



**UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO**

**FACULTAD DE INGENIERÍA**

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL**

“Evaluación del Material de Afirmado, de las Canteras Pampa La Colina -  
Guadalupito y San Pedrito - Samanco, Con Fines de Pavimentación -  
Propuesta de Mejoramiento – Ancash - 2018”

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

**AUTOR:**

Cristoffer Diego Stiff Romero Figueroa

**ASESORA:**

Mgtr. Erika Magaly Mozo Castañeda

**LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:**

Administración y Seguridad en la Construcción

**NUEVO CHIMBOTE – PERÚ**

**2018**

## PAGINA DE JURADO

Los miembros del jurado:

En cumplimiento del reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Cesar Vallejo damos conformidad para la sustentación de la Tesis Titulada "**Evaluación del Material de Afirmado, de las Canteras Pampa La Colina – Guadalupito y San Pedrito – Samanco, Con Fines de Pavimentación – Propuesta de Mejoramiento – Ancash – 2018**", la misma que debe ser defendida por el tesista: Cristoffer Diego Stiff Romero Figueroa aspirante a obtener el título Profesional de Ingeniero Civil.

Nuevo Chimbote, 12 de Julio del 2018



Dr. Rigoberto Cerna Chávez  
PRESIDENTE



Mgtr. Erika Magaly Mozo Castañeda  
SECRETARIO



Ing. Carlos Santo Mantilla Jacobo  
VOCAL

## **DEDICATORIA**

### **A mis Padres.**

Arquímedes y Marleny, por haberme apoyado en todo momento, por aconsejarme para tomar las mejores decisiones, por los valores y por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien

### **A mis Hermanos.**

Melissa y Cristian, por haberme sido mi fuente de inspiración para cumplir mis metas, por considerarme como su ejemplo y por sobre todo por su amor incondicional.

### **A mis Abuelitos.**

Marcial y Felix, por los ejemplos de perseverancia y constancia que lo caracterizan y que me ha infundado siempre, por el valor mostrado para salir adelante y por su amor.

## **AGRADECIMIENTO**

### **A Dios.**

Por brindarme salud y fortaleza en todo momento, y permitirme realizar este proyecto.

### **A mi Familia.**

A mis padres por su apoyo incondicional, su esfuerzo y motivación que siempre me han brindado; a mis abuelitos por siempre creer en mí y sus consejos diarios, de igual manera para mis tíos quienes de una u otra manera siempre estuvieron presentes en mi vida académica, y por últimos mis pequeños hermanos por su inmenso amor.

### **A mis docentes Académicos.**

Especialmente a la Mgtr. Erika y Dr. Rigoberto por los conocimientos brindados durante todos los años de estudio, además por su paciencia para educarme, enseñarme y motivarme a realizar este proyecto de tesis.

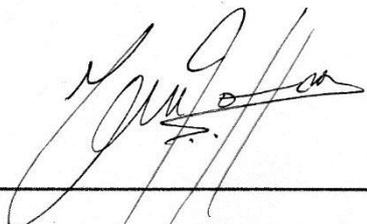
## DECLARACION DE AUTENTICIDAD

Yo, Cristoffer Diego Stiff Romero Figueroa con DNI: N° 70663597, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el reglamento de Grado y Títulos de la universidad Cesar Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Civil, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño es verás 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 corresponde ante cualquier falsedad, ocultamiento u omisión tanto de los documentos como la información aportada, por lo cual me doblego a los dispuesto en las normas académicas de la Universidad Cesar Vallejo.

Nuevo Chimbote, 12 de Julio del 2018



---

Cristoffer Diego Stiff Romero Figueroaa

DNI: N°70663597

## PRESENTACIÓN

Señores miembros del jurado:

Cumpliendo con las disposiciones vigentes establecidas por el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Cesar Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela de Ingeniería Civil, someto a vuestro criterio profesional la evaluación del presente trabajo de investigación titulado: “Evaluación del Material de Afirmando, de las Canteras Pampa La Colina – Guadalupito y San Pedrito – Samanco, Con Fines de Pavimentación – Propuesta de Mejoramiento – Ancash – 2018”.

En el primer capítulo se desarrolla la introducción que abarca la realidad problemática, antecedentes, teorías relacionadas al tema, formulación del problema, justificación y objetivos de la presente tesis de investigación.

En el segundo capítulo se describe la metodología de la investigación, es decir el diseño de la investigación, variable y su operacionalización, población y muestra, técnicas e instrumentos de recolección de datos que se empleó y su validez y confiabilidad realizada por tres jueces expertos en mesa.

En el tercer capítulo se expondrán los resultados obtenidos de la evaluación realizada por la tesista para dar solución al problema presentado.

En el cuarto capítulo, se discutirá los resultados llegando a conclusiones objetivas y recomendaciones para futuras investigaciones.

Asimismo, el presente estudio es elaborado con el propósito de obtener el título profesional de ingeniería civil.

Con la convicción que se me otorga el valor justo y mostrando apertura a sus observaciones agradezco por anticipado las sugerencias y apreciaciones que se brinden a la presente investigación.

## ÍNDICE

PAGINA DE JURADO .....	ii
DEDICATORIA .....	iii
AGRADECIMIENTO .....	iv
DECLARACION DE AUTENTICIDAD .....	v
PRESENTACIÓN.....	vi
RESUMEN .....	xiv
ABSTRACT.....	xv
I. INTRODUCCIÓN.....	16
1.1. Realidad problemática .....	16
1.2. Trabajos previos .....	18
1.3. Teorías relacionadas al tema .....	19
1.3.1. Material de afirmado .....	19
1.3.1.1. Definición .....	19
1.3.1.2. Propiedades del material de afirmado .....	20
1.3.2. Cantera.....	25
1.3.2.1. Definición .....	25
1.3.2.2. Clasificación .....	26
1.3.3. Pavimento .....	28
1.3.3.1. Definición .....	28
1.3.3.2. Estructura.....	28
1.4. Formulación del problema.....	30
1.5. Justificación del estudio .....	30
1.6. Hipótesis .....	30
1.7. Objetivos.....	30
1.7.1. Objetivo general .....	30
1.7.2. Objetivos específicos.....	31

II. MÉTODO.....	31
2.1. Diseño de investigación .....	31
2.2. Variables y operalización .....	31
2.2.1. Variables .....	31
2.2.2. Operalización de las variables .....	32
2.3. Población y muestra.....	33
2.3.1. Población.....	33
2.3.2. Muestra .....	33
2.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos, validez y confiabilidad.....	33
2.4.1. Técnicas .....	33
2.4.2. Instrumentos de recolección de datos .....	33
2.5. Métodos de análisis de datos.....	34
2.6. Aspectos éticos .....	35
III. RESULTADOS .....	36
3.1. Propiedades físicas del material de afirmado .....	36
3.1.1. Cantera Pampa La Colina - Guadalupe .....	36
3.1.1.1. Granulometría del material de afirmado .....	36
3.1.1.2. Humedad del material de afirmado.....	37
3.1.1.3. Plasticidad del material de afirmado.....	38
3.1.1.4. Equivalente de arena del material de afirmado .....	39
3.1.2. Cantera San Pedrito – Samanco .....	40
3.1.2.1. Granulometría del material de afirmado .....	40
3.1.2.2. Humedad del material de afirmado.....	41
3.1.2.3. Plasticidad del material de afirmado.....	42
3.1.2.4. Equivalente de arena del material de afirmado .....	43
3.2. Propiedades mecánicas del material de afirmado .....	44

3.2.1.	Cantera Pampa La Colina – Guadalupito.....	44
3.2.1.1.	Resistencia a la Abrasión del material de afirmado .....	44
3.2.1.2.	Capacidad de soporte - CBR.....	45
3.2.2.	Cantera San Pedrito – Samanco.....	47
3.2.2.1.	Resistencia a la Abrasión del material de afirmado .....	47
3.2.2.2.	Capacidad de soporte - CBR.....	48
3.3.	Análisis general de las propiedades físicas y mecánicas del material de afirmado.....	50
3.3.1.	Cantera Pampa La Colina – Guadalupito.....	50
3.3.2.	Cantera San Pedrito – Samanco.....	51
3.4.	Comparación de las propiedades físicas y mecánicas del material de afirmado de las canteras Pampa la Colina – Guadalupito y San Pedrito - Samanco .....	52
3.5.	Propuesta de Mejoramiento del material de Afirmado .....	53
3.5.1.	Cantera Pampa La Colina – Guadalupito.....	53
3.5.1.1.	Resistencia a la Abrasión.....	53
3.5.2.	Cantera San Pedrito – Samanco .....	54
3.5.2.1.	Índice de Plasticidad .....	54
3.5.2.2.	Capacidad de Soporte – CBR .....	55
3.5.3.	Análisis de costos de la Propuesta de Mejoramiento .....	57
3.5.3.1.	Cantera Pampa La Colina - Guadalupito .....	58
3.5.3.2.	Cantera Pampa San Pedrito – Samanco.....	60
IV.	DISCUSIÓN .....	62
V.	CONCLUSIONES.....	65
VI.	RECOMENDACIONES .....	67
VII.	REFERENCIAS.....	68
	ANEXOS.....	71
	Anexo 01: Matriz de consistencia.....	73

Anexo 02: Instrumentos de recolección de datos .....	77
Anexo 03: Certificados .....	90
Anexo 04: Planos de ubicación .....	114
Anexo 05: Normas y especificaciones .....	118
Anexo 05: Panel fotográfico .....	184

## **ÍNDICE DE TABLAS**

<b>TABLA N° 01:</b> OPERALIZACIÓN DE VARIABLES.....	32
<b>TABLA N° 02:</b> RESUMEN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL MATERIAL DE AFIRMADO DE LA CANTERA PAMPA LA COLINA – GUADALUPITO.....	50
<b>TABLA N° 03:</b> RESUMEN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL MATERIAL DE AFIRMADO DE LA CANTERA SAN PEDRITO – SAMANCO.....	51

## **ÍNDICE DE IMÁGENES**

<b>GRÁFICO N° 01:</b> CURVA GRANULOMÉTRICA DEL MATERIAL QUE PASA POR UN DETERMINADO TAMAÑO DE TAMIZ EN MM – CANTERA PAMPA LA COLINA –GUADALUPITO.....	36
<b>GRÁFICO N° 02:</b> LÍMITE LÍQUIDO DEL MATERIAL DE AFIRMADO DE LA CANTERA PAMPA LA COLINA – GUADALUPITO.....	37
<b>GRÁFICO N° 03:</b> ÍNDICE DE PLASTICIDAD DEL MATERIAL DE AFIRMADO DE LA CANTERA PAMPA LA COLINA – GUADALUPITO.....	38
<b>GRÁFICO N° 04:</b> EQUIVALENTE DE ARENA DEL MATERIAL DE AFIRMADO DE LA CANTERAS PAMPA LA COLINA – GUADALUPITO.....	39
<b>GRÁFICO N° 05:</b> CURVA GRANULOMÉTRICA DEL MATERIAL QUE PASA POR UN DETERMINADO TAMAÑO DE TAMIZ EN MM – CANTERA PAMPA SAN PEDRITO – SAMANCO.....	40
<b>GRÁFICO N° 06:</b> LÍMITE LÍQUIDO DEL MATERIAL DE AFIRMADO DE LA CANTERA SAN PEDRITO – SAMANCO.....	41

<b>GRÁFICO N° 07:</b> ÍNDICE DE PLASTICIDAD DEL MATERIAL DE AFIRMADO DE LA CANTERA SAN PEDRITO – SAMANCO.....	42
<b>GRÁFICO N° 08:</b> EQUIVALENTE DE ARENA DEL MATERIAL DE AFIRMADO DE LA CANTERA SAN PEDRITO – SAMANCO.....	43
<b>GRÁFICO N° 09:</b> RESISTENCIA A LA ABRASIÓN O DESGASTE LOS ANGELES DEL MATERIAL DE AFIRMADO DE LA CANTERA PAMPA LA COLINA – GUADALUPITO.....	44
<b>GRÁFICO N° 10:</b> ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO DE LA CANTERA PAMPA LA COLINA – GUADALUPITO.....	45
<b>GRÁFICO N° 11:</b> CAPACIDAD DE SOPORTE – CBR DEL MATERIAL DE AFIRMADO DE LA CANTERA PAMPA LA COLINA – GUADALUPITO.....	46
<b>GRÁFICO N° 12:</b> RESISTENCIA A LA ABRASIÓN O DESGASTE LOS ANGELES DEL MATERIAL DE AFIRMADO DE LA CANTERA SAN PEDRITO – SAMANCO.....	47
<b>GRÁFICO N° 13:</b> ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO DE LA CANTERA SAN PEDRITO – SAMANCO.....	48
<b>GRÁFICO N° 14:</b> CAPACIDAD DE SOPORTE – CBR DEL MATERIAL DE AFIRMADO DE LA CANTERA SAN PEDRITO – SAMANCO.....	49
<b>GRÁFICO N° 15:</b> PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL MATERIAL DE AFIRMADO DE LAS CANTERAS PAMPA LA COLINA - GUADALUPITO Y SAN PEDRITO – SAMANCO.....	55
<b>GRÁFICO N° 16:</b> RESISTENCIA A LA ABRASIÓN O DESGASTE LOS ANGELES DEL MATERIAL DE AFIRMADO DE LA CANTERA PAMPA LA COLINA – GUADALUPITO, CON ADICIÓN DE 15% DE GRAVA DE LA CANTERA SAN PEDRITO A UNA MUESTRA DE 20 KG.....	52
<b>GRÁFICO N° 17:</b> ÍNDICE DE PLASTICIDAD DEL MATERIAL DE AFIRMADO DE LA CANTERA SAN PEDRITO – SAMANCO, CON ADICIÓN DE 3% DE ARCILLA A UN MUESTRA DE 35 KG DE AFIRMADO.....	54

**GRÁFICO N° 18:** ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO DE LA CANTERA SAN PEDRITO – SAMANCO CON ADICIÓN DE 3% DE ARCILLA A UN MUESTRA DE 35 KG DE AFIRMADO.....55

**GRÁFICO N° 19:** CAPACIDAD DE SOPORTE – CBR DEL MATERIAL DE AFIRMADO DE LA CANTERA SAN PEDRITO – SAMANCO CON ADICIÓN DE 3% DE ARCILLA EN BASE A UN MUESTRA DE 35 KG DE AFIRMADO.....56

### ÍNDICE DE IMAGENES

**IMAGEN 01:** Recojo de Muestra de Material de Afirmado de la Cantera “Pampa La Colina - Guadalupito”.....184

**IMAGEN 02:** Recojo de Muestra de Material de Afirmado de la Cantera “San Pedrito – Samanco.....184

**IMAGEN 03:** Ensayo granulométrico del material de afirmado de las Canteras Pampa La Colina – Guadalupto y San Pedrito – Samanco.....185

**IMAGEN 04:** Ensayo de Limite Líquido del material de afirmado de las canteras Canteras Pampa La Colina – Guadalupto y San Pedrito – Samanco.....185

**IMAGEN 05:** Muestra humedecida colocada en la copa de Casa Grande de la Cantera Pampa La Colina – Guadalupito.....186

**IMAGEN 06:** Muestra humedecida colocada en la copa de Casa Grande de la Cantera San Pedrito – Samanco.....186

**IMAGEN 07:** Ensayo de Equivalente de arena para el material de afirmado de las canteras Pampa La Colina – Guadalupito y San Pedrito – Samanco.....187

**IMAGEN 08:** Muestra pasada por el tamiz #4 del material de Afirmado de la Cantera “Pampa La Colina - Guadalupito” .....187

**IMAGEN 09:** Muestra pasada por el tamiz #4 del material de Afirmado de la Cantera “San Pedrito – Samanco para ensayo de Abrasión.....188

**IMAGEN 10:** Tambor Los Ángeles para ensayo de Resistencia a la Abrasión de la muestra del material de afirmado de las canteras Pampa La Colina – Guadalupito y San Pedrito – Samanco.....188

<b>IMAGEN 11:</b> Muestra pasada por el tamiz #4 del material de Afirmado de la Cantera Pampa La Colina – Guadalupito para ensayo de CBR .....	189
<b>IMAGEN 12:</b> Muestra pasada por el tamiz #4 del material de Afirmado de la Cantera San Pedrito – Samanco, para ensayo de CBR.....	189
<b>IMAGEN 13:</b> Muestra de grava retenida por el tamiz #40 del material de Afirmado de la Cantera San Pedrito, para adición y mejoramiento del material de afirmado de Cantera Pampa La Colina.....	190
<b>IMAGEN 14:</b> Muestra de arcilla, para adición y mejoramiento del material de afirmado de Cantera San Pedrito.....	190
<b>IMAGEN 15:</b> Muestra en molde CBR del material de afirmado de la Cantera San Pedrito- Samanco, expuesta al agua durante 4 días.....	191
<b>IMAGEN 16:</b> Muestra en molde CBR del material de afirmado de la Cantera Pampa la Colina – Guadalupito, expuesta al agua durante 4 días.....	191
<b>IMAGEN 17:</b> Molde CBR expuesta a la Prensa CBR, para su resultado final.....	192

## RESUMEN

La investigación que se realizó en la presente tesis se llevó a cabo en la ciudad de Nuevo Chimbote, en este estudio se utilizó el método de análisis de datos, teniendo como tipo de investigación Aplicada – no experimental – descriptiva; puesto que el objetivo principal de esta investigación es evaluar las propiedades físico – mecánicas del material de afirmado de las canteras Pampa La Colina – Guadalupito y San Pedrito – Samanco, con fines de pavimentación. A través de los objetivos específicos: que consistió en analizar las propiedades físicas del material de afirmado (Granulometría, Humedad, Plasticidad, Equivalente de arena), así como también sus propiedades mecánicas (Resistencia a la Abrasión, Capacidad de Soporte – CBR).

Esta investigación se desarrolló mediante protocolos los cuales evaluaron la propiedades físicas y mecánicas del material de afirmado, y en base a la evaluación, se realizó la propuesta de mejoramiento correspondiente del material de afirmado de ambas canteras en estudio. Finalmente, el material de afirmado de la cantera Pampa La Colina resultó de mejor calidad, ya que cumplió con los parámetros del manual de carreteras del Ministerio de Transporte y Comunicaciones, realizando su mejoramiento referente a la resistencia a la abrasión; mientras que el material de afirmado de la Cantera San Pedrito tuvo deficiencias en sus propiedades, por lo que se mejoró el índice de plasticidad y su capacidad de soporte – CBR, llegando a cumplir con los requisitos establecidos.

**Palabras claves:** propiedades físicas, propiedades mecánicas, material de afirmado, cantera.

## ABSTRACT

The research that was carried out in the present thesis was carried out in the city of Nuevo Chimbote, in this study the data analysis method was used, having as a type of applied research - not experimental - descriptive; since the main objective of this investigation is to evaluate the physical - mechanical properties of the material of the quarries Pampa La Colina - Guadalupito and San Pedrito - Samanco, for paving purposes. Through the specific objectives: that consisted of analyzing the physical properties of the material of affirmed (particle size, humidity, plasticity, sand equivalent), as well as its mechanical properties (resistance to abrasion, support capacity - CBR).

This investigation was developed by means of protocols which evaluated the physical and mechanical properties of the material of the affirmed, and based on the evaluation, the proposal of corresponding improvement of the affirmed material of both quarries in study was made. Finally, the affirmed material from the Pampa La Colina quarry was of better quality, since it complied with the parameters of the road manual of the Ministry of Transport and Communications, improving its resistance to abrasion; while the affirmed material of the San Pedrito Quarry had deficiencies in its properties, so the plasticity index and its support capacity - CBR, were improved, reaching to meet the established requirements.

**Keywords:** physical properties, mechanical properties, material of affirmed, quarry.

## **I. INTRODUCCIÓN**

### **1.1. Realidad problemática**

Para Vizcardo y Trinidad (2014, p. 6) a nivel mundial los pavimentos se han vuelto indispensables en la vida del ser humano; la correcta construcción de la pavimentación vial, debe ser apropiada para toda clase de carreteras, básicamente en calles, pasajes y avenidas que convergen una ciudad, siendo de gran relevancia la seguridad que proporciona a todo lo que se desliza por él. Actualmente las vías presentan un sin número de problemas, mostrando un rápido deterioro del estado físico del pavimento, esto es debido al mal desarrollo constructivo, o al no cumplimiento de las especificaciones y normas a las que se deben regir, pero a su vez, muchas obras ejecutadas presentan problemas físicos – mecánicos debido a la mala calidad de los materiales que se utilizan en su construcción.

La deficiencia de ciertos materiales utilizados en el pavimento, trae como consecuencia que las carreteras carezcan de resistencia, estabilidad y durabilidad. Teniendo que realizar gastos adicionales elevados para su mantenimiento correspondiente de la pavimentación.

Es muy importante conocer la proveniencia y el estado del material de afirmado que se utilizará en la obra de pavimentación. Los medios directos que proveen este material son las canteras quienes son las encargadas de procesarlas, con la responsabilidad de realizarse mediante estándares y normas según lo establecido en el Ministerio de Transporte y Comunicaciones, siguiendo diferentes requerimientos granulométricos y de calidad.

Según el diario El Correo (2010, párr. 2), hoy en día se realizan innumerables obras de pavimentación en nuestro país, y muchas veces se ejecutan sin ningún análisis y evaluación al material de afirmado. En la ciudad de Piura, el material que se utiliza para el afirmado de la obra de construcción de pistas y veredas de la Urb. La Alborada es de tan mala calidad que una lluvia dejará inservibles esos trabajos. Cuanto menos esa es la conclusión a la que arribó el Laboratorio Regional de Suelos y Pavimentos, luego de realizar un análisis de muestras recogidas a pedido del regidor Guillermo Requena en cuatro

manzanas donde se hacen las obras. Como el material de afirmado (el que subyace debajo de la cama de arena) no tiene un buen equivalente de arena ni buen uso granulométrico, no dejará percolar el agua hacia el terreno natural humedeciéndose hasta deformarse por la poca pendiente.

Por otro lado, según la revista Integración 1060 (2011, párr. 3), no dice que el equipo técnico de la Municipalidad de Piura descubrió que la empresa ejecutora del Proyecto de Aguas Superficiales (PAS), Consorcio Piura ha mostrado negligencias en las obras que desarrolla en algunos tramos del casco urbano. En su afán por hacer una evaluación a las calles que ya están listas para ser habilitadas al tránsito vehicular, los supervisores municipales y el presidente de la Comisión de Desarrollo Urbano, Guillermo Eyzaguirre Cockburn; revelaron que al parecer el material con el que se realiza el afirmado del pavimento no es el adecuado. Los funcionarios ediles explicaron que este sedimento no está dentro de las proporciones de arena gruesa, arena fina y piedras que debería tener. Por esta razón corre el riesgo debilitarse y hacer que ceda el pavimento y crear huecos.

Finalmente, el diario El Correo (2011, párr. 3), nos dice que la ciudad de Nuevo Chimbote no ha sido ajena a esto, más de 30 volquetadas de ripio y arena que la empresa Consorcio Pacífico iba a utilizar para reconstrucción de la avenida Pacífico, en un tramo de la citada calle, fue retirada porque no pasó los controles de calidad. El material agregado estuvo una semana entre la avenida Country y el jirón Mariscal Luzuriaga y finalmente la misma empresa empleando su maquinaria la retiró. El material iba a servir de afirmado, pero no pasó el control de calidad de la municipalidad, por lo que la empresa tuvo que reformular el afirmado y cambiar por otro material.

Es por ello que frente a estos problemas ocasionados en obras de pavimentación sería obligatorio e importante una evaluación al material de afirmado provenientes de las canteras San Pedrito y Pampa La Colina que producen este tipo de material, mediante ensayos y estándares establecidos por el Ministerio de Transporte y Comunicaciones.

## 1.2. Trabajos previos

Para Cartuche (2012) en su tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Civil, en Ecuador, en la universidad Técnica Particular de Loja, con la investigación “Evaluación de las propiedades físicas, químicas y mecánicas de áridos del Cantón Loja”. El cual tuvo como objetivo general: Evaluar las propiedades físicas, químicas y mecánicas de áridos del cantón Loja. Dentro de la metodología, el tipo de investigación que utilizó fue exploratoria – descriptiva. Arribando las siguientes conclusiones: El árido grueso de la minera Malca 3, llega a cumplir con los requerimientos de calidad las cuales están especificados en las normas de ASTM C33, INEN 872, EHE y NCh 163 para su utilización de hormigón con referencia a sus propiedades, las cuales son: contenido de partículas de tamaño menor a 75  $\mu\text{m}$ , contenido de impurezas orgánicas, granulometría, absorción, resistencia al desgaste por abrasión, y contenido de terrones de arcilla, excepto con los límites de la norma española EHE para la granulometría. En consecuencia, cumpliendo con lo requerido en las normas técnicas mencionadas se llega a considerar al árido grueso de Malca 3 un material aceptable para la fabricación de mezclas de hormigón. Por lo contrario, el árido producido por las concesiones mineras estudiadas, no es apto para que se utilice en la construcción de morteros, sellos corrientes, subdrenes, capas de rodadura de hormigón asfáltico, capas de base de hormigón asfáltico, sellos de lechada asfáltica y tratamientos bituminosos superficiales, a causa de que no llega a cumplir con los requisitos mínimos de las especificaciones del Ministerio de Transporte y Obras Públicas de Ecuador.

Por otro lado, Pastor (2013), en su tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Civil, en Cajamarca, en la Universidad Nacional de Cajamarca. Teniendo como investigación “Evaluación de canteras para realizar la construcción de trocha carrozable a nivel de afirmado Campo Alegre – Peña Blanca, Distrito de Namora, Provincia de Cajamarca - Cajamarca”, presentando como objetivo general: Evaluar las canteras para realizar la construcción de Trocha Carrozable a nivel de afirmado Campo Alegre – Peña Blanca, Distrito de Namora, Provincia de Cajamarca. Dentro de la metodología, el tipo de investigación fue exploratoria – descriptiva, porque

permitirá registrar y reconocer las características del material. Llegando a las siguientes conclusiones: Las Canteras Campo Alegre y Peña Blanca, pueden ser utilizados como material de afirmado. Los valores de las propiedades físico mecánicas de las canteras obtenidas en laboratorio, se encuentran dentro de los parámetros especificados para un material de afirmado, con respecto al Ministerio de Transporte en las Especificaciones Técnicas Generales EG- 2000.

Finalmente, Mejía (2013) en su tesis para obtener el título profesional de Ingeniero Civil, en la ciudad de Cajamarca, con su investigación “Estudio de las propiedades física mecánicas Cantera 3M y su utilización como material de afirmado”, el cual cuyo objetivo principal fue de analizar la calidad de los agregados de la Cantera 3M y que se están utilizando como material de afirmado. Siendo su tipo de investigación exploratoria. Teniendo las siguientes conclusiones: Se aprecia que la Cantera 3M es de naturaleza Grava mal gradada con varios tamaños con ausencias de tamaños intermedios y finos  $IP = NP = 0$ . Debido a que presenta ausencia de contenido de finos. La Cantera 3M, para su uso en el mejoramiento de carretera a nivel de afirmado se propone combinar materiales con Cantera Bazán la cual cumple con especificaciones de afirmado EG – 2000 MTC, la combinación de materiales en lo posible deberá cumplir con las consideraciones granulométricas (5% a 20% de finos pasa 200) e índice de plasticidad (4% a 9%) que se requiere para afirmados (Acap. 302 – EG – 2000 MTC/15-17).

### **1.3. Teorías relacionadas al tema**

#### **1.3.1. Material de afirmado**

##### **1.3.1.1. Definición**

Para el Manual de Carreteras (2013, p. 142), el material de afirmado es una mezcla de tres tamaños y diferentes tipos de agregados: piedra, arena y arcilla o finos. Para que el material de afirmado llegue a ser de buena calidad y no pobre requiere tener una buena mezcla de estos tres agregados. El material de afirmado para su conformación requiere de una porción de grava o piedra chancada, que tiene por objeto soportar la carga, es importante que sea rugoso y no sea de canto rodado; de una proporción de arena

clasificada, para poder ocupar los espacios vacíos entre las piedras y así poder dar mayor estabilidad a la capa y, además es necesario un porcentaje o cantidad de finos plásticos para que se cohesione los materiales de la capa de afirmado. En general, los materiales utilizados serán agregados naturales procedentes de residuos de excavaciones o canteras o podrán proceder de la trituración de rocas y gravas o podrán estar constituidos por una mezcla de productos de ambas procedencias.

Por lo tanto, es importante indicar el material de afirmado tiene que cumplir diferentes requisitos, por tal motivo, la calidad del material va en base a sus propiedades las cuales puede determinarse mediante ensayos de laboratorio.

#### **1.3.1.2. Propiedades del material de afirmado**

El material de afirmado está compuesto de diferentes agregados que en su conjunto deben mostrar ciertas características o propiedades, con la finalidad de lograr un material resistente y de calidad. El Ministerio de Transporte y Comunicaciones nos hace referencia a la evaluación de algunas propiedades principales que debe presentar el material de afirmado, siguiendo requerimientos establecidos.

##### **1.3.1.2.1. Propiedades físicas**

###### **A. Granulometría**

La Pontificia Universidad Católica de Valparaíso (2013, p.1)., sustenta los siguiente con respecto a la granulometría:

Su propósito es indicar la distribución de acuerdo al tamaño de las partículas que componen el agregado. Además, mediante este ensayo se puede determinar su clasificación con los sistemas AASHTO o SUCS. Este ensayo es uno de los más importantes, ya que gran parte de los criterios de aceptación de suelos y agregados para ser utilizados en las bases de carreteras, presas de tierra o diques, drenajes, etc., depende de este tipo de análisis.

Teniendo en cuenta lo expresado, es de suma importancia analizar la granulometría del material para afirmado y esto se puede realizar mediante un ensayo granulométrico.

Para Bravo, García, Morales y Ramírez (2012, p. 3), es un proceso mecánico que consiste en fraccionar las partículas de un suelo en tamaños diferentes, en el cual, la fracción menor (Tamiz N°200) se le denomina como arcillas o limos. Este proceso se determina mediante tamices que están organizados en orden decreciente. El tamaño de la muestra es la porción de suelo retenido en el tamiz. Para realizar el análisis granulométrico por tamizado, las partículas tienen que presentar diámetros mayores a 0.075 mm. (Malla 200), por lo que el presente ensayo se ejecuta mediante una serie de mallas normatizadas sobrepuestas en orden decreciente, donde cada malla está diseñada con una abertura estándar. El ensayo resulta importante, debido a que la mayoría de los criterios de aceptación de suelos para poder emplearse en capas de pavimentos (base o subbases), drenajes, presas de tierra, etc; influye y depende principalmente del presente análisis.

## **B. Humedad**

Martínez (2016, p. 3) indica que la humedad es básicamente la cantidad de agua contenida en una muestra representativa en su condición natural. Se hace hincapié en la condición en la que se encuentra ya que es la principal diferencia con respecto a la absorción (en esta se toma en cuenta el incremento de masa a partir de la penetración del agua en un tiempo determinado). Los métodos de ensayo solo toman en cuenta la humedad evaporable, es decir, la cantidad de agua alojada en la porosidad entre partículas (intersticios) y la porosidad de cada partícula como tal. Usualmente los materiales porosos tienden a contener mayor humedad natural ocurre lo mismo con el material mientras más fino sea.

Para ello es necesario realizar un ensayo de Límite Líquido a la muestra y Borfitz (2008, p.1) nos dice que el límite líquido es el contenido de humedad, expresado en porcentaje del peso del suelo seco, existente en un suelo en el límite entre plástico y el estado líquido del mismo.

