 0 psi a 30 psi ; 0 bar a 2 bar

División de Escala : 0,5 psi ; 0,05 bar

Marca de Manómetro : WINTERS

Modelo de Manómetro : PFQ SERIES

Serie de Manómetro : Z1388

Procedencia : CANADA

Posición de Trabajo : POSTERIOR

Serie de Botella : NO INDICA

Material de Botella : ALUMINIO

#### 4. Lugar y fecha de Calibración

LABORATORIO DE PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C.  
15 - FEBRERO - 2019

#### 5. Método de Calibración

Se utilizó el método de comparación directa, según el procedimiento de calibración PC-004.

#### 6. Trazabilidad

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO	TRAZABILIDAD
MANÓMETRO	OMEGA ENGINEERING	LFP - 319 - 2017	INACAL - DM

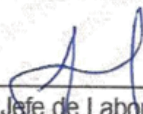
#### 7. Condiciones Ambientales

	INICIAL	FINAL
Temperatura °C	22,4	22,3
Humedad %	59	59

#### 8. Observaciones

Los resultados de las mediciones efectuadas se muestran en la página 02 del presente documento.  
La incertidumbre de la medición se determinó con un factor de cobertura K=2, para un nivel de confianza de 95%  
Con fines de identificación se colocó una etiqueta autoadhesiva de color verde con la indicación "CALIBRADO"



  
Jefe de Laboratorio  
Ing. Luis Loayza Capcha  
Reg. CIP N° 152631

El Equipo de medición con el modelo y número de serie abajo. Indicados ha sido calibrado probado y verificado usando patrones certificados con trazabilidad a la Dirección de Metrología del INACAL y otros.

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

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



# **ANEXO N°7: TABLAS.**

**Tabla N°1: Número de Calicatas para la Exploración de Suelos**

Tipo de Carretera	Profundidad (m)	Número mínimo de Calicatas	Observación
Autopistas: carreteras de IMDA mayor de 6000 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> <li>Calzada 2 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido</li> <li>Calzada 3 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido</li> <li>Calzada 4 carriles por sentido: 6 calicatas x km x sentido</li> </ul>	Las calicatas se ubicarán longitudinalmente y en forma alternada
Carreteras Duales o Multicarril: carreteras de IMDA entre 6000 y 4001 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> <li>Calzada 2 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido</li> <li>Calzada 3 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido</li> <li>Calzada 4 carriles por sentido: 6 calicatas x km x sentido</li> </ul>	
Carreteras de Primera Clase: carreteras con un IMDA entre 4000-2001 veh/día, de una calzada de dos carriles.	1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	• 4 calicatas x km	Las calicatas se ubicarán longitudinalmente y en forma alternada
Carreteras de Segunda Clase: carreteras con un IMDA entre 2000-401 veh/día, de una calzada de dos carriles.	1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	• 3 calicatas x km	
Carreteras de Tercera Clase: carreteras con un IMDA entre 400-201 veh/día, de una calzada de dos carriles.	1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	• 2 calicatas x km	
Carreteras de Bajo Volumen de Tránsito: carreteras con un IMDA ≤ 200 veh/día, de una calzada.	1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	• 1 calicata x km	

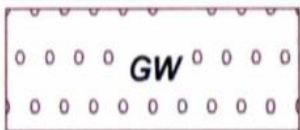

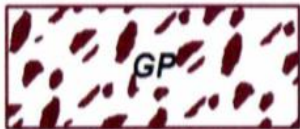
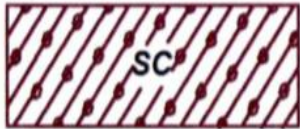




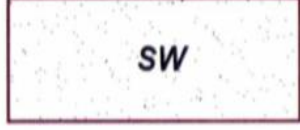

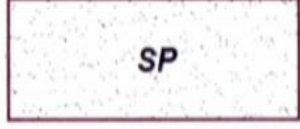

Fuente: Manual de Carreteras (Sección: Suelos y Pavimentos).

**Tabla N°2: Clasificación AASHTO – Perfil de Calicatas.**

Simbología	Clasificación	Simbología	Clasificación
	A - 1 - a		A - 5
	A - 1 - b		A - 6
	A - 3		A - 7 - 5
	A - 2 - 4		A - 7 - 6
	A - 2 - 5		Materia Orgánica
	A - 2 - 6		Roca Sana
	A - 2 - 7		Roca Desintegrada
	A - 4		

Fuente: Manual de Carreteras (Sección: Suelos y Pavimentos).

**Tabla N°3:** Clasificación SUCS – Perfil de Calicatas.

	Grava bien graduada mezcla, grava con poco o nada de materia fino, variación en tamaños granulares		Materiales finos sin plasticidad o con plasticidad muy bajo
	Grava mal granulada, mezcla de arena-grava con poco o nada de material fino		Arena arcillosa, mezcla de arena-arcillosa
	Grava limosa, mezcla de grava, arena limosa		Limo orgánico y arena muy fina, polvo de roca, arena fina limosa o arcillosa o limo arcilloso con ligera plasticidad
	Grava arcillosa, mezcla de grava-arena-arcilla; grava con material fino cantidad apreciable de material fino		Limo orgánico de plasticidad baja o mediano, arcilla grava, arcilla arenosa, arena limosa, arcilla magra
	Arena bien graduada, arena con grava, poco o nada de material fino. Arena limpia poco o nada de material fino, amplia variación en tamaños granulares y cantidades de partículas en tamaños intermedios		Limo orgánico y arcilla limosa orgánica, baja plasticidad
	Arena mal graduada con grava poco o nada de material fino. Un tamaño predominante o una serie de tamaños con ausencia de partículas intermedias		Limo inorgánico, suelo fino gravoso o limoso, micacea o diatometacea, limo elástico

Fuente: Manual de Carreteras (Sección: Suelos y Pavimentos).

**Tabla N°4:** Clasificación de suelos según Índice de Grupo

Índice de Grupo	Suelo de Sub rasante
IG > 9	Inadecuado
IG está entre 4 a 9	Insuficiente
IG está entre 2 a 4	Regular
IG está entre 1 – 2	Bueno
IG está entre 0 – 1	Muy Bueno

Fuente: Manual de Carreteras (Sección: Suelos y Pavimentos).

**Tabla N°5:** Correlación de Tipos de suelos ASSHTO – SUCS.

Clasificación de Suelos AASHTO AASHTO M-145	Clasificación de Suelos SUCS ASTM –D-2487
A-1-a	GW, GP, GM, SW, SP, SM
A-1-b	GM, GP, SM, SP
A-2	GM, GC, SM, SC
A-3	SP
A-4	CL, ML
A-5	ML, MH, CH
A-6	CL, CH
A-7	OH, MH, CH

Fuente: Manual de Carreteras (Sección: Suelos y Pavimentos).

**Tabla N°6:** Clasificación de suelos basada en ASSHTO M 145 y/o SUCS D 3282.

Clasificación general	Suelos granulares 35% máximo que pasa por tamiz de 0.075 mm (N° 200)							Suelos finos más de 35% pasa por el tamiz de 0.075 mm (N° 200)					
	A-1		A-3	A-2				A-4	A-5	A-6	A-7		
	A-1-a	A-1-b		A-2-4	A-2-5	A-2-6	A-2-7				A-7-5	A-7-6	
Análisis granulométrico % que pasa por el tamiz de:													
2 mm (N° 10)	máx. 50												
0.425 mm (N° 40)	máx. 30	máx. 50	min. 51										
F: 0.075 mm (N° 200)	máx. 15	máx. 25	máx. 10	Máx. 35	máx. 35	máx. 35	máx. 35	min. 36	min. 36	min. 36	min. 36	min. 36	min. 36
Características de la fracción que pasa el 0.425 (N° 40)													
Características de la fracción que pasa del tamiz (N° 40)													
LL: Límite de Líquido				máx. 40	min. 41	máx. 40	min. 41	máx. 40	Min. 41	máx. 40	min. 41	min. 41	min. 41
IP: Índice de Plasticidad	máx. 6	máx. 6	NP	máx. 10	máx. 10	min. 11	min. 11	máx. 10	máx. 10	min. 11	min. 11 <sup>(a)</sup>	min. 11 <sup>(b)</sup>	min. 11 <sup>(b)</sup>
Tipo de material	Piedras, gravas y arenas		Arenas Finas	Gravas y arenas limosas o arcillosas				Suelos limosos		Suelos arcillosos			
Estimación general del suelo como sub rasante	Excelente a bueno						Regular a insuficiente						

Fuente: Manual de Carreteras (Sección: Suelos y Pavimentos).

**Tabla N°7:** Categorías de Subrasante.

Categorías de Sub rasante	CBR
S <sub>0</sub> : Sub rasante Inadecuada	CBR < 3%
S <sub>1</sub> : Sub rasante insuficiente	De CBR ≥ 3% A CBR < 6%
S <sub>2</sub> : Sub rasante Regular	De CBR ≥ 6% A CBR < 10%
S <sub>3</sub> : Sub rasante Buena	De CBR ≥ 10% A CBR < 20%
S <sub>4</sub> : Sub rasante Muy Buena	De CBR ≥ 20% A CBR < 30%
S <sub>5</sub> : Sub rasante Excelente	CBR ≥ 30%

Fuente: Manual de Carreteras (Sección: Suelos y Pavimentos).

**Tabla N°8:** Características básicas para caminos de bajo volumen de tránsito.

CAMINO DE BVT	IMD PROYECTADO	ANCHO CALZADA (m)	ESTRUCTURA Y SUPERFICIE DE RODADURA – ALTERNATIVAS (**)
T4	201 - 400	2 carriles 6.00 – 7.00	Afirmado (material granular, grava, homogenizado natural o por chancado tamaño máximo 5 cm) con superficie de rodadura (min. 15 cm), estabilizada con finos ligantes u otros; perfilado y compactado.
T3	101 - 200	2 carriles 5.50 – 6.60	Afirmado (material granular, grava de tamaño máximo 5 cm homogenizado por zarandeado o por chancado) con superficie de rodadura adicional (min. 15 cm), estabilizada con finos ligantes u otros; perfilado y compactado.
T2	51 - 100	2 carriles 5.50 – 6.00	Afirmado (material granular natural, grava, seleccionada por zarandeo o por chancado (tamaño máximo 5 cm); perfilado y compactado, min. 15 cm.
T1	16 - 50	1 carril(*) ó 2 carriles 3.50 – 6.00	Afirmado (material granular natural, grava, seleccionada por zarandeo o a mano, tamaño máximo 5 cm). perfilada y compactada, min. 15 cm.
T0	< 15	1 carril (*) 3.50 – 4.50	Afirmado (tierra). En lo posible mejorada con grava seleccionada por zarandeo, perfilado y compactado, min. 15 cm.
Trocha carrozable	IMD Indefinido	1 sendero (*)	Suelo natural (tierra) en lo posible mejorado con grava natural seleccionada; perfilado y compactado.

Fuente: Manual de Diseño de carreteras (Sección: Alcances del manual).

# **ANEXO N°8: MANUAL DE ENSAYO DE MATERIALES.**



## MTC E 101

### MUESTREO DE SUELOS Y ROCAS

#### 1.0 OBJETO

- 1.1 Es el muestreo e investigación de suelos y rocas con base en procedimientos normales, mediante los cuales deben determinarse las condiciones de los suelos y rocas.

#### 2.0 FINALIDAD Y ALCANCE

- 2.1 Establecer los procedimientos adecuados de muestreo de suelos y rocas, que permitirán la correlación de los respectivos datos con las propiedades del suelo, tales como plasticidad, permeabilidad, peso unitario, compresibilidad, resistencia y gradación; y de la roca, tales como resistencia, estratigrafía, estructura y morfología.

#### 3.0 REFERENCIAS NORMATIVAS

- 3.1 ASTM D 420: Standard Guide to Site Characterization for Engineering Design and Construction Purposes

#### 4.0 EQUIPOS MATERIALES E INSUMOS

##### 4.1 EQUIPO

El equipo requerido para una investigación por debajo de la superficie, depende de varios factores, tales como el tipo de material a investigar, profundidad de exploración, naturaleza del terreno, y utilización de la información. Entre ellos se indica los siguientes:

- Barrenos manuales, excavadoras y palas, para depósitos superficiales de suelo hasta profundidades de 3 -15 pies (1-5 m).
- Equipos de percusión y lavado.
- Barrenos y taladros rotatorios motorizados, con formas adecuadas, muestreadores y tubos saca núcleos, para la investigación y muestreo tanto de rocas como de suelos.
- Aparatos geofísicos utilizados para la investigación sub superficial que pueden ser:
  - Instrumentos sísmicos, con recepción simple o múltiple mediante geófonos, de señales originadas por golpes de martillo, explosivos u otras fuentes de energía.
  - Aparato de resistividad de suelos, para medir la resistencia del suelo o roca al paso de una corriente continua o alterna.
  - Aparatos nucleares, para medir humedad y peso unitario de suelos o rocas.
  - Muestreadores de turba, para investigar áreas compuestas por suelos orgánicos.
- Herramientas manuales pequeñas, tales como llaves de tubo y palas, constituyen parte del equipo necesario. Para determinados suelos finos plásticos de la selva, los denominados "posteadores".
- Frascos de cierre hermético, para humedad de muestras (aproximadamente de 4 a 8 onzas) de capacidad, de vidrio, metal o plástico, que puedan sellarse; además, recipientes herméticos o bolsas de tejido cerrado, libres de material contaminante, de manera que no haya pérdida de partículas finas y que tengan una capacidad de por lo menos 16 kg (35 lb); también cajas apropiadas para muestras de núcleos de roca.
- Accesorios complementarios: Brújula, inclinómetro, nivel de mano, cámara fotográfica, estacas y cinta métrica.
- Instrumentos para medir asentamientos y movimientos del terreno in situ.

##### 4.2 REACTIVOS

- Ácido clorhídrico normal diluido con gotero, para la determinación de carbonatos al identificar minerales en rocas y suelos.



## 5.0 MUESTRA

- 5.1 Deben obtenerse muestras representativas de suelo o roca, o de ambos, de cada material que sea necesario para la investigación. El tamaño y tipo de la muestra requerida, depende de los ensayos que se vayan a efectuar y del porcentaje de partículas gruesas en la muestra, y las limitaciones del equipo de ensayo a ser usado.

**Nota 1.** El tamaño de las muestras alteradas, en bruto, puede variar a criterio del responsable de la investigación, pero se sugiere las siguientes cantidades:

- Clasificación visual: 0,50 kg – 50 – 500 g.
  - Análisis granulométrico y constantes de suelos no granulares: 0,50 a 2,5 kg.
  - Ensayo de compactación y granulometría de suelo-agregado granular: 20 - 40 kg.
  - Producción de agregados o ensayo de propiedades de agregados: 50 - 200 kg.
- 5.2 Debe identificarse cuidadosamente cada muestra con la respectiva perforación o calicata y con la profundidad a la cual fue tomada. Colóquese una identificación dentro del recipiente o bolsa, ciérrase en forma segura, protéjase del manejo rudo y márquese exteriormente con una identificación apropiada. Guárdense muestras para la determinación de la humedad natural en recipientes de cierre hermético para evitar pérdidas de la misma. Cuando el secado de muestras puede afectar la clasificación y los resultados de los ensayos, las muestras deben ser protegidas para la pérdida de humedad.
- 5.3 Deberá tomarse muestras de suelo y agua para determinar la acidez, el pH y el contenido de compuestos metálicos del material, cuando pueda esperarse que causen un cambio inaceptable en su medio ambiente. El tamaño de la muestra no deberá ser menor de 2,5 kg.
- 5.4 CLASIFICACION DEL MATERIAL
- 5.4.1 Las muestras para ensayos de suelos y rocas deberán enviarse al laboratorio para los ensayos de clasificación física y mecánica respectiva, de acuerdo con las instrucciones del especialista geotécnico.
- 5.4.2 Las muestras tomadas, deben servir como mínimo para realizar los siguientes ensayos de laboratorio:
- Análisis granulométrico por tamizado MTC E 107.
  - Análisis granulométrico por hidrómetro MTC E 109
  - Humedad natural MTC E 108
  - Determinación del límite líquido MTC E 110
  - Determinación del límite plástico MTC E 111
  - Determinación del límite de contracción, si se encuentra alta actividad de los finos MTC E 112.
  - Gravedad específica de los suelos MTC E 113.
- 5.4.3 Las muestras tomadas deben servir para la realización de los siguientes ensayos en construcción de terraplenes:
- Los mencionados en el numeral 5.4.2 que antecede.
  - Relación humedad-densidad compactada a la energía Proctor Modificado MTC E 115.
  - CBR de materiales compactados MTC E 132.
  - Módulo Resiliente sobre muestras compactadas a la energía Proctor Modificado MTC E 128.
  - Compresión triaxial no consolidada, no drenada (cu) y consolidada no drenada con medida de presión de poros (MTC E 131), para materiales compactados a la energía Proctor Modificado, que se van a utilizar en terraplenes mayores de 7,00 m de altura.
  - Consolidación unidimensional para materiales compactados para las mismas condiciones del ensayo anterior.
- 5.4.4 Las muestras tomadas deben servir para la realización de los siguientes ensayos para subrasantes:
- Los mencionado en el numeral 5.4.2 que antecede.
  - Relación humedad-densidad compactada a la energía de Proctor Modificado MTC E 115.
  - CBR MTC E 132.



- Módulo Resiliente sobre muestras inalteradas MTC E 128.

**Nota 2.** Si se ha realizado la determinación de CBR in situ (MTC E 133) no se considerará necesario la ejecución de la prueba de laboratorio. Sólo se permitirá la prueba in situ cuando los suelos de subrasante tengan un tamaño máximo de 19,1mm (3/4").

- 5.4.5 Las muestras para materiales granulares a utilizarse en capas de base y sub base, deben provenir de materiales procesados en planta o laboratorio, y servirán como mínimo para los siguientes ensayos:
- Los mencionados en el **numeral 5.4.2** que antecede, excepto el límite de contracción.
  - Relación humedad-densidad compactada a la energía Proctor Modificado MTC E 115.
  - CBR sobre muestras compactadas MTC E 132.
  - Módulo Resiliente MTC E 128.
  - Determinación de equivalente de arena MTC E 114.
  - Peso unitario y vacíos MTC E 203.
  - Gravedad específica y absorción de agregados finos y gruesos MTC E 205 y MTC E 206.
  - Abrasión en la máquina de Los Ángeles MTC E 207.
  - Durabilidad en sulfato de sodio y en sulfato de magnesio MTC E 209.
  - Porcentaje de caras fracturadas en los agregados MTC E 210.
  - Índice de aplanamiento y de alargamiento de los agregados MTC E 221.
  - Porcentaje de partículas livianas MTC E 211 (opcional).
  - Arcilla en terrones y partículas desmenuzables MTC E 212.
  - Contenido de Sales Totales MTC E 219.
- 5.4.6 Las muestras de los materiales a usarse en la evaluación de concretos hidráulicos que deben provenir de materiales procesados en planta o laboratorio, servirán como mínimo para los siguientes ensayos:
- Análisis granulométrico por tamizado MTC E 107.
  - Cantidad de material fino que pasa el tamiz 200 MTC E 202.
  - Peso unitario y vacío de los agregados MTC E 203.
  - Gravedad específica y absorción de los agregados MTC E 205 y MTC E 206.
  - Abrasión en la máquina de Los Ángeles MTC E 207.
  - Durabilidad al sulfato de sodio y sulfato de Magnesio MTC E 209.
  - Porcentaje de caras fracturadas MTC E 210.
  - Partículas livianas en los agregados MTC E 211.
  - Contenido de Sales MTC E 219.
  - Arcilla de terrones y partículas desmenuzables MTC E 212.
  - Impurezas orgánicas en el agregado fino MTC E 213.
  - Índice de durabilidad en los agregados MTC E 214.
  - Carbón y lignito en arenas MTC E 215.
  - Determinación de la reactividad agregado / álcali MTC E 217.
  - Determinación cuantitativa de los compuestos de azufre en los agregados MTC E 218.
  - Índice de aplanamiento y de alargamiento de los agregados MTC E 221.
  - Equivalente de Arena MTC E 114.
- 5.4.7 Las muestras para los materiales pétreos a utilizarse en la elaboración de concretos asfálticos, deben provenir de materiales procesados en planta o laboratorio, y servirán como mínimo para la realización de los siguientes ensayos:
- Petrografía, difracción de rayos X y polaridad de agregados (evaluación de petrografos) (1).
  - Análisis granulométrico por tamizado MTC E 107.
  - Análisis por hidrómetro del relleno mineral (material que pasa la malla No. 200) MTC E 109 (1).
  - Peso unitario y vacíos de los agregados MTC E 203.
  - Gravedad específica y absorción de los agregados MTC E 205 y MTC E 206.
  - Abrasión en la máquina de Los Ángeles MTC E 207.
  - Durabilidad al sulfato de sodio y sulfato de magnesio MTC E 209.



- Porcentaje de caras fracturadas MTC E 210.
- Partículas livianas en los agregados MTC E 211. (1)
- Arcilla de terrones y partículas desmenuzables MTC E 212. (1)
- Impurezas orgánicas en el agregado fino MTC E 213. (1)
- Índice de durabilidad en los agregados MTC E 214. (1)
- Sales solubles MTC E 219. (1)
- Riedel Weber MTC E 220.
- Índice Plástico (por la malla N° 40 y N° 200).
- Equivalente de Arena MTC E 114.
- Adherencia agregado – bitumen MTC E 519.
- Índice de aplanamiento y de alargamiento de los agregados MTC E 221.

## 6.0 PROCEDIMIENTO

6.1 Los procedimientos recomendados para el muestreo en el sitio, la identificación de muestras y los ensayos a realizar, son los siguientes:

- Calicatas y trincheras: Excavaciones a cielo abierto, hasta la profundidad deseada, tomando las precauciones necesarias para evitar el desprendimiento de material de las paredes que pueda afectar la seguridad del trabajador o contaminar la muestra que se espera obtener.
- Investigación y muestreo del suelo mediante barrenos y muestreadores: Procedimiento útil para la determinación del nivel freático. La profundidad con esta clase de barreno está limitada por las condiciones agua-suelo, las características del suelo y el equipo empleado.
- Ensayo de penetración estándar (SPT) y muestreo de suelos: Procedimiento para obtener muestras y medir la resistencia del suelo a la penetración de un muestreador normalizado, fundamentalmente para suelos no cohesivos, pudiendo ser usado en suelos cohesivos para recuperar muestras o para determinar un valor cualitativo de la resistencia.
- Método para muestreo de suelos con tubo de pared delgada, MTC E 120: Procedimiento para recobrar muestras de suelo relativamente inalteradas, adecuadas para ensayos de laboratorio.
- Ensayo de corte con veleta en suelo cohesivo, MTC E 122: Procedimiento para medir in situ la resistencia al corte de suelos cohesivos blandos, mediante la rotación de una veleta de cuatro hojas en un plano horizontal.

6.2 La investigación del suelo y roca comprenderá entre otros lo siguiente:

- Revisión de cualquier información disponible sobre la geología y la formación de la roca o del suelo, o de ambas, sobre las condiciones del nivel freático en el sitio y en las vecindades.
- Determinación del nivel freático y del material de fundación firme, bien sea roca o suelos de adecuada capacidad de soporte.
- Investigación en el sitio de los materiales superficiales y del subsuelo mediante perforaciones de percusión y lavado, rotación, barrenos manuales o mecánicos de espiral, calicatas y métodos geofísicos.
- Identificación del suelo y de los tipos de roca en el terreno con registros de la profundidad a la cual se presentan y de la localización de sus discontinuidades estructurales.
- Recuperación de muestras representativas inalteradas y remoldeadas para ensayos de caracterización del suelo o de la roca, y de los materiales para la construcción.
- Evaluación del comportamiento de instalaciones existentes en la vecindad inmediata del sitio propuesto, con respecto al material de fundación y el medio ambiente.
- Instrumentación en el sitio para medir movimientos por medio de inclinómetro, placa de asentamiento, etc.

6.3 DETERMINACION DEL PERFIL DE SUELOS

6.3.1 Un perfil detallado de suelos deberá desarrollarse únicamente donde la relación continua entre profundidades y datos de los diferentes tipos de suelo y roca, sea económicamente justificable para el proyecto en cuestión.

6.3.2 Pueden emplearse métodos geofísicos de exploración para complementar los datos de las perforaciones y afloramientos, y para interpolar entre los hoyos. Los métodos sísmicos y de

resistividad eléctrica, pueden resultar particularmente valiosos cuando las diferencias nítidas en las propiedades de materiales sub superficiales contiguas están indicadas.

El método de refracción sísmica es especialmente útil para determinar la profundidad a la cual se halla la roca o en sitios donde estratos sucesivamente más densos son encontrados.

El método de resistividad eléctrica es igualmente útil para determinar la profundidad de la roca, evaluando formaciones estratificadas donde un estrato más denso descansa sobre uno menos denso, y en la investigación de canteras de arena-grava o de otros materiales de préstamo.

Las investigaciones geofísicas pueden ser una guía útil para programar los sitios de perforaciones y calicatas. En lo que sea posible, la interpretación de estudios geofísicos deberá ser verificada por perforaciones o excavaciones de prueba.

- 6.3.3 La profundidad de las calicatas o perforaciones para carreteras, aeropuertos, o áreas de estacionamiento, deberá ser al menos de 1,5 m (5 pies) por debajo del nivel proyectado para la subrasante, pero circunstancias especiales pueden aumentar o disminuir esa profundidad. Los sondeos para estructuras o terraplenes deberán llevarse por debajo del nivel de influencia de la carga propuesta, determinado mediante un análisis su superficial de transmisión de esfuerzos.

Donde el drenaje pueda ser afectado por materiales permeables, acuíferos o materiales impermeables que lo puedan obstaculizar, las perforaciones deberán prolongarse suficientemente dentro de estos materiales para determinar las propiedades hidrogeológicas y de ingeniería, relevantes para el diseño del proyecto.

En todas las zonas de préstamo, las perforaciones deberán ser suficientes en número y profundidad, para obtener las cantidades requeridas de material que cumpla los requerimientos de calidad especificada.

- 6.3.4 Los registros de perforaciones deberán incluir:

- Descripción de cada sitio o área investigada, con cada hueco, sondeo o calicata, localizado claramente (horizontal y verticalmente) con referencia a algún sistema establecido de coordenadas o a algún sitio permanente.
- Perfil estratigráfico de cada hueco, sondeo o calicata, o de una superficie de corte expuesta, en la cual se muestre claramente la descripción de campo y localización de cada material encontrado, mediante símbolos o palabras.
- Fotografías en colores de núcleos de roca, muestras de suelos y estratos expuestos, pueden ser de gran utilidad. Cada fotografía deberá identificarse con fecha y un número o símbolo específico, una fecha y escala de referencia.
- La identificación de todos los suelos deberá basarse en las presentes normas para la clasificación de los suelos y de los suelos-agregados para construcción de carreteras, en la norma sobre descripción mediante procedimientos manuales y visuales, o en la de identificación de rocas.
- Las áreas acuíferas, drenaje subterráneo y profundidad del nivel freático hallado en cada perforación, calicata o hueco.
- Los resultados de ensayos en sitio (in situ), donde se requieran, como los de penetración o los de veleta u otros ensayos para determinar propiedades de suelos o rocas.
- Porcentaje de recuperación de núcleos e Índice Calidad de Roca en perforaciones de núcleo.
- Representación gráfica de campo y laboratorio y su interpretación facilita el entendimiento y comprensión de condiciones superficiales.

#### 6.4 PERFIL SUBSUPERFICIAL

- 6.4.1 Los perfiles del subsuelo se deben dibujar únicamente en base a perforaciones reales o datos de los cortes. La interpolación entre dichos sitios deberá hacerse con extremo cuidado y con la ayuda de toda la información geológica que se tenga disponible, anotando claramente que tal interpolación o continuidad asumida de estratos, es tentativa.

## 7.0 CALCULOS E INFORME













### 7.1 INTERPRETACION DE LOS RESULTADOS


- 7.1.1 La extrapolación de datos en áreas locales no investigadas puede hacerse de manera tentativa, únicamente cuando se conozca que existe geológicamente una disposición sub superficial uniforme del suelo y de la roca siendo la interpretación de responsabilidad del especialista. Las propiedades de los suelos y rocas de proyectos importantes, no deberán predecirse solamente con base en la simple identificación o clasificación en el terreno, sino que deberán comprobarse mediante ensayos de laboratorio y de terreno. Las recomendaciones de diseño deben ser formuladas por especialistas en geotecnia o por ingenieros de carreteras familiarizados con los problemas comunes en dichas áreas.

### ANEXO

#### SIMBOLOS GRAFICOS PARA SUELOS

Tanto en los perfiles como en los registros estratigráficos se deberán usar los símbolos que se muestran a continuación.

	Gravas bien graduadas mezcla, grava con poco o nada de materia fino, variación en tamaños granulares		Materiales finos sin plasticidad o con plasticidad muy bajo
	Gravas mal granuladas, mezcla de arena-grava con poco o nada de material fino		Arenas arcillosas, mezcla de arena-arcillosa
	Gravas limosas mezclas de grava arena limosa		Limos orgánicos y arenas muy finas, polvo de roca, arenas finas limosas o arcillosas o limos arcillosas con ligera plasticidad
	Gravas arcillosas mezcla de grava-arena-arcilla; grava con material fino cantidad apreciable de material fino		Limo orgánicos de plasticidad baja o mediano, arcillas gravas, arcillas arenosas, arenas limosas, arcillas magras
	Arenas bien graduadas, arena con grava, poco o nada de material fino. Arena limpia poco o nada de material fino, amplia variación en tamaños granulares y cantidades de partículas en tamaños intermedios		Limos orgánicos y arcillas limosas orgánicas, baja plasticidad
	Arenas mal graduadas con grava poco o nada de material fino. Un tamaño predominante o una serie de tamaños con ausencia de partículas intermedios		Limos inorgánicos suelos finos granosos o limosos micáceas o diatomáceas, limos elásticos

	Arcillas inorgánicas de elevada plasticidad, arcillas grasosas
	Arcillas orgánicas de mediana o elevada plasticidad, limos orgánicas
	Turba, suelos considerablemente orgánicos

## 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 75 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 4,750 mm (Nº 4). Otra con sensibilidad de 0,1% del peso de la muestra, para pesar los materiales retenidos en el tamiz de 4,750 mm (Nº 4).

4.1.2 Estufa. Capaz de mantener temperaturas uniformes y constantes hasta de  $110 \pm 5$  °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**

<b>Díámetro nominal de las partículas más grandes mm (pulg)</b>	<b>Peso mínimo aproximado de la porción (g)</b>
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 apresadas en la malla, deben separarse con un pincel o cepillo y reunirlos 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 desintegran 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  $110 \pm 5$  °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  $110 \pm 5$  °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  
W<sub>1</sub> = 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.



## MTC E 108

### DETERMINACION 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  $110 \pm 5$  °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  $110 \pm 5$  °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

- 6.3.1 Determinar y registrar la masa de un contenedor limpio y seco (y su tapa si es usada).
- 6.3.2 Seleccionar especímenes de ensayo representativos de acuerdo a la [sección 6.2](#) de este ensayo.
- 6.3.3 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.

- 6.3.4 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  $110 \pm 5$  °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<sub>CWS</sub> = es el peso del contenedor más el suelo húmedo, en gramos  
M<sub>CS</sub> = es el peso del contenedor más el suelo secado en horno, en gramos  
M<sub>C</sub> = es el peso del contenedor, en gramos  
M<sub>W</sub> = es el peso del agua, en gramos  
M<sub>S</sub> = es el peso de las partículas sólidas, en gramos

### 7.3 INFORME

- 7.3.1 El informe deberá incluir lo siguiente:

- La identificación de la muestra (material) ensayada, tal como el número de la perforación, número de muestra, número de ensayo, número de contenedor, etc.
- 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.
- Indicar si el espécimen de ensayo tenía un peso menor que el indicado en 6.1.2 de este ensayo.
- Indicar si el espécimen de ensayo contenía más de un tipo de material (estratificado, etc.).
- Indicar el método de secado si es diferente del secado en horno a 110 ± 5 °C.
- Indicar si se excluyó algún material del espécimen de ensayo.



## 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.

## 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 $\mu$ 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  $\pm$  5 °C.
- 4.1.5 Tamiz, de 426  $\mu$ m (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  $\mu$ m (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
<b>Precisión de un operador simple</b>		
Límite Plástico	0,9	2,6
<b>Precisión Multilaboratorio</b>		
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:

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

### 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  
 P.L. = 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).





## **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.

## 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 kN-m/m<sup>3</sup> (56 000 pie-lbf/pie<sup>3</sup>)).

#### 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 kN-m/m<sup>3</sup> (56000 pie-lbf/pie<sup>3</sup>)).

**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 (¾" 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 (¾ pulg) a Pesos Unitarios y contenido de humedad de la fracción que pasa la malla de 19,0 mm (¾ 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 (¾ 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 (¾ 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/pie<sup>3</sup> 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/m<sup>3</sup> (56 000 pie-lbf/pie<sup>3</sup>)).
- 3.1.2 ASTM D 1557: Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Modified Effort ((2 700 kN-m/m<sup>3</sup> (56 000 pie-lbf/pie<sup>3</sup>)).