Para Juárez y Rico (2005, p. 213) el límite líquido en los suelos se logra medir a través de un procedimiento normalizado, en la cual consiste en realizar el mezclado del suelo con agua para obtener una muestra húmeda, para poder ser moldeada, y depositarla en la Cuchara de Casagrande, para luego dividir la muestra en dos partes con la ayuda de un acanalador, y se ejecuta golpes consecutivos haciendo girar la manivela, hasta lograr que la ranura previamente cortada, logre cerrarse con una longitud de 12 mm (1/2"). Si se ha realizado 25 golpes y la zanja ha logrado cerrarse, el contenido de humedad obtenido de la muestra es el límite líquido. Debido a que es poco probable lograr que la ranura se logre cerrar con 25 golpes exactamente, es necesario determinarlo mediante dos métodos, el cual el primero consiste en graficar la cantidad de golpes efectuados en coordenadas logarítmicas, en base al contenido de humedad obtenida, para luego interpolar la humedad requerida con respecto a los 25 golpes, obteniendo el Límite Líquido. Otra manera de obtener este dato, es multiplicando la humedad obtenida por un factor (está en referencia al número de golpes), y así determinar el límite líquido.

### **C. Plasticidad**

De acuerdo al artículo publicado en línea de [Javierlaboratorio.blogspot.pe](http://Javierlaboratorio.blogspot.pe) (2017, párr. 5) menciona que la plasticidad es una propiedad que muestran ciertos suelos cuando llegan a deformarse sin presentar agrietamiento, ni tampoco producen rebote elástico. El contenido de agua influye en la variación de la consistencia de los suelos plásticos. En base a ello se puede llegar a determinar sus estados de consistencia al variar si se determina los límites entre ellas. En una masa de suelo plástico puede presentar varios estados de consistencia, en relación al contenido y cambio de humedad son: sólidos, semisólido, líquido y plástico.

Para Taylor (2004, p. 308) esta propiedad se logra medir en laboratorio por medio de un proceso normalizado pero sencillo consistente en determinar el contenido de humedad para el cual no es posible moldear un cilindro de suelo, con un diámetro de 3 mm. Para poder determinar esto, se tiene que hacer una combinación del agua y suelo, la cual se realiza el amasado ya sea con los propios dedos o también a través del

dedo índice y una superficie inerte (vidrio), hasta obtener un cilindro de 3 mm de diámetro. Al llegar a tener este diámetro, se tiene que desarmar el cilindro, y volver a realizar el amasado hasta nuevamente obtener un cilindro de 3 mm. Esto se llega a realizar repetidas veces hasta que ya no sea posible lograr la dimensión requerida del cilindro. En consecuencia, con ese contenido de humedad, el suelo llega a volverse quebradizo, debido a la pérdida de humedad. Para ello se mide el contenido de humedad, lo cual corresponde al Límite Plástico. Es recomendable que este procedimiento se realice 3 veces para que de esta manera se reduzcan los errores de medición e interpretación. Finalmente, mediante la diferencia entre los resultados de sus límites líquidos y plásticos, se logra obtener el índice de plasticidad.

#### **D. Equivalente de arena**

Para el Manual de ensayo de materiales (2000, p. 91), el ensayo tiene como objetivo primordial calcular la cantidad relativa del polvo fino perjudicial presentado dentro de los suelos o los agregados finos. Mediante este proceso de ensayo se logra obtener como resultado un valor práctico de la cantidad de proporción interna de material arcilloso y finos que están presentes en la muestra ensayada de suelo o agregados finos. Para conocer un límite de cantidad aceptable, se puede establecer un valor mínimo con referente al equivalente de arena. Con lo expuesto, se logra analizar fácilmente en campo, las alteraciones de calidad del material que se está utilizando. El método consiste en que sobre un volumen determinado de suelo o agregado fino se le adiciona una pequeña cantidad de solución floculante, mezclándolos en un cilindro de plástico graduado y agitándolos para que las partículas de arena pierdan la cobertura arcillosa. La muestra es entonces "irrigada", usando una cantidad adicional de solución floculante, para forzar el material arcilloso a quedar en suspensión encima de la arena. Después de un período de sedimentación, se determinan las alturas de la arcilla floculada y de la arena en el cilindro. El "equivalente de arena" es la relación entre la altura de arena y la altura de arcilla, expresada en porcentaje.

### **1.3.1.2.2. Propiedades mecánicas**

#### **A. Resistencia a la abrasión**

La Revista Construcción y Tecnología (2000, p. 24), menciona que la resistencia al desgaste de los agregados gruesos se obtiene a través de un ensayo mecánico con una máquina llamada “Los Ángeles”. Los resultados de estos ensayos permiten determinar las características físicas del agregado grueso y con los resultados obtenidos se verifica si son adecuados para emplearse en concreto para pisos o pavimentos rígidos, debido a que se encuentran expuestos al desgaste de las superficies.

En toda obra de pavimentación se construyen diferentes capas en su estructura, por lo que su diseño y materiales empleados deben resistir a los esfuerzos o desgaste producidos por fuerzas externas. Por ello, los agregados utilizados deben tener la capacidad de resistir el desgaste durante su construcción y durante toda la vida proyectada del pavimento.

El Manual de Ensayo de Materiales (2000, p. 4) menciona que los agregados gruesos hasta 37.5 mm (1 ½”) son sometidos a un ensayo de desgaste, mediante un método donde el agregado ya sea natural o procesado, está expuesto a una carga abrasiva generada por la máquina de Los Ángeles, colocando una muestra específica del agregado en la parte interna del tambor cilíndrico de acero, para luego ser sometida a cargas abrasivas en formas de esferas, aplicándole una cifra establecida de revoluciones por minuto. Al efectuarse el contacto entre las esferas y el agregado se logra obtener la abrasión es decir el desgaste del material, determinándose mediante la diferencia de masas (secas) con respecto a la masa inicial y la masa desgastada obtenida del material.

#### **B. Capacidad de soporte (CBR)**

Morales, Chávez, López (2009, p. 23) sostienen que la capacidad de soporte es un índice de la habilidad relativa de un suelo o roca para tener la capacidad de soportar las cargas o fuerzas aplicadas por los vehículos generados por el tráfico. Esta capacidad de soporte está vinculada con el valor de soporte o CBR, estos índices se determinan mediante ensayos

de laboratorio expuestas a cargas estáticas. Estos ensayos consisten en conocer y realizar una medición del potencial de resistencia de un material. Al realizarse estas pruebas de laboratorio, los resultados o valores que se tienen dependen principalmente de la granulometría o compactación de los materiales, por tal motivo es necesario tener agregados bien graduados y compactados a una densidad alta para poder obtener valores altos de soporte del suelo.

Para Botía (2015, p. 133) “CBR” compete al California Bearing Ratio, en el cual este proceso de estudio de materiales tuvo su desarrollo en 1929 por parte de la División de Carreteras de California, con el propósito de que su empleo logre clasificar al suelo con referencia a su capacidad en su utilización como capas de pavimento (base o subbase). Además, este ensayo logra medir el soporte del material, mediante procesos efectuados en pruebas de laboratorios, teniendo en cuenta requisitos de densidad y humedad verificada, se calcula la resistencia al corte que presenta el suelo en la condición en la que se presente. Este método analiza principalmente a las partículas del material, que presenten un diámetro de tamaño máximo de  $\frac{3}{4}$ ". El método de CBR es primordial para medir la resistencia máxima del material que se va a utilizar como subbase y base de la estructura al diseñar los pavimentos flexibles proyectados en distintas obras de infraestructuras viales, dando información del suelo que está debajo de la estructura con referencia a su disminución de su capacidad de resistencia causado por la saturación en campo.

### **1.3.2. Canteras**

#### **1.3.2.1. Definición**

Para la Gonzales (2007, p.75), una cantera es un punto geográfico generalmente a cielo abierto en donde se extraen distintos minerales o agregados pétreos que serán utilizados en la construcción de algunas edificaciones u obras del mismo fin, cada tipo de agregado tiene diferentes procesos de extracción, toda cantera tiene cierto límite y una vez pasado este se abandona el lugar y desplaza a otro lugar la explotación y es esta acción lo cual genera gran impacto sobre el paisaje.

### **1.3.2.2. Clasificación**

Para Chávez (2014, p. 20), las canteras se clasifican en:

#### **Canteras a cielo abierto**

Es la manera más común de extracción de minerales o agregados, se empieza con retirar la capa superior que por lo general no tiene ningún valor para la cantera, luego se clasifica el material, dependiendo de lo que se quiere obtener de la extracción, todo esto ocurre expuesto al medio ambiente.

#### **Canteras subterráneas o tipo fosase**

Esta forma de extracción es mayormente utilizada para la explotación de minerales preciosos o petróleo, se da en cuevas o cavernas artificiales.

#### **Canteras aluviales**

Estas canteras se originan debido a la erosión provocada por los ríos que sirven como agentes naturales, mediante la energía cinética que presentan conducen largos tramos las rocas, colocándolas en partes con menor capacidad de potencia, llegando a generarse depósitos de distintos materiales las cuales pueden ser grava, arena, limos, arcillas y cantos rodados.

### **1.3.2.3. Agregados**

Un artículo de Cemex.com, sustenta que los agregados, están formados por materiales geológicos la cuales pueden ser la piedra, arena y la grava, estos pueden utilizados para obras de concreto, de canales, pavimentación, etc. El aprovechamiento de los agregados se puede dar en su estado natural o puede alterarse mediante la trituración, y transformarse en fracciones más pequeñas (parr.1).

### **1.3.2.3.1. Clasificación de los agregados**

Para Chávez (2014, pp. 16-19), los agregados se clasifican por su gradación, por su procedencia y por su densidad:

#### **A. Por su gradación**

##### **Agregado fino**

Son considerados agregados finos, la arena o piedra natural finamente triturada a tamaños reducidos y que logran pasar por tamiz 9.5 mm (3/8”) y que obedecen a los requerimientos establecidos en la Norma Técnica Peruana N.T.P. 400.037.

##### **Agregado grueso**

Se conoce como agregado grueso al material retenido en el tamiz A.S.T.M. 4.75 mm (N°4), el cual proviene del fraccionamiento o descomposición natural o mecánica de las rocas y que cumplen con los límites establecidos en la N.P.T 400.037.

#### **B. Por su procedencia**

##### **Agregados naturales**

Están formados por los procesos geológicos naturales que se han producido hace miles de años en el mundo, estos agregados requieren ser extraídos, seleccionados y procesados para optimizar su utilización en la producción de concreto u otras obras civiles.

##### **Agregados artificiales**

Este tipo de agregados tienen su procedencia mediante un proceso de transformación de los materiales en su estado natural y al combinarlo un producto adicional, se adaptan para utilizarse en diferentes obras civiles mediante un tratamiento previamente.

#### **C. Por su densidad**

Se entiende a densidad como la Gravedad específica, es decir el peso entre el volumen de sólidos referido a la densidad del agua, se pueden clasificar en normales con  $G_e = 2.5$  a  $2.75$ , ligeros con  $G_e < 2.5$  y pesados

con  $G_e > 2.75$ . Cada uno de ellos marca comportamientos diversos en relación al concreto, habiéndose establecido técnicas y métodos de diseño y uso para cada caso.

### **1.3.3. Pavimento**

#### **1.3.3.1. Definición**

Para el Ministerio de transporte y Comunicaciones (2013, p. 24), el pavimento es una estructura de diferentes capas que están construidas sobre la subrasante del terreno, teniendo la capacidad de soportar y realizar la distribución de fuerzas externas provocados por los vehículos y de esta manera tener un mejoramiento de las condiciones de comodidad y seguridad del tránsito. Mayormente se conforma por las siguientes capas: base, subbase y capa de rodadura.

#### **1.3.3.2. Estructura**

##### **1.3.3.2.1. Capa de rodadura**

Para Bonet (2014, p.10), la capa de rodadura es aquella capa que se construye al final, y es aquí donde transitan los automóviles, camiones, etc., por el tiempo de servicio de diseño. Esta capa debe resistir el desgaste que pueden producir el tráfico vehicular o las condiciones de la zona; también resulta importante, ya que al ser impermeable protege las demás capas ubicadas en la superficie del pavimento. La textura es una propiedad de la carpeta asfáltica que debe tener en cuenta dos conceptos importantes como es la suavidad, para que el tráfico circule apropiadamente; y la rugosidad, para que esta sea segura.

##### **1.3.3.2.2. Base**

Para Cusme, Washington y Tapia (2016, p. 14), es la capa que está incluida en el diseño de la estructura del pavimento y que sirve como apoyo para la capa de rodadura, debido a que está posicionada entre la capa de rodadura y la subbase, la cual tiene como función de distribuir las cargas de los vehículos originadas en

las capas de rodadura y transmitirlas a las capas inferiores de subbase, para finalmente mediante ella se transfiera a la subrasante.

#### **1.3.3.2.3. Subbase**

Por otro lado, Cusme et al. (2016, p. 14), la subbase es una de las capas que conforma la estructura del pavimento y puede ser de material granular cumpliendo con la función de resistir todas las cargas que son transmitidas por la carpeta asfáltica debido al tránsito vehicular y trasmitirla a la subrasante. También debe tolerar las modificaciones que dañen al suelo, controlar las variaciones de volumen y elasticidad que pueden perjudicar toda la estructura del pavimento. Esta capa granular sirve como drenante ya que controla el aumento de agua, este material puede ser grava, granzón o residuos de material de cantera.

De acuerdo a lo expresado la estructura del pavimento puede fallar sino se coloca una subbase con las características óptimas.

#### **1.3.3.2.4. Subrasante**

Para Bonet (2014, p. 6), la subrasante es la parte de una carretera que están constituidos por suelos que van a resistir y recibir las fuerzas originadas en las capas superiores de la estructura del pavimento, debido a ello, los materiales que se utilizaran deben tener un diseño adecuado con espesores uniformes que se adapten al tipo de suelo, con el propósito de que la resistencia sea homogénea en toda la superficie y así poder evitar fallas en los pavimentos. En ciertos lugares, la subrasante está formada por la superficie natural del terreno, pero en otros casos debido a que el estado natural de corte es de mala calidad, es necesario realizar un mejoramiento mediante una estabilización, para luego efectuar un grado de pavimentación necesario con la finalidad de tener un terreno de subrasante adecuada.

#### **1.4. Formulación del problema**

¿Cuál será el resultado de la evaluación de las propiedades físico – mecánicas del material de afirmado de las canteras Pampa La Colina – Guadalupito y San Pedrito - Samanco, con fines de pavimentación?

#### **1.5. Justificación del estudio**

Actualmente las obras de pavimentación en Nuevo Chimbote están mostrando deficiencias en su estado físico, esto es debido a que se están construyendo con materiales que no cumplen con los estándares de calidad establecidos según la Norma del Ministerio de Transporte y Comunicaciones; siendo un factor importante e influyente el material de afirmado que se utiliza. Es por ello que se requiere realizar el siguiente estudio, que se basará en la evaluación del material de afirmado de las canteras Pampa La Colina – Guadalupito y San Pedrito – Samanco, para poder verificar la calidad del material de ambas canteras en estudio, mediante lo establecido en el reglamento del Ministerio de Transporte y Comunicaciones.

Esta investigación tiene como finalidad principal que se ejecuten obras de pavimentación correctas y con la durabilidad propuesta en proyecto, para ello es necesario e importante realizar la evaluación del material de afirmado; para brindar a la población mayor comodidad y bienestar social y económico.

#### **1.6. Hipótesis**

Es implícita, debido a que tiene una sola variable y el tipo de investigación es descriptiva – transversal.

#### **1.7. Objetivos**

##### **1.7.1. Objetivo general**

Evaluar las propiedades físico – mecánicas del material de afirmado de las canteras Pampa La Colina – Guadalupito y San Pedrito – Samanco, con fines de pavimentación.

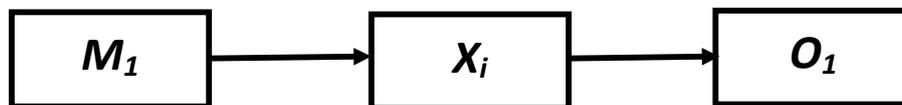
### 1.7.2. Objetivos específicos

- Determinar las propiedades físicas del material de Afirmado (Granulometría, Humedad, Plasticidad, Equivalente de arena) de las Canteras Pampa La Colina – Guadalupito y San Pedrito – Samanco.
- Determinar las propiedades mecánicas del material de Afirmado (Resistencia a la Abrasión, Capacidad de Soporte-CBR) de las Canteras Pampa La Colina – Guadalupito y San Pedrito – Samanco.
- Proponer un mejoramiento del material de afirmado.
- Análisis de costos de la propuesta de mejoramiento

## II. MÉTODO

### 2.1. Diseño de investigación

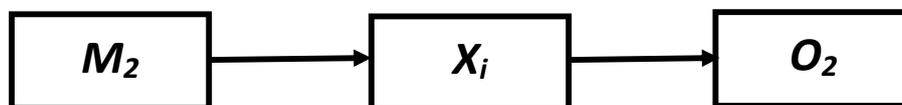
Investigación no Experimental - Descriptiva:



M<sub>1</sub>: Cantera Pampa La Colina - Guadalupito

X<sub>i</sub>: Propiedades físico – mecánicas del material de Afirmado

O<sub>1</sub>: Resultados obtenidos de la investigación



M<sub>1</sub>: Cantera San Pedrito - Samanco

X<sub>i</sub>: Propiedades físico – mecánicas del material de Afirmado

O<sub>2</sub>: Resultados obtenidos de la investigación

### 2.2. Variables y operacionalización

#### 2.2.1. Variables

Variable: Propiedades físico – mecánicas del material de Afirmado

### 2.2.2. Operalización de las variables

Tabla 01: Operalización de las Variables

VARIABLE	DEFINICIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	INDICADORES	ESCALA DE MEDICIÓN
Propiedades Físico – Mecánicas del Material de Afirmado	Son las características o cualidades tanto físicas y mecánicas que describen al material de afirmado, proveniente de la mezcla de agregados finos o gruesos (piedra, arena, finos o arcilla) procedentes de excavaciones o canteras, siguiendo lineamientos o requerimientos para producir un material de afirmado de óptimo y de calidad para ser usado en pavimentación (Manual de Carreteras, 2013, p.142).	Se recogerán las muestras del material de afirmado de ambas canteras para su respectiva evaluación. Luego de ello las muestras obtenidas serán procesadas para someterlas a ensayos de mecánica de suelos con la finalidad de evaluar sus propiedades físico – mecánicas. Posteriormente realizar una comparación de ambas canteras, teniendo en cuenta cuál de ellas presenta el material de afirmado de mejor calidad, para lo cual se realizará la contrastación con los requerimientos de calidad que exige el Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC) para material en mención. Finalmente, proponer una solución de mejoramiento del material.	Propiedades Físicas	Granulometría	Razón
				Humedad	Razón
				Plasticidad	Razón
				Equivalente de arena	Razón
			Propiedades Mecánicas	Resistencia a la Abrasión	Razón
				Capacidad de Soporte (CBR)	Razón

FUENTE: Propia

### **2.3. Población y muestra**

Tener el conocimiento de la población y la muestra que se estudiara es importante para las investigaciones, a continuación, se describen cada una de ellas.

#### **2.3.1. Población**

En esta investigación la población serán el material de Afirmado de las canteras Pampa La Colina – Guadalupito y San Pedrito – Samanco.

#### **2.3.2. Muestra**

Según el Manual de Ensayo de Materiales (2016, p. 15) dicen que el tamaño de las muestras alteradas en bruto puede variar a criterio de la dirección técnica, pero se sugiere las siguientes cantidades por cada cantera:

- Clasificación visual: 0.50 Kg -50-500 gr.
- Análisis granulométrico y constantes de suelos no granulares: 0.50 a 2.5 Kg.
- Ensayo de compactación y granulometría del suelo – agregado granular: 20 – 40 Kg.
- Producción de agregados o ensayos de propiedades de agregados: 50 – 200 Kg

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

Dentro de la metodología también se consideran las técnicas de recolección de datos, así como su validez y confiabilidad.

#### **2.4.1. Técnicas**

La técnica utilizada es la observación.

#### **2.4.2. Instrumentos de recolección de datos**

El instrumento utilizado serán los Protocolos, las cuales son fichas estandarizadas de laboratorio de mecánica de suelos,

para obtener los datos mediante los ensayos de granulometría, resistencia al desgaste, límite líquido, índice plástico, equivalente de arena y CBR. Que se les aplico al material de afirmado procedente de las canteras.

## **2.5. Métodos de análisis de datos**

a) Análisis descriptivo: Se describió el comportamiento de la variable y se limitó a la utilización de la estadística descriptiva mediante la utilización de gráficos.

b) Metodología del trabajo

- Se realizó el recojo de muestra del material de afirmado de las canteras Pampa La Colina y San Pedrito, de acuerdo a la cantidad de muestra recomendada por el manual de ensayo de materiales (MTC E 101).
- Se llevó la muestra de material de afirmado al laboratorio de mecánica de suelos de la Universidad Cesar Vallejo, para someterlos a diferentes ensayos de materiales, comenzando a evaluar sus propiedades físicas.
- Se realizó el análisis Granulométrico de suelos por tamizado (MTC E 107), tomando una muestra de 2000 g. de afirmado de ambas canteras.
- Para la determinación del límite líquido (MTC E 110), se tomó una muestra de 200 g. tamizada por la malla N°40 del material de afirmado de las canteras en evaluación.
- Se realizó el ensayo de Limite Plástico de una muestra de 200 g. pasada la malla N°40, para la determinación del Índice de Plasticidad (MTC E 111) del material de afirmado.
- Además, se ejecutó el ensayo de equivalente de arena del material de afirmado (MTC E 114), obteniendo una muestra de 1500 g. tamizada por la malla N°4.
- Luego se determinó las propiedades mecánicas del material de afirmado, analizando la resistencia a la Abrasión del material de afirmado, mediante el ensayo de Abrasión los Ángeles (MTC E 207), donde se expuso una muestra de 5 kg. tamizada y retenida en la malla N°4, obteniendo únicamente la grava de la composición del material de afirmado de las canteras Pampa La Colina y San Pedrito.

- Se analizó la capacidad de soporte – CBR (MTC E 132) del material de afirmado, pero previamente se desarrolló el ensayo de Proctor Modificado (ASTM-D1557), para obtener la Máxima Densidad Seca y la Humedad Óptima que tuvo que tener la muestra. Para el ensayo de CBR se tomó una muestra de 6 kg para cada cierta cantidad de golpes (10, 25 y 56 golpes) y así obtener su capacidad a la penetración de carga de 0.1”.

## **2.6. Aspectos éticos**

El investigador respetó la propiedad intelectual, proporcionó información veraz y auténtica de los resultados, actuó responsablemente con el cuidado del medio ambiente, con la sociedad y con la institución respecto a la investigación que se presentó.

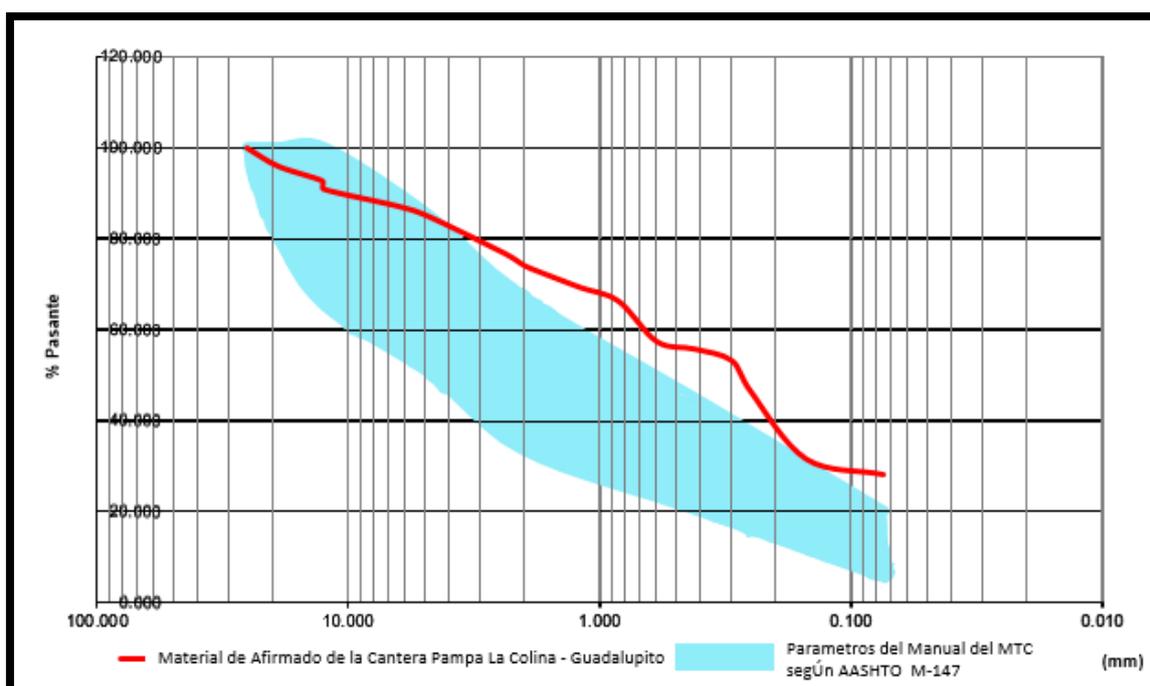
### III. RESULTADOS

#### 3.1. Propiedades físicas del material de afirmado

##### 3.1.1. Cantera Pampa La Colina - Guadalupe

##### 3.1.1.1. Granulometría del material de afirmado

**GRÁFICO N° 01:** CURVA GRANULOMÉTRICA DEL MATERIAL QUE PASA POR UN DETERMINADO TAMAÑO DE TAMIZ EN MM – CANTERA PAMPA LA COLINA -GUADALUPITO

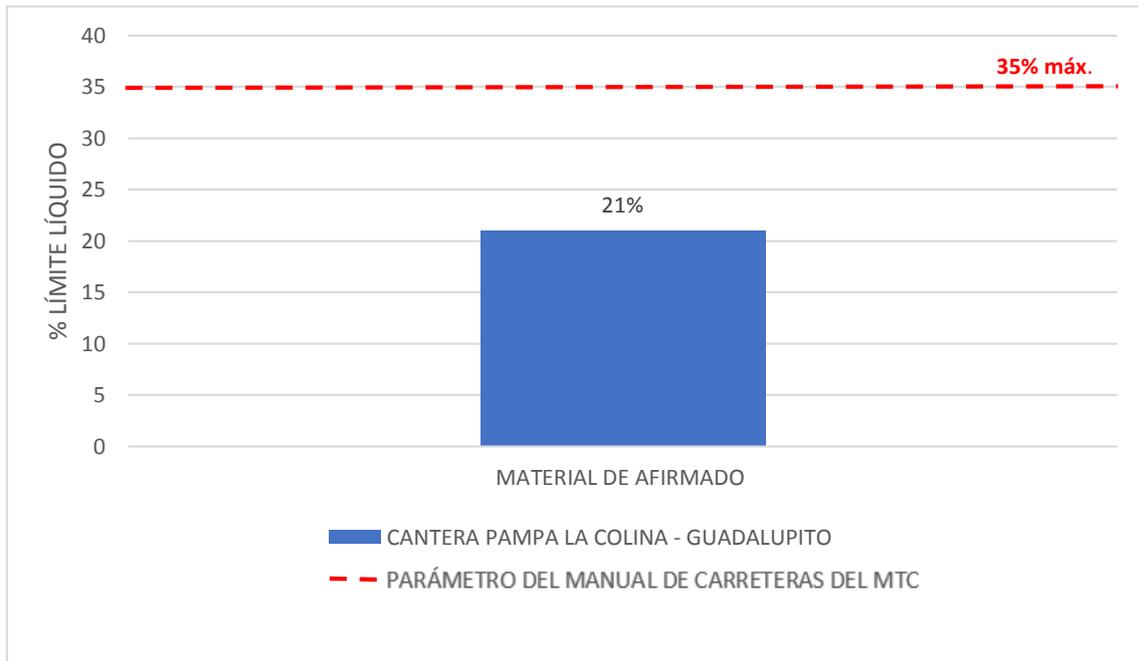


Fuente: Protocolo de ensayo de laboratorio de suelos UCV - 2018

Interpretación: En el gráfico N° 01 se puede observar que el material de afirmado llega a cumplir con algunos de los parámetros granulométricos de acuerdo a la norma AASHTO M – 147. Los porcentajes pasantes en las mallas ¾", 3/8" y N°4 si cumplieron con los parámetros mínimos y máximos, presentando un 95.46%, 88.86%, 82.77% respectivamente. Por lo contrario, el porcentaje pasante en los tamices N°10, N°40 Y N°200, se encuentran mínimamente fuera del rango requerido, teniendo 71.44%, 49.30% y 21.17% respectivamente.

### 3.1.1.2. Humedad del material de afirmado

**GRÁFICO N° 02: LÍMITE LÍQUIDO DEL MATERIAL DE AFIRMADO DE LA CANTERA PAMPA LA COLINA – GUADALUPITO**

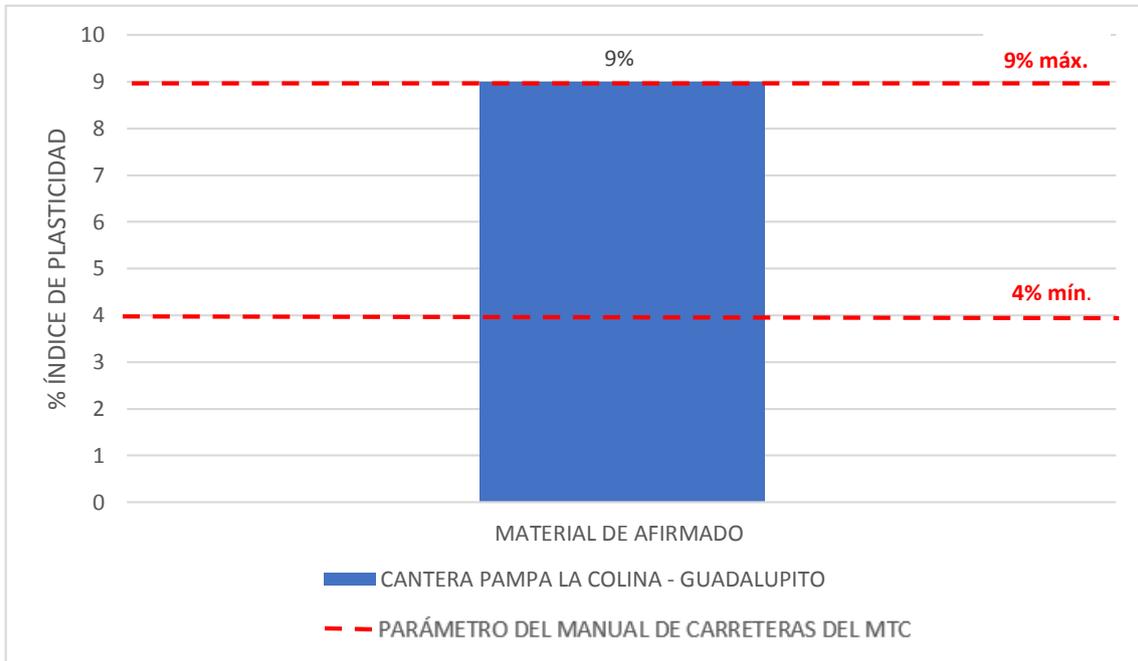


Fuente: Elaboración Propia

Interpretación: En el gráfico N° 02 se puede observar que el material de afirmado de las canteras Pampa La Colina – Guadalupe sí cumplió con lo establecido en el Manual de Carreteras del Ministerio de Transporte y Comunicaciones, ya que presenta un 21% de límite líquido, y como requerimiento tendría que tener 35% como máximo.