### 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 cm<sup>3</sup> (0,0333 ± 0,0005 pie<sup>3</sup>). 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 cm<sup>3</sup> (0,075 ± 0,0009 pie<sup>3</sup>). 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  $110 \pm 5$  °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 ( $\frac{1}{8}$  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 (¾ pulg) ó 19,0 mm (¾ 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 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 (N°4); 9,5 mm (3/8 pulg) ó 19,0 mm (3/4 pulg). Durante la preparación del material granular que pasa la malla 3/4 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 (3/8 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 lbn) 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 lbn). 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 u 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  $0,2 \text{ kN/m}^3$  ( $0,1 \text{ lbf/pt}^3$ ) 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:

- $\rho_m$  = Densidad Húmeda del espécimen compactado (Mg/m<sup>3</sup>)  
 $M_t$  = Masa del espécimen húmedo y molde (kg)  
 $M_{md}$  = Masa del molde de compactación (kg)  
 $V$  = Volumen del molde de compactación (m<sup>3</sup>) (Ver Anexo A1)

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

Donde:

- $\rho_d$  = Densidad seca del espécimen compactado (Mg/m<sup>3</sup>)  
 $w$  = contenido de agua (%)

$$\gamma_d = 62,43 \rho_d \text{ en } \text{ lbf/ pie}^3 \quad (3)$$

$$\gamma_d = 9,807 \rho_d \text{ en } \text{ kN/m}^3$$

Donde:

- $\gamma_d$  = 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 (%).  
 $\gamma_w$  = Peso unitario del agua 9,807kN/m<sup>3</sup> ó (62,43 lbf/ pie<sup>3</sup>).  
 $\gamma_d$  = 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 lbf/pie<sup>3</sup>.
- 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<sub>c</sub> 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.

**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 mm<sup>2</sup> por 6 mm (8 pulg<sup>2</sup> 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 cm<sup>3</sup> (0,0001 pie<sup>3</sup>).
- 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 cm<sup>3</sup> (0,0001 pie<sup>3</sup>) 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, cm<sup>3</sup>, (pie<sup>3</sup>)
- 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 pulg<sup>3</sup> a pie<sup>3</sup>
- 1/103 = Constante para convertir mm<sup>3</sup> a cm<sup>3</sup>

- 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 <sup>3</sup>	cm <sup>3</sup>
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

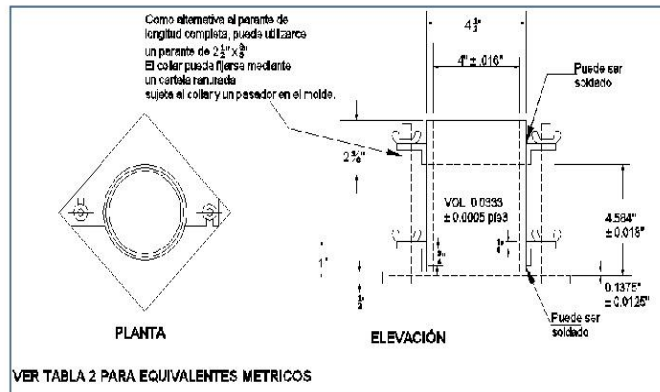


Figura 1: Molde cilíndrico de 4,0 pulg

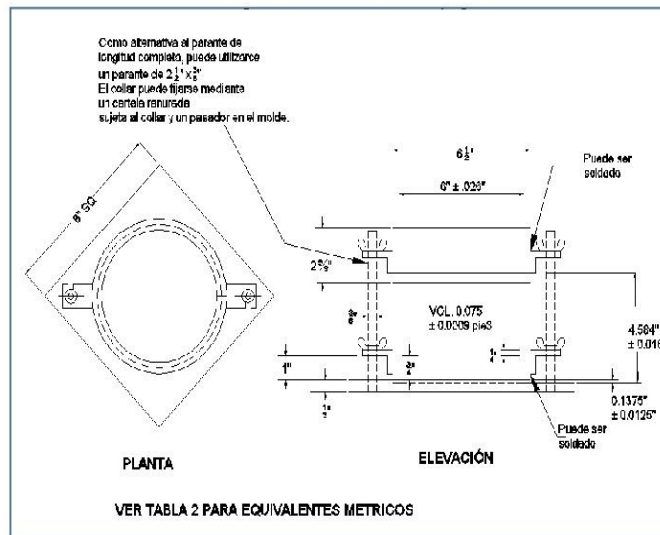


Figura 2: Molde cilíndrico de 6,0 pulg

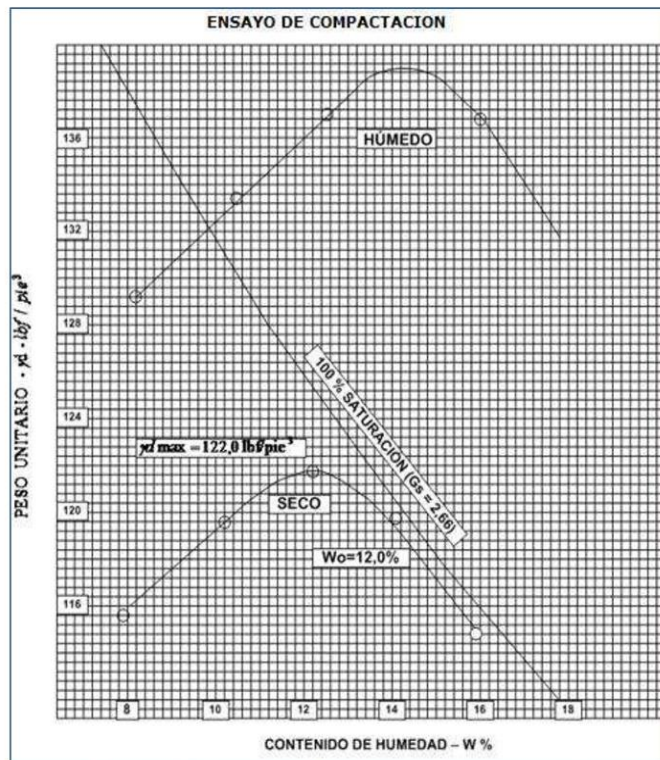


Figura 3. Ejemplo de Gráfico de Curva de Compactación

## 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).

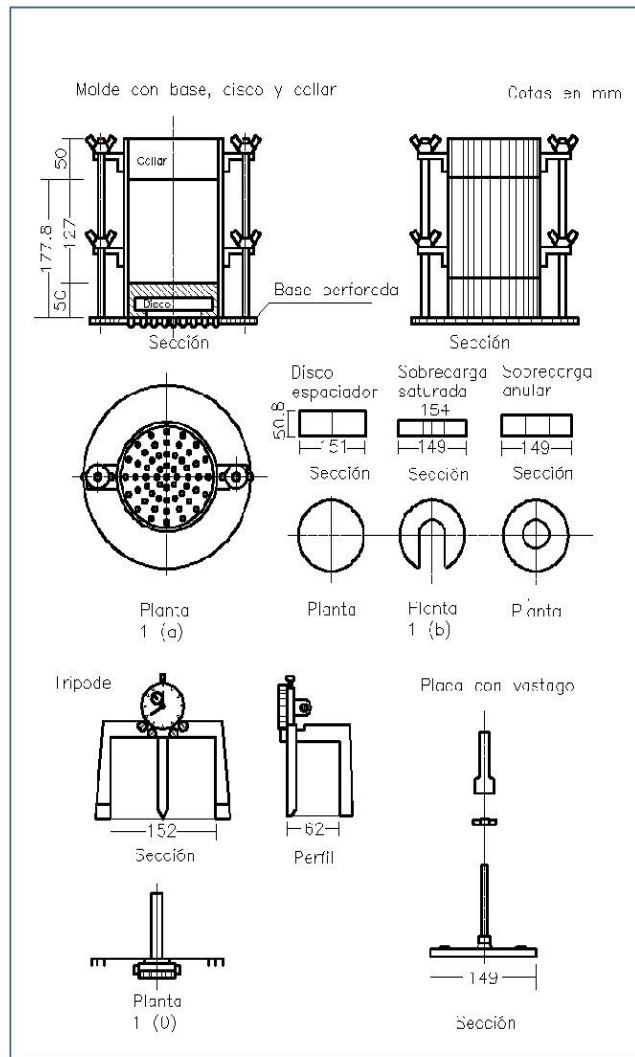


Figura 1.



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 cm<sup>2</sup> (3 pulg<sup>2</sup>) 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  $110 \pm 5$  °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<sup>o</sup> 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

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).

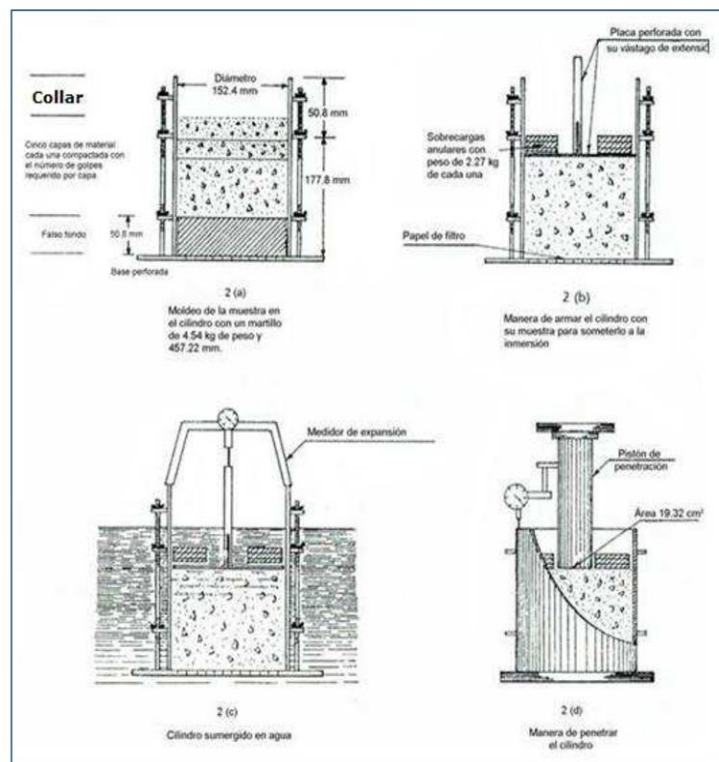
**Nota 2.** A falta de instrucciones concretas al respecto, se puede determinar el espesor de las capas que se han de construir por encima del suelo que se ensaya, bien por estimación o por algún método aproximado. Cada 15 cm (6") de espesor de estructura del pavimento corresponde aproximadamente a 4,54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

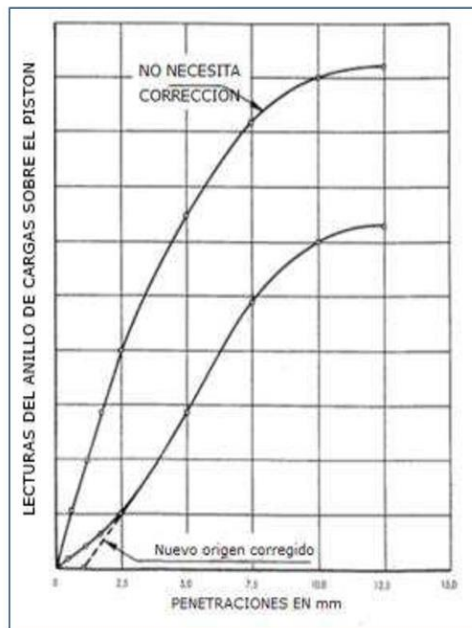
- L<sub>1</sub> = Lectura inicial en mm.
- L<sub>2</sub> = Lectura final en mm.

- 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 <sup>2</sup>	kgf/cm <sup>2</sup>	lb/plg <sup>2</sup>
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 tómanse 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/plg<sup>2</sup>) y 10,3 MPa (1500 lb/plg<sup>2</sup>) 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°9: MANUAL DE CARRETERAS (SUELOS Y PAVIMENTOS).**



PERÚ

Ministerio  
de Transportes  
y Comunicaciones

Viceministerio  
de Transportes

Dirección General  
de Caminos y  
Ferrocarriles

---

# CAPÍTULO IV

## SUELOS

---





## SUELOS

En este capítulo se desarrollan pautas para identificar las características y la clasificación de los suelos que se utilizarán en la construcción de los pavimentos de las carreteras del Perú.

La exploración e investigación del suelo es muy importante tanto para la determinación de las características del suelo, como para el correcto diseño de la estructura del pavimento. Si la información registrada y las muestras enviadas al laboratorio no son representativas, los resultados de las pruebas aun con exigencias de precisión, no tendrán mayor sentido para los fines propuestos.

### 4.1 Exploración de suelos y rocas

AASHTO para la investigación y muestreo de suelos y rocas recomienda la aplicación de la norma T 86-90 que equivale a la ASTM D420-69; para el presente manual, se aplicará para todos los efectos el procedimiento establecido en las normas MTC E101, MTC E 102, MTC E 103 y MTC E 104, que recoge los mencionados alcances de AASHTO y ASTM. En este capítulo se dan pautas complementarias para llevar a cabo el muestreo e investigación de suelos y rocas.

Para la exploración de suelos y rocas primero deberá efectuarse un reconocimiento del terreno y como resultado de ello un programa de exploración e investigación de campo a lo largo de la vía y en las zonas de préstamo, para de esta manera identificar los diferentes tipos de suelo que puedan presentarse.

El reconocimiento del terreno permitirá identificar los cortes naturales y/o artificiales, definir los principales estratos de suelos superficiales, delimitar las zonas en las cuales los suelos presentan características similares, asimismo identificar las zonas de riesgo o poco recomendables para emplazar el trazo de la vía.

El programa de exploración e investigación de campo incluirá la ejecución de calicatas o pozos exploratorios, cuyo espaciamiento dependerá fundamentalmente de las características de los materiales subyacentes en el trazo de la vía. Generalmente están espaciadas entre 250 m y 2,000 m, pero pueden estar más próximas dependiendo de puntos singulares, como en los casos de:

- cambio en la topografía de la zona en estudio;
- por la naturaleza de los suelos o cuando los suelos se presentan en forma errática o irregular
- delimitar las zonas en que se detecten suelos que se consideren pobres o inadecuados;
- zonas que soportarán terraplenes o rellenos de altura mayor a 5.0 m;
- zonas donde la rasante se ubica muy próxima al terreno natural ( $h < 0.6$  m);
- en zonas de corte, se ubicarán los puntos de cambio de corte a terraplén o de terraplén a corte, para conocer el material a nivel de sub rasante.

De las calicatas o pozos exploratorios deberán obtenerse de cada estrato muestras representativas en número y cantidades suficientes de suelo o de roca, o de ambos, de cada material que sea importante para el diseño y la construcción. El tamaño y tipo de la muestra requerida depende de los ensayos que se vayan a efectuar y del porcentaje de partículas gruesas en la muestra, y del equipo de ensayo a ser usado.





Con las muestras obtenidas en la forma descrita, se efectuarán ensayos en laboratorio y finalmente con los datos obtenidos se pasará a la fase de gabinete, para consignar en forma gráfica y escrita los resultados obtenidos, asimismo se determinará un perfil estratigráfico de los suelos (eje y bordes), debidamente acotado en un espesor no menor a 1.50 m, teniendo como nivel superior la línea de sub rasante del diseño geométrico vial y debajo de ella, espesores y tipos de suelos del terraplén y los del terreno natural, con indicación de sus propiedades o características y los parámetros básicos para el diseño de pavimentos. Para obtener el perfil estratigráfico en zonas donde existirán cortes cerrados, se efectuarán métodos geofísicos de prospección que permitan determinar la naturaleza y características de los suelos y/o roca subyacente (según Norma MTC E 101).

#### 4.2 Caracterización de la sub rasante

Con el objeto de determinar las características físico-mecánicas de los materiales de la sub rasante se llevarán a cabo investigaciones mediante la ejecución de pozos exploratorios o calicatas de 1.5 m de profundidad mínima; el número mínimo de calicatas por kilómetro, estará de acuerdo al **cuadro 4.1**.

Las calicatas se ubicarán longitudinalmente y en forma alternada, dentro de la faja que cubre el ancho de la calzada, a distancias aproximadamente iguales; para luego, si se considera necesario, densificar la exploración en puntos singulares del trazo de la vía, tal como se mencionan en el **numeral 4.1** del presente manual.

**Cuadro 4.1**  
**Número de Calicatas para Exploración de Suelos**

Tipo de Carretera	Profundidad (m)	Número mínimo de Calicatas	Observación
Autopistas: carreteras de IMDA mayor de 6000 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> <li>Calzada 2 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido</li> <li>Calzada 3 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido</li> <li>Calzada 4 carriles por sentido: 6 calicatas x km x sentido</li> </ul>	Las calicatas se ubicarán longitudinalmente y en forma alternada
Carreteras Duales o Multicarril: carreteras de IMDA entre 6000 y 4001 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> <li>Calzada 2 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido</li> <li>Calzada 3 carriles por sentido: 4 calicatas x km x sentido</li> <li>Calzada 4 carriles por sentido: 6 calicatas x km x sentido</li> </ul>	
Carreteras de Primera Clase: carreteras con un IMDA entre 4000-2001 veh/día, de una calzada de dos carriles.	1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> <li>4 calicatas x km</li> </ul>	Las calicatas se ubicarán longitudinalmente y en forma alternada
Carreteras de Segunda Clase: carreteras con un IMDA entre 2000-401 veh/día, de una calzada de dos carriles.	1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> <li>3 calicatas x km</li> </ul>	
Carreteras de Tercera Clase: carreteras con un IMDA entre 400-201 veh/día, de una calzada de dos carriles.	1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> <li>2 calicatas x km</li> </ul>	
Carreteras de Bajo Volumen de Tránsito: carreteras con un IMDA ≤ 200 veh/día, de una calzada.	1.50 m respecto al nivel de sub rasante del proyecto	<ul style="list-style-type: none"> <li>1 calicata x km</li> </ul>	

Fuente: Elaboración Propia, teniendo en cuenta el Tipo de Carretera establecido en la RD 037-2008-MTC/14 y el Manual de Ensayo de Materiales del MTC





El número de calicatas indicado en el [cuadro 4.1](#), se aplica para pavimentos nuevos, reconstrucción y mejoramiento. En caso, de estudios de factibilidad o prefactibilidad se efectuará el número de calicatas indicadas en el referido cuadro espaciadas cada 2.0 km en vez de cada km. En caso de estudios a nivel de perfil se utilizará información secundaria existente en el tramo del proyecto, de no existir información secundaria se efectuará el número de calicatas del [cuadro 4.1](#) espaciadas cada 4.0 km en vez de cada km. En el caso de refuerzo o rehabilitación de pavimentos se tendrá en cuenta los resultados de las mediciones deflectométricas (deflectograma) y la sectorización de comportamiento homogéneo, efectuando por cada sector homogéneo (mínimo 4 calicatas) en correspondencia con los puntos de ensayo, una calicata donde la deflexión es máxima, una segunda calicata donde la deflexión es cercana a la deflexión característica, una tercera calicata donde la deflexión es cercana a la deflexión promedio y una cuarta calicata donde la deflexión ha sido mínima.

Las calicatas y ensayos efectuados en los estudios de preinversión (factibilidad, prefactibilidad o perfil), formarán parte del estudio definitivo, resultando que para el definitivo será sólo necesario efectuar calicatas y ensayos complementarios a los de estudios de preinversión, los mismos que sirven eventualmente, además como comprobatorios.

En caso el tramo tenga una longitud entre 500 m y 1,000 m el número de calicatas a realizar será la cantidad de calicatas para un kilómetro indicada en el [cuadro 4.1](#). Si el tramo tiene una longitud menor a 500 m, el número de calicatas a realizar será la mitad de calicatas indicada en el [cuadro 4.1](#).

Si a lo largo del avance del estacado las condiciones topográficas o de trazo, muestran por ejemplo cambios en el perfil de corte a terraplén; o la naturaleza de los suelos del terreno evidencia un cambio significativo de sus características o se presentan suelos erráticos o irregulares, se deben ejecutar más calicatas por kilómetro en puntos singulares, que verifiquen el cambio.

También se determinará la presencia o no de suelos orgánicos, suelos expansivos, napa freática, rellenos sanitarios, de basura, etc., en cuyo caso las calicatas deben ser más profundas, delimitando los sectores con sub rasante pobre o inadecuada que requerirá, para determinar el tipo de estabilización o mejoramiento de suelos de la sub rasante, de estudios geotécnicos de estabilidad y de asentamientos donde el Ingeniero Responsable sustente en su Informe Técnico que la solución adoptada según la naturaleza del suelo, alcanzará estabilidad volumétrica, adecuada resistencia, permeabilidad, compresibilidad y durabilidad. Este tipo de estudios también se realizarán en caso de terraplenes con altura mayor a 5.0 m. En este caso, los valores representativos resultado de los ensayos será sólo válida para el respectivo sector.

Donde se encuentre macizo rocoso dentro de la profundidad de investigación, se deberá aplicar lo establecido en la norma MTC E 101.

#### 4.2.1 Registros de excavación

De los estratos encontrados en cada una de las calicatas se obtendrán muestras representativas, las que deben ser descritas e identificadas mediante una tarjeta con la ubicación de la calicata (con coordenadas UTM, WGS84), número de



muestra y profundidad y luego colocadas en bolsas de polietileno para su traslado al laboratorio. Así mismo, durante la ejecución de las investigaciones de campo se llevará un registro en el que se anotará el espesor de cada uno de los estratos del subsuelo, sus características de gradación y el estado de compacidad de cada uno de los materiales. Así mismo se extraerán muestras representativas de la subrasante para realizar ensayos de Módulos de resiliencia ( $M_R$ ) o ensayos de CBR para correlacionarlos con ecuaciones de  $M_R$ , la cantidad de ensayos dependerá del tipo de carretera (ver [cuadro 4.2](#)).

**Cuadro 4.2**  
**Número de Ensayos  $M_R$  y CBR**

Tipo de Carretera	N° $M_R$ y CBR
Autopistas: carreteras de IMDA mayor de 6000 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	<ul style="list-style-type: none"> <li>Calzada 2 carriles por sentido: 1 <math>M_R</math> cada 3 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido</li> <li>Calzada 3 carriles por sentido: 1 <math>M_R</math> cada 2 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido</li> <li>Calzada 4 carriles por sentido: 1 <math>M_R</math> cada 1 km y 1 CBR cada 1 km x sentido</li> </ul>
Carreteras Duales o Multicarril: carreteras de IMDA entre 6000 y 4001 veh/día, de calzadas separadas, cada una con dos o más carriles	<ul style="list-style-type: none"> <li>Calzada 2 carriles por sentido: 1 <math>M_R</math> cada 3 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido</li> <li>Calzada 3 carriles por sentido: 1 <math>M_R</math> cada 2 km x sentido y 1 CBR cada 1 km x sentido</li> <li>Calzada 4 carriles por sentido: 1 <math>M_R</math> cada 1 km y 1 CBR cada 1 km x sentido</li> </ul>
Carreteras de Primera Clase: carreteras con un IMDA entre 4000 - 2001 veh/día, de una calzada de dos carriles.	<ul style="list-style-type: none"> <li>1 <math>M_R</math> cada 3 km y 1 CBR cada 1 km</li> </ul>
Carreteras de Segunda Clase: carreteras con un IMDA entre 2000 - 401 veh/día, de una calzada de dos carriles.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cada 1.5 km se realizará un CBR</li> <li>(*)</li> </ul>
Carreteras de Tercera Clase: carreteras con un IMDA entre 400 - 201 veh/día, de una calzada de dos carriles.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cada 2 km se realizará un CBR</li> <li>(*)</li> </ul>
Carreteras con un IMDA $\leq$ 200 veh/día, de una calzada.	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cada 3 km se realizará un CBR</li> </ul>

Fuente: Elaboración Propia, teniendo en cuenta el Tipo de Carretera establecido en la RD 037-2008-MTC/14 y el Manual de Ensayo de Materiales del MTC

(\*): La necesidad de efectuar los ensayos de módulos de resiliencia, será determinado en los respectivos términos de referencia, previa evaluación de la zona de estudio y la importancia de la obra.

El número de ensayos indicado en el [cuadro 4.2](#), se aplica para pavimentos nuevos, mejoramiento y rehabilitación. En caso, de estudios de factibilidad o prefactibilidad se efectuará el número de ensayos indicados en el referido cuadro, por 2 veces la longitud indicada (ejemplo, para Carreteras de Tercera Clase "Cada 4.0 km se realizará un CBR" en lugar de un CBR cada 2.0 km. En caso de estudios a nivel de perfil se utilizará información secundaria existente en el tramo del proyecto, de no existir información secundaria se efectuará el número de ensayos del [cuadro 4.2](#), por 3 veces la longitud indicada (ejemplo, para Carreteras de Segunda Clase "Cada 4.5 km se realizará un CBR" en lugar de un CBR cada 1.5 km). Para el caso de refuerzo o rehabilitación de pavimentos, se tendrá en cuenta las mediciones deflectométricas (deflectograma) y la sectorización de comportamiento homogéneo, efectuando por cada sector homogéneo (mínimo dos CBR) en correspondencia con los puntos de ensayo, un CBR donde la deflexión ha





sido máxima y el segundo CBR donde la deflexión es cercana a la deflexión característica.

Los ensayos de  $M_R$  o de CBR efectuados en los estudios de preinversión (factibilidad, prefactibilidad o perfil), formarán parte del estudio definitivo, resultando que para el definitivo será sólo necesario efectuar ensayos complementarios a los de estudios de preinversión, los mismos que sirven eventualmente, además como comprobatorios.

En caso el tramo tenga una longitud menor a la indicada, en el cuadro 4.2, para el número de  $M_R$  o de CBR a realizar, la cantidad de ensayos indicada en el cuadro debe ser tomada como mínima.

Se podrán realizar ensayos in situ, como el CBR en el terreno según ensayo MTC E 133-2000 y el ensayo mediante Penetrómetro Dinámico de Cono (PDC), cuya principal limitación se presenta en las mediciones de suelos con bolonería, pero resulta muy útil en suelos finos o blandos, donde precisamente se requiere de mayores evaluaciones del suelo y sus estratos, por lo que en este caso debe efectuarse este tipo de ensayos que permitirá tramificar mejor la capacidad soporte de la sub rasante. La cantidad de ensayos mínima será igual al número de calicatas indicado en el cuadro 4.1.

Los ensayos utilizando el LWD (deflectómetro de impacto liviano) o el SPT (ensayo de penetración estándar), se efectuarán de acuerdo al Manual de Ensayos de Materiales del MTC vigente, complementariamente se podrán utilizar las normas internacionales ASTM o AASHTO.

### 4.3 Descripción de los suelos

Los suelos encontrados serán descritos y clasificados de acuerdo a la metodología para construcción de vías, la clasificación se efectuará obligatoriamente por AASHTO y SUCS, se utilizarán los signos convencionales de los cuadros 4.3 y 4.4:

**Cuadro 4.3**  
**Signos Convencionales para Perfil de Calicatas – Clasificación AASHTO**

Simbología	Clasificación	Simbología	Clasificación
	A - 1 - a		A - 5
	A - 1 - b		A - 6
	A - 3		A - 7 - 5
	A - 2 - 4		A - 7 - 6
	A - 2 - 5		Materia Orgánica
	A - 2 - 6		Roca Sana
	A - 2 - 7		Roca Desintegrada
	A - 4		

Fuente: Simbología AASHTO





**Cuadro 4.4**  
**Signos Convencionales para Perfil de Calicatas – Clasificación SUCS**

	Grava bien graduada mezcla, grava con poco o nada de materia fino, variación en tamaños granulares		Materiales finos sin plasticidad o con plasticidad muy bajo
	Grava mal granulada, mezcla de arena-grava con poco o nada de material fino		Arena arcillosa, mezcla de arena-arcillosa
	Grava limosa, mezcla de grava, arena limosa		Limo orgánico y arena muy fina, polvo de roca, arena fina limosa o arcillosa o limo arcilloso con ligera plasticidad
	Grava arcillosa, mezcla de grava-arena-arcilla; grava con material fino cantidad apreciable de material fino		Limo orgánico de plasticidad baja o mediano, arcilla grava, arcilla arenosa, arena limosa, arcilla magra
	Arena bien graduada, arena con grava, poco o nada de material fino. Arena limpia poco o nada de material fino, amplia variación en tamaños granulares y cantidades de partículas en tamaños intermedios		Limo orgánico y arcilla limosa orgánica, baja plasticidad
	Arena mal graduada con grava poco o nada de material fino. Un tamaño predominante o una serie de tamaños con ausencia de partículas intermedias		Limo inorgánico, suelo fino gravoso o limoso, micacea o diatometacea, limo elástico

	Arcilla inorgánica de elevada plasticidad, arcilla gravosa
	Arcilla orgánicas de mediana o elevada plasticidad, limo orgánico
	Turba, suelo considerablemente orgánico

Fuente: Manual de Ensayos de Materiales – Norma MTC E101, Símbolos gráficos para suelos

Las propiedades fundamentales a tomar en cuenta son:

- a. **Granulometría:** representa la distribución de los tamaños que posee el agregado mediante el tamizado según especificaciones técnicas (Ensayo MTC E 107). A partir de la cual se puede estimar, con mayor o menor aproximación, las demás propiedades que pudieran interesar.

El análisis granulométrico de un suelo tiene por finalidad determinar la proporción de sus diferentes elementos constituyentes, clasificados en función de su tamaño.

De acuerdo al tamaño de las partículas de suelo, se definen los siguientes términos:







**Cuadro 4.5**  
**Clasificación de suelos según Tamaño de partículas**

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

**b. La Plasticidad:** es la propiedad de estabilidad que representa los suelos hasta cierto límite de humedad sin disgregarse, por tanto la plasticidad de un suelo depende, no de los elementos gruesos que contiene, sino únicamente de sus elementos finos. El análisis granulométrico no permite apreciar esta característica, por lo que es necesario determinar los Límites de Atterberg.

Los Límites de Atterberg establecen cuán sensible es el comportamiento de un suelo en relación con su contenido de humedad (agua), definiéndose los límites correspondientes a los tres estados de consistencia según su humedad y de acuerdo a ello puede presentarse un suelo: líquido, plástico o sólido. Estos límites de Atterberg que miden la cohesión del suelo son: el límite líquido (LL, según ensayo MTC E 110), el límite plástico (LP, según ensayo MTC E 111) y el límite de contracción (LC, según ensayo MTC E 112).

Límite Líquido (LL), cuando el suelo pasa del estado semilíquido a un estado plástico y puede moldearse.

Límite Plástico (LP), cuando el suelo pasa de un estado plástico a un estado semisólido y se rompe.

Límite de Contracción (retracción), cuando el suelo pasa de un estado semisólido a un estado sólido y deja de contraerse al perder humedad.

Además del LL y del LP, una característica a obtener es el Índice de plasticidad IP (ensayo MTC E 111) que se define como la diferencia entre LL y LP:

$$IP = LL - LP$$

El índice de plasticidad indica la magnitud del intervalo de humedades en el cual el suelo posee consistencia plástica y permite clasificar bastante bien un suelo. Un IP grande corresponde a un suelo muy arcilloso; por el contrario, un IP pequeño es característico de un suelo poco arcilloso. En tal sentido, el suelo en relación a su índice de plasticidad puede clasificarse según lo siguiente:





**Cuadro 4.6**  
**Clasificación de suelos según Índice de Plasticidad**

Índice de Plasticidad	Plasticidad	Característica
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

Se debe tener en cuenta que, en un suelo el contenido de arcilla, de acuerdo a su magnitud puede ser un elemento riesgoso en un suelo de sub rasante y en una estructura de pavimento, debido sobre todo a su gran sensibilidad al agua.

- c. **Equivalente de Arena:** Es la proporción relativa del contenido de polvo fino nocivo o material arcilloso en los suelos o agregados finos (ensayo MTC E 114). Es el ensayo que da resultados parecidos a los obtenidos mediante la determinación de los límites de Atterberg, aunque menos preciso. Tiene la ventaja de ser muy rápido y fácil de efectuar.

El valor de Equivalente de Arena (EA) es un indicativo de la plasticidad del suelo:

**Cuadro 4.7**  
**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

- d. **Índice de Grupo:** es un índice normado por AASHTO de uso corriente para clasificar suelos, está basado en gran parte en los límites de Atterberg. El índice de grupo de un suelo se define mediante la fórmula:

$$IG = 0.2 (a) + 0.005 (ac) + 0.01(bd)$$

Donde:

- a** = F-35 (F = Fracción del porcentaje que pasa el tamiz N° 200 -74 micras). Expresado por un número entero positivo comprendido entre 1 y 40.
- b** = F-15 (F = Fracción del porcentaje que pasa el tamiz N° 200 -74 micras). Expresado por un número entero positivo comprendido entre 1 y 40.
- c** = LL - 40 (LL = límite líquido). Expresado por un número entero comprendido entre 0 y 20.
- d** = IP-10 (IP = índice plástico). Expresado por un número entero comprendido entre 0 y 20 o más.

El Índice de Grupo es un valor entero positivo, comprendido entre 0 y 20 o más. Cuando el IG calculado es negativo, se reporta como cero. Un índice cero significa un suelo muy bueno y un índice > 20, un suelo no utilizable para caminos.



**Cuadro 4.8**  
**Clasificación de suelos según Índice de Grupo**

Índice de Grupo	Suelo de Sub rasante
IG > 9	Inadecuado
IG está entre 4 a 9	Insuficiente
IG está entre 2 a 4	Regular
IG está entre 1 – 2	Bueno
IG está entre 0 – 1	Muy Bueno

**e. Humedad Natural:** Otra característica importante de los suelos es su humedad natural; puesto que la resistencia de los suelos de sub rasante, en especial de los finos, se encuentra directamente asociada con las condiciones de humedad y densidad que estos suelos presenten.

La determinación de la humedad natural (ensayo MTC E 108) permitirá comparar con la humedad óptima que se obtendrá en los ensayos Proctor para obtener el CBR del suelo (ensayo MTC E 132). Si la humedad natural resulta igual o inferior a la humedad óptima, el Proyectista propondrá la compactación normal del suelo y el aporte de la cantidad conveniente de agua. Si la humedad natural es superior a la humedad óptima y según la saturación del suelo, se propondrá, aumentar la energía de compactación, airear el suelo, o reemplazar el material saturado.

**f. Clasificación de los suelos:** Determinadas las características de los suelos, según los acápites anteriores, se podrá estimar con suficiente aproximación el comportamiento de los suelos, especialmente con el conocimiento de la granulometría, plasticidad e índice de grupo; y, luego clasificar los suelos.

La clasificación de los suelos se efectuará bajo el sistema mostrado en el **cuadro 4.9**. Esta clasificación permite predecir el comportamiento aproximado de los suelos, que contribuirá a delimitar los sectores homogéneos desde el punto de vista geotécnico.