### 3.1.1.3. Plasticidad del material de afirmado

**GRÁFICO N° 03: ÍNDICE DE PLASTICIDAD DEL MATERIAL DE AFIRMADO DE LA CANTERA PAMPA LA COLINA – GUADALUPITO**

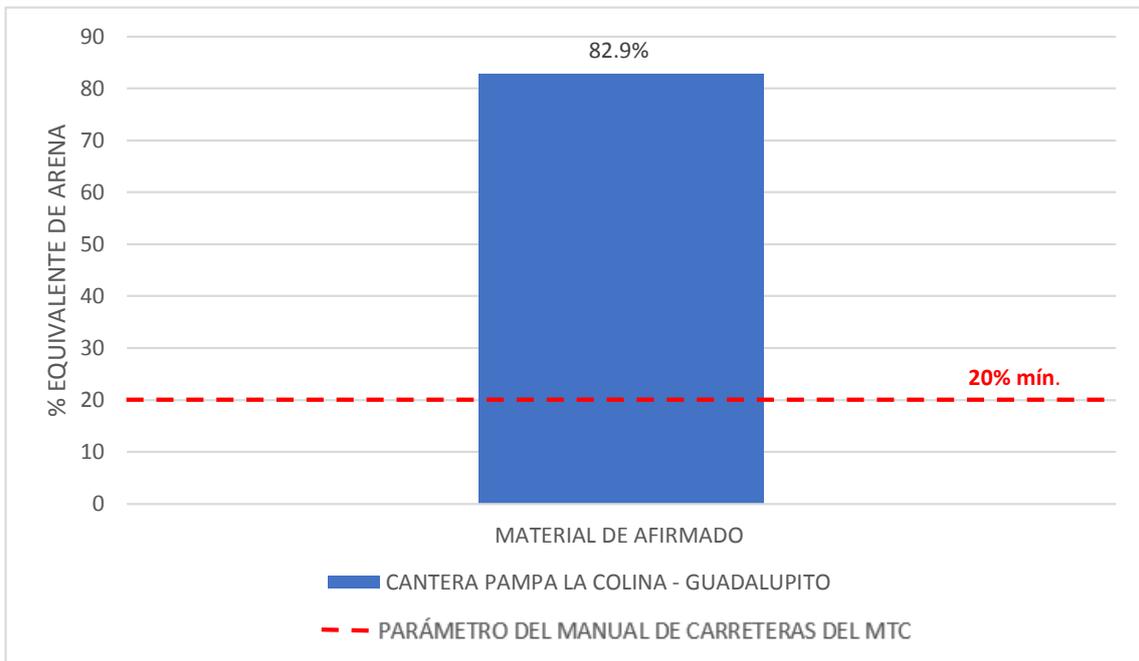


Fuente: Elaboración Propia

Interpretación: En el gráfico N° 03 se puede observar que el material de afirmado de la cantera Pampa La Colina – Guadalupito sí cumplió con el requerimiento establecido en el Manual de Carreteras del Ministerio de Transporte y Comunicaciones, debido a que presenta un índice de plasticidad de 9%, encontrándose dentro del parámetro de 4% como mínimo y 9% máximo.

### 3.1.1.4. Equivalente de arena del material de afirmado

**GRÁFICO N° 04:** EQUIVALENTE DE ARENA DEL MATERIAL DE AFIRMADO DE LA CANTERAS PAMPA LA COLINA – GUADALUPITO



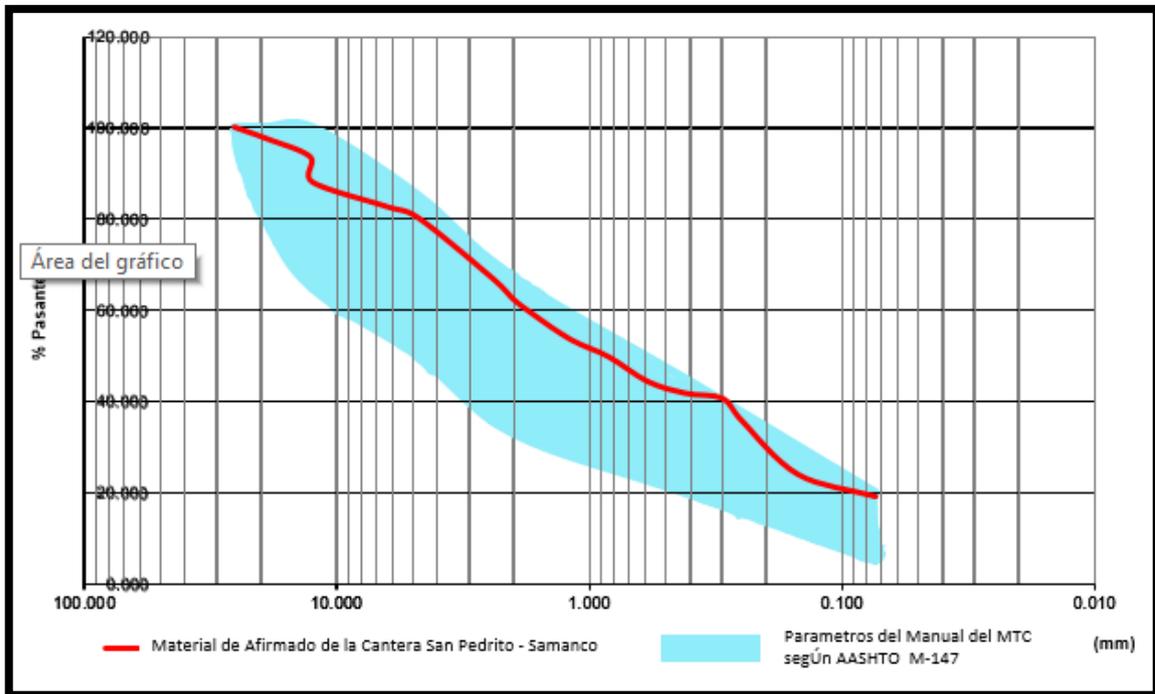
Fuente: Elaboración Propia

Interpretación: En el gráfico N° 04 se puede observar que el material de afirmado de la cantera Pampa La Colina – Guadalupito cumplió con el requerimiento establecido en el Manual de Carreteras del Ministerio de Transporte y Comunicaciones; ya que nos muestra un 82.9% de material no plástico con referente a la parte plástica, cumpliendo con el 20% mínimo del parámetro.

### 3.1.2. Cantera San Pedrito – Samanco

#### 3.1.2.1. Granulometría del material de afirmado

**GRÁFICO N° 05:** CURVA GRANULOMÉTRICA DEL MATERIAL QUE PASA POR UN DETERMINADO TAMAÑO DE TAMIZ EN MM – CANTERA PAMPA SAN PEDRITO - SAMANCO

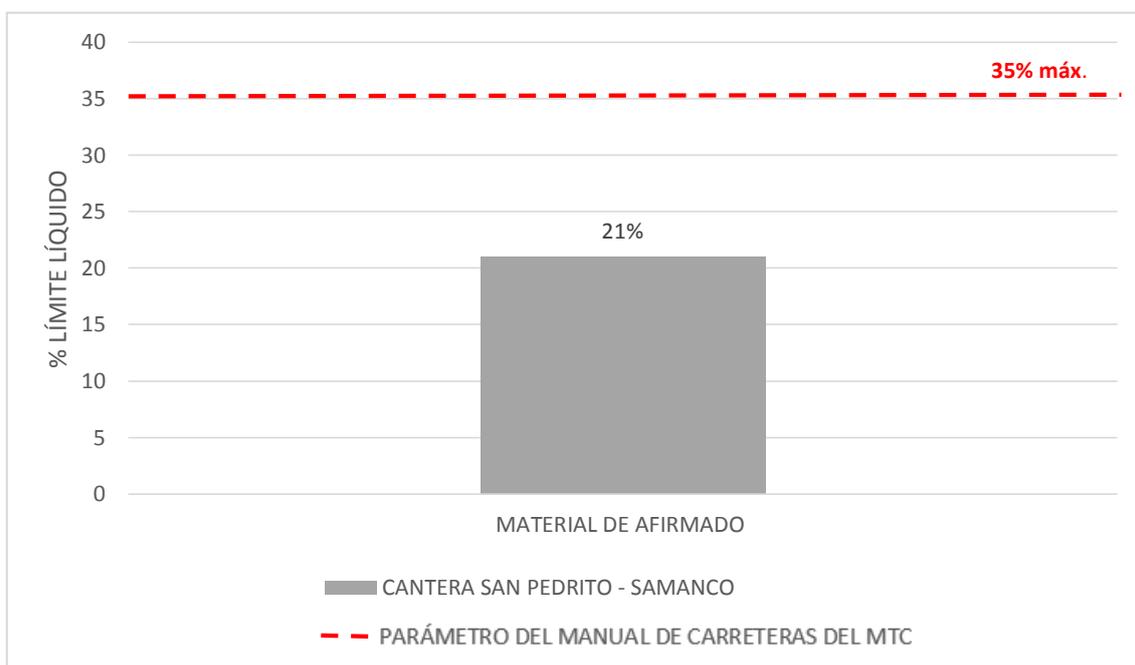


Fuente: Protocolo de ensayo de laboratorio de suelos UCV

Interpretación: En el gráfico N° 05 se puede observar que el material de afirmado cumplió con los parámetros granulométricos de acuerdo a la norma AASHTO M – 147, ya que los porcentajes retenidos en los tamices  $\frac{3}{4}$ ",  $\frac{3}{8}$ ", N°4, N°10, N°40 y N°200 cumplen con los porcentajes requeridos pasantes, ya que sus porcentajes que se obtuvieron fueron 97.53%, 80.01%, 80.14%, 62.33%, 41.80%, 19.20%

### 3.1.2.2. Humedad del material de afirmado

**GRÁFICO N° 06: LÍMITE LÍQUIDO DEL MATERIAL DE AFIRMADO DE LA CANTERA SAN PEDRITO – SAMANCO**

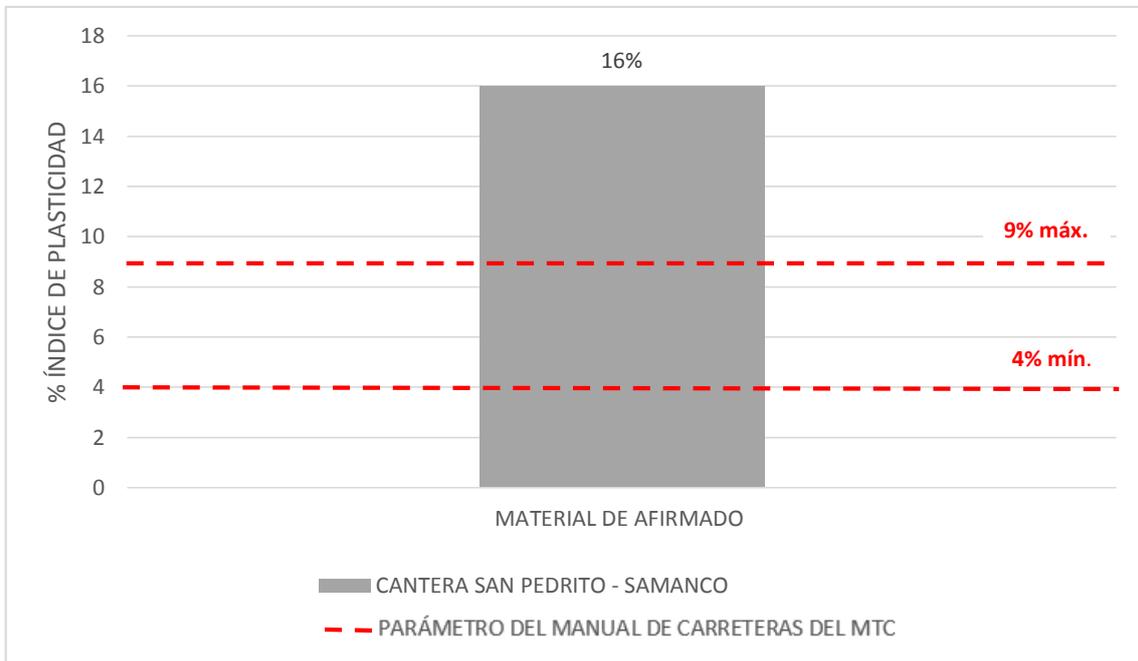


Fuente: Elaboración Propia

Interpretación: En el gráfico N° 06 se puede observar que el material de afirmado de la cantera San Pedrito – Samanco sí cumplió con lo establecido en el Manual de Carreteras del Ministerio de Transporte y Comunicaciones, ya que ambos presentan un 21% de límite líquido, y como requerimiento se establece un 35% como máximo.

### 3.1.2.3. Plasticidad del material de afirmado

**GRÁFICO N° 07: ÍNDICE DE PLASTICIDAD DEL MATERIAL DE AFIRMADO DE LA CANTERA SAN PEDRITO - SAMANCO**

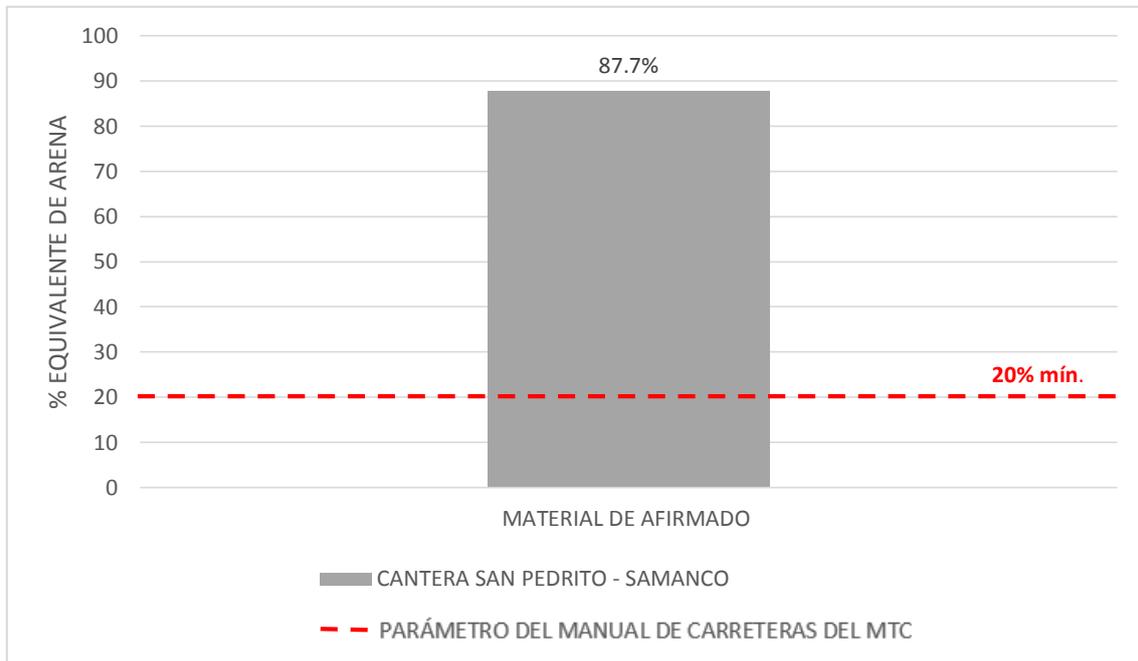


Fuente: Elaboración Propia

Interpretación: En el gráfico N° 07 se puede observar que el material de afirmado de la cantera San Pedrito – Samanco no cumplió con el requerimiento establecido en el Manual de Carreteras del Ministerio de Transporte y Comunicaciones, debido a que presenta un índice de plasticidad de 16%, sobrepasando el parámetro de 4% como mínimo y 9% máximo.

### 3.1.2.4. Equivalente de arena del material de afirmado

**GRÁFICO N° 08: EQUIVALENTE DE ARENA DEL MATERIAL DE AFIRMADO DE LA CANTERA SAN PEDRITO - SAMANCO**



Fuente: Elaboración Propia

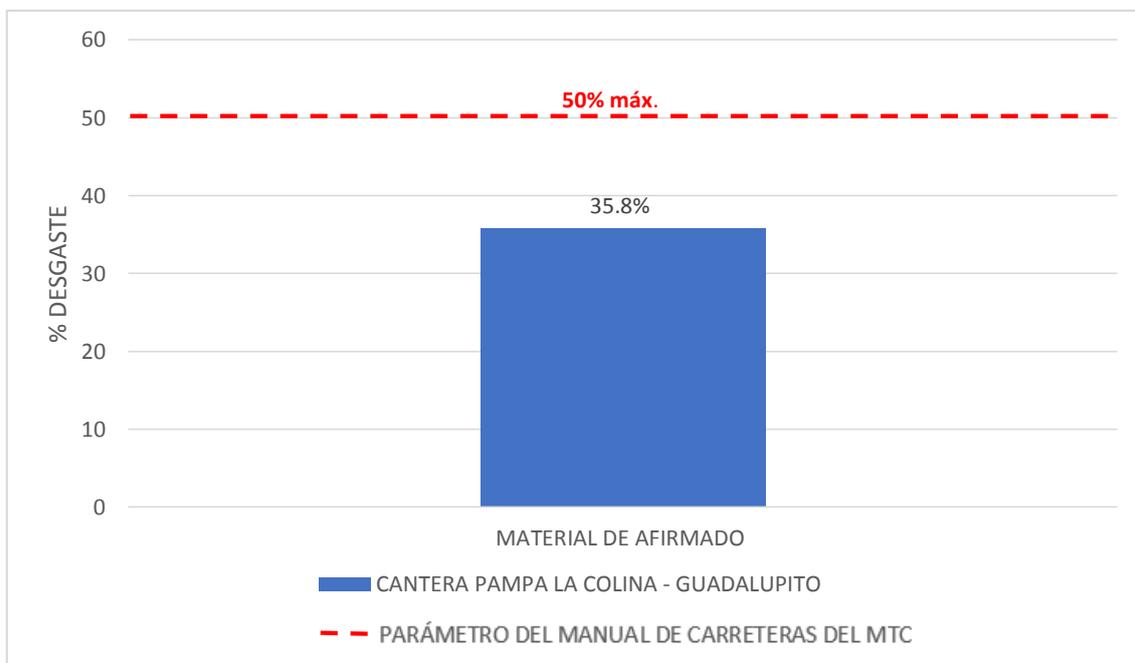
Interpretación: En el gráfico N° 08 se puede observar que el material de afirmado de la cantera San Pedrito – Samanco sí cumplió con el requerimiento establecido en el Manual de Carreteras del Ministerio de Transporte y Comunicaciones, obteniendo un 87.7% de porcentajes de arena en relación a la parte plástica.

### 3.2. Propiedades mecánicas del material de afirmado

#### 3.2.1. Cantera Pampa La Colina – Guadalupito

##### 3.2.1.1. Resistencia a la Abrasión del material de afirmado

**GRÁFICO N° 09:** RESISTENCIA A LA ABRASIÓN O DESGASTE LOS ANGELES DEL MATERIAL DE AFIRMADO DE LA CANTERA PAMPA LA COLINA – GUADALUPITO



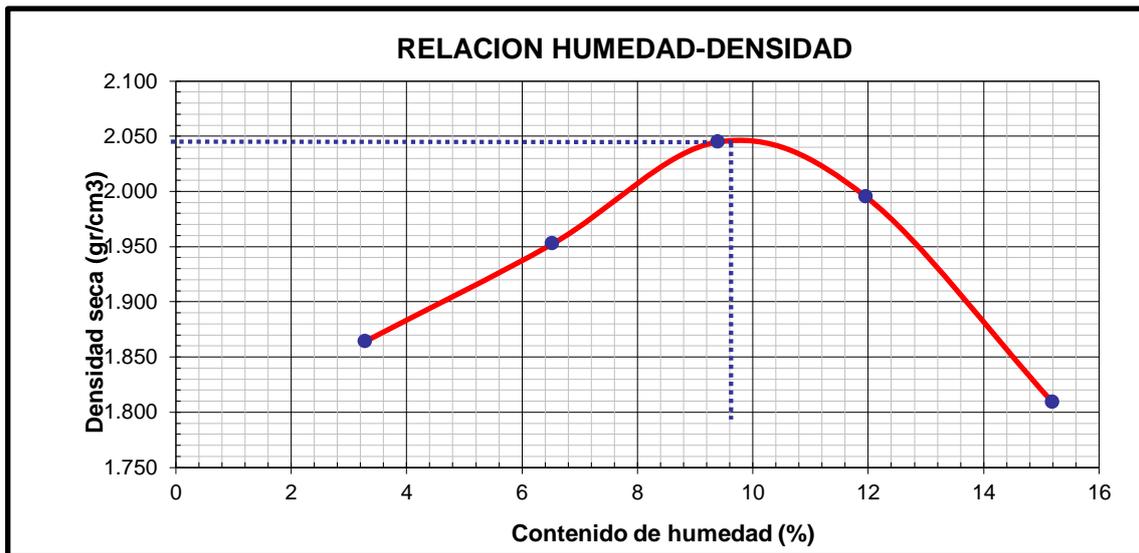
Fuente: Elaboración Propia

Interpretación: El material de afirmado de las canteras Pampa La Colina – Guadalupito, sí cumplió con lo establecido. Presentó un desgaste del material que retiene la malla #4 (grava) de 35.8%, logrando estar dentro del parámetro requerido de 50% de desgaste máximo del Manual de Carreteras del Ministerio de Transporte y Comunicaciones.

### 3.2.1.2. Capacidad de soporte - CBR

Para poder obtener la resistencia o la capacidad de soporte del material de afirmado se realizó el ensayo del CBR (Relación soporte califonia), las cuales requiere tener el resultado del Proctor Modificado (ASTM-D1557) la cual nos determinó la máxima densidad seca (gr/cm<sup>3</sup>) y la humedad óptima, resultados que se muestran a continuación:

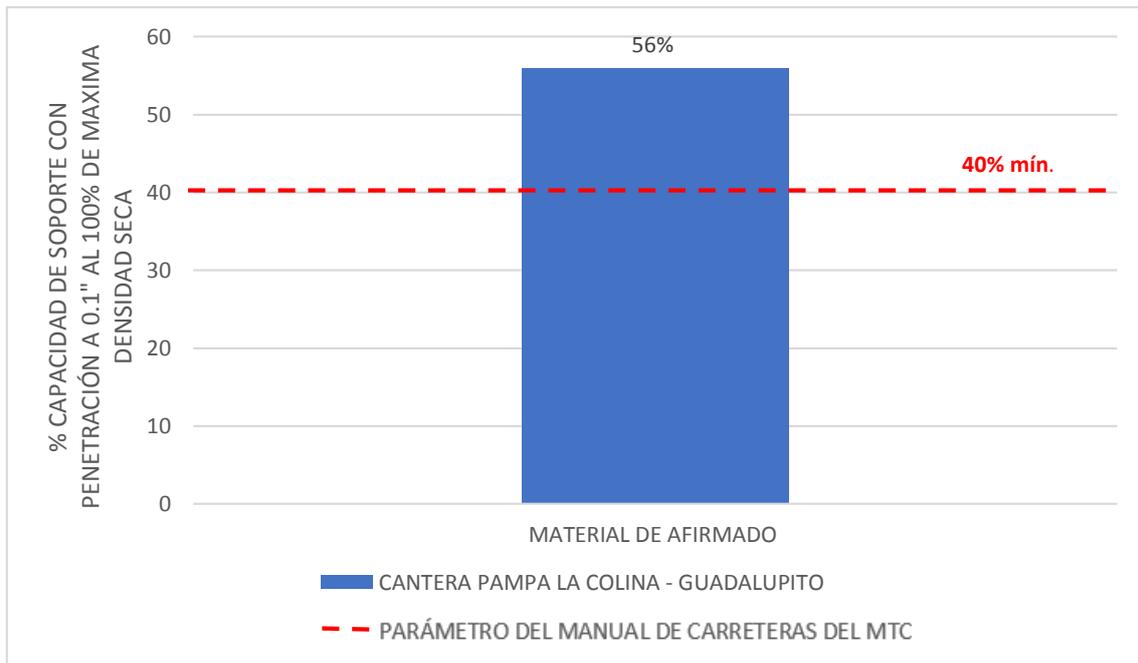
**GRÁFICO N° 10: ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO DE LA CANTERA PAMPA LA COLINA – GUADALUPITO**



Fuente: Protocolo de laboratorio de suelos UCV

Interpretación: Se logra observar la máxima densidad seca (2.045 gr/cm<sup>3</sup>) vs humedad óptima (9.60%), logrando apreciar que la humedad avanza aumenta hasta un punto que llega el material a saturarse, esto es debido a que la porosidad que presenta llega a llenarse de agua y no compacta de manera adecuada. Además, el óptimo contenido de humedad óptimo, ayuda a que el material de afirmado tenga una buena resistencia, con una buena compactación y no exista saturación.

**GRÁFICO N° 11: CAPACIDAD DE SOPORTE – CBR DEL MATERIAL DE AFIRMADO DE LA CANTERA PAMPA LA COLINA – GUADALUPITO**



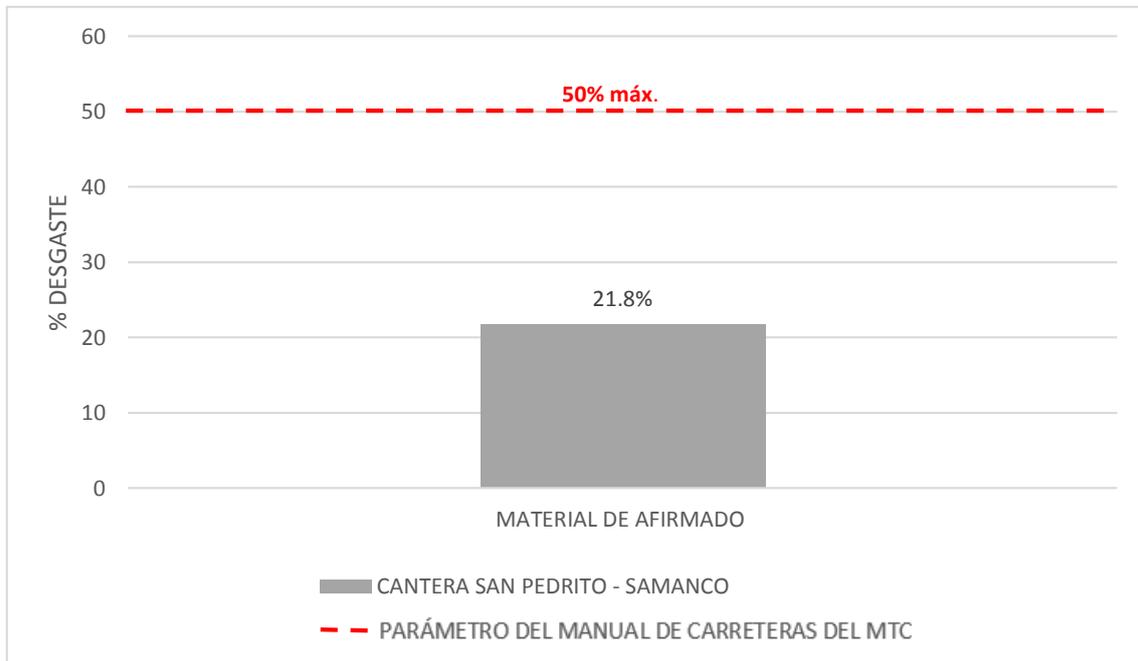
Fuente: Elaboración Propia

Interpretación: En base a los resultados que se obtuvieron, se aprecia que el valor de CBR para el material de afirmado de la cantera Pampa La Colina – Guadalupito, con una penetración de 0.1” al 100% de máxima densidad seca es de 56%, estando dentro del parámetro establecido de 40% mínimo del manual de Carreteras del Ministerio de Transporte y Comunicaciones.

### 3.2.2. Cantera San Pedrito – Samanco

#### 3.2.2.1. Resistencia a la Abrasión del material de afirmado

**GRÁFICO N° 12:** RESISTENCIA A LA ABRASIÓN O DESGASTE LOS ANGELES DEL MATERIAL DE AFIRMADO DE LA CANTERA SAN PEDRITO - SAMANCO



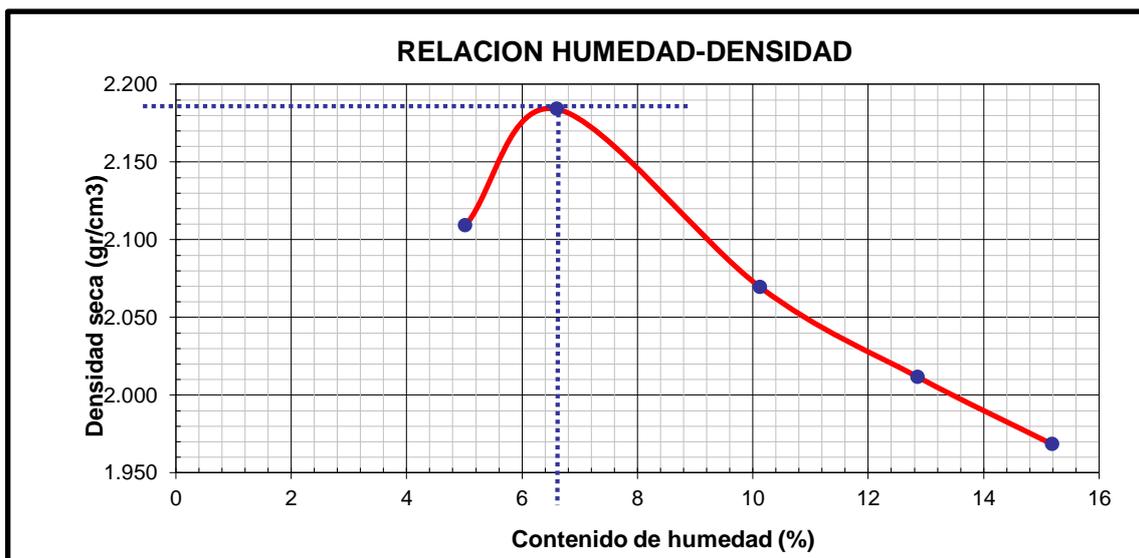
Fuente: Elaboración Propia

Interpretación: El material de afirmado de la cantera San Pedrito – Samanco, sí cumple con lo establecido. La cual presentó un desgaste de 35.8% de la grava retenida en la malla #4, logrando estar dentro del parámetro requerido de 50% de desgaste máximo del Manual de Carreteras del Ministerio de Transporte y Comunicaciones.

### 3.2.2.2. Capacidad de soporte - CBR

Para poder obtener la resistencia o la capacidad de soporte del material de afirmado se realizó el ensayo del CBR (Relación soporte californiana), las cuales requiere tener el resultado del Proctor Modificado (ASTM-D1557) la cual nos determinó la máxima densidad seca ( $\text{gr}/\text{cm}^3$ ) y la humedad óptima, resultados que se muestran a continuación:

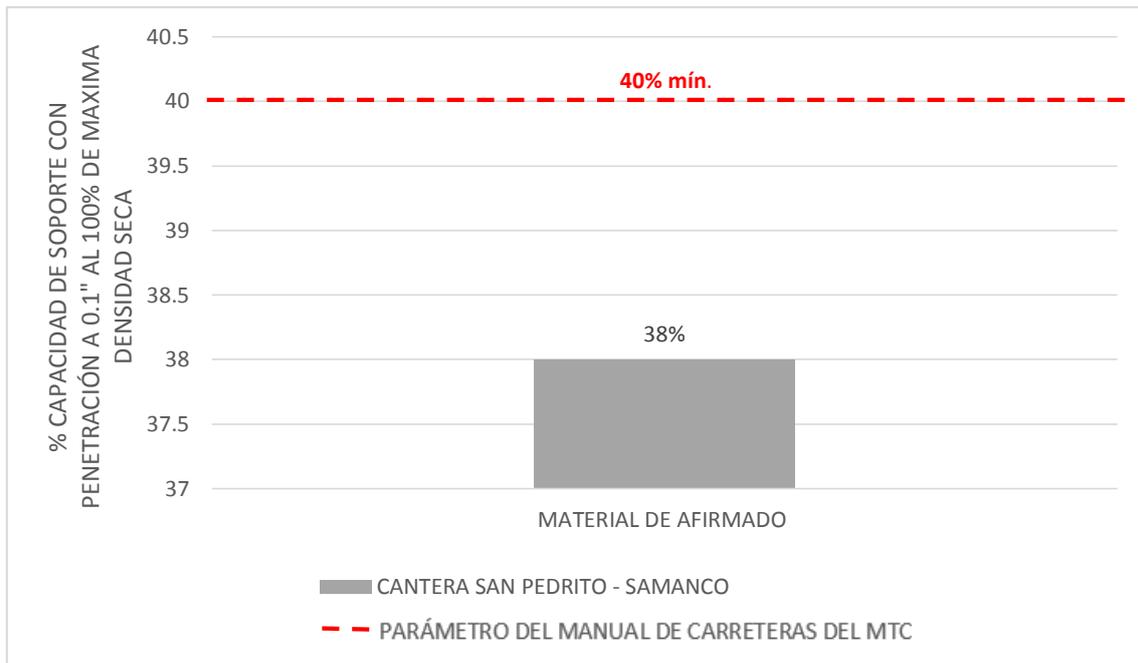
**GRÁFICO N° 13: ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO DE LA CANTERA SAN PEDRITO - SAMANCO**



Fuente: Protocolo de laboratorio de suelos UCV

Interpretación: Se logra observar la máxima densidad seca ( $2.185 \text{ gr}/\text{cm}^3$ ) vs humedad óptima ( $6.60\%$ ), logrando apreciar que la humedad avanza aumenta hasta un punto que llega el material a saturarse, esto es debido a que la porosidad que presenta llega a llenarse de agua y no compacta de manera adecuada. Con la humedad óptima se obtuvo que material de afirmado tenga una buena resistencia, con una buena compactación y no exista saturación.