A continuación se presenta una correlación de los dos sistemas de clasificación más difundidos, AASHTO y ASTM (SUCS):

**Cuadro 4.9**  
**Correlación de Tipos de suelos AASHTO – SUCS**

Clasificación de Suelos AASHTO AASHTO M-145	Clasificación de Suelos SUCS ASTM –D-2487
A-1-a	GW, GP, GM, SW, SP, SM
A-1-b	GM, GP, SM, SP
A – 2	GM, GC, SM, SC
A – 3	SP
A – 4	CL, ML
A – 5	ML, MH, CH
A – 6	CL, CH
A – 7	OH, MH, CH

Fuente: US Army Corps of Engineers

Para complementar la información se presenta el **cuadro 4.10**, que muestra la Clasificación de los Suelos basada en AASHTO M 145 y/o ASTM D 3282.



**Cuadro 4.10**  
**Clasificación de los Suelos basada en AASHTO M 145 y/o ASTM D 3282**

Clasificación general	Suelos granulares						Suelos finos								
	35% máximo que pasa por tamiz de 0.075 mm (N° 200)						más de 35% pasa por el tamiz de 0.075 mm (N° 200)								
	A-1		A-2		A-3		A-4		A-5		A-6		A-7		
A-1-a		A-1-b		A-2-4		A-2-5		A-2-6		A-2-7		A-7-5		A-7-6	
<b>Análisis granulométrico</b> % que pasa por el tamiz de:															
2 mm (N° 10)	máx. 50														
0.425 mm (N° 40)	máx. 30	máx. 50	mín. 51												
F: 0.075 mm (N° 200)	máx. 15	máx. 25	máx. 10	máx. 35	máx. 35	máx. 35	mín. 36	mín. 36	mín. 36	mín. 36	mín. 36	mín. 36	mín. 36	mín. 36	mín. 36
<b>Características de la fracción que pasa el 0.425 (N° 40)</b>															
<b>Características de la fracción que pasa del tamiz (N° 40)</b>															
LL: Límite de Líquido															
IP: Índice de Plasticidad	máx. 6	máx. 6	NP	máx. 40	mín. 41	máx. 40	máx. 40	mín. 41	mín. 41	Mín. 41	máx. 40	máx. 40	mín. 41	mín. 41	mín. 41
<b>Tipo de material</b>	Piedras, gravas y arenas		Arenas Finas		Gravas y arenas limosas o arcillosas		Suelos limosos		Suelos arcillosos						
<b>Estimación general del suelo como sub rasante</b>	Excelente a bueno						Regular a insuficiente								

(a) Índice de Plasticidad del subgrupo A-7.5; es igual o menor que LL-30.

(b) Índice de Plasticidad del subgrupo A-7.6; es mayor que LL-30.

- Cuando se requiera relacionar los grupos con el índice de Grupo (IG), estos deben mostrarse entre paréntesis después del símbolo del grupo, ejemplo: A-18 182.6 (3), A-4(5), A-7.5 (17), etc  
IG = (F-35) [0.2+0.005 ((LL-40)) +0.01 (F-15)](IP-10)





**g. Ensayos CBR:** (ensayo MTC E 132), una vez que se haya clasificado los suelos por el sistema AASHTO y SUCS, para caminos contemplados en este manual, se elaborará un perfil estratigráfico para cada sector homogéneo o tramo en estudio, a partir del cual se determinará el programa de ensayos para establecer el CBR que es el valor soporte o resistencia del suelo, que estará referido al 95% de la MDS (Máxima Densidad Seca) y a una penetración de carga de 2.54 mm.

Para la obtención del valor CBR de diseño de la sub rasante, se debe considerar lo siguiente:

1. En los sectores con 6 o más valores de CBR realizados por tipo de suelo representativo o por sección de características homogéneas de suelos, se determinará el valor de CBR de diseño de la sub rasante considerando el promedio del total de los valores analizados por sector de características homogéneas.
2. En los sectores con menos de 6 valores de CBR realizados por tipo de suelo representativo o por sección de características homogéneas de suelos, se determinará el valor de CBR de diseño de la sub rasante en función a los siguientes criterios:
  - Si los valores son parecidos o similares, tomar el valor promedio.
  - Si los valores no son parecidos o no son similares, tomar el valor crítico (el más bajo) o en todo caso subdividir la sección a fin de agrupar subsectores con valores de CBR parecidos o similares y definir el valor promedio. La longitud de los subsectores no será menor a 100 m.

Son valores de CBR parecidos o similares los que se encuentran dentro de un determinado rango de categoría de sub rasante, según **Cuadro 4.11**.

3. Una vez definido el valor del CBR de diseño, para cada sector de características homogéneas, se clasificará a que categoría de sub rasante pertenece el sector o subtramo, según lo siguiente:

**Cuadro 4.11**  
**Categorías de Sub rasante**

Categorías de Sub rasante	CBR
S <sub>0</sub> : Sub rasante Inadecuada	CBR < 3%
S <sub>1</sub> : Sub rasante insuficiente	De CBR ≥ 3% A CBR < 6%
S <sub>2</sub> : Sub rasante Regular	De CBR ≥ 6% A CBR < 10%
S <sub>3</sub> : Sub rasante Buena	De CBR ≥ 10% A CBR < 20%
S <sub>4</sub> : Sub rasante Muy Buena	De CBR ≥ 20% A CBR < 30%
S <sub>5</sub> : Sub rasante Excelente	CBR ≥ 30%

Fuente: Elaboración propia



# **ANEXO N°10: NORMAS.**



## ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO

### MTC E 107- 2000

Este Modo Operativo está basado en las Normas ASTM D 422 y AASHTO T 88, las mismas que se han adaptado al nivel de implementación y a las condiciones propias de nuestra realidad. Cabe indicar que este Modo Operativo está sujeto a revisión y actualización continua.

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.

#### 1. OBJETIVO

1.1 La determinación cuantitativa de la distribución de tamaños de partículas de suelo.

1.2 Esta norma 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 (N° 200).

#### 2. APARATOS

2.1 *Dos balanzas.* Una con sensibilidad de 0.01 g para pesar material que pase el tamiz de 4,760 mm (N° 4). Otra con sensibilidad 0.1 % del peso de la muestra, para pesar los materiales retenidos en el tamiz de 4,760 mm (N° 4).

##### 2.2 *Tamices de malla cuadrada*

75 mm (3"), 50,8 mm (2"), 38,1 mm (1½"), 25,4 mm (1"), 19,0 mm (¾"), 9,5 mm (3/8"), 4,76 mm (N° 4), 2,00 mm (N° 10), 0,840 mm (N° 20), 0,425 mm (N° 40), 0,250 mm (N° 60), 0,106 mm (N° 140) y 0,075 mm (N° 200).

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:

75 mm (3"), 37,5 mm (1-½"), 19,0 mm (¾"), 9,5 mm (3/8"), 4,75 mm (N° 4), 2,36 mm (N° 8), 1,10 mm (N° 16), 600 mm (N° 30), 300 mm (N° 50), 150 mm (N° 100), 75 mm (N° 200).

2.3 *Estufa,* capaz de mantener temperaturas uniformes y constantes hasta de  $110 \pm 5$  °C ( $230 \pm 9$  °F).

2.4 *Envases,* adecuados para el manejo y secado de las muestras.

2.5 *Cepillo y brocha,* para limpiar las mallas de los tamices.

#### 3. MUESTRA

3.1 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.

3.2 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 (N° 4) y otra que pasa dicho tamiz. Ambas fracciones se ensayaran por separado.

3.3 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:

- Para la porción de muestra retenida en el tamiz de 4,760 mm (N° 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 ( gr)
9,5 ( 3 /8")	500
19,6 (¾")	1000
25,7 (1")	2000
37,5 (1 ½")	3000
50,0 (2")	4000
75,0 (3")	5000

- El tamaño de la porción que pasa tamiz de 4,760 mm (N° 4) será aproximadamente de 115 g, para suelos arenosos y de 65 g para suelos arcillosos y limosos.

3.4 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 (N° 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 (N° 4), pueden calcularse de acuerdo con el numeral 6.1.

- 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 (N° 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 (N° 4)

#### 4. ANÁLISIS POR MEDIO DE TAMIZADO DE LA FRACCIÓN RETENIDA EN EL TAMIZ DE 4,760 mm (N° 4).

4.1 Sepárese la porción de muestra retenida en el tamiz de 4,760 mm (N° 4) en una serie de fracciones usando los tamices de:

75 mm (3"), 50 mm (2"), 38,1 mm (1½"), 25,4 mm (1"), 19,0 mm (¾"), 9,5 mm (3 /8"), 4,7 mm (N° 4), o los que sean necesarios dependiendo del tipo de muestra, o de las especificaciones para el material que se ensaya.



4.2 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 cuando 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.

4.3 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%.

## 5. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LA FRACCIÓN FINA

5.1 El análisis granulométrico de la fracción que pasa el tamiz de 4,760 mm (N° 4) se hará por tamizado y/o sedimentación según las características de la muestra y según la información requerida.

- Los materiales arenosos que contengan muy poco limo y arcilla, cuyos terrones en estado seco se desintegren con facilidad, se podrán tamizar en seco.
- Los materiales limo-arcillosos, cuyos terrones en estado seco no rompan con facilidad, se procesarán por la vía húmeda.
- Si se requiere la curva granulométrica completa incluyendo la fracción de tamaño menor que el tamiz de 0,074 mm (N° 200), la gradación de ésta se determinará por sedimentación, utilizando el hidrómetro para obtener los datos necesarios. Ver modo operativo MTC E 109.
- Se puede utilizar procedimientos simplificados para la determinación del contenido de partículas menores de un cierto tamaño, según se requiera.
- La fracción de tamaño mayor que el tamiz de 0,074 mm (N° 200) se analizará por tamizado en seco, lavando la muestra previamente sobre el tamiz de 0,074 mm (N° 200)

5.2 Procedimiento para el análisis granulométrico por lavado sobre el tamiz de 0,074 mm (N° 200).

- Se separan mediante cuarteo, 115 g para suelos arenosos y 65 g para suelos arcillosos y limosos, pesándolos con exactitud de 0.01 g.
- 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  $110 \pm 5$  °C ( $230 \pm 9$  °F). Se pesan de nuevo y se anotan los pesos.
- Se coloca la muestra en un recipiente apropiado, cubriéndola con agua y se deja en remojo hasta que todos los terrones se ablanden.

- Se lava a continuación la muestra sobre el tamiz de 0,074 mm (N° 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.
- Se recoge lo retenido en un recipiente, se seca en el horno a una temperatura de  $110 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$  ( $230 \pm 9 \text{ }^\circ\text{F}$ ) y se pesa.
- Se tamiza en seco siguiendo el procedimiento indicado en las secciones 4.2 y 4.3.

## 6. CÁLCULOS

### 6.1 Valores de análisis de tamizado para la porción retenida en el tamiz de 4,760 mm (N° 4).

- Se calcula el porcentaje que pasa el tamiz de 4,760 mm (N° 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 (N° 4).
- 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 (N° 4) 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 (N° 4). Para los demás tamices continúese el cálculo de la misma manera.
- 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.

### 6.2 Valores del análisis por tamizado para la porción que pasa el tamiz de 4,760 mm (N° 4).

- Se calcula el porcentaje de material que pasa por el tamiz de 0,074 mm (N° 200) de la siguiente forma:

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

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

$$\% \text{ Retenido} = \frac{\text{Peso retenido en la tamiz}}{\text{Peso Total}} \times 100$$

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

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

**6.3** 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  
W<sub>1</sub> = Peso de suelo secado en el horno

## 7. OBSERVACIONES

7.1 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 comprenda un ensayo completo de sedimentación.

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

7.2 Los siguientes errores posibles producirán determinaciones imprecisas en un análisis granulométrico por tamizado.

- Aglomeraciones de partículas que no han sido completamente disgregadas. Si el material contiene partículas finas plásticas, la muestra debe ser disgregada antes del tamizado.
- 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 esto, las muestras muy grandes deben ser tamizadas en varias porciones y las porciones retenidas en cada tamiz se juntarán luego para realizar la pesada.
- 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.
- 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.
- Pérdidas de material al sacar el retenido de cada tamiz.
- Errores en las pesadas y en los cálculos.



**8. REFERENCIAS NORMATIVAS**

ASTM	D 422
AASHTO	T 88



## MÉTODO DE ENSAYO PARA DETERMINAR EL CONTENIDO DE HUMEDAD DE UN SUELO

### MTC E 108 – 2000

Este Modo Operativo está basado en la Norma ASTM D 2216, la misma que se ha adaptado al nivel de implementación y a las condiciones propias de nuestra realidad. Cabe indicar que este Modo Operativo está sujeto a revisión y actualización continua.

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.

#### 1. OBJETIVO

El presente modo operativo establece el método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo.

#### 2. DEFINICIONES

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.

#### 3. PRINCIPIO DEL MÉTODO

3.1 Se determina el peso de agua eliminada, secando el suelo húmedo hasta un peso constante en un horno controlado a  $110 \pm 5$  °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.-** (\*) El secado en horno siguiendo este 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 suelo contiene cantidades significativas de material orgánico. Se pueden obtener valores confiables del contenido de humedad para estos suelos, secándolos en un horno a una temperatura de 60 °C o en un desecador a temperatura ambiente.

#### 4. APARATOS

4.1 Horno de secado.- Horno de secado termostáticamente controlado, de preferencia uno del tipo tiro forzado, capaz de mantener una temperatura de  $110 \pm 5$  °C.

4.2 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

4.3 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.

**4.4 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 8.5)

**Nota 3.** El sulfato de calcio anhidro se vende bajo el nombre comercial de Drierite.

**4.5 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.

**4.6 Otros utensilios.**- Se requiere el empleo de cuchillos, espátulas, cucharas, lona para cuarteo, divisores de muestras, etc.

## 5. MUESTRAS

**5.1** Las muestras serán preservadas y transportadas de acuerdo a la Norma ASTM D-4220, Grupos de suelos B, C ó D. Las muestras que se almacenen antes de ser ensayadas se mantendrán en contenedores herméticos no corroibles a una temperatura entre aproximadamente 3 °C 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 corroibles (tales como tubos de acero de pared delgada, latas de pintura, etc.) ó bolsas plásticas.

## 6. ESPECIMEN DE ENSAYO

**6.1** Para los contenidos de humedad que se determinen en conjunción con algún otro método ASTM, se empleará la cantidad mínima de espécimen especificada en dicho método si alguna fuera proporcionada.

**6.2** 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 $\pm 0.1\%$	Masa mínima recomendada de espécimen de ensayo húmedo para contenidos de humedad reportados a $\pm 1\%$
2 mm o menos	2.00 mm (N° 10)	20 g	20 g*
4.75 mm	4.760 mm (N° 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.

6.2.1 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.

6.3 El uso de un espécimen de ensayo menor que el mínimo indicado en 6.2 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.

6.4 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.

6.5 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.

## 7. SELECCIÓN DEL ESPÉCIMEN DE ENSAYO

7.1 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).

7.2 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):

7.2.1 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.

7.2.2 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.

7.2.3 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.

7.3 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.

7.3.1 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.

7.3.2 Se cortará la muestra por la mitad. Si el material está estratificado se procederá de acuerdo a lo indicado en 7.3.3. 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 muestree la sección completa.

7.3.3 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.

## 8. PROCEDIMIENTO



**8.1** Determinar y registrar la masa de un contenedor limpio y seco (y su tapa si es usada).

**8.2** Seleccionar especímenes de ensayo representativos de acuerdo a la Sección 7.

**8.3** 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 4.2) 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 de laboratorio. Los números de las tapas deberían 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.

**8.4** 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  $110 \pm 5$  °C a menos que se especifique otra temperatura. El tiempo requerido para obtener 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.

8.5 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 8.3. 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.

## 9. CALCULOS

### 9.1 Cálculos

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

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

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

en donde:

- W = es el contenido de humedad, (%)
- M<sub>cws</sub> = es el peso del contenedor más el suelo húmedo, en gramos
- M<sub>cs</sub> = es el peso del contenedor más el suelo secado en horno, en gramos:
- M<sub>c</sub> = es el peso del contenedor, en gramos
- M<sub>w</sub> = es el peso del agua, en gramos
- M<sub>s</sub> = es el peso de las partículas sólidas, en gramos

## 10. REPORTE

10.1 El reporte deberá incluir lo siguiente:

10.1.1 La identificación de la muestra (material) ensayada, tal como el número de la perforación, número de muestra, número de ensayo, número de contenedor, etc.

10.1.2 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.

10.1.3 Indicar si el espécimen de ensayo tenía una peso menor que el indicado en 6.2.

10.1.4 Indicar si el espécimen de ensayo contenía más de un tipo de material (estratificado, etc.).

10.1.5 Indicar el método de secado si es diferente del secado en homo a 110 °C mas menos 5 °C.

10.1.6 Indicar si se excluyó algún material del espécimen de ensayo.

## 11. PRECISION Y EXACTITUD

**11.1 Exactitud.-** No existe valor de referencia aceptado para este método de ensayo; por consiguiente, no puede determinarse la exactitud.