**GRÁFICO N° 14: CAPACIDAD DE SOPORTE – CBR DEL MATERIAL DE AFIRMADO DE LA CANTERA SAN PEDRITO - SAMANCO**



Fuente: Elaboración Propia

Interpretación: En base a los resultados que se obtuvieron, se aprecia que el valor de CBR del material de afirmado de la cantera San Pedrito – Samanco, no llega a cumplir ya que al exponerse a una penetración de 0.1” al 100% de máxima densidad seca llegó a tener 38% de capacidad de soporte, encontrándose por debajo del requerimiento mínimo de 40% del manual de Carreteras del Ministerio de Transporte y Comunicaciones.

### 3.3. Análisis general de las propiedades físicas y mecánicas del material de afirmado

#### 3.3.1. Cantera Pampa La Colina – Guadalupito

**TABLA N° 02: RESUMEN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL MATERIAL DE AFIRMADO DE LA CANTERA PAMPA LA COLINA - GUADALUPITO**

PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS	RESULTADOS			NORMA	PARÁMETROS		VERIFICACIÓN
	TAMIZ	ABERTURA (mm)	% PASANTE		MIN.	MÁX.	
GRANULOMETRÍA				Norma AASHTO M – 147	% PASANTE		
	3/4"	19.1	95.46		80	100	Cumple
	3/8"	9.53	88.86		65	100	Cumple
	N°4	4.76	82.77		50	85	Cumple
	N°10	2.0	71.44		33	67	No Cumple
	N°40	0.42	49.30		20	45	No Cumple
	N°200	0.074	21.17		5	20	No Cumple
	Clasificación ASSHTO	A-2-4					
Clasificación SUCS	SC						
LÍMITE LÍQUIDO	21%			MTC E 110 NTP 339.129 ASTM D 4318	-	35%	Cumple
ÍNDICE DE PLASTICIDAD	9 %			MTC E 111 NTP 339.129 ASTM D 4318	4	9	Cumple
EQUIVALENTE DE ARENA	82.9%			MTC E 114 NTP 339.146 ASTM D2419	20%	-	Cumple
RESISTENCIA A LA ABRASIÓN	35.8%			MTC E 207 NTP 400.019 ASTM C131	-	50%	Cumple
CAPACIDAD DE SOPORTE - CBR	56%			MTC E 132 NPT 339.145 ASTM D 1883	40%	-	Cumple

FUENTE: Elaboración Propia

Interpretación: La tabla nos muestra que el material de afirmado de la cantera Pampa La Colina – Guadalupito, según clasificación ASSHTO fue de tipo A-2-4 (grava y arena arcillosa o limosa), con clasificación SUCSS de SC (arena arcillosa con grava). Con referente a la granulometría cumplió con la mayoría del porcentaje pasante del parámetro, de los tamices ¾", 3/8", y N°4, obteniéndose 95.46%, 88.86% y 82.77% respectivamente, por lo contrario, los tamices N°10, N°40 y N°200, estuvieron por un porcentaje mínimo fuera del parámetro. Con respecto al Límite Líquido, Índice de Plasticidad, Equivalente de arena, Resistencia a la Abrasión y la Capacidad de Soporte - CBR, logró cumplir con los parámetros establecidos. En base a estos resultados, se podría mejorar la resistencia a la Abrasión de la grava del material de afirmado.

### 3.3.2. Cantera San Pedrito – Samanco

**TABLA N° 03: RESUMEN DE LAS PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL MATERIAL DE AFIRMADO DE LA CANTERA SAN PEDRITO - SAMANCO**

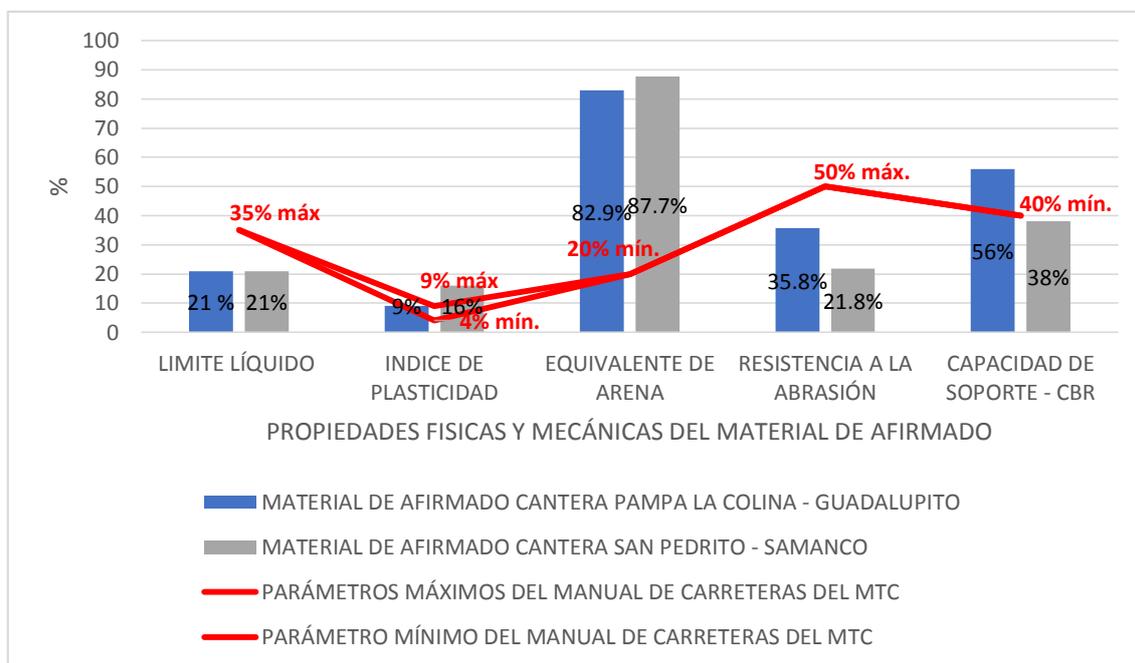
PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS	RESULTADOS			NORMA	PARÁMETROS		VERIFICACIÓN
	TAMIZ	ABERTURA (mm)	% PASANTE		MIN.	MÁX.	
GRANULOMETRÍA				Norma AASHTO M – 147	% PASANTE		
	3/4"	19.1	97.53		80	100	Cumple
	3/8"	9.53	88.01		65	100	Cumple
	N°4	4.76	80.14		50	85	Cumple
	N°10	2.0	62.33		33	67	Cumple
	N°40	0.42	41.80		20	45	Cumple
	N°200	0.074	19.20		5	20	Cumple
	Clasificación ASSHTO	A-2-4					
Clasificación SUCS	SC						
LÍMITE LÍQUIDO	21%			MTC E 110 NTP 339.129 ASTM D 4318	-	35%	Cumple
INDICE DE PLASTICIDAD	16 %			MTC E 111 NTP 339.129 ASTM D 4318	4%	9%	No Cumple
EQUIVALENTE DE ARENA	87.7%			MTC E 114 NTP 339.146 ASTM D2419	20%	-	Cumple
RESISTENCIA A LA ABRASIÓN	21.8%			MTC E 207 NTP 400.019 ASTM C131	-	50%	Cumple
CAPACIDAD DE SOPORTE - CBR	38%			MTC E 132 NPT 339.145 ASTM D 1883	40%	-	No Cumple

FUENTE: Elaboración Propia

Interpretación: La tabla nos muestra que el material de afirmado de la cantera Pampa San Pedrito, según clasificación ASSHTO fue de tipo A-2-4 (grava y arena arcillosa o limosa), con clasificación SUCSS de SC (arena arcillosa con grava). Con referente a la granulometría cumplió con el porcentaje pasante del parámetro de todos los tamices ¾", 3/8", N°4, N°10, N°40 y N°200, el cual se obtuvo 97.53%, 88.01%, 80.14%, 62.33%, 41.80%, 19.20% respectivamente. Además, logró cumplir con el Límite Líquido, Equivalente de Arena y Resistencia a la Abrasión. Por lo contrario, el Índice de Plasticidad no cumplió con el parámetro obteniendo 16% estando fuera del 4% mínimo y 9% como máximo, esto es debido a que el Límite Plástico o la cantidad de limos es baja, por lo que es necesario mejorar la propiedad. Referente a la Capacidad de Soporte no cumplió ya que obtuvo un 38% referente al 100% de máxima densidad seca, por lo que es necesario realizar un mejoramiento para que cumpla con el parámetro.

### 3.4. Comparación de las propiedades físicas y mecánicas del material de afirmado de las canteras Pampa la Colina – Guadalupito y San Pedrito - Samanco

**GRÁFICO N° 15: PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL MATERIAL DE AFIRMADO DE LAS CANTERAS PAMPA LA COLINA - GUADALUPITO Y SAN PEDRITO - SAMANCO**



Fuente: Elaboración Propia

Interpretación: Se logra observar que el material de afirmado de ambas canteras, en base al Límite líquido presentaron igual porcentaje de 21%, encontrándose dentro del parámetro de 35% máximo. De acuerdo al Índice de Plasticidad el afirmado de la cantera Pampa La Colina logró cumplir con 9%, mientras que el de la cantera San Pedrito – Samanco presentó un 16%, estando fuera del parámetro mínimo de 4% y máximo de 9%. Con respecto al Equivalente de Arena, ambas canteras cumplieron con el requerimiento establecido de 20 % mínimo, el cual se obtuvieron un 82.9% y un 87.7%. Las dos canteras cumplieron con el parámetro de 50% máximo de desgaste a la Abrasión, el material de afirmado de la cantera Pampa La Colina tuvo un mayor desgaste a la Abrasión de 35.8%, mientras que el afirmado de la cantera San Pedrito – Samanco tuvo un menor desgaste de 21.8%, logrando obtener mayor resistencia a las cargas

abrasivas. La capacidad de soporte – CBR de la cantera Pampa La Colina fue de 56%, cumple con el requerimiento, en cambio el material de afirmado de la Cantera San Pedrito – Samanco obtuvo un 38%, el cual no cumple con el parámetro de 40% mínimo del manual de carreteras del MTC.

En base a los resultados que se obtuvieron, se logra apreciar que las propiedades físicas y mecánicas del material de afirmado de la Cantera Pampa La Colina cumplió con todos los parámetros establecidos pero se podría mejorar la resistencia a la Abrasión del agregado grueso, de igual manera presentó un mejor afirmado, mientras que el de la Cantera San Pedrito no cumple con el Índice de Plasticidad y la capacidad de soporte – CBR, el cual es necesario realizar un mejoramiento en la plasticidad del material.

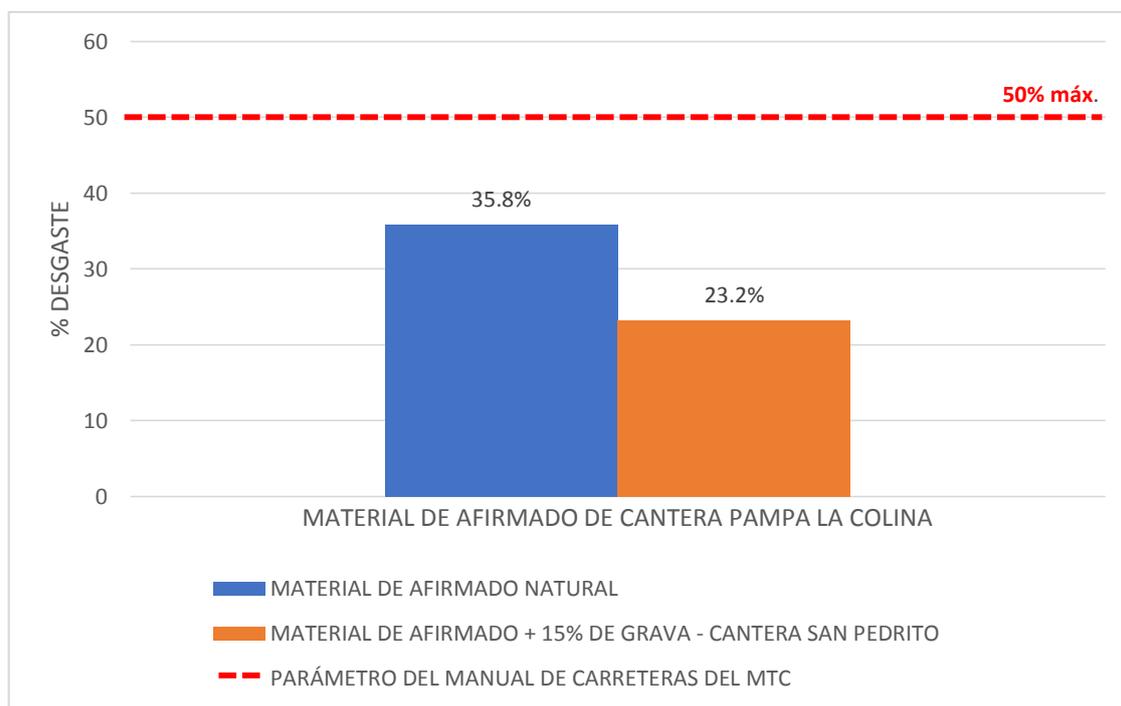
### **3.5. Propuesta de Mejoramiento del material de Afirmado**

#### **3.5.1. Cantera Pampa La Colina – Guadalupito**

##### **3.5.1.1. Resistencia a la Abrasión**

En base a los resultados presentados anteriormente, se realizó el mejoramiento de la resistencia a la abrasión del material de afirmado, para ello fue necesario adicionarle 15% de grava de la Cantera San Pedrito a una muestra de 20 kg de afirmado, obteniéndose los siguientes resultados:

**GRÁFICO N° 16:** RESISTENCIA A LA ABRASIÓN O DESGASTE LOS ANGELES DEL MATERIAL DE AFIRMADO DE LA CANTERA PAMPA LA COLINA – GUADALUPITO, CON ADICIÓN DE 15% DE GRAVA DE LA CANTERA SAN PEDRITO A UNA MUESTRA DE 20 KG.



Fuente: Elaboración Propia

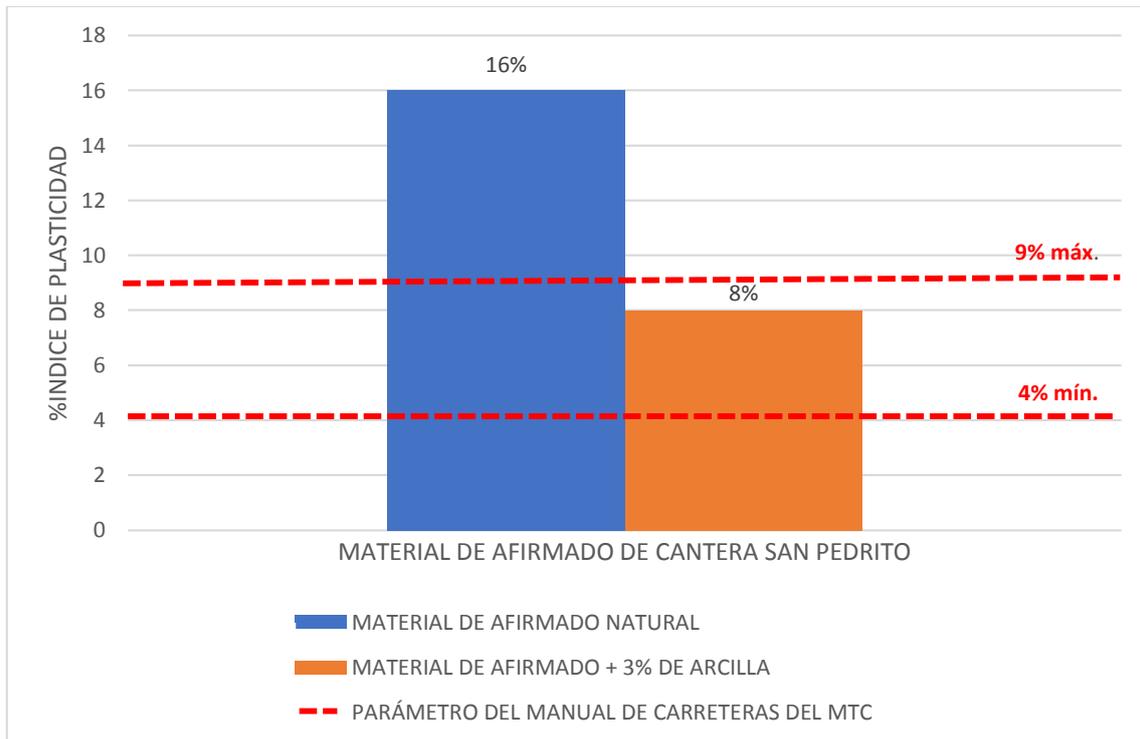
Interpretación: La resistencia a la Abrasión del material de afirmado de la cantera Pampa La Colina – Guadalupito, si cumplió con el parámetro. La cual en un comienzo presentó un desgaste de 35.8%, y al adicionarle un 15% de grava de la cantera San Pedrito a una muestra de 20 kg. de afirmado, resultó un mejoramiento de 23.2% de desgaste del material de afirmado, en el cual tuvo una reducción de 12.6%, brindándole mayor resistencia a la abrasión.

### 3.5.2. Cantera San Pedrito – Samanco

#### 3.5.2.1. Índice de Plasticidad

De acuerdo a los resultados obtenidos, el material de afirmado de la Cantera San Pedrito, muestra un índice de plasticidad fuera del parámetro, debido a su bajo nivel de plasticidad, afectando también la capacidad de soporte del material, por lo que fue necesario realizar su respectivo mejoramiento, mostrándose en el siguiente gráfico.

**GRÁFICO N° 17: ÍNDICE DE PLASTICIDAD DEL MATERIAL DE AFIRMADO DE LA CANTERA SAN PEDRITO – SAMANCO, CON ADICIÓN DE 3% DE ARCILLA A UN MUESTRA DE 35 KG DE AFIRMADO.**



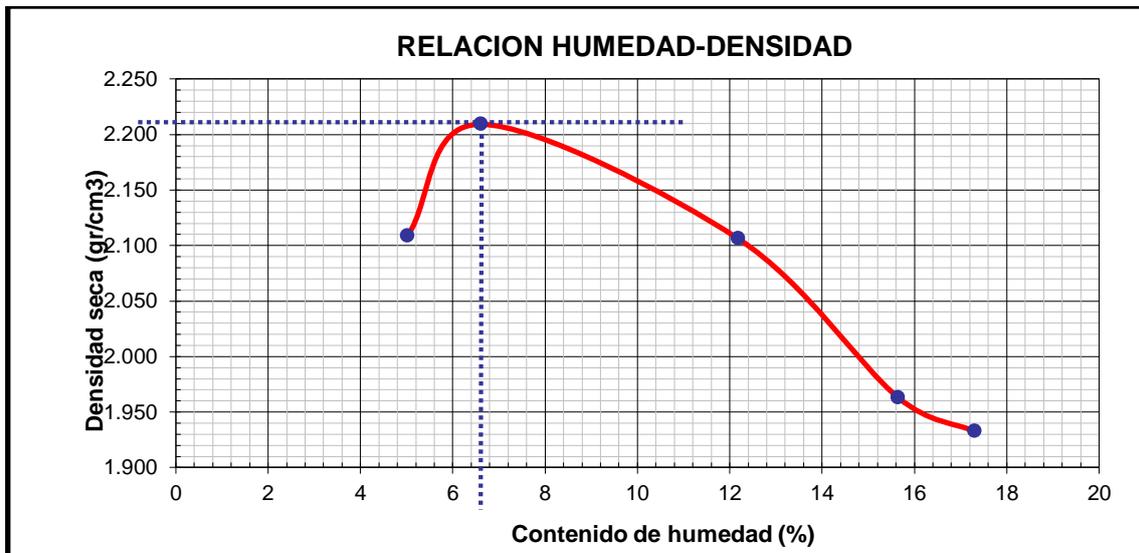
Fuente: Elaboración Propia

Interpretación: Referente a la evaluación, el material de afirmado de la cantera Pampa La Colina – Guadalupe, presentó un índice de Plasticidad de 16%, encontrándose fuera de lo requerido, por lo que se le adicionó 3% de arcilla a una muestra de 35 kg de afirmado, logrando de esta manera aumentar el Límite Plástico, debido a que la arcilla aumentó la plasticidad, resultando como Índice de Plasticidad un 8%, consiguiendo que cumpla con el parámetro establecido.

### 3.5.2.2. Capacidad de Soporte – CBR

En base a la evaluación del material de afirmado, se obtuvo como resultado que la capacidad de Soporte – CBR, no es de buena calidad ya que no logró tener una buena resistencia al esfuerzo, por tal motivo se tuvo que mejorar esta propiedad, para ello se ensayó el Proctor Modificado, para obtener la Máxima Densidad Seca y la Humedad Óptima al ser adicionado el 3% de arcilla.

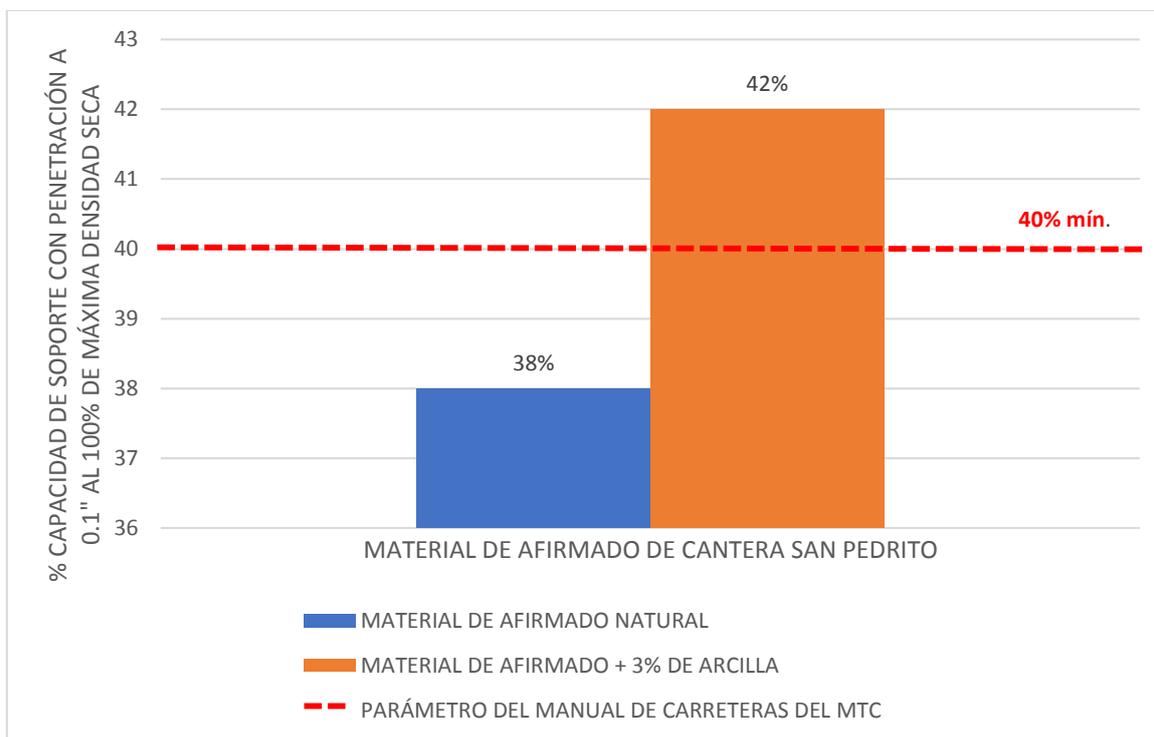
**GRÁFICO N° 18:** ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO DE LA CANTERA SAN PEDRITO – SAMANCO CON ADICIÓN DE 3% DE ARCILLA A UN MUESTRA DE 35 KG DE AFIRMADO.



Fuente: Protocolo de laboratorio de suelos UCV

Interpretación: Con la adición previa de 3% de arcilla, se logró obtener como la máxima densidad seca (2.210 gr/cm<sup>3</sup>) vs humedad óptima (6.65%), donde se aprecia que la máxima densidad seca avanza aumenta hasta un punto que el material llega a saturarse, esto es debido a que la porosidad que presenta llega a llenarse de agua y no compacta de manera adecuada.

**GRÁFICO N° 19: CAPACIDAD DE SOPORTE – CBR DEL MATERIAL DE AFIRMADO DE LA CANTERA SAN PEDRITO – SAMANCO CON ADICIÓN DE 3% DE ARCILLA EN BASE A UN MUESTRA DE 35 KG DE AFIRMADO.**



Fuente: Elaboración Propia

Interpretación: Según la evaluación se obtuvo un 38% de capacidad de soporte del material de afirmado, la cual no llegó a cumplir con el parámetro establecido, pero lo contrario con la adición de 3% de arcilla, debido a que al aumentar la plasticidad el material logró ser más compacto y aumentó su resistencia al esfuerzo, mejorando su calidad y se ubicó dentro de lo requerido según el manual de carreteras del MTC.

### 3.5.3. Análisis de costos de la Propuesta de Mejoramiento

Se realizó los costos del material de afirmado, movilidad y el material adicionado para su mejoramiento, analizándose por detalle el presupuesto total en base a 1 metro cúbico (1 m<sup>3</sup>) que se necesita para lograr su mejoramiento correspondiente.

### 3.5.3.1. Cantera Pampa La Colina - Guadalupe

Presupuesto total del material de afirmado de la cantera Pampa La Colina, con adición de 15% de grava – cantera san pedrito en base a 20 kg de afirmado:

S10 Página 1

#### Presupuesto

Presupuesto 0103020 MATERIAL DE AFIRMADO DE CANTERA PAMPA LA COLINA -GUADALUPITO  
 Subpresupuesto 001 MATERIAL DE AFIRMADO DE CANTERA PAMPA LA COLINA -GUADALUPITO  
 Cliente UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO - NUEVO CHIMBOTE Costo al 12/07/2018  
 Lugar GUADALUPITO

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
01	OBRAS PROVISIONALES				30.00
01.01	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS Y HERRAMIENTAS	glb	1.00	35.00	30.00
02	MOVIMIENTO DE TIERRAS				27.83
02.01	EXTRACCION DE MATERIAL DE AFIRMADO DE CANTERA	m3	1.00	27.83	27.83
	<b>COSTO DIRECTO</b>				<b>57.83</b>
=====					
	<b>PRESUPUESTO TOTAL</b>				<b>57.83</b>

SON : CINCUENTA Y SIETE CON 83/100 NUEVOS SOLES

S10 Página: 1

#### Análisis de precios unitarios

Presupuesto	0103020 MATERIAL DE AFIRMADO DE CANTERA PAMPA LA COLINA -GUADALUPITO				Fecha presupuesto		12/07/2018
Subpresupuesto	001 MATERIAL DE AFIRMADO DE CANTERA PAMPA LA COLINA -GUADALUPITO						
Período	01.01 MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS Y HERRAMIENTAS						
Rendimiento	glb/DIA	1.0000	EQ. 10.0000	Costo unitario directo por : glb		30.00	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
	Materiales						
02903200090039	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS Y HERR	glb		1.0000	30.00	30.00	
						30.00	
Período	02.01 EXTRACCION DE MATERIAL DE AFIRMADO DE CANTERA						
Rendimiento	m3/DIA	10.0000	EQ. 10.0000	Costo unitario directo por : m3		27.83	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
	Mano de Obra						
0101010005	PEON	hh	1.0000	0.8000	11.93	9.54	
						9.54	
	Materiales						
0207030002	AFIRMADO	m3		1.0000	18.00	18.00	
						18.00	
	Equipos						
0301010005	HERRAMIENTAS MANUALES	5ano		3.0000	9.54	0.29	
						0.29	

**Presupuesto**

Presupuesto 0103020 MATERIAL DE AFIRMADO DE CANTERA PAMPA LA COLINA -GUADALUPITO  
 Subpresupuesto 001 MATERIAL DE AFIRMADO DE CANTERA PAMPA LA COLINA -GUADALUPITO  
 Cliente UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO - NUEVO CHIMBOTE Costo al 12/07/2018  
 Lugar GUADALUPITO

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
01	OBRAS PROVISIONALES				35.00
01.01	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS Y HERRAMIENTAS	glo	1.00	35.00	35.00
02	MOVIMIENTO DE TIERRAS				56.66
02.01	EXTRACCION DE MATERIAL DE AFIRMADO DE CANTERA	m3	1.00	27.83	27.83
02.02	ADICIÓN DE 15% DE GRAVA	m3	1.00	28.83	28.83
COSTO DIRECTO					91.66
=====					
PRESUPUESTO TOTAL					91.66
SON : NOVENTA Y UNO CON 66/100 NUEVOS SOLES					

**Análisis de precios unitarios**

Presupuesto 0103020 MATERIAL DE AFIRMADO DE CANTERA PAMPA LA COLINA -GUADALUPITO  
 Subpresupuesto 001 MATERIAL DE AFIRMADO DE CANTERA PAMPA LA COLINA -GUADALUPITO Fecha presupuesto 12/07/2018  
 Partes 01.01 MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS Y HERRAMIENTAS

Rendimiento	glo/DIA	1.0000	EQ. 1.0000	Costo unitario directo por : glo	35.00		
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	<b>Materiales</b>						
02903200090039	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS Y HERR	glo			1.0000	35.00	35.00
							35.00

Partes 02.01 EXTRACCION DE MATERIAL DE AFIRMADO DE CANTERA

Rendimiento	m3/DIA	10.0000	EQ. 10.0000	Costo unitario directo por : m3	27.83		
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	<b>Mano de Obra</b>						
0101010005	PEON	hh		1.0000	0.8000	11.93	9.54
							9.54
	<b>Materiales</b>						
0207030002	AFIRMADO	m3			1.0000	18.00	18.00
							18.00
	<b>Equipos</b>						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo			3.0000	9.54	0.29
							0.29

Partes 02.02 ADICIÓN DE 15% DE GRAVA

Rendimiento	m3/DIA	10.0000	EQ. 10.0000	Costo unitario directo por : m3	28.83		
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	<b>Mano de Obra</b>						
0101010005	PEON	hh		1.0000	0.8000	11.93	9.54
							9.54
	<b>Materiales</b>						
0207010013	GRAVA	m3			1.0000	19.00	19.00
							19.00
	<b>Equipos</b>						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo			3.0000	9.54	0.29
							0.29

Activar Windows

### 3.5.3.2. Cantera Pampa San Pedrito – Samanco

Presupuesto total del material de afirmado de la cantera San Pedrito, con adición de 3% de arcilla en base a 35 kg de afirmado:

S10 Página 1

#### Presupuesto

Presupuesto 0103020 MATERIAL DE AFIRMADO DE LA CANTERA PAMPA SAN PEDRITO - SAMANCO  
 Subpresupuesto 001 MATERIAL DE AFIRMADO DE LA CANTERA PAMPA SAN PEDRITO - SAMANCO  
 Cliente UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO - NUEVO CHIMBOTE Costo al 12/07/2018  
 Lugar SAMANCO

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
01	OBRAS PROVISIONALES				16.00
01.01	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS Y HERRAMIENTAS	glb	1.00	16.00	16.00
02	MOVIMIENTO DE TIERRAS				27.83
02.01	EXTRACCION DE MATERIAL DE AFIRMADO DE CANTERA	m3	1.00	27.83	27.83
	<b>COSTO DIRECTO</b>				<b>43.83</b>
=====					
	<b>PRESUPUESTO TOTAL</b>				<b>43.83</b>

SON : CUARENTA Y TRES CON 83/100 NUEVOS SOLES

810 Página : 1

#### Análisis de precios unitarios

Presupuesto	0103020 MATERIAL DE AFIRMADO DE LA CANTERA PAMPA SAN PEDRITO - SAMANCO				Fecha presupuesto	12/07/2018	
Subpresupuesto	001 MATERIAL DE AFIRMADO DE LA CANTERA PAMPA SAN PEDRITO - SAMANCO						
Partida	01.01 MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS Y HERRAMIENTAS						
Rendimiento	glb/DIA	1.0000	EQ. 1.0000	Costo unitario directo por : glb	16.00		
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	<b>Materiales</b>						
02903200090039	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS Y HERR/glb				1.0000	16.00	16.00
							16.00
Partida	02.01 EXTRACCION DE MATERIAL DE AFIRMADO DE CANTERA						
Rendimiento	m3/DIA	10.0000	EQ. 10.0000	Costo unitario directo por : m3	27.83		
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
	<b>Mano de Obra</b>						
0101010005	PEON		hh	1.0000	0.8000	11.93	9.54
							9.54
	<b>Materiales</b>						
0207030002	AFIRMADO		m3		1.0000	18.00	18.00
							18.00
	<b>Equipos</b>						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES		%mo		3.0000	9.54	0.29
							0.29

## Presupuesto

Presupuesto 0103020 MATERIAL DE AFIRMADO DE LA CANTERA PAMPA SAN PEDRITO - SAMANCO  
 Subpresupuesto 001 MATERIAL DE AFIRMADO DE LA CANTERA PAMPA SAN PEDRITO - SAMANCO  
 Cliente UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO - NUEVO CHIMBOTE Costo al 12/07/2018  
 Lugar SNA PEDRITO - SAMANCO

Item	Descripción	Und.	Metrado	Precio S/.	Parcial S/.
01	OBRAS PROVISIONALES				36.00
01.01	MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS Y HERRAMIENTAS	glo	1.00	36.00	36.00
02	MOVIMIENTO DE TIERRAS				53.66
02.01	EXTRACCION DE MATERIAL DE AFIRMADO DE CANTERA	m3	1.00	27.83	27.83
02.02	ADICIÓN DE 3% DE ARCILLA	m3	1.00	25.83	25.83
<b>COSTO DIRECTO</b>					<b>89.66</b>
=====					
<b>PRESUPUESTO TOTAL</b>					<b>89.66</b>
SON : OCHENTA Y NUEVE CON 66/100 NUEVOS SOLES					

## Análisis de precios unitarios

Presupuesto	0103020 MATERIAL DE AFIRMADO DE LA CANTERA PAMPA SAN PEDRITO - SAMANCO	Fecha presupuesto	12/07/2018
Subpresupuesto	001 MATERIAL DE AFIRMADO DE LA CANTERA PAMPA SAN PEDRITO - SAMANCO		
Partida	01.01 MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS Y HERRAMIENTAS		
Plandimiento	gloDA 1.0000 EQ. 1.0000	Coto unitario directopor: glo	36.00
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla Cantidad Precio S/.
0200200090003	Materiales MOVILIZACION Y DESMOVILIZACION DE EQUIPOS Y HERRA	glo	1.0000 36.00 36.00
Partida	02.01 EXTRACCION DE MATERIAL DE AFIRMADO DE CANTERA		
Plandimiento	m3DA 10.0000 EQ. 10.0000	Coto unitario directopor: m3	27.83
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla Cantidad Precio S/.
01.01.01.005	Mano de Obra PEON	hr	1.0000 0.6000 11.93 9.54 354
02.01.02.002	Materiales AFIRMADO	m3	1.0000 16.00 16.00 1800
03.01.01.005	Equipos HERRAMIENTAS MANUALES	%no	3.0000 9.54 0.29 029
Partida	02.02 ADICIÓN DE 3% DE ARCILLA		
Plandimiento	m3DA 10.0000 EQ. 10.0000	Coto unitario directopor: m3	25.83
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla Cantidad Precio S/.
01.01.01.005	Mano de Obra PEON	hr	1.0000 0.6000 11.93 9.54 354
02.01.01.013	Materiales GRAVA	m3	1.0000 16.00 16.00 1600
03.01.01.005	Equipos HERRAMIENTAS MANUALES	%no	3.0000 9.54 0.29 029

Activar Windows

#### IV. DISCUSIÓN

En las líneas siguientes se dará a conocer la discusión de los resultados obtenidos de la investigación, las cuales fueron comparadas y contrastadas con el marco teórico y con las normas técnicas correspondientes.

Con referente a las propiedades físicas se obtuvieron los siguientes resultados:

Se tiene el gráfico N°01. Curva Granulométrica del material de afirmado de la Cantera Pampa La Colina – Guadalupito, se obtuvo un tipo de suelo A-2-4, de acuerdo a los porcentajes que pasan las mallas  $\frac{3}{4}$ ",  $\frac{3}{8}$ ", N°4, N°10, N°40, N°200, de las cuales logró cumplir con los intervalos de porcentaje pasante de los tamices  $\frac{3}{4}$ ",  $\frac{3}{8}$ ", N°4, en donde se obtuvo un 95.46%, 88.86% y 82.77% correspondiente, en base a la norma AASHTO M – 147. En el gráfico N°02. Límite Líquido del material de afirmado de la Cantera Pampa La Colina, presentó un resultado de 21%, cumpliendo con la norma establecida en el manual de Carreteras del Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC E 110), en donde da un 35% como máximo. Por otro lado, en el gráfico N°03. Índice de plasticidad del material de afirmado de la cantera Pampa La Colina – Guadalupito, se obtuvo un 9%, encontrándose dentro del parámetro de 4% mínimo y 9 % máximo del manual de carreteras del Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC E 111). Del mismo modo en el gráfico N°04. Equivalente de arena del material de afirmado de la Cantera Pampa La Colina – Guadalupito, presentó un 82.9% de arena con referente a la arcilla, cumpliendo con el parámetro de 20% mínimo establecido por el manual de carreteras del Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC E 114).

De acuerdo al gráfico N°05. Curva Granulométrica del material de afirmado de la Cantera San Pedrito – Samanco, cumplió con todos los parámetros establecidos de porcentaje pasante mínimos y máximos de las mallas  $\frac{3}{4}$ ",  $\frac{3}{8}$ ", N°4, N°10, N°40, N°200, obteniendo un 97.53%, 88.01%, 80.14%, 62.33%, 41.80% y 19.20 respectivamente, resultando

un tipo de suelo A-2-4, en base a la norma AASHTO M-147. Según el gráfico N°06. Límite Líquido del material de afirmado de la cantera San Pedrito – Samanco, presentó un 21%, cumpliendo con la norma establecida en el manual de Carreteras del Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC E 110), en donde se tiene que tener un 35% como máximo. Por otro lado, en el gráfico N°07. Índice de plasticidad del material de afirmado de la cantera Pampa San Pedrito - Samanco, se obtuvo un 16%, el cual se encontró fuera dentro del parámetro de 4% mínimo y 9 % máximo del manual de carreteras del Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC E 111). En cambio, en el gráfico N°08. Equivalente de arena del material de afirmado de la Cantera Pampa La Colina – Guadalupito, presentó un 87.7% de arena con referente a la arcilla, cumpliendo con el parámetro de 20% mínimo establecido por el manual de carreteras del Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC E 114).

De acuerdo a las propiedades mecánicas se obtuvieron los siguientes resultados:

Se tiene el gráfico N°09. Resistencia a la Abrasión del material de afirmado de la cantera Pampa La Colina – Guadalupito, donde se obtuvo un 35.8% de desgaste del material que retuvo la malla #4 (grava), logrando estar dentro del parámetro de 50% máximo del manual de carreteras del Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC E 207). Así mismo se tiene el gráfico N°11. Capacidad de soporte – CBR, en el cual se obtuvo un 56% de soporte del material expuesta a una carga de 0.1” al 100% de máxima densidad seca, cumpliendo con el parámetro de 40% mínimo del manual de carreteras del Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC E 132).

Se tiene el gráfico N°12. Resistencia a la Abrasión del material de afirmado de la cantera San Pedrito - Samanco, donde se obtuvo un 21.8% de desgaste del material que retuvo la malla #4 (grava), logrando estar dentro del parámetro de 50% máximo del manual de carreteras del Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC E 207). Así mismo se

tiene el gráfico N°14. Capacidad de soporte – CBR, en el cual se obtuvo un 38% de soporte del material expuesta a una carga de 0.1” al 100% de máxima densidad seca, cumpliendo con el parámetro de 40% mínimo del manual de carreteras del Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC E 132).

Referido a la propuesta de mejoramiento se obtuvieron los siguientes resultados:

Se tiene el gráfico N°16. Resistencia a la Abrasión del material de afirmado de la Cantera Pampa La Colina con adición de 15% de grava de la cantera San Pedrito, en el cual logró tener un menor desgaste a las cargas abrasivas, de tener un 35.8%, resultó un 23.2%, cumpliendo con el requerimiento de 50% máximo del manual de carreteras del Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC E 207).

Del mismo modo, se tiene el gráfico N°17. Índice de Plasticidad del material de afirmado de la cantera San Pedrito con adición de 3% de arcilla, donde se obtuvo un 16%, resultó mejorándolo a un 8%, debido al aumento de su plasticidad, de tal manera logró con el requerimiento de 4% mínimo y 9% como máximo, del manual de carreteras del Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC E 111). Por último, se tiene el gráfico N°19. Capacidad de Soporte del material de afirmado de la cantera San Pedrito, obteniéndose en un comienzo 38%, y con su mejoramiento resultó un 42% expuesta a una carga de 0.1” al 100% de máxima densidad seca, logrando cumplir o estar dentro del parámetro de 40% mínimo del manual de carreteras del Ministerio de Transporte y Comunicaciones (MTC E 132).

## V. CONCLUSIONES

1. Según la evaluación de las propiedades físicas, la granulometría del material de afirmado de las canteras Pampa La Colina y San Pedrito, ambas presentaron un tipo de suelo A-2-4, de acuerdo a los porcentajes retenidos pasantes de los tamices  $\frac{3}{4}$ ",  $\frac{3}{8}$ ", N°4, N°10, N°40, N°200. La humedad del material de afirmado en base al Limite Líquido de las canteras Pampa La Colina – Guadalupito y San Pedrito – Samanco resultó un 21%. El índice de plasticidad del material de afirmado de la cantera Pampa La Colina presentó un 9%, mientras que el de la cantera San Pedrito – Samanco obtuvo un 16% debido a mayor presencia arenosa y baja plasticidad. El equivalente de arena del material de afirmado de la cantera Pampa La Colina logró obtener 82.9% de arena con referente a la arcilla, mientras que el afirmado de la cantera San Pedrito, resultó 87.7%, es decir tuvo mayor presencia de arena en su composición en referencia a la arcilla.
2. Según la evaluación de las propiedades mecánicas, la resistencia a la Abrasión del material de afirmado de la cantera Pampa La Colina resultó un 35.8% de desgaste de la grava. Mientras que el de la cantera San Pedrito tuvo una mayor resistencia a las cargas abrasivas, obteniendo un 21.8% de desgaste. La capacidad de Soporte – CBR del material de afirmado de la cantera Pampa La Colina, presentó un 56% de resistencia a la penetración de carga, debido a su adecuada y mayor plasticidad, logrando unificar mejor sus componentes (arena, grava y finos) y ser más compacto al contacto con la cantidad de humedad óptima. Por lo contrario, el afirmado de la cantera San Pedrito, presentó un 38% de capacidad de soporte, debido a su baja plasticidad y mayor saturación.
3. La granulometría del material de afirmado de ambas canteras Pampa La Colina y San Pedrito, arrojó un tipo de suelo A-2-4, en la humedad en base al Limite Líquido resultó un 21% para ambas canteras. En el Índice de Plasticidad del material de afirmado de la cantera Pampa La Colina se obtuvo un 9%, mientras que el de la cantera San Pedrito arrojó un 16%. El equivalente de arena resultó un 82.9% de la cantera Pampa La Colina, y un 87.7% de la cantera San Pedrito. La resistencia a la abrasión del

material de afirmado de la cantera Pampa La Colina mostró un 35.8% de desgaste, mientras que el afirmado de la cantera San Pedrito arrojó un 21.8% de desgaste. La capacidad de soporte del afirmado de la cantera Pampa La Colina resultó un 56%, mientras que el de la cantera San Pedrito mostró un 38%. Por lo tanto, el material de afirmado de la cantera Pampa La Colina con referente a sus propiedades físico-mecánicas, es de mejor calidad que el que presenta la cantera San Pedrito.

4. Realizado el mejoramiento del material de afirmado de la Cantera Pampa La Colina, adicionándole 15% de grava de la cantera San Pedrito a una muestra de 20 kg. de afirmado, con respecto a la resistencia a la abrasión, se logró reducir de 35.8% a 23.2% de desgaste frente a las cargas abrasivas. Además, se logró mejorar el afirmado de la cantera San Pedrito, adicionándole un mínimo de 3% de arcilla a una muestra de 35 kg., de esta manera se pudo aumentar su plasticidad y se obtuvo un índice de plasticidad de 8%. En beneficio de ello, además, se logró mejorar su capacidad de soporte, obteniendo en la evaluación un 38%, aumentándole a 42% su resistencia a la penetración de carga; y de esta manera logró ser óptimo el porcentaje mínimo de adición, teniendo un material más compacto y de mejor calidad.
5. Según el análisis de costos de la propuesta de mejoramiento, con referencia a sus materiales, mano de obra, equipos y herramientas, se obtuvo un costo total de s/ 91.55 por metro cúbico de afirmado de la cantera Pampa La Colina, mientras que el material de afirmado mejorado de la cantera San Pedrito resultó un costo total de S/89.66 por metro cúbico.

## **VI. RECOMENDACIONES**

- Al presente trabajo de investigación, se utilice para carreteras de Tercera Clase, debido a los resultados obtenidos de capacidad de soporte del material de afirmado de las canteras Pampa La Colina y San Pedrito.
- Al dueño de la cantera Pampa La Colina a mejorar su afirmado adicionándole el 15% de grava teniendo como referencia una muestra de 20 kg; y al encargado de la cantera San Pedrito, a mejorar el material de afirmado, utilizando un 3% de arcilla teniendo como base una muestra de 35 kg, con referente a sus propiedades físicas y mecánicas.
- A los estudiantes, al realizar los estudios y ensayos de laboratorio correspondientes a la presente investigación, tener mayor cuidado al utilizar los equipos e instrumentos como la balanza analítica, la Cuchara de Casagrande, la prensa de CBR, que presenten la calibración adecuada, para obtener datos reales y exactos, y que no altere la validez de los resultados.
- A los futuros tesisistas, buscar nuevos materiales para adicionar y mejorar la propiedad mecánica con referente a la resistencia a la abrasión del material de afirmado de la cantera Pampa La Colina; de la misma manera proponer un nuevo material de adición al material de afirmado de la cantera San Pedrito, en base a sus propiedades físicas y mecánicas como el índice de Plasticidad y la capacidad de soporte – CBR, con el propósito de optimizar costos y tener una mejor calidad del material.
- A los ingenieros encargados de las diferentes obras de pavimentación, de verificar previamente la calidad del material de afirmado que va a utilizar en su construcción y que cumplan con los requerimientos establecidos.

## VII. REFERENCIAS

- AFIRMADO de la Alborada con Fallas [en línea]. Diariocorreo.pe. 6 de mayo de 2010. [Fecha de consulta: 12 de setiembre de 2017]. Disponible en: <https://diariocorreo.pe/ciudad/afirmado-de-la-alborada-con-fallas-333393/>
- AFIRMADO de obras del PAS es de mala calidad. Integracion1060.wordpress.com. 24 de mayo de 2011. [Fecha de consulta: 12 de setiembre de 2017]. Disponible en: <https://integracion1060.wordpress.com/2011/05/24/afirmado-de-obras-del-pas-es-de-mala-calidad/>
- ANÁLISIS Granulométrico por Bravo Rosario [et al]. México D.F: Universidad Nacional Autónoma de México, 2012, 16 pp.
- BONETT, Gabriel. Guía de Procesos constructivos de una vía en pavimento flexible. Tesis (Magister en Ingeniería de Pavimentos). Bogotá: Universidad Militar Nueva Granada. 2014. 36 pp.
- BOTÍA, Wilmar. Manual de procedimientos de ensayos de suelos y memoria de cálculo. Tesis (Ingeniero Civil). Bogotá: Universidad Militar Nueva Granada, 2015. 165 pp.
- CARTUCHE, Juan. Evaluación de las propiedades físicas, químicas y mecánicas de los áridos del cantón Loja. Tesis (Ingeniero Civil). Loja: Universidad Técnica Particular de Loja, 2012. 207 pp.
- CUSME, Washington y TAPIA, Ricardo. Estudio del comportamiento del material de mejoramiento tratado con emulsión asfáltica para su utilización como base/sub-base en la estructura de pavimentos. Tesis (Ingeniero Civil). Manabí: Universidad Técnica de Manabí. 2016. 132 pp.
- GONZÁLEZ, Fernando. La piedra natural – el recorrido de los minerales. 1.a ed. Madrid: Domènech e-learning multimedia, S.A., 2007. 197 pp.  
ISBN: 9788415205289
- HERNANDEZ, Roberto, FERNANDEZ, Carlos y BAPTISTA, María. Metodología de la investigación. 6.a ed. México D.F: Mexicana, 2014. 632 pp.  
ISBN: 978-1-4562-2396-0

- INGREDIENTE indispensable [en línea]. Cemex.com. 10 de marzo de 2017. [Fecha de consulta: 24 de setiembre de 2017]. Disponible en: <https://www.cemex.com/es/productos-servicios/productos/agregados>.
- JUAREZ, Euralio y RICO, Alfonso. Mecánica de Suelos. 1.a ed. México D.F.: Limusa, 2005. 638 pp.  
ISBN: 968-18-0069-9
- LEBET, Gabriel. Técnicas de recolección de datos. [En línea] 17 de junio del 2013. [Fecha de consulta: 18 de setiembre del 2017] Disponible en <https://gabriellebet.files.wordpress.com/2013/01/tecnicas-de-recoleccion3b3n4.pdf>
- LÍMITES de Consistencia [en línea]. Javierlaboratorio.blogspot.pe. 7 de marzo de 2017. [Fecha de consulta: 25 de setiembre de 2017]. Disponible en: <http://javierlaboratorio.blogspot.pe/2009/03/limites-de-consistencia-1-generalidades.html>
- MARTINEZ, Axel. Guía corta para los estudiantes – Materiales de construcción. [En línea] 20 de setiembre del 2016. [Fecha de consulta: 25 de setiembre de 2017] Disponible en: <https://es.slideshare.net/AxelMartnezNieto/humedad-de-los-agregados-axel-martinez-nieto>
- MEJÍA, José. Estudio de las propiedades físicas mecánicas Cantera 3M y su utilización como material de afirmado. Tesis (Ingeniero Civil). Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca, 2013. 81 pp.
- MINISTERIO de Transporte y Comunicaciones. D.S. N° 05–2013-MTC/14, Manual de Carreteras-Suelos, Geología, Geotecnia y Pavimentos. Lima: El Peruano, 2013. 355 pp.
- MINISTERIO de Transporte y Comunicaciones. Manual de ensayo de materiales. Lima: Perú, 2016. 1269 pp.
- MORALES, Pedro, CHAVEZ, Osvaldo y LOPEZ Luis. Efectos de la alta compactación de la capa de base en pavimentos flexibles. Managua: Universidad Nacional de Ingeniería, 2009. 137 pp.
- NUEVO Chimbote: Usaban mal material en avenida Pacífico [en línea]. Diariocorreo.pe. 6 de noviembre de 2011. [Fecha de consulta: 12 de

- setiembre de 2017]. Disponible en: <https://diariocorreo.pe/ciudad/nuevo-chimbote-usaban-mal-material-en-avenida-pacifico-486224/>
- PASTOR, Carlos. Evaluación de canteras para realizar la construcción de trocha carrozable a nivel de afirmado Campo Alegre – Peña Blanca, Distrito de Namora, Provincia de Cajamarca. Tesis (Ingeniero Civil). Cajamarca: Universidad Nacional de Cajamarca, 2013. 86 pp.
  - PONTIFICIA Universidad Católica de Valparaíso. Análisis granulométrico. [En línea] 21 de octubre del 2013. [Fecha de consulta: 24 de setiembre de 2017] Disponible en: [http://icc.ucv.cl/geotecnia/03\\_docencia/02\\_laboratorio/manual\\_laboratorio/granulometria.pdf](http://icc.ucv.cl/geotecnia/03_docencia/02_laboratorio/manual_laboratorio/granulometria.pdf).
  - REVISTA Construcción y Tecnología. México. Enero 2000. ISSN 0187-7895
  - SABINO, Carlos. El proceso de investigación. Buenos Aires: Lumen-Humánitas, 2008. 216 pp.
  - TAYLOR, Donald. Principios fundamentales de mecánica de suelos. 4.a ed. México DF: Compañía editorial continental, 2004, 771 pp.
  - UNIVERSIDAD Nacional de Cajamarca. Estudio Tecnología de Canteras en Cajamarca Agregados y Rocas Ornamentales. [En Línea] 14 de Junio de 2014. [Fecha de consulta: 23 de setiembre de 2017] Disponible en: [https://kupdf.com/download/informecanteras\\_590a0995dc0d606177959e87\\_pdf](https://kupdf.com/download/informecanteras_590a0995dc0d606177959e87_pdf)
  - VIZACARDO Otero Tiffany, TRINIDAD Santos Ludwig. “Agregados para la Construcción (Piedra y Arena)”. Informe para el Curso de Construcción I. Lima, Perú: Universidad Nacional Federico Villarreal, 2014. 14p

# **ANEXOS**

- **ANEXO 01: MATRIZ DE CONSISTENCIA**
- **ANEXO 02: INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS: PROTOCOLOS**
- **ANEXO 3: CERTIFICADOS**
- **ANEXO 4: PLANO DE UBICACIÓN**
- **ANEXO 5: NORMAS O ESPECIFICACIONES**
- **ANEXO 6: PANEL FOTOGRÁFICO**

# **ANEXO 01:**

## **MATRIZ DE CONSISTENCIA**

## **Anexo 01: Matriz de consistencia**

### **MATRIZ DE CONSISTENCIA**

#### **TÍTULO**

Evaluación del material de afirmado de las canteras Pampa La Colina - Guadalupito y San Pedrito – Samanco, con fines de Pavimentación- Propuesta de Mejoramiento – Ancash - 2018

#### **LÍNEA DE INVESTIGACIÓN**

Administración y seguridad en la construcción

#### **DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA**

En Nuevo Chimbote, las obras de pavimentación están mostrando deficiencias en su estado físico, esto es debido a que se están construyendo con materiales que no cumplen con los estándares de calidad establecidos según la Norma del Ministerio de Transporte y Comunicaciones; siendo un factor importante e influyente el material de afirmado que se utiliza. Es por ello que es importante realizar el siguiente estudio, que se basará en la evaluación del material de afirmado de las canteras Pampa La Colina – Guadalupito y San Pedrito – Samanco, para ello es necesario evaluar las propiedades físicas y mecánicas del material de afirmado mediante una serie de procedimientos y así poder determinar la calidad de material de afirmado en estudio que se está utilizando con fines de pavimentación.

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	JUSTIFICACIÓN
<p>¿Cuál será el resultado de la evaluación de las propiedades físico – mecánicas del material de afirmado de las canteras Pampa La Colina – Guadalupito y San Pedrito - Samanco, con fines de pavimentación?</p>	<p><b>GENERAL</b></p> <p>Evaluar las propiedades físico – mecánicas del material de afirmado de las canteras Pampa La Colina – Guadalupito y San Pedrito – Samanco, con fines de pavimentación.</p> <p><b>ESPECÍFICOS</b></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Analizar las propiedades físicas del material de Afirmado (Granulometría, Humedad, Plasticidad, Equivalente de Arena) de las Canteras Pampa La Colina – Guadalupito y San Pedrito – Samanco.</li> <li>• Analizar las propiedades mecánicas del material de Afirmado (Resistencia a la Absorción,</li> </ul>	<p>Es implícita, debido a que tiene una sola variable y el tipo de investigación es descriptiva – transversal.</p>	<p>Actualmente las obras de pavimentación en Nuevo Chimbote están mostrando deficiencias en su estado físico, esto es debido a que se están construyendo con materiales que no cumplen con los estándares de calidad establecidos según la Norma del Ministerio de Transporte y Comunicaciones; siendo un factor importante e influyente el material de afirmado que se utiliza. Es por ello que se requiere realizar el siguiente estudio, que se basará en la evaluación del material de afirmado de las canteras Pampa La Colina – Guadalupito y San Pedrito – Samanco,</p>

	<p>Capacidad de Soporte-CBR) de las Canteras Pampa La Colina – Guadalupito y San Pedrito – Samanco.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Proponer un mejoramiento del material de afirmado.</li> </ul>		<p>para poder verificar la calidad del material de ambas canteras en estudio, mediante lo establecido en el reglamento del Ministerio de Transporte y Comunicaciones. Esta investigación tiene como finalidad principal que se ejecuten obras de pavimentación correctas y con la durabilidad propuesta en proyecto, para ello es necesario e importante realizar la evaluación del material de afirmado; para brindar a la población mayor comodidad y bienestar social y económico.</p>
--	--	--	---

# **ANEXO 02:**

## **INSTRUMENTO DE RECOLECCIÓN DE DATOS: PROTOCOLOS**

## Anexo 02: Instrumentos de recolección de datos



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

### ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

(NORMA TECNICA PERUANA NTP 400.012, ASTM D422)

**TESIS** : Evaluación del material de afirmado de las canteras Pampa La Colina - Guadalupito y San Pedrito – Samanco, con fines de Pavimentación- Propuesta de Mejoramiento – Ancash – 2018

**TESISTA** : Romero Figueroa Cristoffer Diego Stiff

**ASUNTO** : Material de Afirmado

**LUGAR** : DISTRITO: Nuevo Chimbote, PROVINCIA: Santa, DEPARTAMENTO : Ancash

**UNIDAD** : PORCENTAJE %

**TABLA: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO**

Desing. del Tamiz US	A Peso Retenido gr.	B % Pasante
2		
1 1/2		
1		
3/4		
1/2		
3/8		
1/4		
Nº 4		
Nº 10		
Nº 16		
Nº 30		
Nº 40		
Nº 50		
Nº 100		
Nº 200		
P Nº 200		

**Nota:**

Las muestras fueron analizadas por el solicitante en el laboratorio

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

  
Linares Hamilton Villanueva Vásquez  
LABORATORIO



fb/ucv.peru  
@ucv\_peru  
#saliradelante  
ucv.edu.pe



### ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

(NORMA TECNICA PERUANA NTP 400.012, ASTM D422)

**TESIS** : Evaluación del material de afirmado de las canteras Pampa La Colina - Guadalupe y San Pedrito – Samanco, con fines de Pavimentación- Propuesta de Mejoramiento – Ancash – 2018

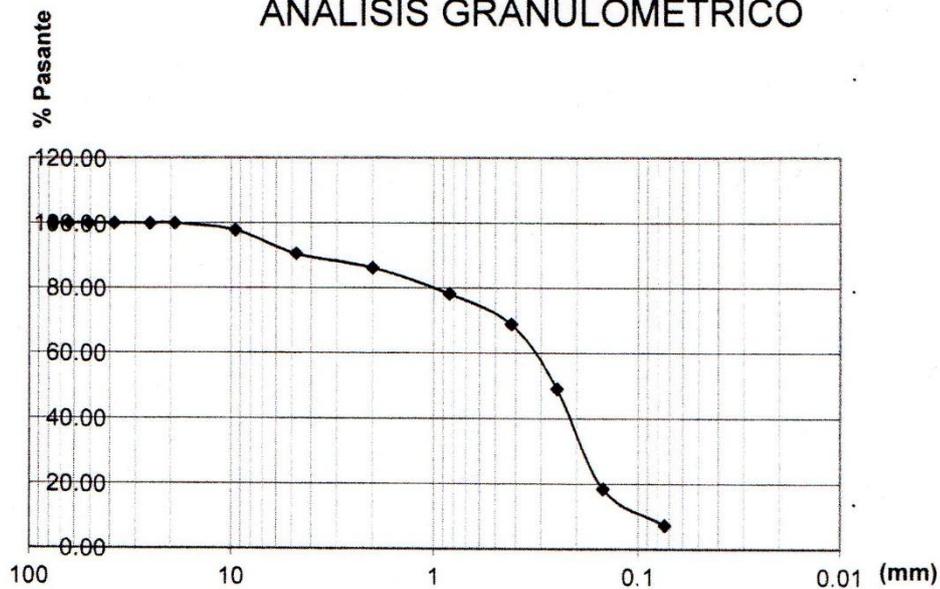
**TESISTA** : Romero Figueroa Cristoffer Diego Stiff

**ASUNTO** : Material de Afirmado

**LUGAR** : DISTRITO: Nuevo Chimbote, PROVINCIA: Santa, DEPARTAMENTO : Ancash

**UNIDAD** : PORCENTAJE %

### ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO



D10 =
D30 =
D60 =

Coefficiente de Uniformidad :
Coefficiente de Curvatura :

**Nota:**

Las muestras fueron elaboradas por el solicitante en el laboratorio

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

*[Handwritten Signature]*  
**Lenez Hamilton Villanueva Vásquez**  
 TÉCNICO DE LABORATORIO



fb/ucv.peru  
@ucv\_peru  
#saliradelante  
ucv.edu.pe



## ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

(NORMA TECNICA PERUANA NTP 400.012, ASTM D422)

**TESIS** : Evaluación del material de afirmado de las canteras Pampa La Colina - Guadalupe y San Pedro - Samanco, con fines de Pavimentación- Propuesta de Mejoramiento - Ancash - 2018

**TESISTA** : Romero Figueroa Cristoffer Diego Stiff

**ASUNTO** : Material de Afirmado

**LUGAR** : DISTRITO: Nuevo Chimbote, PROVINCIA: Santa, DEPARTAMENTO : Ancash

**UNIDAD** : PORCENTAJE %

Grava(%)	
Arena (%)	
Finos(%)	
Límite Líquido	
Límite Plástico	
Índice Plasticidad	
Clasif. SUCS	
Clasif. AASHTO	
Contenido de Humedad	
Peso específico	
Índice de Grupo	

**Nota:**

Las muestras fueron elaboradas por el solicitante en el laboratorio

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

  
**Lenín Hamilton Villanueva Vásquez**  
TÉCNICO DE LABORATORIO



fb/ucv.peru  
@ucv\_peru  
#saliradelante  
ucv.edu.pe



### ENSAYO DE LIMITES DE ATTERBERG

(NORMA TECNICA PERUANA NTP 339.129, ASTM D 4318 - 84)

**TESIS** : Evaluación del material de afirmado de las canteras Pampa La Colina - Guadalupito y San Pedrito – Samanco, con fines de Pavimentación- Propuesta de Mejoramiento – Ancash – 2018