### 11.2 Precisión:

11.2.1 Precisión de un Operador- Simple.- 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.

11.2.2 Precisión Multilaboratorio.- 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 deberían ser considerados con sospecha a menos que difieran en más del 14.0 por ciento de su media.

## 12. REFERENCIAS NORMATIVAS

ASTM	D 2216
------	--------

## DETERMINACIÓN DEL LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD

### MTC E 111 – 2000

Este Modo Operativo está basado en las Normas ASTM D 4318 y AASHTO T 90, las mismas que se han adaptado al nivel de implementación y a las condiciones propias de nuestra realidad. Cabe indicar que este Modo Operativo está sujeto a revisión y actualización continua.

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.

#### 1. OBJETIVO

1.1 Es la determinación en el laboratorio del 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.

1.2 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. APARATOS

2.1 *Espátula, de hoja flexible*, de unos 75 a 100 mm (3" – 4") de longitud por 20 mm (3/4") de ancho.

2.2 *Recipiente para Almacenaje*, de porcelana o similar, de 115 mm (4 1/2") de diámetro.

2.3 *Balanza*, con aproximación a 0.01 g.

2.4 *Horno o Estufa*, termostáticamente controlado regulable a  $110 \pm 5$  °C ( $230 \pm 9$  °F).

2.5 Tamiz, de 426  $\mu$ m (N° 40).

2.6 Agua destilada.

2.7 Vidrios de reloj, o recipientes adecuados para determinación de humedades.

2.8 Superficie de rodadura. Comúnmente se utiliza un vidrio grueso esmerilado.

#### 3. PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

3.1 Si se quiere determinar sólo el L.P., se toman aproximadamente 20 g de la muestra que pase por el tamiz de 426  $\mu$ m (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 gr a 2,0 gr de dicha esfera como muestra para el ensayo.

- 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.

3.2 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.

#### 4. PROCEDIMIENTO

4.1 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.

4.2 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.

4.3 La 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.

4.4 Se repite, con la otra mitad de la masa, el proceso indicado en 4.1, 4.2 y 4.3.

#### 5. CÁLCULOS

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:

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

## 6. CÁLCULO DEL ÍNDICE 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

P.L. = 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).

## 7. PRECISIÓN Y EXACTITUD

7.1 **PRECISIÓN:** 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.

7.2 **EXACTITUD:** No existe un valor de referencia para este método de ensayo; la exactitud no puede ser determinada.

## 8. REFERENCIAS NORMATIVAS

AASHTO	T 90
ASTM	D 4318



**COMPACTACION DE SUELOS EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGIA MODIFICADA  
(56 000 pie-lb/pie<sup>3</sup> [2 700 kN-m/m<sup>3</sup>])**

**MTC E 115 - 2000**

Este Modo Operativo está basado en la Norma ASTM D 1557, la misma que se ha adaptado al nivel de implementación y a las condiciones propias de nuestra realidad. Cabe indicar que este Modo Operativo está sujeto a revisión y actualización continua.

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.

**1. OBJETIVO**

**1.1.** 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 4 ó 6 pulgadas (101,6 ó 152,4 mm) de diámetro con un pisón de 10 lbf (44,5 N) que cae de una altura de 18 pulgadas (457 mm), produciendo una Energía de Compactación de 56 000 lb-pie/pie<sup>3</sup> (2 700 kN-m/m<sup>3</sup>).

**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 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.

**1.2.** Este ensayo se aplica sólo para suelos que tienen 30% ó menos en peso de sus partículas retenidas en el tamiz de 3/4" pulg (19,0 mm).

**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 3/4" (19,0 mm) a Pesos Unitarios y contenido de humedad de la fracción pasante la malla de 3/4" (19,0 mm), ver ensayo ASTM D 4718 ("Método de ensayo para corrección del Peso Unitario y Contenido de Agua en suelos que contienen partículas sobredimensionadas").

**1.3.** 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.

**1.3.1. METODO "A"**

1.3.1.1. Molde.- 4 pulg. de diámetro (101,6mm)

1.3.1.2. Material.- Se emplea el que pasa por el tamiz N° 4 (4,75 mm).

1.3.1.3. Capas.- 5

1.3.1.4. Golpes por capa.- 25

1.3.1.5. Uso.- Cuando el 20% ó menos del peso del material es retenido en el tamiz N° 4 (4,75 mm).

1.3.1.6. Otros Usos.- Si el método no es especificado; los materiales que cumplen éstos requerimientos de gradación pueden ser ensayados usando Método B ó C.

**1.3.2. METODO "B"**

1.3.2.1. Molde.- 4 pulg. (101,6 mm) de diámetro.

1.3.2.2. Materiales.- Se emplea el que pasa por el tamiz de 3/8 pulg (9,5 mm).

1.3.2.3. Capas.- 5

1.3.2.4. Golpes por capa.- 25

1.3.2.5. Usos.- Cuando más del 20% del peso del material es retenido en el tamiz N° 4 (4,75mm) y 20% ó menos de peso del material es retenido en el tamiz 3/8 pulg (9,5 mm).

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

**1.3.3. METODO "C"**

1.3.3.1. Molde.- 6 pulg. (152,4mm) de diámetro.

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

1.3.3.3. Capas.- 5

1.3.3.4. Golpes por Capa.- 56



**1.3.3.5. Uso.-** Cuando más del 20% en peso del material se retiene en el tamiz 3/8 pulg (9,53 mm) y menos de 30% en peso es retenido en el tamiz ¼ pulg (19,0 mm).

**1.3.4.** El molde de 6 pulgadas (152,4 mm) 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.

**1.4.** Si el espécimen de prueba contiene más de 5% en peso de fracción extradimensionada (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 usando el método de ensayo ASTM D-4718.

**1.5.** Este método de prueba generalmente producirá un Peso Unitario Seco Máximo bien definido para suelos que no drenan libremente. Si el método es usado para suelos que drenan libremente el máximo Peso Unitario Seco no estará bien definida y puede ser menor que la obtenida usando el Método de Prueba ASTM D-4253 (Maximum Index Density and Unit Weight of Soil Using a Vibratory Table).

**1.6.** Los valores de las unidades en pulgadas-libras son reconocidos como estándar. Los valores dados en unidades del S.I. son proporcionados sólo como información.

**1.6.1.** En la profesión de Ingeniería es práctica común, usar indistintamente unidades que representan Masa y Fuerza, a menos que se realicen cálculos dinámicos ( $F = m \times a$ ). 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 (lbm) es por conveniencia de unidades y no intentar establecer que su uso es científicamente correcto. Las conversiones son dadas en el Sistema Internacional (SI) de acuerdo al ensayo ASTM E-380 ("Practica para el uso de Unidades del Sistema Internacional SI"). El uso de balanzas que registran libra-masa (lbm) ó registran la densidad en  $\text{lbm}/\text{pie}^3$  no se debe considerar como si no concordase con esta norma.

**1.7.** Esta norma 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. TERMINOLOGIA

2.1. Definiciones.- Ver Terminología ASTM D-653 para definiciones generales.

2.2. Descripción de Términos Específicos a esta Norma:

2.2.1. Esfuerzo Modificado.- Es el término aplicado para el esfuerzo de compactación de 56 000 lb-pie/pe<sup>3</sup> (2 700 kN-m/m<sup>3</sup>) aplicado por el equipo y procedimientos de este ensayo.

2.2.2. Máximo Peso Unitario Seco Modificado,  $\gamma_{m\acute{a}x}$  (lb/pe<sup>3</sup> ó kN/m<sup>3</sup>), el máximo valor definido por la curva de compactación del ensayo usando el esfuerzo modificado.

2.2.3. Óptimo Contenido de Humedad Modificado,  $w_o$ (%)- Es el contenido de agua al cual el suelo puede ser compactado al máximo Peso Unitario Seco usando el esfuerzo de Compactación Modificada.

2.2.4. Fracción de tamaño mayor (Fracción Gruesa),  $P_c$ (%)- Es la porción de la muestra total que no se utiliza en la ejecución del ensayo de compactación; esta puede ser la parte de la muestra total retenida en la malla N° 4 (3,74 mm), 3/8 pulg (9,5 mm) ó ¾ pulg (19,0 mm).

2.2.5. Fracción Ensayada ó de Prueba (Fracción Fina),  $P_F$ (%)- La parte de la muestra total usada en la ejecución de la prueba de compactación; esta puede ser la fracción pasante la malla N°4 (4,75 mm) en el Método A, menor a la malla 3/8 pulg (9,5 mm) en el Método B, ó menor que la malla ¾ pulg (19,0 mm) en el Método C.

## 3. RESUMEN DEL ENSAYO

3.1. Un suelo con un contenido de Humedad determinado es colocado en 5 capas dentro de un molde de ciertas dimensiones, cada una de las capas es compactada en 25 ó 56 golpes con un pisón de 10 lbf (44.5 N) desde una altura de caída de 18 pulgadas (457 mm), sometiendo al suelo a un esfuerzo de compactación total de aproximadamente de 56 000 pie-lbf/pe<sup>3</sup> (2 700 kN-m/m<sup>3</sup>). Se determina el Peso Unitario Seco resultante. El procedimiento se repite con un número suficiente de contenidos de agua para establecer una relación entre el Peso Unitario Seco y el Contenido de Agua del Suelo. Estos datos, cuando son ploteados, representan una relación curvilínea conocida como curva de Compactación. Los valores de Óptimo Contenido de Agua y Máximo Peso Unitario Seco Modificado son determinados de la Curva de Compactación.

#### 4. IMPORTANCIA Y USO

4.1. 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.

4.2. 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 ( $\gamma_{m\acute{a}x}$ ) 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 ( $\gamma_{m\acute{a}x}$ ). 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 ( $\gamma_{m\acute{a}x}$ ) se debe basar en experiencias pasadas, o se deberá investigar una serie de valores para determinar el porcentaje necesario de compactación.

#### 5. APARATOS

5.1. **Ensamblaje del Molde.**- Los moldes deben de ser cilíndricos hechos de materiales rígidos y con capacidad que se indican en 5.1.1 ó 5.1.2 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 0,200 pulg/pie (16,7 mm/m) 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 2,0 pulg (50,8 mm) con una sección superior que sobrepasa para formar un tubo con una sección cilíndrica recta de por lo menos 0,75 pulg. (19,0 mm), 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.

5.1.1. **Molde de 4 pulgadas.**- Un molde que tenga en promedio  $4,000 \pm 0,016$  pulg ( $101,6 \pm 0,4$  mm) de diámetro interior, una altura de  $4,584 \pm 0,018$  pulg ( $116,4 \pm 0,5$  mm) y un volumen de 0,0333

$\pm 0,0005 \text{ pie}^3$  ( $944 \pm 14 \text{ cm}^3$ ). Un molde con las características mínimas requeridas es mostrado en la Fig. 1.

**5.1.2. Molde de 6 pulgadas.-** Un molde que tenga en promedio  $6,000 \pm 0,026 \text{ pulg}$  ( $152,4 \pm 0,7 \text{ mm}$ ) de diámetro interior, una altura de:  $4,584 \pm 0,018 \text{ pulg}$  ( $116,4 \pm 0,5 \text{ mm}$ ) y un volumen de  $0,075 \pm 0,0009 \text{ pie}^3$  ( $2\,124 \pm 25 \text{ cm}^3$ ). Un molde con las características mínimas requeridas es mostrando en Fig.2.

**5.2. Pisón ó Martillo.-** Un pisón operado manualmente como el descrito en 5.2.1. ó mecánicamente como el descrito en 5.2.2. El pisón debe caer libremente a una distancia de  $18 \pm 0,05 \text{ pulg}$  ( $457,2 \pm 1,6 \text{ mm}$ ) de la superficie de espécimen. La masa del pisón será  $10 \pm 0,02 \text{ lb-m}$  ( $4,54 \pm 0,01 \text{ kg}$ ), salvo que la masa pisón mecánico se ajuste al descrito en el Método de Ensayo ASTM D2168 (ver Nota 5). La cara golpeante del pisón deberá ser plana y circular, excepto el nombrado en 5.2.2.3. con un diámetro de  $2,000 \pm 0,005 \text{ pulg}$  ( $50,80 \pm 0,13 \text{ mm}$ ), (Figs. 1 y 2). El pisón deberá ser reemplazado si la cara golpeante se desgasta ó se deforma al punto que el diámetro sobrepase los  $2,000 \pm 0,01 \text{ pulg}$  ( $50,800 \pm 0,25 \text{ mm}$ ).

**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  $0,4536 \text{ kg}$  ó  $1 \text{ N}$  es igual a  $0,2248 \text{ libras-masa}$  ó  $0,1020 \text{ kg}$ .

**5.2.1. 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  $\frac{3}{4} \pm 1/16 \text{ pulg}$  ( $19,0 \pm 1,6 \text{ mm}$ ) y espaciados a  $90^\circ$ . Los diámetros mínimo de cada orificio de ventilación deben ser  $3/8 \text{ pulg}$  ( $9,5 \text{ mm}$ ). Orificios adicionales ó ranuras pueden ser incorporados en el tubo guía.

**5.2.2. 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  $0,10 \pm 0,03 \text{ pulg}$  ( $2,5 \pm 0,8 \text{ mm}$ ) 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.

**5.2.2.3. Pisón Mecánico - Cara Seccionada.-** Cuando es usado un molde de  $6,0 \text{ pulg}$ . ( $152,4 \text{ mm}$ ), un pisón de cara seccionada puede usarse en lugar del pisón de cara circular. La cara que contacta el espécimen tendrá la forma de un sector circular de radio igual a  $2,90 \pm 0,02 \text{ pulg}$ . ( $73,7 \pm 0,5 \text{ mm}$ ). El pisón se operará de tal manera los orificios del sector se ubiquen en el centro del espécimen.

**5.3. Extractor de Muestras (opcional).-** Puede ser una gata, estructura ú otro mecanismo adaptado con el propósito de extraer los especímenes compactados del molde.

**5.4. Balanza.-** Una balanza de tipo GP5 que reúna los requisitos de la Especificación ASTM D – 4753 8”Especificación, Evaluación, Selección y Elección de Balanzas y Escalas para uso en muestras de suelos y rocas”), para una aproximación de 1 gramo.

**5.5. Horno de Secado.-** Con control termostático preferiblemente del tipo de ventilación forzada, capaz de mantener una temperatura uniforme de  $230 \pm 9$  °F ( $110 \pm 5$  °C) a través de la cámara de secado.

**5.6. Regla.-** Una regla metálica, rígida de una longitud conveniente pero no menor que 10 pulgadas (254 mm). La longitud total de la regla recta debe ajustarse directamente a una tolerancia de  $\pm 0,005$  pulg ( $\pm 0,1$  mm). El borde de arrastre debe ser biselado si es más grueso que 1/8 pulg (3 mm).

**5.7. Tamices ó Mallas.-** De ¾ pulg (19,0 mm), 3/8 pulg (9,5 mm) y N° 4 (4,75mm), conforme a los requisitos de la especificaciones ASTM E11 (“Especificación para mallas metálicas con fines de ensayo”).

**5.8. Herramientas de Mezcla.-** Diversas herramientas tales como cucharas, mezclador, paleta, espátula, botella de spray, etc. ó un aparato mecánico apropiado para la mezcla completo de muestra de suelo con incrementos de agua.

## 6. MUESTRA DE ENSAYO

**6.1.** La muestra requerida para el Método A y B es aproximadamente 35 lbm (16 kg) y para el Método C es aproximadamente 65 lbm (29 kg) de suelo seco. Debido a esto, la muestra de campo debe tener una peso húmedo de al menos 50 lbm (23 kg) y 100 lbm (45 kg) respectivamente.

**6.2.** Determinar el porcentaje de material retenido en la malla N° 4 (4,75mm), 3/8pulg (9,5mm) ó 3/4pulg (19.0mm) 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 (MTC E – 204). Sólo es necesario para calcular los porcentajes para un tamiz ó tamices de las cuales la información es deseada.

## 7. PREPARACION DE APARATOS

7.1. 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 al 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.

7.2. Chequear que el ensamblado del pisón este en buenas condiciones de trabajo y que sus partes no estén flojas ó gastado. Realizar cualquier ajuste ó reparación necesario. Si los ajustes ó reparaciones son hechos, el martillo deberá volver a ser calibrado.

## 8. CALIBRACIÓN

8.1. Las calibraciones se harán antes de iniciar el ensayo, después de reparaciones ú otros casos que puedan afectar los resultados del ensayo, en intervalos no mayores que 1000 muestras ensayadas o anualmente, cualquiera que ocurra primero; para los siguientes aparatos.

8.1.2. **Balanza.**- Evaluar de acuerdo con especificaciones ASTM D4753.

8.1.3. **Moldes.**- Determinar el volumen como se describe en Anexo A1.

8.1.4. **Pisón Manual.**- Verifique la distancia de caída libre, masa del pisón y la cara del pisón de acuerdo con 6.2. Verificar los requisitos de la guía de acuerdo con 6.2.1.

8.1.5. **Pisón Mecánico.**- Calibre y ajuste el pisón mecánico de acuerdo al Método de Ensayo D-2168. Además, el espacio libre entre el pisón y la superficie interior del molde debe verificarse de acuerdo a 6.2.2.