**TESISTA** : Romero Figueroa Cristoffer Diego Stiff

**ASUNTO** : Material de Afirmado

**LUGAR** : DISTRITO: Nuevo Chimbote, PROVINCIA: Santa, DEPARTAMENTO : Ancash

**UNIDAD** : PORCENTAJE %

**TABLA: LIMITE LIQUIDO**

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

**TABLA: LIMITE PLASTICO**

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

**Nota:**

Las muestras fueron analizadas por el solicitante en el laboratorio

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

  
**Lener Hamilton Villanueva Vásquez**  
TÉCNICO DE LABORATORIO



fb/ucv.peru  
@ucv\_peru  
#saliradelante  
ucv.edu.pe



**ENSAYO DE CONTENIDO DE HUMEDAD**

(NORMA TECNICA PERUANA NTP 339.127, ASTM D2216)

**TESIS** : Evaluación del material de afirmado de las canteras Pampa La Colina - Guadalupe y San Pedrito – Samanco, con fines de Pavimentación- Propuesta de Mejoramiento – Ancash – 2018

**TESISTA** : Romero Figueroa Cristoffer Diego Stiff

**ASUNTO** : Material de Afirmado

**LUGAR** : DISTRITO: Nuevo Chimbote, PROVINCIA: Santa, DEPARTAMENTO : Ancash

**UNIDAD** : PORCENTAJE %

**TABLA: CONTENIDO DE HUMEDAD**

PERFORACIÓN	CIELO ABIERTO	CIELO ABIERTO
MUESTRA N°	C - 1 M - 1	C - 1 M - 1
PROFUNDIDAD (m.)		
CÁPSULA N°	T - 1	T - 2
PESO RECIPIENTE		
PESO RECIPIENTE + MATERIAL HUM.(gr.)		
PESO RECIPIENTE + MATERIAL SECO(gr.)		
PESO DEL AGUA (gr.)		
PESO MATERIAL SECO (gr.)		
PORCENTAJE DE HUMEDAD (%)		
HUMEDAD PROMEDIO (%)		

**Nota:**

Las muestras fueron analizadas por el solicitante en el laboratorio

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

  
**Lener Hamilton Villanueva Vásquez**  
 TÉCNICO DE LABORATORIO



fb/ucv.peru  
 @ucv\_peru  
 #saliradelante  
 ucv.edu.pe



## ENSAYO DE LIMITES DE ATTERBERG

(NORMA TECNICA PERUANA NTP 339.129, ASTM D 4318 - 84)

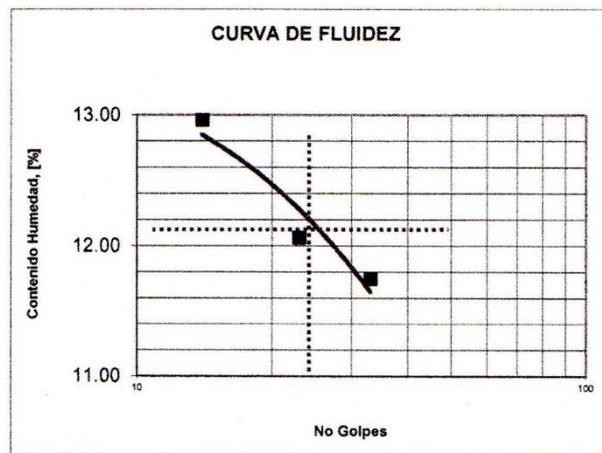
**TESIS** : Evaluación del material de afirmado de las canteras Pampa La Colina - Guadalupito y San Pedrito – Samanco, con fines de Pavimentación- Propuesta de Mejoramiento – Ancash – 2018

**TESISTA** : Romero Figueroa Cristoffer Diego Stiff

**ASUNTO** : Material de Afirmado

**LUGAR** : DISTRITO: Nuevo Chimbote, PROVINCIA: Santa, DEPARTAMENTO : Ancash

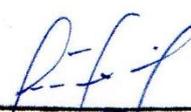
**UNIDAD** : PORCENTAJE %



**Nota:**

Las muestras fueron analizadas por el solicitante en el laboratorio

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

  
**Lener Hamilton Villanueva Vásquez**  
TÉCNICO DE LABORATORIO



fb/ucv.peru  
@ucv\_peru  
#saliradelante  
ucv.edu.pe

## ENSAYO DE EQUIVALENTE DE ARENA

**PROYECTO:** “Evaluación del material de afirmado de las canteras Pampa La Colina - Guadalupito y San Pedrito – Samanco, con fines de Pavimentación- Propuesta de Mejoramiento – Ancash - 2018”

**SOLICITA:** Romero Figueroa Cristoffer Diego Stiff

**UBICACIÓN:** Distrito: Nuevo Chimbote

Provincia: Santa

Departamento: Ancash

**MATERIAL EN ESTUDIO:** Afirmado

### EQUIVALENTE DE ARENA

ASTM D – 2419

DETERMINACION Nº	1	2	3
SATURACION (HORA INICIAL)			
SATURACION (HORA FINAL)			
PRUEBA DE ENSAYO ( HORA INICIAL)			
PRUEBA DE ENSAYO (HORA FINAL)			
LECTURA – ARCILLA RETENIDA (p/g)			
LECTURA – ARENA RETENIDA (p/g)			
EQUIVALENTE DE ARENA (%)			
EQUIVALENTE DE ARENA PROMEDIO (%)			
		EA=	

**ENSAYO DE ABRASIÓN LOS ANGELES**

(NORMA TECNICA PERUANA NTP 400.019, MTC E207-1999)

- PROYECTO:** Evaluación del material de afirmado de las canteras Pampa La Colina - Guadalupito y San Pedrito – Samanco, con fines de Pavimentación- Propuesta de Mejoramiento – Ancash – 2018
- SOLICITANTE:** Romero Figueroa Cristoffer Diego Stiff
- ASUNTO :** Material de Afirmado
- LUGAR :** DISTRITO: Nuevo Chimbote, PROVINCIA: Santa, DEPARTAMENTO : Ancash
- UNIDAD :** PORCENTAJE %

**TABLAS: ANÁLISIS DE ABRASIÓN**

PESO DE MUESTRA TOMADA	=		Kg
MATERIAL RETENIDO EN MALLA N°12	=		Kg
% DESGASTE	=		%

$$\% \text{ Desgaste} = 100 (P_1 - P_2) / P_1$$

- P<sub>1</sub> = Peso muestra seca antes del ensayo.
- P<sub>2</sub> = Peso muestra seca después del ensayo, previo lavado sobre tamiz de 1.70 mm (No. 12).

**Nota:**

Las muestras fueron analizadas por el solicitante en el laboratorio

  
**Lener Hamilton Villanueva Vásquez**  
 TÉCNICO DE LABORATORIO



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

fb/ucv.peru  
 @ucv\_peru  
 #saliradelante  
 ucv.edu.pe



### ENSAYO COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO

(NORMA TECNICA PERUANA NTP 339.141, ASTM D 1557)

**TESIS :** Evaluación del material de afirmado de las canteras Pampa La Colina - Guadalupe y San Pedrito – Samanco, con fines de Pavimentación- Propuesta de Mejoramiento – Ancash – 2018

**TESISTA :** Romero Figueroa Cristoffer Diego Stiff

**ASUNTO :** Material de Afirmado

**LUGAR :** DISTRITO: Nuevo Chimbote, PROVINCIA: Santa, DEPARTAMENTO : Ancash

**UNIDAD :** PORCENTAJE %

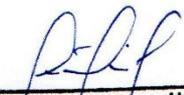
**TABLA: COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO**

Peso suelo + molde	gr					
Peso molde	gr					
Peso suelo húmedo compactado	gr					
Volumen del molde	cm <sup>3</sup>					
Peso volumétrico húmedo	gr					
Recipiente	N°					
Peso del suelo húmedo+tara	gr					
Peso del suelo seco + tara	gr					
Tara	gr					
Peso de agua	gr					
Peso del suelo seco	gr					
Contenido de agua	%					
Peso volumétrico seco	gr/cm <sup>3</sup>					
<i>Densidad máxima (gr/cm<sup>3</sup>)</i>						
<i>Humedad óptima (%)</i>						

**Nota:**

Las muestras fueron analizadas por el solicitante en el laboratorio

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

  
**Lener Hamilton Villanueva Vásquez**  
TÉCNICO DE LABORATORIO



fb/ucv.peru  
@ucv\_peru  
#saliradelante  
ucv.edu.pe



## ENSAYO COMPACTACIÓN PROCTOR MODIFICADO

(NORMA TECNICA PERUANA NTP 339.141, ASTM D 1557)

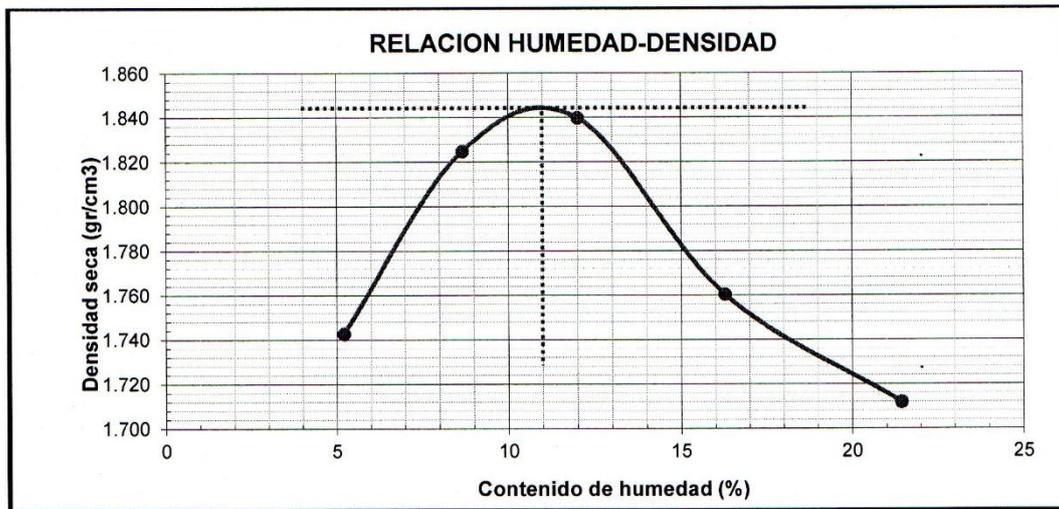
**TESIS** : Evaluación del material de afirmado de las canteras Pampa La Colina - Guadalupito y San Pedrito – Samanco, con fines de Pavimentación- Propuesta de Mejoramiento – Ancash – 2018

**TESISTA** : Romero Figueroa Cristoffer Diego Stiff

**ASUNTO** : Material de Afirmado

**LUGAR** : DISTRITO: Nuevo Chimbote, PROVINCIA: Santa, DEPARTAMENTO : Ancash

**UNIDAD** : PORCENTAJE %



**Nota:**

Las muestras fueron analizadas por el solicitante en el laboratorio

**CAMPUS CHIMBOTE**

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

  
**Lener Hamilton Villanueva Vásquez**  
TÉCNICO DE LABORATORIO



fb/ucv.peru  
@ucv\_peru  
#saliradelante  
[ucv.edu.pe](http://ucv.edu.pe)



Laboratorio Mecánica de Suelos, Pavimentos y Concreto											
CBR de Suelos (Laboratorio) MTC E 132 - 2000											
Nombre Cliente :	Romero Figueroa Cristoffer Diego Stiff										
Proyecto :	Evaluación del material de afirmado de las canteras Pampa La Colina - Guadalupe y San Pedrito – Samanco, con fines de Pavimentación - Propuesta de Mejoramiento – Ancash – 2018										
Ubicación Proyecto :	DISTRITO: Nuevo Chimbote. PROVINCIA: Santa. DEPARTAMENTO : Ancash										
<b>Datos necesarios para el ensayo</b>											
Preparación de muestra :	Húmeda										
% agua inicial muestra :	Área Pistón de Penetración : 20.1 cm <sup>2</sup>										
% de agua a adicional :											
Compactación de Especímenes											
Molde N°	13		14		15						
N° Capa	5		5		5						
Golpes por capa N°	56		25		10						
Cond. de la muestra	No Saturado	Saturada	No Saturado	Saturada	No Saturado	Saturada					
Peso molde + Suelo húmedo											
Peso de molde (gr)											
Peso del suelo húmedo (gr)											
Volumen del molde (cc)											
Densidad húmeda (gr/cc)											
Contenido de humedad de los especímenes											
Tarro N°											
Tarro + Suelo húmedo ( gr. )											
Tarro + Suelo seco ( gr. )											
Peso del Agua ( gr. )											
Peso del tarro ( gr. )											
Peso del suelo seco ( gr. )											
Humedad (%)											
Densidad seca (gr/cc)											
Expansión											
Fecha	Hora lec.	Hora	Dial	Expansión		Dial	Expansión		Dial	Expansión	
				mm	%		mm	%		mm	%
26/04/17	10:00am	24	0.023								
27/04/17	10:00am	48	0.028								
28/04/17	10:00am	72	0.033								
29/04/17	10:00am	96	0.038								
Penetración											
Penetración mm	Carga Estándar Kg/cm <sup>2</sup>	Molde de 56 golpes/capa			Molde de 25 golpes/capa			Molde de 10 golpes/capa			
		Dial	Kg/cm <sup>2</sup>	Corregida	Dial	Kg/cm <sup>2</sup>	Corregida	Dial	Kg/cm <sup>2</sup>	Corregida	
0.63											
1.27											
1.90											
2.54	70.31										
3.17											
3.81											
5.08	105.46										
7.62											
10.16											
12.70											
<b>Observación</b>											
El muestreo e identificación de las muestras fue realizada por el Solicitante											

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

  
**Lener Hamilton Villanueva Vásquez**  
TÉCNICO DE LABORATORIO



fb/ucv.peru  
@ucv\_peru  
#saliradelante  
ucv.edu.pe



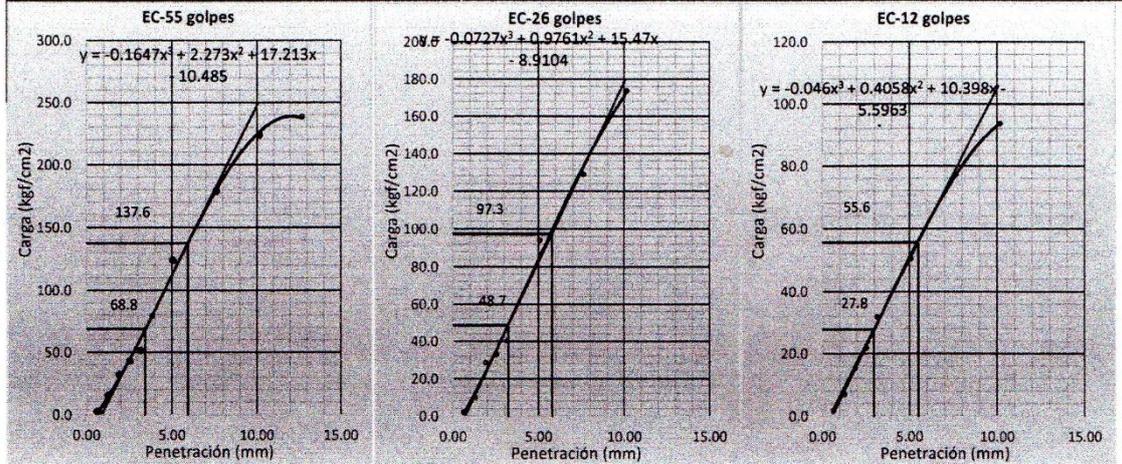
# UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

Laboratorio Mecánica de Suelos, Pavimentos y Concreto

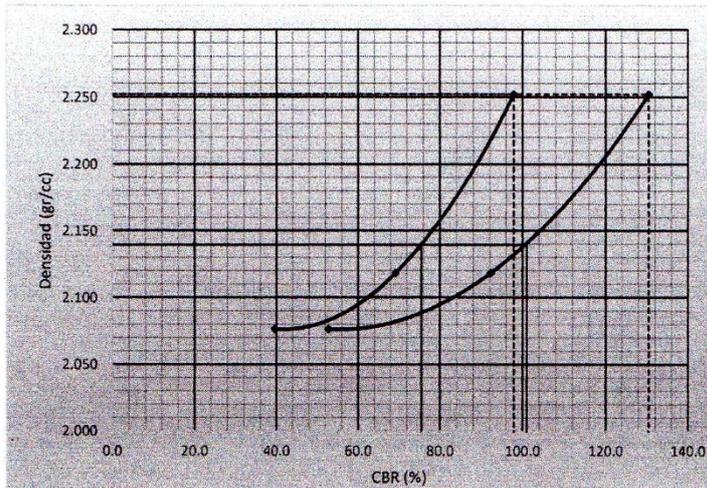
## CBR de Suelos (Laboratorio) MTC E 132 - 2000

Nombre Cliente : Romero Fizueroa Cristoffer Diego Stiff  
 Proyecto : Evaluación del material de afirmado de las canteras Pampa La Colina - Guadalupe y San Pedrito - Samanco, con fines de Pavimentación - Propuesta de Mejoramiento - Ancash - 2018  
 Ubicación Proyecto : DISTRITO: Nuevo Chimbote, PROVINCIA: Santa, DEPARTAMENTO : Ancash

### Gráfico Penetración CBR



Carga(2.54mm)	68.82	Carga(5.08mm)	137.64	Carga(2.54mm)	48.7	Carga(5.08mm)	97.3	Carga(2.54mm)	27.8	Carga(5.08mm)	55.6
---------------	-------	---------------	--------	---------------	------	---------------	------	---------------	------	---------------	------



Proctor / Densidad Natural / O.C.H.	
Máxima Dens. Seca (gr/cc)	2.252
95% de la M.D.S. (gr/cc)	2.139
Densidad Natural (gr/cc)	-
Optimo Humedad (%)	8.00%

Ngolpes	C.B.R. (1")	C.B.R. (2")	Densidad
56	97.9	130.5	2.252
25	69.2	92.3	2.118
10	39.6	52.8	2.076

RESULTADOS DE C.B.R. (1")	
C.B.R. al 100% de la M.D.S.	97.9
C.B.R. al 95% de la M.D.S.	75.5

RESULTADOS DE C.B.R. (2")	
C.B.R. al 100% de la M.D.S.	130.5
C.B.R. al 95% de la M.D.S.	101.0

% de Expansión	No Presenta
----------------	-------------

**Observación**  
 El muestreo e identificación de las muestras fue realizada por el Solicitante

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

*[Signature]*  
**Lener Hamilton Villanueva Vásquez**  
 TÉCNICO DE LABORATORIO



fb/ucv.peru  
 @ucv\_peru  
 #saliradelante  
 ucv.edu.pe

# **ANEXO 03:**

**CERTIFICADOS**

## Anexo 03: Certificados



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

### ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

(NORMA TECNICA PERUANA NTP 400.012, ASTM D422)

**PROYECTO:** "EVALUACION DEL MATERIAL DE AFIRMADO, DE LAS CANTERAS PAMPA LA COLINA – GUADALUPITO Y SAN PEDRITO – SAMANCO, CON FINES DE PAVIMENTACION – PROPUESTA DE MEJORAMIENTO – ANCASH - 2018"

**SOLICITANTE:** ROMERO FIGUEROA CRISTOFFER DIEGO STIFF

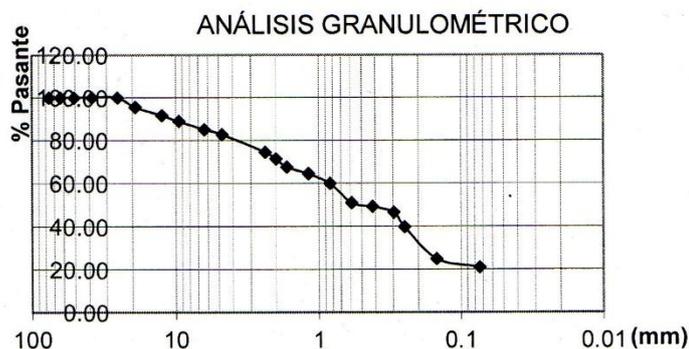
**ASUNTO :** ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

**LUGAR :** PAMPA LA COLINA - GUADALUPITO

**UNIDAD :** MUESTRA C - 01

**TABLA: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO**

Desing. del Tamiz US	A Peso Retenido gr.	B % Pasante
1	0.00	0.00
3/4	90.80	4.54
1/2	75.40	3.77
3/8	56.70	2.84
1/4	74.60	3.73
Nº 4	47.20	2.36
Nº 8	164.30	8.22
Nº 10	62.3	3.12
Nº 12	75.8	3.79
Nº 16	62.9	3.15
Nº 20	89.4	4.47
Nº 30	177.8	8.89
Nº 40	36.9	1.85
Nº 50	51.2	2.56
Nº 60	134.3	6.72
Nº 100	298.7	14.94
Nº 200	78.3	3.92
P Nº 200	423.4	21.17



Grava (%)	17.23
Arena (%)	61.60
Finos (%)	21.17
Límite Líquido	21
Límite Plástico	12
Índice Plasticidad	9
Clasif. SUCS	SC
Clasif. AASHTO	A-1-4
Contenido de Humedad	0.94

**Nota:**

SUCS: Arena arcillosa con grava

AASHTO: Grava y arena arcillosa o limosa

Las muestras fueron analizadas por el solicitante en el laboratorio

**CAMPUS CHIMBOTE**

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



Mg. Victor Rolando Rojas Silva  
Director de la Escuela De Ingeniería Civil

Lener Hamilton Villanueva Villanueva  
TECNICO DE LABORATORIO

fb/ucv.peru  
@ucv\_peru  
#saliradelante  
ucv.edu.pe



**ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO**

(NORMA TECNICA PERUANA NTP 400.012, ASTM D422)

**PROYECTO:** "EVALUACION DEL MATERIAL DE AFIRMADO, DE LAS CANTERAS PAMPA LA COLINA – GUADALUPITO Y SAN PEDRITO – SAMANCO, CON FINES DE PAVIMENTACION – PROPUESTA DE MEJORAMIENTO – ANCASH - 2018"

**SOLICITANTE:** ROMERO FIGUEROA CRISTOFFER DIEGO STIFF

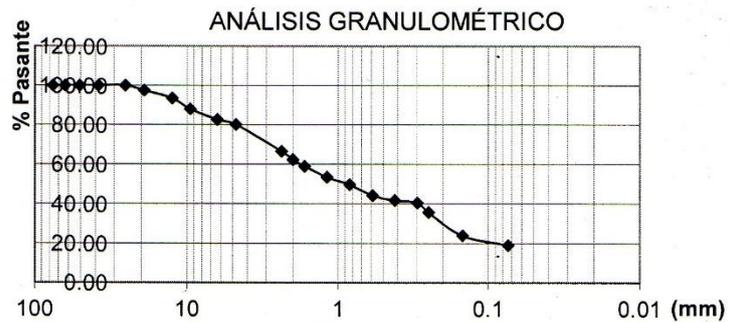
**ASUNTO :** ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

**LUGAR :** SAN PEDRITO - SAMANCO

**UNIDAD :** MUESTRA C - 01

**TABLA: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO**

Desing. del Tamiz US	A Peso Retenido gr.	B % Pasante
1	0.00	0.00
3/4	49.50	2.48
1/2	81.20	4.06
3/8	109.20	5.46
1/4	107.60	5.38
Nº 4	49.70	2.49
Nº 8	271.20	13.56
Nº 10	85	4.25
Nº 12	64.1	3.21
Nº 16	111.3	5.57
Nº 20	75.9	3.80
Nº 30	108	5.40
Nº 40	51.4	2.57
Nº 50	23.1	1.16
Nº 60	97.5	4.88
Nº 100	234.5	11.73
Nº 200	96.9	4.85
P Nº 200	383.9	19.20



Grava (%)	19.86
Arena (%)	60.95
Finos (%)	19.20
Limite Líquido	21
Limite Plástico	5
Índice Plasticidad	16
Clasif. SUCS	SC
Clasif. AASHTO	A-2-4
Contenido de Humedad	4.54

**Nota:**

SUCS: Arena arcillosa con grava

AASHTO: Grava y arena arcillosa o limosa

Las muestras fueron analizadas por el solicitante en el laboratorio



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



*Victor Rolando Rojas Silva*  
Ingeniero de la Escuela de Ingeniería Civil

*Lener Hamilton Villanueva Vásquez*  
TÉCNICO DE LABORATORIO

fb/ucv.peru  
@ucv\_peru  
#saliradelante  
[ucv.edu.pe](http://ucv.edu.pe)



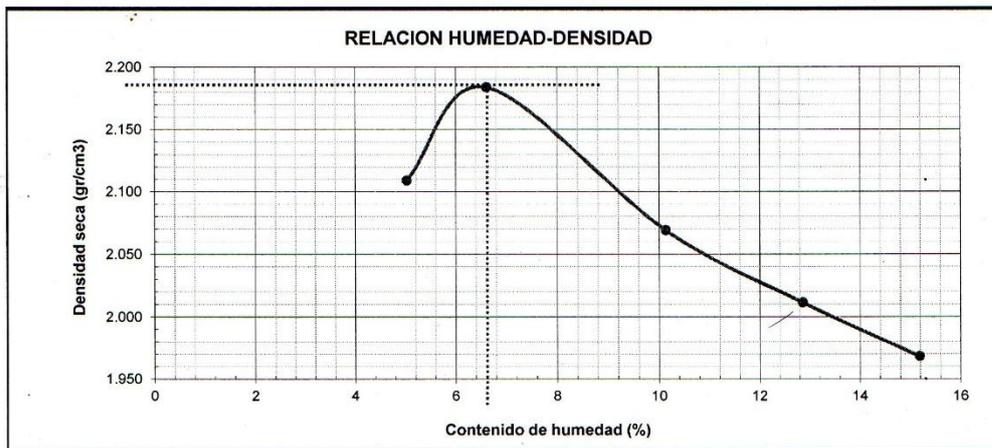
**ENSAYO DE COMPACTACION (PROCTOR MODIFICADO)  
ASTM-D1557**

**TESIS** "EVALUACION DEL MATERIAL DE AFIRMADO, DE LAS CANTERAS PAMPA LA COLINA – GUADALUPITO Y SAN PEDRITO – SAMANCO, CON FINES DE PAVIMENTACION – PROPUESTA DE MEJORAMIENTO – ANCASH - 2018"

**UBICACION** : SAN PEDRITO - SAMANCO  
**SOLICITA** : ROMERO FIGUEROA CRISTOFFER DIEGO STIFF

**MUESTRA** Proctor Modificado Patron C-2

		3%	6%	9%	12%	15%
Peso suelo + molde	gr	5771.30	5877.90	5831.50	5823.40	5820.60
Peso molde	gr	3690.00	3690.00	3690.00	3690.00	3690.00
Peso suelo húmedo compactado	gr	2081.30	2187.90	2141.50	2133.40	2130.60
Volumen del molde	cm <sup>3</sup>	939.70	939.70	939.70	939.70	939.70
Peso volumétrico húmedo	gr	2.21	2.33	2.28	2.27	2.27
Recipiente	N°	01	02	03	04	05
Peso del suelo húmedo+tara	gr	104.30	135.60	112.90	104.00	79.80
Peso del suelo seco + tara	gr	100.80	130.10	106.80	96.00	71.40
Tara	gr	31.10	46.90	46.60	33.80	16.10
Peso de agua	gr	3.50	5.50	6.10	8.00	8.40
Peso del suelo seco	gr	69.70	83.20	60.20	62.20	55.30
Contenido de agua	%	5.02	6.61	10.13	12.86	15.19
Peso volumétrico seco	gr/cm <sup>3</sup>	2.109	2.184	2.069	2.012	1.968
<i>Densidad máxima (gr/cm<sup>3</sup>)</i>						2.185
<i>Humedad óptima (%)</i>						6.60



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



*Mg. Victor Rolando Rojas Silva*  
Director de la Escuela de Ingeniería Civil

*Lener Hamilton Villanueva Vásquez*



fb/ucv.peru  
@ucv\_peru  
#saliradelante  
ucv.edu.pe



ENSAYO DE COMPACTACION (PROCTOR MODIFICADO)
ASTM-D1557

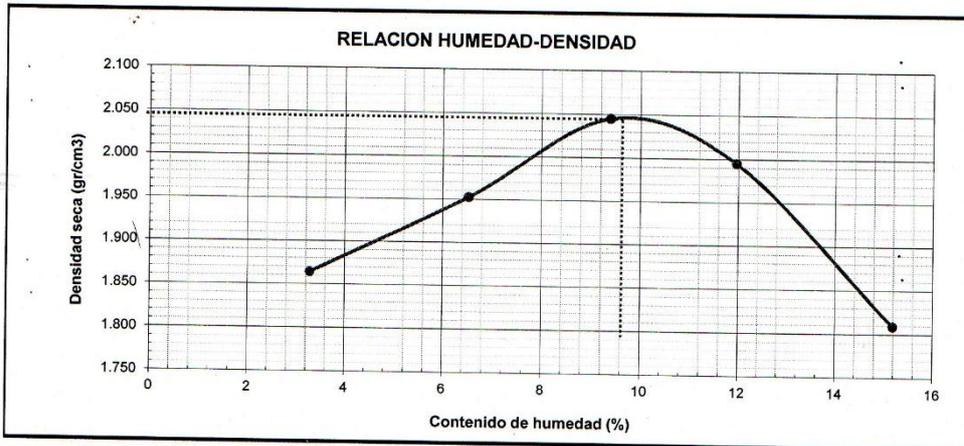
TESIS "EVALUACION DEL MATERIAL DE AFIRMADO, DE LAS CANTERAS PAMPA LA COLINA - GUADALUPITO Y SAN PEDRITO - SAMANCO, CON FINES DE PAVIMENTACION - PROPUESTA DE MEJORAMIENTO - ANCASH - 2018"

UBICACION : PAMPA LA COLINA - GUADALUPITO
SOLICITA : ROMERO FIGUEROA CRISTOFFER DIEGO STIFF

MUESTRA Proctor Modificado Patron C-2

Table with 7 columns: Property, Unit, 3%, 6%, 9%, 12%, 15%. Rows include: Peso suelo + molde, Peso molde, Peso suelo húmedo compactado, Volumen del molde, Peso volumétrico húmedo, Recipiente, Peso del suelo húmedo+tara, Peso del suelo seco + tara, Tara, Peso de agua, Peso del suelo seco, Contenido de agua, Peso volumétrico seco.