## 9. PROCEDIMIENTO

### 9.1. SUELOS:

9.1.1. No vuelva a usar el suelo que ha sido compactado previamente en Laboratorio.

9.1.2. 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 9.2).

9.1.3. Preparar los especímenes del suelo para el ensayo de acuerdo al párrafo 9.2 (de preferencia) o con 9.3.

**9.2. Método de Preparación Húmeda (Preferido).**- Sin secado previo de la muestra, pásela a través del tamiz N° 4 (4,75 mm), 3/8 pulg (9,5 mm) ó ¾ pulg (19,0 mm), dependiendo del Método a ser usado (A, B ó C). Determine el contenido de agua del suelo procesado.

**9.2.1.** 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, por adiciones de 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 (ver 9.5). 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 tiende 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.

**9.2.2.** Usar aproximadamente 5 lbm (2,3 kg) del suelo tamizado en cada espécimen que se compacta empleando el Métodos A ó B; ó 13 lbm (5,9 kg) cuando se emplee el Método C. Para obtener los contenidos de agua del espécimen que se indica en 9.2.1, 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 140 °F (60 °C). Mezclar el suelo continuamente durante el proceso de secado para mantener la distribución del 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 ó seleccionado mediante el método de ensayo ASTM D-2488 ("Método de ensayo para la descripción o identificación de suelos") o mediante datos de otras muestras del mismo material de origen. Para ensayos de determinación, la clasificación deberá ser por Método ASTM D-2487 ("Método de ensayo para clasificación de Suelos").

**9.3. Método de Preparación Seca.**- 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 140 °F (60 °C). Disgregar por completo los grumos de tal forma de evitar moler las partículas individuales. Pasar el material por el tamiz apropiado: N°4 (4,75 mm), 3/8 pulg (9,5 mm) ó ¾ pulg (19,0 mm). Durante la

preparación del material granular que pasa la malla  $\frac{3}{4}$  pulg para la compactación en el molde de 6 pulgadas, disgregar o separar los agregados lo suficientemente para que pasen el tamiz  $\frac{3}{8}$  pulg de manera de facilitar la distribución de agua a través del suelo en el mezclado posterior.

**9.3.1.** Preparar mínimo cuatro (preferiblemente cinco) especímenes de acuerdo con 9.2.1.

**9.3.2.** Usar aproximadamente 5 lbm (2,3 kg) del suelo tamizado para cada espécimen a ser compactado cuando se emplee el Método A, B ó 13 libras (5,9 kg) 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 9.3.1. Seguir la preparación del espécimen por el procedimiento especificado en 9.2.2. para los suelos secos ó adición del agua en el suelo y el curado de cada espécimen de prueba.

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

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

**9.4.2.** 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 200 lbm (91kg). Asegurar el plato base a un cimiento rígido. El método de enlace ó unión al cimiento rígido debe permitir un desmolde fácil del molde ensamblado, el collar y el plato base después que se concluya la compactación.

**9.4.3.** 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 2 pulg (5 mm) 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  $\frac{1}{4}$ pulg (6 mm) de la parte superior del molde. Si la quinta capa se extiende en más de  $\frac{1}{4}$ pulg (6 mm) 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.

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



**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.

**9.4.5.** 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.

**9.4.6.** Después de la compactación de la última capa, remover el collar y plato base del molde, excepto como se especifica en 9.4.7. 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.

**9.4.7.** 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 despejado 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 mencionadas 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 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).

**9.4.8.** 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.

**9.4.9.** 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 gr del material de los lados cortados. Obtener el contenido de humedad de acuerdo al Método MTC E 108.

**9.5.** Después de la compactación del último espécimen, comparar los Pesos Unitarios Húmedos para asegurar que el patrón deseado de obtención de datos en cada lado del óptimo contenido de humedad sea alcanzado en la curva de compactación para cada Peso Unitario Seco y Plotear el Peso Unitario Húmedo y Contenido de Agua de cada espécimen compactado puede ser una ayuda para realizar esta evaluación. Si el patrón deseado no es obtenido, serán necesarios compactar

especímenes adicionales. Generalmente, un valor de contenido de agua mayor que el contenido de agua definido por el máximo Peso Unitario Húmedo es suficiente para asegurar los datos del lado más húmedo que el óptimo contenido de agua para el máximo Peso Unitario seco.

## 10. CALCULOS

**10.1.** Calcule el Peso Unitario Seco y Contenido de Agua para cada espécimen compactado como se explica en 10.3 y 10.4. 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 0,1 lbf /pie<sup>3</sup> (0,2 kN/m<sup>3</sup>) 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 máximo Peso Específico y óptimo contenido de Humedad corregido del material total usando la Norma ASTM D4718 ("Método de ensayo para la corrección del Peso Unitario y Contenido de Agua en suelos que contienen partículas sobredimensionadas"). Esta corrección debe realizarse en el espécimen de ensayo de densidad de campo, más que al espécimen de ensayo de laboratorio.

**10.2.** 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 10.5 (ver ejemplo, Fig.3).

**Nota 8:** La curva de saturación al 100% es una ayuda en el bosquejo de 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 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.

**10.3. Contenido de Agua, w.-** Calcular de acuerdo con Método de Ensayo MTC E 108.

**10.4. Peso Unitario Seco.-** Calcular la densidad húmeda (Ec 1), la densidad seca (Ec 2) y luego el Peso Unitario Seco (Ec 3) como sigue:

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

donde:

$\rho_m$	=	Densidad Húmeda del espécimen compactado	(Mg/m <sup>3</sup> )
$M_t$	=	Masa del espécimen húmedo y molde	(kg)
$M_{md}$	=	Masa del molde de compactación	(kg)
$V$	=	Volumen del molde de compactación	(m <sup>3</sup> ) (Ver Anexo A1)

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

donde:

$\rho_d$	=	Densidad seca del espécimen compactado	(Mg/m <sup>3</sup> )
$w$	=	contenido de agua	(%)

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

donde:

$$\gamma_d = \text{peso unitario seco del espécimen compactado.}$$

**10.5.** 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:

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

donde:

$W_{sat}$	=	Contenido de agua para una saturación completa (%).
$\gamma_w$	=	Peso unitario del agua 62,43 lbf/ pie <sup>3</sup> ó (9,807kN/m <sup>3</sup> ).
$\gamma_d$	=	Peso unitario seco del suelo.
Gs	=	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.

## 11. INFORME

11.1. Reportar la siguiente información:

11.1.1. Procedimiento usado (A, B o C).

11.1.2. Método usado para la preparación (húmedo ó seco).

11.1.3. El contenido de agua recibida, si se determinó.

11.1.4. El óptimo Contenido de Agua Modificado, con aproximación al 0,5%.

11.1.5. El Peso Unitario Seco Máximo, con aproximación a 0,5 lbf/pie<sup>3</sup>.

11.1.6. Descripción del Pisón (Manual ó Mecánico).

11.1.7. Datos del tamizado del suelo para la determinación del procedimiento (A, B ó C) empleado.

11.1.8. Descripción o Clasificación del material usado en la prueba.

11.1.9. Gravedad Específica y Método de Determinación.

11.1.10. Origen del material usado en el ensayo, por ejemplo, proyecto, localización, profundidad y similares.

11.1.11. La Curva de Compactación mostrando los puntos de compactación utilizados para establecerla y la curva de 100% saturación, el punto de Peso Unitario Seco Máximo y Optimo Contenido de Agua.



11.1.12. El dato de Corrección por Fracción Sobredimensionada si es usado, incluyendo la fracción sobredimensionada (Fracción Gruesa),  $P_c$  en %.

## 12.PRECISIÓN Y CONFIABILIDAD

12.1. **Precisión.-** Los datos son evaluados para determinar la precisión de este ensayo.

12.2. **Confiabilidad.-** No es posible obtener la información sobre la confiabilidad por que no existe otros métodos de determinación de valores de máximo Peso Unitario Seco Modificada y Optimo Contenido de Humedad.

## A N E X O

### (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 6, los siguientes ítems son requeridos:

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

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

**A1.2.1.3. Platos de Plástico ó Vidrio**, Dos platos de vidrio o plástico de 8 pulg.<sup>2</sup> por 1/4 pulg. de espesor (200 por 200 mm por 6 mm).

**A1.2.1.4. Termómetro**, de un rango de 0-50 °C, con graduaciones cada 0,5 °C, de acuerdo a las Especificaciones ASTM E1.

**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 9.4.7., 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 0,01 lb-m (1 g) y registrar.

**A1.4.1.3.** Colocar el molde y la base del plato en una superficie firme y plana 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.

**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 0,01 lb-m (1 g).

**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 0,0001 pie<sup>3</sup> (1 cm<sup>3</sup>).

**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, 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 0,001 pulgadas (0,02 mm).

**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 a 0,001 pulg. (0,02 mm).

**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 0,0001 pie<sup>3</sup> (1 cm<sup>3</sup>) utilizando la ecuación A1a (para pulgadas-pies) ó A1b (para SI):

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

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

donde:

V	=	Volumen de molde, pie <sup>3</sup> (cm <sup>3</sup> )
h	=	promedio de altura, pulg. (mm)
d <sub>t</sub>	=	promedio de diámetro de la parte superior, pulg. (mm)
d <sub>b</sub>	=	promedio de diámetro de la parte inferior, pulg. (mm)
1/1728	=	constante para convertir pulg <sup>3</sup> a pie <sup>3</sup>
1/10 <sup>3</sup>	=	constante para convertir mm <sup>3</sup> a cm <sup>3</sup>

**A1.5. Comparación de Resultados**

**A1.5.1.** El volumen obtenido por otro método deben estar dentro de los requisitos de tolerancia de 5.1.1. y 5.1.2.



**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 éstos 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 10.4).

**Tabla N°01**

**Tiempos establecidos y requeridos para humedecimiento 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 N°02

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 5/8	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 5/8	168,30
6 ¾	171,40
8 ¼	209,60

pie <sup>3</sup>	cm <sup>3</sup>
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

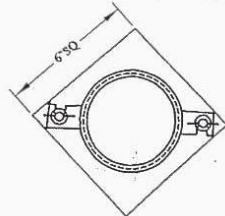
Temperatura °C (°F)	Densidad del Agua g/ml
18 (64,4)	0,99862
19 (66,2)	0,99843
20 (68,0)	0,99823
21 (69,8)	0,99802
22 (71,6)	0,99779
23 (73,4)	0,99756
24 (75,2)	0,99733
25 (77,0)	0,99707
26 (78,8)	0,99681

## REFERENCIA NORMATIVA

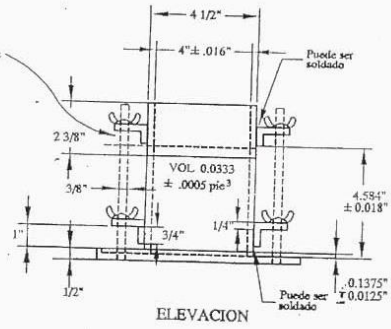
ASTM	D 1557
------	--------



Como alternativa al parante de longitud completa, puede utilizarse un parante de 2 1/2" x 3/8"  
El collar puede fijarse mediante una cartela ranurada sujeta al collar y un pasador en el molde



PLANTA

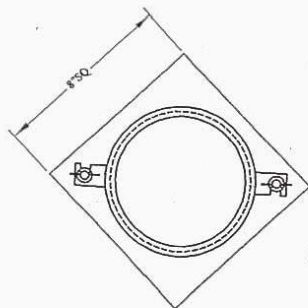


ELEVACION

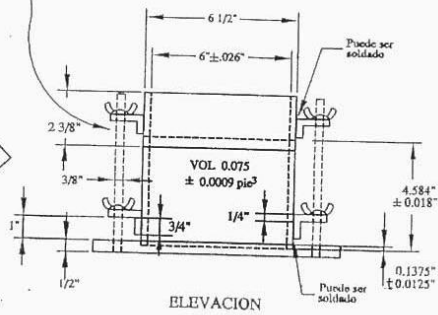
VER TABLA 2 PARA EQUIVALENTES METRICOS

FIGURA 1 Molde cilindrico, 4,0 pulg

Como alternativa al parante de longitud completa, puede utilizarse un parante de 2 1/2" x 3/8"  
El collar puede fijarse mediante una cartela ranurada sujeta al collar y un pasador en el molde



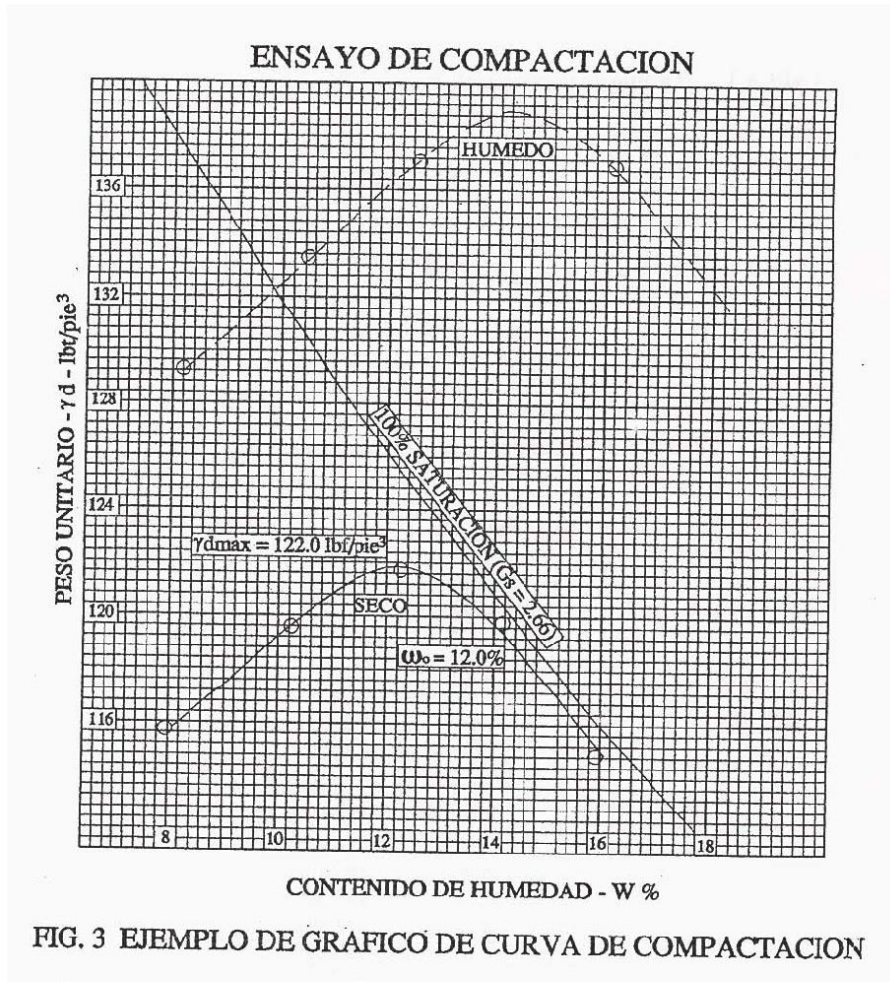
PLANTA



ELEVACION

VER TABLA 2 PARA EQUIVALENTES METRICOS

FIGURA 2 Molde cilindrico, 6,0 pulg



**CBR DE SUELOS (LABORATORIO)****MTC E 132 - 2000**

Este Modo Operativo está basado en las Normas ASTM D 1883 y AASHTO T 193, las mismas que se han adaptado al nivel de implementación y a las condiciones propias de nuestra realidad. Cabe indicar que este Modo Operativo está sujeto a revisión y actualización continua.

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.

**1. OBJETIVO**

**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.

**1.2** 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.

**1.3** Este modo operativo hace referencia a los ensayos para determinación de las relaciones de Peso Unitario - Humedad, usando un equipo modificado.

**2. APARATOS Y MATERIALES**

**2.1** 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 2.7.

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.

**2.2** 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.

2.3 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.

2.4 Pisón de compactación como el descrito en el modo operativo de ensayo Proctor Modificado, (equipo modificado).

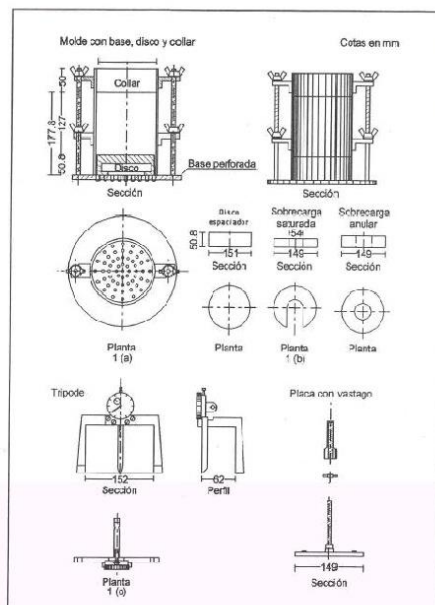


Figura 1.

2.5 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).

**2.6** 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  $5 \frac{7}{8}$ " a  $5 \frac{15}{16}$ " (149,23 mm a 150,81 mm) en diámetro; además de tener la pesa, anular un agujero central de  $2 \frac{1}{8}$ " aproximado (53,98 mm) de diámetro.