Summary table with 2 columns: Property, Value. Rows: Densidad máxima (gr/cm³) = 2.045, Humedad óptima (%) = 9.60



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



Mg. Victor Rolando Rojas Silva
Director de la Escuela De Ingeniería Civil

Lener Hamilton Villanueva Vásquez
TECNICO DE LABORATORIO





**ENSAYO DE CALIFORNIA BEARING RATIO (C. B. R.)**

(NORMA TECNICA PERUANA NTP 339.145, ASTM D 1883)

**PROYECTO:** "EVALUACION DEL MATERIAL DE AFIRMADO, DE LAS CANTERAS PAMPA LA COLINA – GUADALUPITO Y SAN PEDRITO – SAMANCO, CON FINES DE PAVIMENTACION – PROPUESTA DE MEJORAMIENTO – ANCASH - 2018"

**SOLICITANTE:** ROMERO FIGUEROA CRISTOFFER DIEGO STIFF

**ASUNTO :** ENSAYO DE CBR

**LUGAR :** PAMPA LA COLINA - GUADALUPITO

**UNIDAD :** MUESTRA C - 01

MOLDE N°	1		X		3	
N° DE CAPAS	5		5		5	
N° DE GOLPES POR CAPA	56		25		10	
MUESTRA	SATURADA	SIN SATURAR	SATURADA	SIN SATURAR	SATURADA	SIN SATURAR
VOLUMEN DE MOLDE	2115		2103		2100	
PESO DE MOLDE	7819		7815		7814	
PESO DE MOLDE + SUELO HUMEDO	13546		12970		12052	
PESO DEL SUELO HUMEDO	5727		5155		4238	
DENSIDAD HUMEDA	2.71		2.45		2.02	
RECIPIENTE N°	18		7		2	
PESO DE RECIPIENTE	38.0		48.6		34.8	
PESO DE RECIPIENTE + SUELO HUMEDO	119.8		201.8		108.4	
PESO DE RECIPIENTE + SUELO SECO	111.3		182.9		97.5	
PESO DE AGUA	8.5		18.9		10.9	
PESO DE SUELO SECO	73.3		134.3		62.7	
CONTENIDO DE HUMEDAD	11.5		14.1		17.4	
DENSIDAD SECA	2.43		2.15		1.72	

**Nota:**

Las muestras fueron analizadas por el solicitante en el laboratorio

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



*Mg. Victor Rolando Rojas Silva*  
Director de la Escuela De Ingeniería Civil

*Lener Hamilton Villanueva Vásquez*  
TÉCNICO DE LABORATORIO



fb/ucv\_peru  
@ucv\_peru  
#saliradelante  
ucv.edu.pe

## ENSAYO DE CALIFORNIA BEARING RATIO (C. B. R.)

(NORMA TECNICA PERUANA NTP 339.145, ASTM D 1883)

**PROYECTO:** "EVALUACION DEL MATERIAL DE AFIRMADO, DE LAS CANTERAS PAMPA LA COLINA – GUADALUPITO Y SAN PEDRITO – SAMANCO, CON FINES DE PAVIMENTACION – PROPUESTA DE MEJORAMIENTO – ANCASH - 2018"

**SOLICITANTE:** ROMERO FIGUEROA CRISTOFFER DIEGO STIFF

**ASUNTO :** ENSAYO DE CBR

**LUGAR :** PAMPA LA COLINA - GUADALUPITO

**UNIDAD :** MUESTRA C - 01

**PENETRACIÓN**

PENETRACIÓN (pulg.)	PATRÓN (Lb/pulg <sup>2</sup> )	56 GOLPES			25 GOLPES			10 GOLPES		
		DIAL	CARGA	CARGA UNITARIA	DIAL	CARGA	CARGA UNITARIA	DIAL	CARGA	CARGA UNITARIA
0.025		20.3	256	85	16.8	221	74	13.4	187	62
0.050		80.2	850	283	58.7	636	212	39.2	443	148
0.075		174.3	1782	594	114.4	1189	396	59.3	642	214
0.100	1000	310.3	3130	1043	195.6	1993	664	73.4	782	261
0.150		454.5	4559	1520	268.4	2715	905	87.5	922	307
0.200	1500	595.8	5960	1987	345.2	3476	1159	99.2	1038	346
0.250		844.3	8423	2808	488.6	4897	1632	121.5	1259	420
0.300		1216.3	12110	4037	680.9	6803	2268	160.1	1641	547
0.400		1401.3	13944	4648				197.5	2012	671
0.500		1451.3	14439	4813				232.6	2360	787

**Nota:**

Las muestras fueron analizadas por el solicitante en el laboratorio

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



*Mg. Victor Rolando Rojas Silva*  
 Director de la Escuela de Ingeniería Civil

*Lener Hamilton Villanueva Vásquez*  
 TÉCNICO DE LABORATORIO





### ENSAYO DE CALIFORNIA BEARING RATIO (C. B. R.)

(NORMA TECNICA PERUANA NTP 339.145, ASTM D 1883)

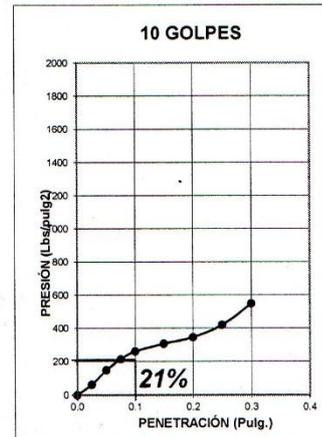
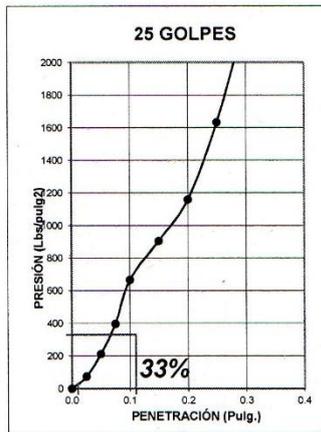
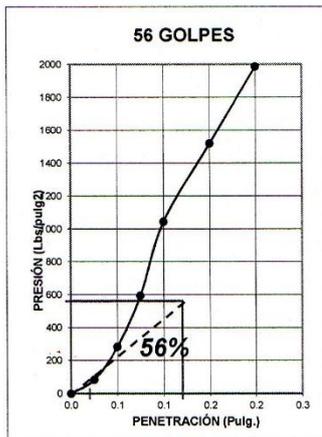
**PROYECTO:** "EVALUACION DEL MATERIAL DE AFIRMADO, DE LAS CANTERAS PAMPA LA COLINA – GUADALUPITO Y SAN PEDRITO – SAMANCO, CON FINES DE PAVIMENTACION – PROPUESTA DE MEJORAMIENTO – ANCASH - 2018"

**SOLICITANTE:** ROMERO FIGUEROA CRISTOFFER DIEGO STIFF

**ASUNTO :** ENSAYO DE CBR

**LUGAR :** PAMPA LA COLINA - GUADALUPITO

**UNIDAD :** MUESTRA C - 01



PENETRACIÓN (PULG.)	C.B.R. A 95% DE MAXIMA DENSIDAD SECA	C.B.R. A 100% DE MAXIMA DENSIDAD SECA
0,1"	53.2%	56%

**Nota:**

Las muestras fueron analizadas por el solicitante en el laboratorio

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



Mg. Victor Rolando Rojas Silva  
Director de la Escuela De Ingeniería Civil

Lener Hamilton Villaqueva Vásquez  
TECNICO DE LABORATORIO



fb/ucvperu  
@ucv\_peru  
#saliradelante  
ucv.edu.pe



**ENSAYO DE CALIFORNIA BEARING RATIO (C. B. R.)**

(NORMA TECNICA PERUANA NTP 339.145, ASTM D 1883)

**PROYECTO:** "EVALUACION DEL MATERIAL DE AFIRMADO, DE LAS CANTERAS PAMPA LA COLINA – GUADALUPITO Y SAN PEDRITO – SAMANCO, CON FINES DE PAVIMENTACION – PROPUESTA DE MEJORAMIENTO – ANCASH - 2018"  
**SOLICITANTE:** ROMERO FIGUEROA CRISTOFFER DIEGO STIFF  
**ASUNTO :** ENSAYO DE CBR  
**LUGAR :** SAN PEDRITO - SAMANCO  
**UNIDAD :** MUESTRA C - 01

MOLDE N°	1		X		3	
N° DE CAPAS	5		5		5	
N° DE GOLPES POR CAPA	56		25		10	
MUESTRA	SATURADA	SIN SATURAR	SATURADA	SIN SATURAR	SATURADA	SIN SATURAR
VOLUMEN DE MOLDE	2115		2103		2100	
PESO DE MOLDE	7757.2		7396.5		7814	
PESO DE MOLDE + SUELO HUMEDO	12868.3		12438.7		12072	
PESO DEL SUELO HUMEDO	5111.1		5042.2		4258	
DENSIDAD HUMEDA	2.42		2.40		2.03	
RECIPIENTE N°	18		7		2	
PESO DE RECIPIENTE	38.1		31.2		34.8	
PESO DE RECIPIENTE + SUELO HUMEDO	133.6		121.6		108.4	
PESO DE RECIPIENTE + SUELO SECO	126.1		113.7		99.6	
PESO DE AGUA	7.5		7.9		8.8	
PESO DE SUELO SECO	88.0		82.5		64.8	
CONTENIDO DE HUMEDAD	8.5		9.5		13.6	
DENSIDAD SECA	2.23		2.19		1.79	

**Nota:**

Las muestras fueron analizadas por el solicitante en el laboratorio

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



*Mg. Victor Rolando Rojas Silva*  
 Director de la Escuela De Ingenieria Civil

*Lener Hamilton Villanueva Vasquez*  
 TECNICO DE LABORATORIO



fb/ucv\_peru  
 @ucv\_peru  
 #saliradelante  
 ucv.edu.pe



**ENSAYO DE CALIFORNIA BEARING RATIO (C. B. R.)**

(NORMA TECNICA PERUANA NTP 339.145, ASTM D 1883)

**PROYECTO:** "EVALUACION DEL MATERIAL DE AFIRMADO, DE LAS CANTERAS PAMPA LA COLINA – GUADALUPITO Y SAN PEDRITO – SAMANCO, CON FINES DE PAVIMENTACION – PROPUESTA DE MEJORAMIENTO – ANCASH - 2018"

**SOLICITANTE:** ROMERO FIGUEROA CRISTOFFER DIEGO STIFF

**ASUNTO :** ENSAYO DE CBR

**LUGAR :** SAN PEDRITO - SAMANCO

**UNIDAD :** MUESTRA C - 01

**PENETRACIÓN**

PENETRACIÓN (pulg.)	PATRÓN (Lb/pulg <sup>2</sup> )	56 GOLPES			25 GOLPES			10 GOLPES		
		DIAL	CARGA	CARGA UNITARIA	DIAL	CARGA	CARGA UNITARIA	DIAL	CARGA	CARGA UNITARIA
0.025		18.8	241	80	3.7	91	30	1.4	69	23
0.050		98.1	1027	342	16.5	218	73	10.5	159	53
0.075		241.3	2446	815	72.3	771	257	58.4	633	211
0.100	1000	432.4	4340	1447	181.2	1851	617	71.3	761	254
0.150		708.1	7073	2358	326.1	3287	1096	84.2	889	296
0.200	1500	940.3	9375	3125	474.8	4761	1587	100.3	1049	350
0.250		1452.4	14450	4817	781.3	7799	2600	124.5	1289	430
0.300		2118.5	21053	7018	1317.5	13113	4371	159.8	1639	546
0.400		2458.4	24422	8141	1736.2	17263	5754	199.7	2034	678
0.500		2736.5	27178	9059	1986.8	19747	6582	230.1	2335	778

**Nota:**

Las muestras fueron analizadas por el solicitante en el laboratorio

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



Mg. Victor Rolando Rojas Silva  
Director de la Escuela De Ingeniería Civil

*R. f. f.*  
Lener Hamilton Villanueva Macaque  
TÉCNICO DE LABORATORIO



fb/ucv\_peru  
@ucv\_peru  
#saliradelante  
ucv.edu.pe

**ENSAYO DE CALIFORNIA BEARING RATIO (C. B. R.)**

(NORMA TECNICA PERUANA NTP 339.145, ASTM D 1883)

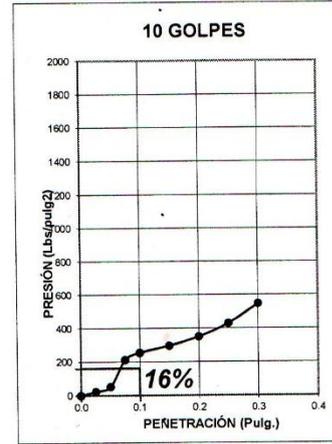
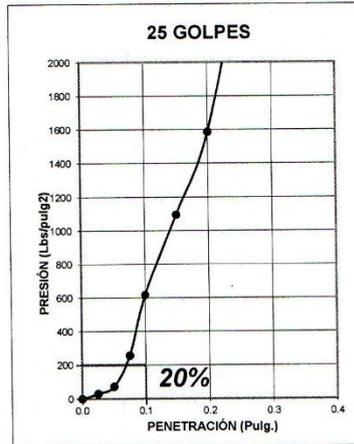
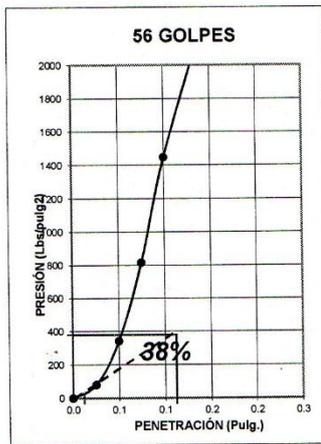
**PROYECTO:** "EVALUACION DEL MATERIAL DE AFIRMADO, DE LAS CANTERAS PAMPA LA COLINA – GUADALUPITO Y SAN PEDRITO – SAMANCO, CON FINES DE PAVIMENTACION – PROPUESTA DE MEJORAMIENTO – ANCASH - 2018"

**SOLICITANTE:** ROMERO FIGUEROA CRISTOFFER DIEGO STIFF

**ASUNTO :** ENSAYO DE CBR

**LUGAR :** SAN PEDRITO - SAMANCO

**UNIDAD :** MUESTRA C - 01



PENETRACIÓN (PULG.)	C.B.R. A 95% DE MAXIMA DENSIDAD SECA	C.B.R. A 100% DE MAXIMA DENSIDAD SECA
0,1"	36.1%	38%

**Nota:**

Las muestras fueron analizadas por el solicitante en el laboratorio

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



*Mg. Victor Rolando Rojas Silva*  
 Director de la Escuela De Ingeniería Civil

*Lener Hamilton Villanueva Vásquez*  
 TECNICO DE LABORATORIO



fb/ucv\_peru  
 @ucv\_peru  
 #saliradelante  
 ucv.edu.pe



## ENSAYO DE EQUIVALENTE DE ARENA, SUELOS Y AGREGADOS FINOS

(NORMA TECNICA PERUANA NTP 339.146, ASTM D2419)

**PROYECTO:** "EVALUACION DEL MATERIAL DE AFIRMADO, DE LAS CANTERAS PAMPA LA COLINA – GUADALUPITO Y SAN PEDRITO – SAMANCO, CON FINES DE PAVIMENTACION – PROPUESTA DE MEJORAMIENTO – ANCASH - 2018"  
**SOLICITANTE:** ROMERO FIGUEROA CRISTOFFER DIEGO STIFF  
**ASUNTO :** ENSAYO DE EQUIVALENTE DE ARENA  
**LUGAR :** PAMPA LA COLINA - GUADALUPITO  
**UNIDAD :** MUESTRA C - 01

### CUADRO DE DATOS DE EQUIVALENTE DE ARENA

ARENA(mm)	ARCILLA(mm)	EA
107	129	82.9%

$$\text{Equivalente de Arena (EA)} = \frac{\text{Lectura de arena}}{\text{Lectura de arcilla}} \times 100$$

#### Nota:

Las muestras fueron analizadas por el solicitante en el laboratorio

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



*Mg. Victor Rolando Rojas Silva*  
Director de la Escuela de Ingeniería Civil

*Lener Hamilton Villanueva Vásquez*  
TÉCNICO DE LABORATORIO



fb/ucv.peru  
@ucv\_peru  
#saliradelante  
ucv.edu.pe



**ENSAYO DE EQUIVALENTE DE ARENA, SUELOS Y AGREGADOS FINOS**

(NORMA TECNICA PERUANA NTP 339.146, ASTM D2419)

**PROYECTO:** "EVALUACION DEL MATERIAL DE AFIRMADO, DE LAS CANTERAS PAMPA LA COLINA – GUADALUPITO Y SAN PEDRITO – SAMANCO, CON FINES DE PAVIMENTACION – PROPUESTA DE MEJORAMIENTO – ANCASH - 2018"  
**SOLICITANTE:** ROMERO FIGUEROA CRISTOFFER DIEGO STIFF  
**ASUNTO :** ENSAYO DE EQUIVALENTE DE ARENA  
**LUGAR :** SAN PEDRITO - SAMANCO  
**UNIDAD :** MUESTRA C - 01

**CUADRO DE DATOS DE EQUIVALENTE DE ARENA**

ARENA(mm)	ARCILLA(mm)	EA
93	106	87.7%

$$\text{Equivalente de Arena (EA)} = \frac{\text{Lectura de arena}}{\text{Lectura de arcilla}} \times 100.$$

**Nota:**

Las muestras fueron analizadas por el solicitante en el laboratorio

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



*Mg. Victor Rolando Rojas Silva*  
Director de la Escuela De Ingeniería Civil

*Yanueva Vásquez*  
LABORATORIO



fb/ucv-peru  
@ucv\_peru  
#saliradelante  
ucv.edu.pe



**ENSAYO DE ABRASION LOS ANGELES (L.A.)**

(NORMA TECNICA PERUANA NTP 400.019, ASTM C 131)

- PROYECTO:** "EVALUACION DEL MATERIAL DE AFIRMADO, DE LAS CANTERAS PAMPA LA COLINA – GUADALUPITO Y SAN PEDRITO – SAMANCO, CON FINES DE PAVIMENTACION – PROPUESTA DE MEJORAMIENTO – ANCASH - 2018"
- SOLICITANTE:** ROMERO FIGUEROA CRISTOFFER DIEGO STIFF
- ASUNTO :** ENSAYO DE ABRASION LOS ANGELES
- LUGAR :** PAMPA LA COLINA - GUADALUPITO
- UNIDAD :** MUESTRA C - 01

**ENSAYO DE ABRASION LOS ANGELES**

DATOS:			
PIEDRA CHANCADA DE 1/2"			
PESO DE MUESTRA TOMADA	=	5.000	KG
MATERIAL QUE PASO MALLA N° 12	=	1.790	KG
MATERIAL RETENIDO EN MALLA N°12	=	3.210	KG
PORCENTAJE	=	35.80	%

$$\% \text{ Desgaste} = 100 (P_1 - P_2) / P_1$$

- P<sub>1</sub> = Peso muestra seca antes del ensayo.
- P<sub>2</sub> = Peso muestra seca después del ensayo, previo lavado sobre tamiz de 1.70 mm (No. 12).

**Nota:**

Las muestras fueron analizadas por el solicitante en el laboratorio

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



*Mg. Victor Rolando Rojas Silva*  
 Director de la Escuela de Ingeniería Civil

*Lener Hamilton Villalobos*  
 TECNICO DE LABORATORIO



fb/ucv.peru  
 @ucv\_peru  
 #saliradelante  
 ucv.edu.pe



**ENSAYO DE ABRASION LOS ANGELES (L.A.)**

(NORMA TECNICA PERUANA NTP 400.019, ASTM C 131)

**PROYECTO:** "EVALUACION DEL MATERIAL DE AFIRMADO, DE LAS CANTERAS PAMPA LA COLINA – GUADALUPITO Y SAN PEDRITO – SAMANCO, CON FINES DE PAVIMENTACION – PROPUESTA DE MEJORAMIENTO – ANCASH - 2018"

**SOLICITANTE:** ROMERO FIGUEROA CRISTOFFER DIEGO STIFF

**ASUNTO :** ENSAYO DE ABRASION LOS ANGELES

**LUGAR :** SAN PEDRITO - SAMANCO

**UNIDAD :** MUESTRA C - 01

**ENSAYO DE ABRASION LOS ANGELES**

DATOS:			
PIEDRA CHANCADA DE 1/2"			
PESO DE MUESTRA TOMADA	=	5.000	KG
MATERIAL QUE PASO MALLA N° 12	=	1.090	KG
MATERIAL RETENIDO EN MALLA N°12	=	3.910	KG
PORCENTAJE	=	21.80	%

$$\% \text{ Desgaste} = 100 (P_1 - P_2) / P_1$$

- P<sub>1</sub> = Peso muestra seca antes del ensayo.
- P<sub>2</sub> = Peso muestra seca después del ensayo, previo lavado sobre tamiz de 1.70 mm (No. 12).

**Nota:**

Las muestras fueron analizadas por el solicitante en el laboratorio

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



*Mg. Victor Rolando Rojas Silva*  
 Director de la Escuela de Ingeniería Civil

*Lener Hamilton Villanueva Vásquez*  
 TÉCNICO DE LABORATORIO



fb/ucv\_peru  
 @ucv\_peru  
 #saliradelante  
 ucv.edu.pe



**ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO**

(NORMA TECNICA PERUANA NTP 400.012, ASTM D422)

**PROYECTO:** "EVALUACION DEL MATERIAL DE AFIRMADO, DE LAS CANTERAS PAMPA LA COLINA – GUADALUPITO Y SAN PEDRITO – SAMANCO, CON FINES DE PAVIMENTACION – PROPUESTA DE MEJORAMIENTO – ANCASH - 2018"

**SOLICITANTE:** ROMERO FIGUEROA CRISTOFFER DIEGO STIFF

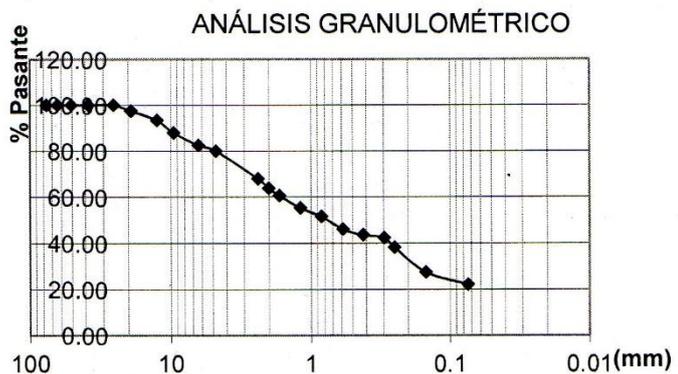
**ASUNTO :** ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

**LUGAR :** SAN PEDRITO - SAMANCO

**UNIDAD :** MUESTRA C – 01 MEJORADO +3% ARCILLA

**TABLA: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO**

Desing. del Tamiz US	A Peso Retenido gr.	B % Pasante
1	0.00	0.00
3/4	49.50	2.48
1/2	81.20	4.06
3/8	109.20	5.46
1/4	107.60	5.38
Nº 4	49.70	2.49
Nº 8	242.30	12.12
Nº 10	81.1	4.06
Nº 12	64.1	3.21
Nº 16	105.9	5.30
Nº 20	75.9	3.80
Nº 30	108	5.40
Nº 40	51.4	2.57
Nº 50	23.1	1.16
Nº 60	85.7	4.29
Nº 100	214.6	10.73
Nº 200	106.8	5.34
P Nº 200	443.9	22.20



Grava (%)	19.86
Arena (%)	57.95
Finos (%)	22.20
Límite Líquido	21
Límite Plástico	13
Índice Plasticidad	8
Clasif. SUCS	SC
Clasif. AASHTO	A-2-4
Contenido de Humedad	3.94

**Nota:**

SUCS: Arena arcillosa con grava

AASHTO: Grava y arena arcillosa o limosa

Las muestras fueron analizadas por el solicitante en el laboratorio

**CAMPUS CHIMBOTE**

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



Mp. Victor Rolando Rojas Silva  
Director de la Escuela de Ingeniería Civil

Lener Hamilton Manueva Vásquez  
TECNICO DE LABORATORIO



fb/ucv.peru  
@ucv\_peru  
#saliradelante  
ucv.edu.pe



**ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO**

(NORMA TECNICA PERUANA NTP 400.012, ASTM D422)

**PROYECTO:** "EVALUACION DEL MATERIAL DE AFIRMADO, DE LAS CANTERAS PAMPA LA COLINA – GUADALUPITO Y SAN PEDRITO – SAMANCO, CON FINES DE PAVIMENTACION – PROPUESTA DE MEJORAMIENTO – ANCASH - 2018"

**SOLICITANTE:** ROMERO FIGUEROA CRISTOFFER DIEGO STIFF

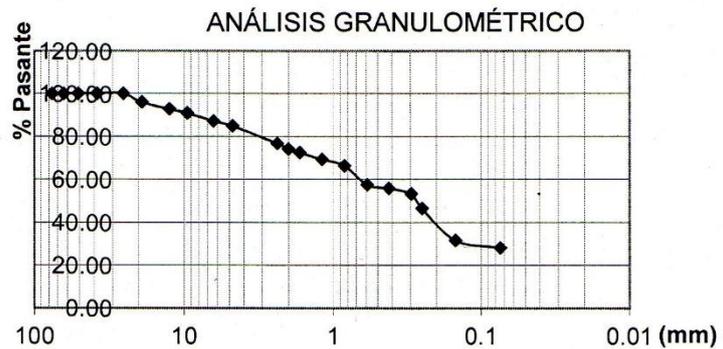
**ASUNTO :** ENSAYO DE ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO

**LUGAR :** PAMPA LA COLINA - GUADALUPITO

**UNIDAD :** MUESTRA C – 01 MEJORADO + 15% GRAVA

**TABLA: ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO**

Desing. del Tamiz US	A Peso Retenido gr.	B % Pasante
1	0.00	0.00
3/4	80.80	4.04
1/2	64.10	3.21
3/8	36.60	1.83
1/4	74.60	3.73
Nº 4	47.20	2.36
Nº 8	161.10	8.06
Nº 10	51.4	2.57
Nº 12	35	1.75
Nº 16	62.9	3.15
Nº 20	59.7	2.99
Nº 30	178.4	8.92
Nº 40	31.8	1.59
Nº 50	51.2	2.56
Nº 60	135.3	6.77
Nº 100	298	14.90
Nº 200	68	3.40
P Nº 200	563.9	28.20



Grava (%)	15.17
Arena (%)	56.64
Finos (%)	28.20
Limite Líquido	21
Limite Plástico	14
Índice Plasticidad	7
Clasif SUCS	SC
Clasif AASHTO	A-2-4
Contenido de Humedad	1.03

**Nota:**

SUCS: Arena arcillosa con grava

AASHTO: Grava y arena arcillosa o limosa

Las muestras fueron analizadas por el solicitante en el laboratorio

**CAMPUS CHIMBOTE**

Mz. H LT. 1 Urb. Buenos Aires

Av. Central Nuevo Chimbote

Tel.: (043) 483 030 Anx.: 4000



Mg. Victor Rolando Rojas Silva  
Director de la Escuela de Ingeniería Civil

Lener Hamilton Villanueva Vasquez  
TECNICO DE LABORATORIO



fb/ucv.peru  
@ucv\_peru  
#saliradelante  
ucv.edu.pe



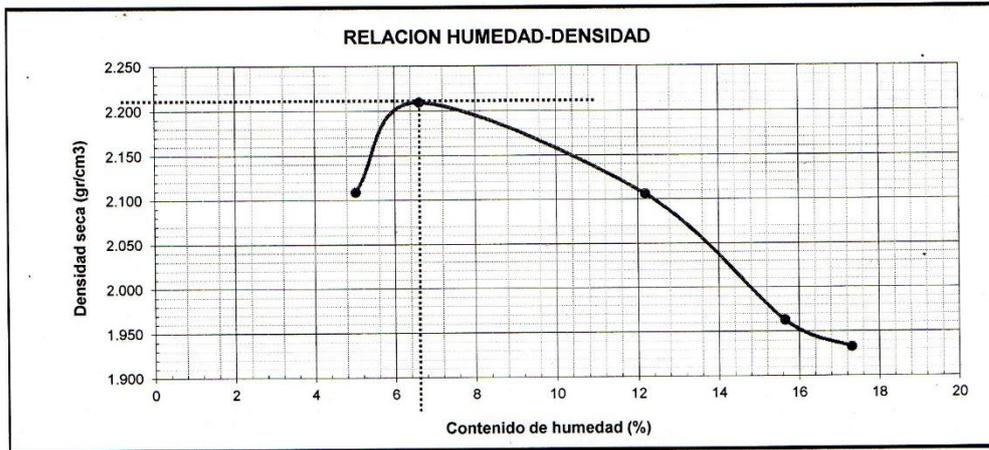
ENSAYO DE COMPACTACION (PROCTOR MODIFICADO)
ASTM-D1557

TESIS "EVALUACION DEL MATERIAL DE AFIRMADO, DE LAS CANTERAS PAMPA LA COLINA - GUADALUPITO Y SAN PEDRITO - SAMANCO, CON FINES DE PAVIMENTACION - PROPUESTA DE MEJORAMIENTO - ANCASH - 2018"

UBICACION : SAN PEDRITO - SAMANCO
SOLICITA : ROMERO FIGUEROA CRISTOFFER DIEGO STIFF

MUESTRA Proctor Modificado Patron C-2

Table with 7 columns (3%, 6%, 9%, 12%, 15%) and 15 rows of data including weights, volumes, and moisture content. Summary values: Densidad máxima (gr/cm³) 2.210, Humedad óptima (%) 6.65



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



Mg. Victor Rolando Rojas Silva
Director de la Escuela de Ingeniería Civil

Handwritten signature of Victor Rolando Rojas Silva

Lener Hamilton Viquez Vásquez
TECNICO DE LABORATORIO

Handwritten signature of Lener Hamilton Viquez Vásquez

fb/ucv.peru
@ucv\_peru
#saliradelante
ucv.edu.pe

## ENSAYO DE CALIFORNIA BEARING RATIO (C. B. R.)

(NORMA TECNICA PERUANA NTP 339.145, ASTM D 1883)

**PROYECTO:** "EVALUACION DEL MATERIAL DE AFIRMADO, DE LAS CANTERAS PAMPA LA COLINA – GUADALUPITO Y SAN PEDRITO – SAMANCO, CON FINES DE PAVIMENTACION – PROPUESTA DE MEJORAMIENTO – ANCASH - 2018"

**SOLICITANTE:** ROMERO FIGUEROA CRISTOFFER DIEGO STIFF

**ASUNTO :** ENSAYO DE CBR

**LUGAR :** SAN PEDRITO - SAMANCO

**UNIDAD :** MUESTRA C – 01 MEJORADO

MOLDE N°	1	X	3			
N° DE CAPAS	5	5	5			
N° DE GOLPES POR CAPA	56	25	10			
MUESTRA	SATURADA	SIN SATURAR	SATURADA	SIN SATURAR	SATURADA	SIN SATURAR
VOLUMEN DE MOLDE	2115		2103		2100	
PESO DE MOLDE	7757.2		7396.5		7814	
PESO DE MOLDE + SUELO HUMEDO	12880.3		12528.7		12072	
PESO DEL SUELO HUMEDO	5123.1		5132.2		4258	
DENSIDAD HUMEDA	2.42		2.44		2.03	
RECIPIENTE N°	18		7		2	
PESO DE RECIPIENTE	38.1		31.2		34.8	
PESO DE RECIPIENTE + SUELO HUMEDO	133.6		121.6		108.4	
PESO DE RECIPIENTE + SUELO SECO	125.2		111.5		98.4	
PESO DE AGUA	8.4		10.1		10.0	
PESO DE SUELO SECO	87.1		80.3		63.6	
CONTENIDO DE HUMEDAD	9.6		12.5		15.7	
DENSIDAD SECA	2.21		2.17		1.75	

**Nota:**

Las muestras fueron analizadas por el solicitante en el laboratorio

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



Mg. Victor Rolando Rojas Silva Lener Ham...  
Director de la Facultad de Ingeniería Civil  
TECNICO DE LABORATORIO



fb/ucv.peru  
@ucv\_peru  
#saliradelante  
ucv.edu.pe



**ENSAYO DE CALIFORNIA BEARING RATIO (C. B. R.)**

(NORMA TECNICA PERUANA NTP 339.145, ASTM D 1883)

**PROYECTO:** "EVALUACION DEL MATERIAL DE AFIRMADO, DE LAS CANTERAS PAMPA LA COLINA – GUADALUPITO Y SAN PEDRITO – SAMANCO, CON FINES DE PAVIMENTACION – PROPUESTA DE MEJORAMIENTO – ANCASH - 2018"

**SOLICITANTE:** ROMERO FIGUEROA CRISTOFFER DIEGO STIFF

**ASUNTO :** ENSAYO DE CBR

**LUGAR :** SAN PEDRITO - SAMANCO

**UNIDAD :** MUESTRA C – 01 MEJORADO

**PENETRACIÓN**

PENETRACIÓN (pulg.)	PATRÓN (Lb/pulg <sup>2</sup> )	56 GOLPES			25 GOLPES			10 GOLPES		
		DIAL	CARGA	CARGA UNITARIA	DIAL	CARGA	CARGA UNITARIA	DIAL	CARGA	CARGA UNITARIA
0.025		20.4	257	86	4.9	103	34	2.5	79	26
0.050		108.6	1131	377	18.4	237	79	11.6	170	57
0.075		260.8	2640	880	75.6	804	268	59.7	646	215
0.100	1000	450.9	4524	1508	184.9	1887	629	73.4	782	261
0.150		728.4	7274	2425	327.4	3300	1100	85.6	903	301
0.200	1500	970.6	9675	3225	476.2	4775	1592	102.4	1070	357
0.250		1468.7	14612	4871	783.6	7821	2607	128.7	1330	443
0.300		2218.4	22043	7348	1320.4	13142	4381	161.8	1658	553
0.400		2497.1	24805	8268	1740.9	17310	5770	202.3	2060	687
0.500		2810.4	27910	9303	1990.2	19781	6594	234.8	2382	794