**2.7** Pistón de penetración, metálico de sección transversal circular, de  $49.63 \pm 0,13$  mm ( $1,954 \pm 0,005$ " de diámetro, área de  $19.35 \text{ cm}^2$  ( $3 \text{ pulg}^2$ ) y con longitud necesaria para realizar el ensayo de penetración con las sobrecargas precisas de acuerdo con el numeral 3.4, pero nunca menor de 101.6 mm (4").

**2.8** 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.

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

**2.10** Estufa, termostáticamente controlada, capaz de mantener una temperatura de  $110 \pm 5$  °C ( $230 \pm 9$  °F).

**2.11** Balanzas, una de 20 kg de capacidad y otra de 1000 g con sensibilidades de 1 g y 0.1 g, respectivamente.

**2.12** Tamices, de 4.76 mm (No. 4), 19.05 mm ( $3/4$ ") y 50,80 mm (2").

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

### 3. PROCEDIMIENTO

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.

**3.1 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



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 (No. 4), 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.

**3.2** 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, idem 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 rellena 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.

**3.3 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 (5,5 lb) correspondientes a una pesa. En ningún caso, la sobrecarga total será menor de 4,54 kg (10 lb) (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 (10 lb) de sobrecarga.

Se toma la primera lectura para medir el hinchamiento colocando el tripode 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 tripode 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 periodo 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.

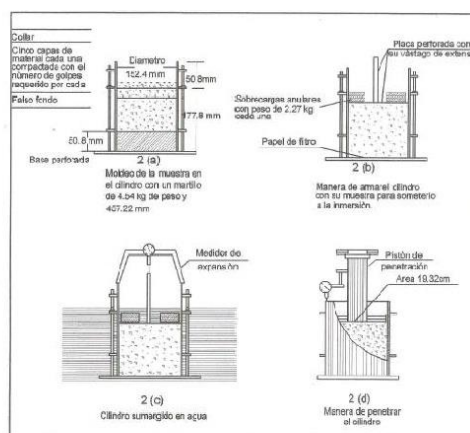


Figura 2. Determinación del valor de la reacción de soporte en el laboratorio

**3.4 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 (10 lb). 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 añádele 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.

#### 4. CÁLCULOS

**4.1** 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

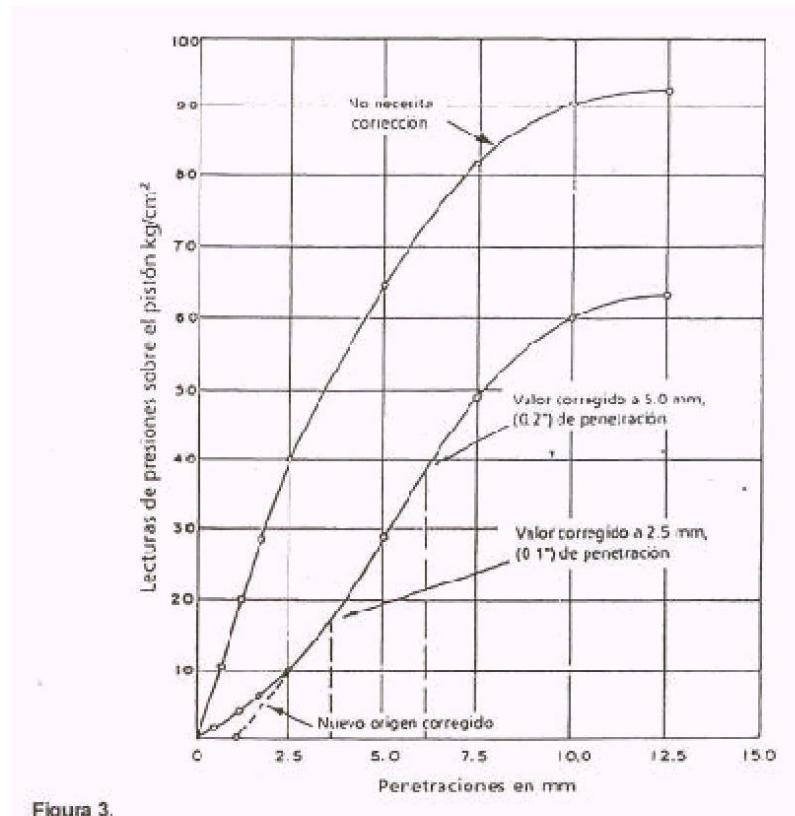
**4.2** Densidad o peso unitario. La densidad se calcula a partir del peso del suelo antes de sumergirlo y de su humedad, de la misma forma que en los métodos de ensayo citados. Proctor normal o modificado, para obtener la densidad máxima y la humedad óptima.

**4.3** 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 3.2 y 3.4); 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.

**4.4** 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)

**4.5** Expansión. La expansión se calcula por la diferencia entre las lecturas del deformímetro antes y después de la inmersión, numeral 3.2. 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:

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

Siendo

- $L_1$  = Lectura inicial en mm.  
 $L_2$  = Lectura final en mm.

**4.6** 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 <sup>2</sup>	kgf/cm <sup>2</sup>	lb/plg <sup>2</sup>
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:

- 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.
- De la curva corregida tórnense 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/plg<sup>2</sup>) y 10,3 MPa (1500 lb/plg<sup>2</sup>) 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.

##### 5. 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 ( $7,0" \pm 0,16"$ ) 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.

## 6. INFORME

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.).

## 7. CORRESPONDENCIA CON OTRAS NORMAS

ASTM	D 1883
AASHTO	T 193

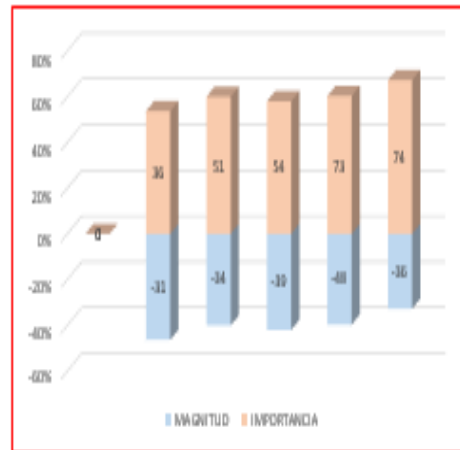


# **ANEXO N°11: MATRIZ DE IMPACTO AMBIENTAL.**

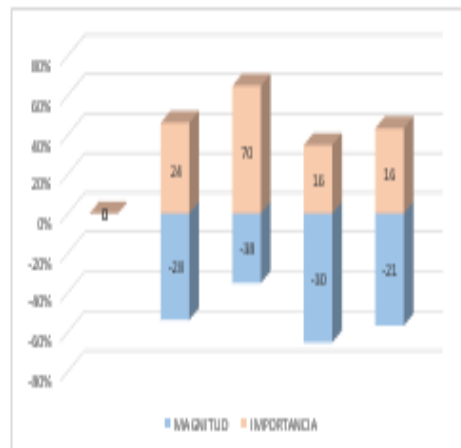


Representación gráfica del NÚMERO DE IMPACTOS FAVORABLES Y DESFAVORABLES

	CON PROYECTO	
	MAGNITUD DE	IMPORTANCIA
OBRAS PRELIMINARES	-21	36
MOVIMIENTO DE TIERRA(ENCAVACIÓN)	-34	51
CORTE HASTA NIVEL SUBRASANTE	-39	54
REMOCIÓN DE SUBRASANTE PARA APLICACIÓN DEL ADIT	-48	73
COMPACTACIÓN Y CONFORMACIÓN DE LA SUBRASANTE	-36	74
	-188	288



	SIN PROYECTO	
	MAGNITUD DE	IMPORTANCIA
QUEMA DE BASURA	-28	24
DESBORDE DE DRENES	-38	70
POLVO EN SUSPENSIÓN	-30	16
ADICIÓN DE BOLSAS DE POLIETILENO (PLÁSTICAS)	-21	16
	-117	126



CON PROYECTO						
FACTORES	IMPACTOS					
	O.P	ENC.	CORT.	REMOV.	COMPACT.	
Contaminación por partículas	-6	-2	-2	-2	-2	-14
Ruido y Vibraciones	-6	-2	-2	-3	1	-12
Emisiones por maquinarias y equipos	-5	-3	-3	-3	-1	-15
Pérdida de Suelo	-7	-1	-1	-2	-2	-13
Disminución de la vegetación aledaña	-7	-6	-7	-5	-5	-30
Estético/Paisajístico	-5	-5	-5	-5	-4	-24
Generación de empleo	5	5	5	5	5	25

### **Incremento Emisiones por Maquinarias y Equipos: PST**

O.P. -5: Causa menor emisión de debido a qes por un corto periodo.

EXC. -3: Ya que estas emisiones tienen un impacto medio sobre el medio ambiente, y solo afectan durante un corto periodo de tiempo.

CORT. -3: Estas emisiones se dan durante cortos periodos de tiempo.

REMOV. -3: Este efecto no dura mucho tiempo en desaparecer.

COMPACT.: La reversibilidad se da a corto plazo gracias a su facil dispersion en el aire.

### **Contaminacion por particulas**

O.P. -6 Es temporal debido a que solo ocurre en un determiando tiempo es por ello que no genera gran impacto.

EXC. -2: Grado de daño medio, genera particulas contaminantes pero en un plazo.

CORT. -2:Grado de daño medio, genera particulas contaminantes pero en un plazo.

REMOV. -2: Es temporal el daño, genera particulas contaminantes en un periodo a corto plazo.

COMPACT. -2: Grado de daño medio, genera particulas contaminantes hasta finalizar los trabajos.

### **Perdida de Suelo**

O.P. -7: Es puntual, porque el impacto ocasionado es preñado y no afecta gran parte del área

EXC. -1: Grado de destrucción media, ya que se requiere realizar trabajos sobre un terreno transitable.

CORT. -1: Grado de sevidad media debido a la profundidad extraida.

REMOV. -2: Grado de severidad media debido a la cantidad de tierra extraida.

COMPACT. -2: Reversible, puede volver a condiciones iniciales a corto plazo .

### **Ruido y vibraciones**

O.P. -6: Es temporal solo hasta iniciar con lo programado.

EXC. -2: Grado de seeridad media, ya que se genera por las maquinas.

CORT. -2: Grado de sevidad media, genrada a una profundidad considerable.

REMOV. -3: No generara mucho malestar ya que es temporal.

COMPACT. 1: Aqui si generara un impacto mayor y a la poblacion debido al trabajo a relizar .

### **Disminucion de vegetacion aledaña**

O.P -7: Es simple pues no va a generar mayores impactos, y la remocion no conlleva efectos adversos ya que el area es pequeña.

EXC. -6: No causara daños mayores debido a que solo se realizara en un area especifico.

CORT. -7: Impacto no grave ya que no afectara a la vegetacion.

REMOV. -5: Es temporal, pues la vegetacion ribereña despues de finalizada la fase de instalacion puede llegar a recuperar se

COMPACT. -5: se toma el valor minimo, ya que la vegtacion podra volver a sus condiciones inciales.

### **Generacion de empleo**

O.P 5: Acumulativo, ya que no solo se necesitaria el personal dentro de la construccion, sino que ademas se necesitan transportadores, conductores y otros empleados se veran beneficiados por la obra.

EXC. 5: Es parcial pues como se menciona anteriormente otros empleados se veran beneficiados, y no necesariamente son pobladores locales.

CORT. 5: El grado de beneficio es medio, pues la obra a pesar de generar empleo, este solo se da durante un periodo de tiempo determinado.

REM. 5: Es temporal, pero genera empleo mientras dure los trabajos.

COMPACT. 5: El empleo durara hasta cuando finalice la obra.

### **Estetico / Paisajistico**

O.P -5: Es temporal hasta que se inicie con los trabajos.

EXC. -5: Es parcial pues como se menciona anteriormente sera durante un periodo determinado.

CORT. -5: Es de un nivel bajo debido a durara hasta un determinado tiempo.


REM. -5: Es temporal, y no afectara a la poblacion.

COMPACT. -4: Es bajo impacto ya que se recuperara el terreno en mejora de los transeuntes.

# **ANEXO N°12: PLANO.**



**ANEXO N°13:**  
**ACTA DE APROBACIÓN**  
**DE ORIGINALIDAD DE**  
**TESIS.**

	<b>ACTA DE APROBACIÓN DE ORIGINALIDAD DE TESIS</b>	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 DEL CENTRO POBLADO SAN LUIS CON ADICIÓN DE BOLSAS DE POLIETILENO A NIVEL SUBRASANTE, DISTRITO SANTA - ÁNCASH 2019", de las estudiantes Fiorela Jacqueline Alba Mendoza y Miluska Jackelin Hernandez Hernandez, constato que la investigación tiene un índice de similitud de 22% 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

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





UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

Estabilización del Suelo del Centro Poblado San Luis con adición de Bolsas de Polietileno a Nivel Subrasante, Distrito Santa - Ancash 2019

TESIS PARA OBTENER EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO CIVIL

AUTORES:

Florencia Jacqueline Alba Mendoza (ORCID: 0000-0001-7734-7481)

Miluska Jackelin Hernández Hernández (ORCID: 0000-0003-4596-4438)

ASesor:

Miguel Fernández Villanilla Ferrero (ORCID: 0000-0003-3336-4786)

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Diseño de Infraestructura Vial

CHIMBOTE - PERÚ

2019

*Ing. José Muñoz Arana*

Resumen de coincidencias

22%

- 1 Entregado a Universida... 20%  
Trabajo del estudiante
- 2 Entregado a Universida... <1%  
Trabajo del estudiante
- 3 repositorio.uncp.edu.pe <1%  
Fuente de Internet
- 4 repositorio.ucv.edu.pe <1%  
Fuente de Internet
- 5 cybertesis.uni.edu.pe <1%  
Fuente de Internet
- 6 repositorio.upn.edu.pe <1%  
Fuente de Internet
- 7 Entregado a Universida... <1%  
Trabajo del estudiante
- 8 www.tvwbuende.de <1%  
Fuente de Internet
- 9 "Industrial news", Cryo... <1%  
Publicación
- 10 Entregado a Universida... <1%

**ANEXO N°14:  
AUTORIZACIÓN PARA  
LA PUBLICACIÓN DE  
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)

Alba Mendoza Fiorela Jacqueline
D.N.I. : 70860974
Domicilio : AA.HH. Las Porceñas Mz-C Lt-15
Teléfono : Fijo : Móvil : 942690341
E-mail : fiorela.02@hotmail.com

2. IDENTIFICACIÓN DE LA TESIS

Modalidad:

[X] Tesis de Pregrado

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

[ ] Tesis de Post Grado

[ ] Maestría

[ ] Doctorado

Grado :
Mención :

3. DATOS DE LA TESIS

Autor (es) Apellidos y Nombres:

Alba Mendoza Fiorela Jacqueline
Hernandez Hernandez Miluska Jackelin

Título de la tesis:

Estabilización del suelo del Centro Poblado San Luis con Adición
de Bolsas de Polietileno a Nivel Subrasante, Distrito Santa-
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.

[X]
[ ]

No autorizo a publicar en texto completo mi tesis.

Firma : [Signature]

Fecha : 09/07/20





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)

HERNANDEZ HERNANDEZ MILSKA SACKELIN
D.N.I. : 78011039
Domicilio : Urb. LOS HEROES HZ. 02 LT 4
Teléfono : Fijo : 043405460 Móvil : 947156461
E-mail : milska.hernandez@hotmail.com

2. IDENTIFICACIÓN DE LA TESIS

Modalidad:

[X] Tesis de Pregrado

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

[ ] Tesis de Post Grado

[ ] Maestría

[ ] Doctorado

Grado :
Mención :

3. DATOS DE LA TESIS

Autor (es) Apellidos y Nombres:

HERNANDEZ HERNANDEZ MILSKA SACKELIN
ALBA MENDOZA FIORELA JACQUELINE

Título de la tesis:

ESTABILIZACIÓN DEL SUELO DEL CENTRO POBLADO SAN LUIS CON ADICIÓN DE BOSAS DE POLIETILENO A NIVEL SUPERFICIE DISTRITO SANTA ANCAS H.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°15:  
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:

ALBA MENDOZA, FIORELA JACQUELINE

---

INFORME TÍTULADO:

ESTABILIZACIÓN DEL SUELO DEL CENTRO POBLADO SAN LUIS CON ADICIÓN DE BOLSAS DE  
POLIETILENO A NIVEL SUBRASANTE, DISTRITO SANTA-ANCASH 2019

---

PARA OBTENER EL TÍTULO O GRADO DE:

INGENIERA 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:

HERNANDEZ HERNANDEZ, MILUSKA JACKELIN

---

INFORME TÍTULADO:

ESTABILIZACIÓN DEL SUELO DEL CENTRO POBLADO SAN LUIS CON ADICIÓN DE BOLSAS DE  
POLIETILENO A NIVEL SUBRASANTE, DISTRITO SANTA-ANCASH 2019

---

PARA OBTENER EL TÍTULO O GRADO DE:

INGENIERA CIVIL

---

SUSTENTADO EN FECHA: 09/07/2019

NOTA O MENCIÓN: 16



Mg. GONZALO H. DÍAZ GARCÍA

ENCARGADO DE INVESTIGACIÓN DE E.P. INGENIERÍA CIVIL