**Nota:**

Las muestras fueron analizadas por el solicitante en el laboratorio



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



Victor Rolando Rojas Silva  
Tractor de la Escuela De Ingeniería Civil

Lener Hamilton Villalueva Vásquez  
TECNICO DE LABORATORIO

fb/ucv.peru  
@ucv\_peru  
#saliradelante  
ucv.edu.pe



### ENSAYO DE CALIFORNIA BEARING RATIO (C. B. R.)

(NORMA TECNICA PERUANA NTP 339.145, ASTM D 1883)

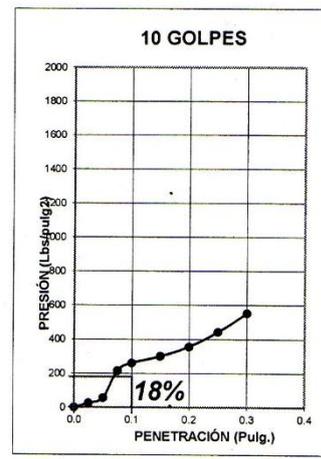
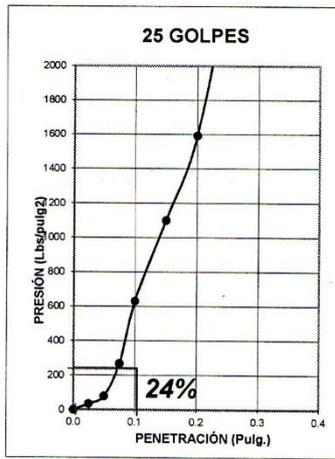
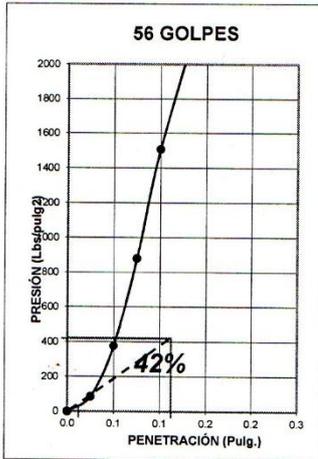
**PROYECTO:** "EVALUACION DEL MATERIAL DE AFIRMADO, DE LAS CANTERAS PAMPA LA COLINA – GUADALUPITO Y SAN PEDRITO – SAMANCO, CON FINES DE PAVIMENTACION – PROPUESTA DE MEJORAMIENTO – ANCASH - 2018"

**SOLICITANTE:** ROMERO FIGUEROA CRISTOFFER DIEGO STIFF

**ASUNTO :** ENSAYO DE CBR

**LUGAR :** SAN PEDRITO - SAMANCO

**UNIDAD :** MUESTRA C – 01 MEJORADO



PENETRACIÓN (PULG.)	C.B.R. A 95% DE MAXIMA DENSIDAD SECA	C.B.R. A 100% DE MAXIMA DENSIDAD SECA
0,1"	39.9%	42%

**Nota:**

Las muestras fueron analizadas por el solicitante en el laboratorio

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



Mg. Victor Rolando Rojas Silva  
Director de la Escuela de Ingeniería Civil

Lener Ham...  
TECNICO DE LABORATORIO



fb/ucv.peru  
@ucv\_peru  
#saliradelante  
ucv.edu.pe



**ENSAYO DE ABRASION LOS ANGELES (L.A.)**

(NORMA TECNICA PERUANA NTP 400.019, ASTM C 131)

**PROYECTO:** "EVALUACION DEL MATERIAL DE AFIRMADO, DE LAS CANTERAS PAMPA LA COLINA – GUADALUPITO Y SAN PEDRITO – SAMANCO, CON FINES DE PAVIMENTACION – PROPUESTA DE MEJORAMIENTO – ANCASH - 2018"  
**SOLICITANTE:** ROMERO FIGUEROA CRISTOFFER DIEGO STIFF  
**ASUNTO :** ENSAYO DE ABRASION LOS ANGELES  
**LUGAR :** PAMPA LA COLINA - GUADALUPITO  
**UNIDAD :** MUESTRA C – 01 +15% DE GRAVA DE CANTERA SAN PEDRITO -SAMANCO

**ENSAYO DE ABRASION LOS ANGELES**

DATOS:			
PIEDRA CHANCADA DE 1/2"			
PESO DE MUESTRA TOMADA	=	5.000	KG
MATERIAL QUE PASO MALLA N° 12	=	1.160	KG
MATERIAL RETENIDO EN MALLA N°12	=	3.840	KG
PORCENTAJE	=	23.20	%

$$\% \text{ Desgaste} = 100 (P_1 - P_2) / P_1$$

P<sub>1</sub> = Peso muestra seca antes del ensayo.

P<sub>2</sub> = Peso muestra seca después del ensayo, previo lavado sobre tamiz de 1.70 mm (No. 12).

**Nota:**

Las muestras fueron analizadas por el solicitante en el laboratorio

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



Mg. Victor Rolando Rojas Silva  
 Director de la Escuela de Ingeniería Civil

Lener Hamilton Villanueva Vásquez  
 TÉCNICO DE LABORATORIO



fb/ucv.peru  
 @ucv\_peru  
 #saliradelante  
 ucv.edu.pe



Punto de Precisión S.A.C.

# PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

## CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LFP - 194 - 2017

Página 1 de 2

Expediente : T 241-2017  
Fecha de emisión : 2017-06-26

1. Solicitante : UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO S.A.C.  
Dirección : AV. VICTOR LARCO NRO. 1770 URB. LAS FLORES -  
VICTOR LARCO HERRERA - TRUJILLO - LA LIBERTAD

2. Descripción del Equipo : PRENSA CBR

Modelo de Prensa : CBR-P01

Serie de Prensa : 21513007

Marca de Celda : OAP

Modelo de Celda : DEF-A

Serie de Celda : SSV827

Capacidad de Celda : 5t

Marca de Indicador : HWEIGH

Modelo de Indicador : 315-K5

Serie de Indicador : 0012865

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 MECANICA DE SUELOS Y MATERIALES DE UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO S.A.C. - NUEVO CHIMBOTE - ANCAH  
25 - JUNIO - 2017

### 4. Método de Calibración

La Calibración se realizó de acuerdo a la norma ASTM E4.

### 5. Trazabilidad

INSTRUMENTO	MARCA	CERTIFICADO O INFORME	TRAZABILIDAD
CELDA DE CARGA	AEP TRANSDUCERS	INF-LE 057	UNIVERSIDAD CATÓLICA DEL PERÚ
INDICADOR	AEP TRANSDUCERS		

### 6. Condiciones Ambientales

	INICIAL	FINAL
Temperatura °C	25.1	25.6
Humedad %	83	83

### 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. OIP N° 162631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Tel. 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.



Punto de Precisión SAC

# PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LFP - 184 - 2017

Página 2 de 2

TABLA N° 1

SISTEMA DIGITAL "A" kgf	SÉRIES DE VERIFICACIÓN (kgf)				PROMEDIO "B" kgf	ERROR Ep %	RPTELD Rp %
	SERIE 1	SERIE 2	ERROR (1) %	ERROR (2) %			
500	497,40	498,70	0,52	0,66	497,05	0,59	0,14
1000	994,20	995,35	0,58	0,38	995,28	0,47	-0,21
1500	1497,35	1498,50	0,18	0,07	1498,13	0,13	-0,10
2000	2001,45	2001,40	-0,07	-0,07	2001,43	-0,07	0,00
2500	2495,75	2501,55	0,17	-0,08	2498,65	0,05	-0,23
3000	3006,70	3007,80	-0,22	-0,25	3007,15	-0,24	-0,03
3500	3509,70	3511,50	-0,28	-0,33	3510,60	-0,30	-0,05
4000	4005,38	4008,24	-0,13	-0,18	4005,80	-0,14	-0,02

**NOTAS SOBRE LA CALIBRACIÓN**

- Ep y Rp son el Error Porcentual y la Repetibilidad definidos en la citada Norma:  

$$E_p = ((A-B) / B) \cdot 100$$

$$R_p = \text{Error}(2) - \text{Error}(1)$$
- La norma exige que Ep y Rp no excedan al 1,0 %
- Coefficiente de Correlación:  $R^2 = 1$

Ecuación de ajuste :  $y = 0,9981x + 5,9134$

Donde: x : Lectura de la pantalla  
y : Fuerza promedio (kgf)

GRÁFICO N° 1

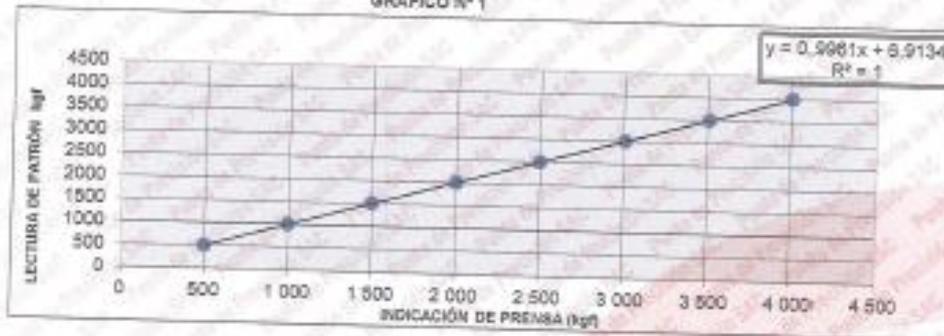


GRÁFICO DE ERRORES



Jefe de Laboratorio  
Ing. Luis Loayza Cepeda  
Reg. CIP N° 152631

Av. Los Ángeles 653 - LIMA 42 Tel. 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.



Punto de Precisión SAC

## PUNTO DE PRECISIÓN S.A.C. LABORATORIO DE CALIBRACIÓN

### CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN N° LB - 527 - 2017

Página: 1 de 3

Expediente	: T 241-2017	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 %.
Fecha de Emisión	: 2017-09-26	
1. Solicitante	: UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO S.A.C.	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.
Dirección	: AV. VICTOR LARCO NRO. 1170 URB. LAS FLORES - VICTOR LARCO HERRERA - TRUJILLO - LA LIBERTAD	
2. Instrumento de Medición	: BALANZA	
Marca	: OHAUS	
Modelo	: EB30	
Número de Serie	: 80313911113	
Alcance de Indicación	: 30000 g	
División de Escala de Verificación (e)	: 10 g	
División de Escala Real (d)	: 1 g	
Procedencia	: CHINA	
Identificación	: NO INDICA	
Tipo	: ELECTRÓNICA	
Ubicación	: LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES	
Fecha de Calibración	: 2017-06-23	
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 SNN-INDECOPI.	
4. Lugar de Calibración	LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS Y MATERIALES de UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO S.A.C. NUEVO CHIMBOTE - ANCASH	



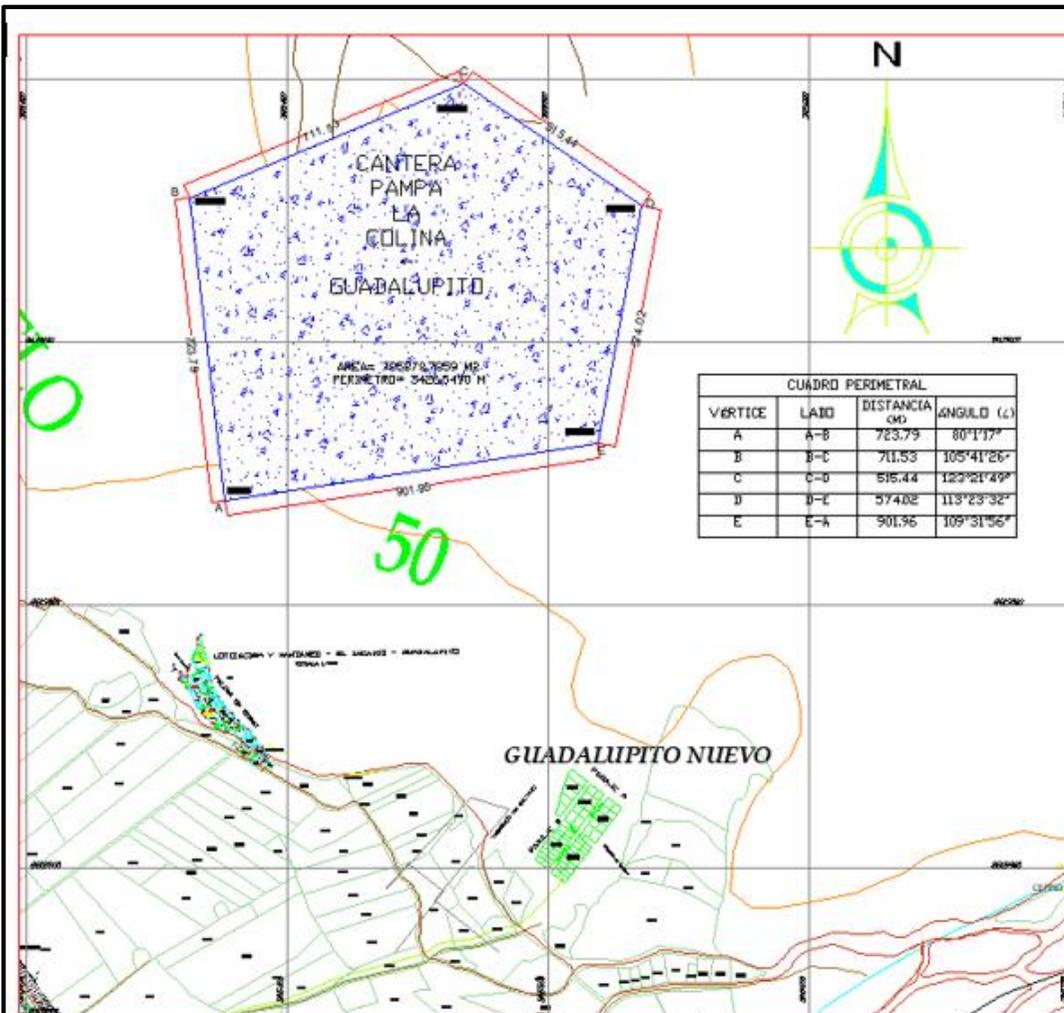
Jefe de Laboratorio  
Ing. Luis Loayza Capcha  
Reg. OIP N° 152631

PT-06-F06 / Diciembre 2016 / Rev 02

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.

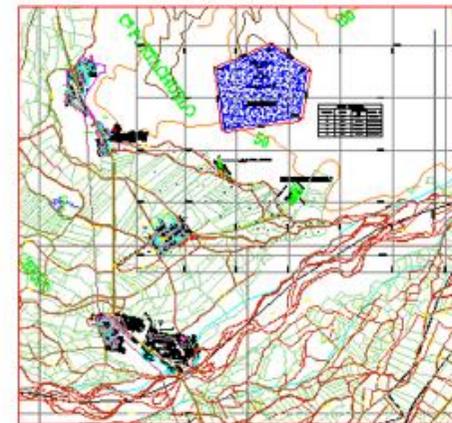
# **ANEXO 04:**

## **PLANOS DE UBICACIÓN**



CUADRO PERIMETRAL			
VÉRTICE	LADO	DISTANCIA (M)	ÁNGULO (°)
A	A-B	723.79	80°1'17"
B	B-C	711.53	105°41'26"
C	C-D	515.44	123°21'49"
D	D-E	574.02	113°23'32"
E	E-A	901.95	109°31'56"

**PLANO DE UBICACIÓN**  
ESC. 1/10000



**PLANO DE LOCALIZACIÓN**  
ESC. 1/50000



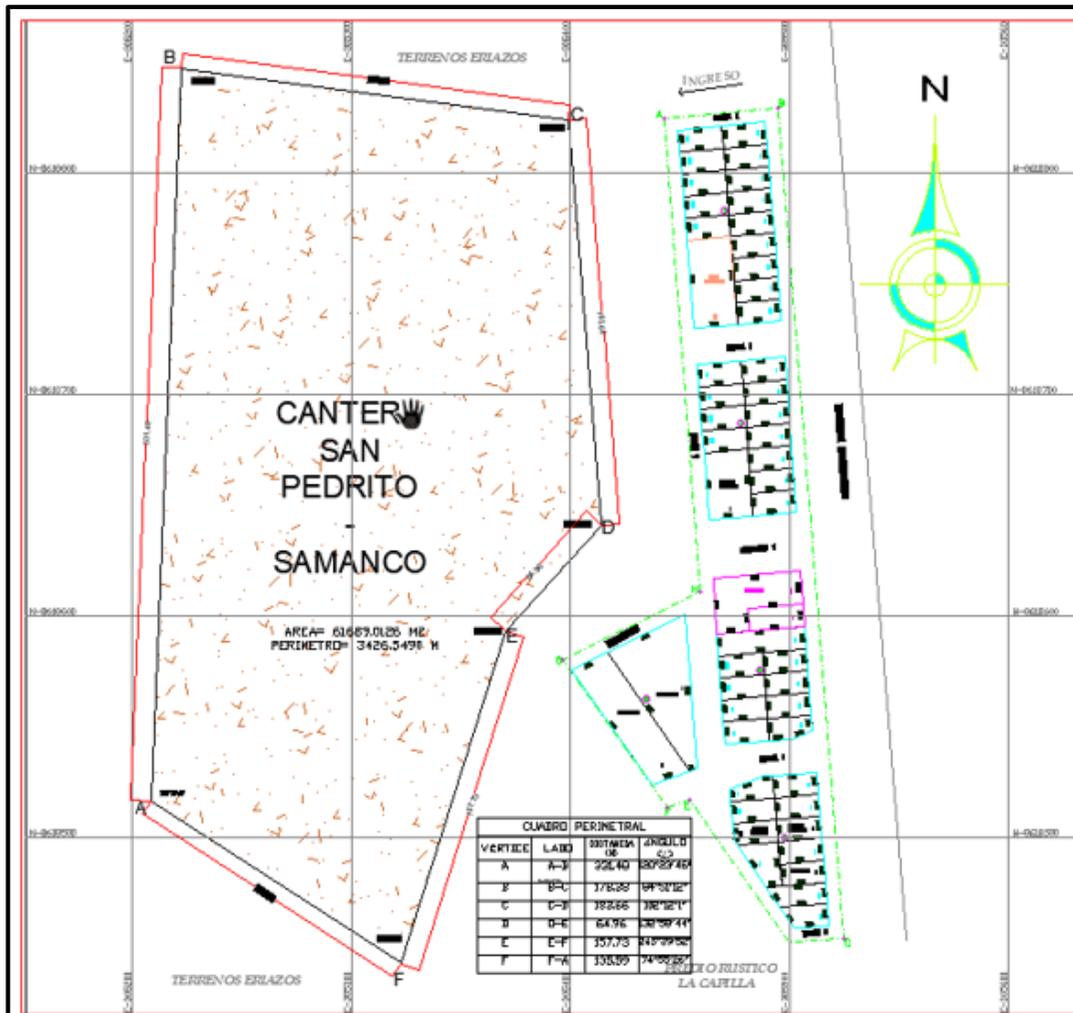
**IMAGEN SATELITAL**  
ESC. 1/12000

DEPARTAMENTO : ANCASH  
 PROVINCIA : MIRÓ  
 DISTRITO : GUADALUPITO  
 CANTERA : PAMPA LA COLINA



Proyecto: EVALUACIÓN DEL MATERIAL DE AFIRMADO DE LAS CANTERAS PAMPA LA COLINA - GUADALUPITO Y SAN PEDRITO - SAMANCO, CON FINES DE PAVIMENTACIÓN - PROPUESTA DE MEJORAMIENTO - ANCASH - 2015.  
 Ubicación: CANTERA PAMPA LA COLINA - GUADALUPITO  
 DE SARROLLO DE PROYECTO DE INVESTIGACIÓN  
 Plan: **UBICACIÓN Y LOCALIZACIÓN**  
 Autor: EST. ING. CRISTÓFER OCHOA STEFF ROMERO FIGUEROA  
 ASesor METEOROLÓGICO: ING. ROBERTO CERNA CHAVEZ  
 ASesor TEMÁTICO: ING. BRUNO BUSTILLO MORALES CASTAÑEDA, CIP. Nº 112889

Nº de Lámina: **A-02**  
 Estado: **INDICADA**  
 Fecha: **OCTUBRE 2017**

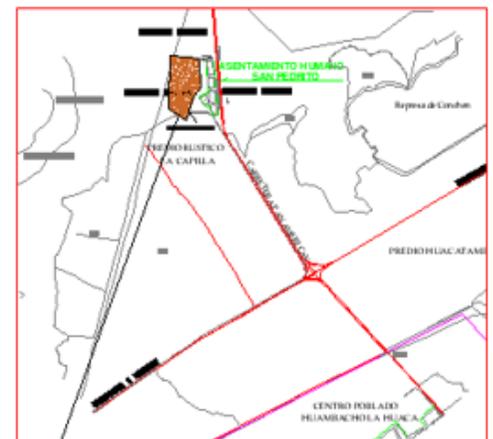


CANTERA  
SAN  
PEDRITO  
SAMANCO

AREA= 61669.0126 HA  
PERIMETRO= 3426.5496 M

VERTICE	LADO	LONGITUD DE LADO	ANGULO EN GRADOS
A	A-B	226.40	80°29'48"
B	B-C	178.28	69°31'12"
C	C-D	182.66	116°32'11"
D	D-E	64.96	201°49'44"
E	E-F	157.75	143°39'56"
F	F-A	135.89	74°02'22"

**PLANO DE UBICACIÓN**  
ESC. 1/2000



**PLANO DE LOCALIZACIÓN**  
ESC. 1/500



**IMAGEN SATELITAL**  
ESC. 1/5000

**DEPARTAMENTO : ANCASH**  
**PROVINCIA : SAMANCO**  
**DISTRITO : SAMANCO**  
**CANTERA : SAN PEDRITO**

 <b>UNIVERSIDAD CESAR VALLEJO</b> <b>FACULTAD DE INGENIERIA</b> ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL CHIMOTE	Proyecto: EVALUACION DEL MATERIAL DE AFRIADO DE LAS CANTERAS PARA LA COLINA - GUALLUPITO Y SAN PEDRITO - SAMANCO, CON FINES DE PAVIMENTACION - PROYECTO DE MEJORAMIENTO - ANCASH - 2018	Nº de Lámina
	Ubicación: CANTERA SAN PEDRITO - SAMANCO Desarrollo de Proyecto de Investigación	<b>A-01</b>
Tema: <b>UBICACIÓN Y LOCALIZACIÓN</b>	Estado: INDICADA	
Autor: EST. ING. CRISTOFFER DIEGO STIFF ROMERO FIGUEROA	Asesor Metodológico: ING. ROBERTO CERNA CHAVEZ Asesor Temático: ING. ENRIQUE MORALES MUÑOZ GASTRUBIA, OP. Nº 11888	Fecha: OCTUBRE 2017

# **ANEXO 05:**

**NORMAS O ESPECIFICACIONES**

## Anexo 05: Normas y especificaciones

### CAPITULO 3 : SUBBASES Y BASES

#### Sección 302 : Afirmado

##### Materiales

302.02 Los agregados para la construcción del afirmado deberán ajustarse a alguna de las siguientes franjas granulométricas:

Tamiz	Porcentaje que pasa	
	A-1	A-2
50 mm ( 2" )	100	---
37.5 mm ( 1½" )	100	---
25 mm ( 1" )	90 - 100	100
19 mm ( ¾" )	65 - 100	80 – 100
9.5 mm ( 3/8" )	45 - 80	65 – 100
4.75 mm ( N° 4 )	30 - 65	50 – 85
2.0 mm ( N° 10 )	22 - 52	33 – 67
4.25 um (N° 40 )	15 - 35	20 – 45
75 um (N° 200 )	5 - 20	5 – 20

Fuente: AASHTO M - 147

Además deberán satisfacer los siguientes requisitos de calidad:

- Desgaste Los Angeles : 50% máx. (MTC E 207)
- Límite Líquido : 35% máx. (MTC E 110)
- Índice de Plasticidad : 4 - 9 (MTC E 111)
- CBR (1) : 40% mín. (MTC E 132)
- Equivalente de Arena : 20% mín ( MTC E 114 )

(1) Referido al 100% de la Máxima Densidad Seca y una Penetración de Carga de 0.1" ( 2.5 mm )

## MTC E 207.

### ABRASION LOS ANGELES (L.A.) AL DESGASTE DE LOS GREGADOS DE TAMAÑOS MENORES DE 37,5 mm (1 ½")

#### 1.0 OBJETO

- 1.1 Establecer el procedimiento para ensayar agregados gruesos de tamaños menores que 37,5 mm (1 ½") para determinar la resistencia a la degradación utilizando la Máquina de Los Ángeles.

**Nota 1.** En el Anexo se presenta un procedimiento para ensayar agregados gruesos de tamaños mayores que 19,0 mm (3/4 pulg).

#### 2.0 FINALIDAD Y ALCANCE

- 2.1 Este Modo Operativo es una medida de la degradación de agregados minerales de gradaciones normalizadas resultantes de una combinación de acciones, las cuales incluyen abrasión o desgaste, impacto y trituración, en un tambor de acero en rotación que contiene un número especificado de esferas de acero, dependiendo de la gradación de la muestra de ensayo. Al rotar el tambor, la muestra y las bolas de acero son recogidas por una pestaña de acero transportándolas hasta que son arrojadas al lado opuesto del tambor, creando un efecto de trituración por impacto. Este ciclo es repetido mientras el tambor gira con su contenido. Luego de un número de revoluciones establecido, el agregado es retirado del tambor y tamizado para medir su degradación como porcentaje de pérdida.
- 2.2 Los valores están establecidos en unidades del Sistema Internacional y serán considerados como estándar.

#### 3.0 REFERENCIAS NORMATIVAS

- 3.1 NTP 400.019: Agregados. Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la degradación en agregados gruesos de tamaños menores por Abrasión e Impacto en la Máquina de Los Ángeles.

#### 4.0 EQUIPOS

##### 4.1 EQUIPOS

- 4.1.1 Máquina de Los Ángeles: La Máquina de Los Ángeles tendrá las características esenciales que se muestran en la Figura 1 (Anexo A). La máquina consistirá en un cilindro hueco de acero, cerrado en ambos extremos, de dimensiones mostradas en la Figura 1, con un diámetro interior de 711 mm  $\pm$  5 mm (28 pulg  $\pm$  0,2 pulg) y una longitud interior de 508 mm  $\pm$  5 mm (20 pulg  $\pm$  0,2 pulg). El cilindro será montado sobre ejes salientes de sus costados, no pasantes, de tal manera que pueda rotar con el eje en posición horizontal, con una tolerancia en la inclinación de 1 en 100. El cilindro debe tener una abertura para la introducción de la muestra de ensayo. Tiene una cubierta hermética al polvo y provista de medios para atornillarla en su lugar. El cobertor también será diseñado para mantener el contorno cilíndrico de la superficie interior. Una pestaña removible de acero, que abarque toda la longitud del cilindro y se proyecte radialmente hacia adentro 89 mm  $\pm$  2 mm (3,5 pulg  $\pm$  0,1 pulg), será montada en el interior de la superficie cilíndrica del cilindro, de tal manera que un plano centrado en la cara mayor coincida con un plano axial. La pestaña deberá ser de 25,4 mm de espesor y montada por tornillos u otros medios de tal modo que quede firme y rígida. La localización de la pestaña se hará de tal manera que la muestra y las esferas de acero no impacten en las cercanías de la abertura y su cubierta; y, la distancia desde la pestaña hasta la abertura, medida a lo largo de la circunferencia del exterior del cilindro en la dirección de rotación, no será menor de 1 270 mm (50 pulg). Inspeccionar periódicamente la pestaña para determinar que no está inclinada a lo largo o desde su posición normal radial con respecto al cilindro. Si se encuentra una de estas condiciones, repare o reemplace la pestaña antes de realizar futuros ensayos.

**Nota 2.** Es preferible el uso de una pestaña de acero resistente al desgaste de sección rectangular y montada independientemente de la cubierta. No obstante se puede utilizar una pestaña que consiste en una sección de perfil angular laminado, apropiadamente montada en el interior del plato cobertor, provisto que la dirección de rotación es tal que la carga sea recogida sobre la cara exterior del ángulo.

- 4.1.1.1 La máquina deberá ser impulsada y equilibrada como para mantener una velocidad periférica uniforme (Nota 3). Si se utiliza un ángulo como pestaña, la dirección de rotación deberá ser tal que la carga sea recogida sobre la cara exterior del ángulo.

**Nota 3.** Una pérdida de carrera en el mecanismo de impulsión puede arrojar resultados que no sean reproducidos por otra Máquina de Los Ángeles con velocidad periférica constante.

- 4.1.2 Tamices: Conforme con la NTP 350.001.
- 4.1.3 Balanza: Una balanza o báscula con exactitud al 0,1 % de la carga de ensayo sobre el rango requerido para este ensayo.
- 4.1.4 Carga: La carga consistirá en esferas de acero de aproximadamente 46,8 mm (1 27/32 pulg) de diámetro y cada una tendrá una masa entre 390 g y 445 g.
- 4.1.4.1 La carga, dependiendo de la gradación de la muestra de ensayo como se describe en el Item 5, será como sigue:

Gradación	Número de Esferas	Masa de la carga (g)
A	12	5 000 ± 25
B	11	4 584 ± 25
C	8	3 330 ± 20
D	6	2 500 ± 15

**Nota 4.** Podrá utilizarse cojinetes de bola de 46,00 mm (1 13/16 pulg) y 47,6 mm (1 7/8 pulg) de diámetro, cada una con una masa de aproximadamente de 400 g y 440 g, respectivamente. Podrán utilizarse también esferas de acero de 46,8 mm (1 27/32 pulg) de diámetro con una masa de aproximadamente 420 g. La carga podrá consistir en una mezcla de estas medidas conforme a las tolerancias de masa indicadas en los apartados 4.1.4 y 4.1.4.1.

## 5.0 MUESTRA

- 5.1 Lavar y secar al horno la muestra reducida a peso constante, a  $110 \pm 5$  °C (véase apartado 6.2), separar cada fracción individual y recombinar a la gradación de la Tabla 1, lo más cercano correspondiendo al rango de medidas en el agregado como conforme para el trabajo. Registrar la masa de la muestra previamente al ensayo con aproximación a 1 g.

Tabla 1  
Gradación de las muestras de ensayo

Medida del tamiz (abertura cuadrada)		Masa de tamaño indicado, g			
Que pasa	Retenido sobre	Gradación			
		A	B	C	D
37,5 mm (1 1/2")	25,0 mm (1")	1 250 ± 25	-.-	-.-	-.-
25,0 mm (1")	19,0 mm (3/4")	1 250 ± 25	-.-	-.-	-.-
19,0 mm (3/4")	12,5 mm (1/2")	1 250 ± 10	2 500 ± 10	-.-	-.-
12,5 mm (1/2")	9,5 mm (3/8")	1 250 ± 10	2 500 ± 10	-.-	-.-
9,5 mm (3/8")	6,3 mm (1/4")	-.-	-.-	2 500 ± 10	-.-
6,3 mm (1/4")	4,75 mm (Nº 4)	-.-	-.-	2 500 ± 10	-.-
4,75 mm (Nº 4)	2,36 mm (Nº 8)	-.-	-.-	-.-	5 000
TOTAL		5 000 ± 10	5 000 ± 10	5 000 ± 10	5 000 ± 10



- 5.2 Se obtendrá una muestra de campo de acuerdo con MTC E 201 y se reducirá a un tamaño adecuado de acuerdo con la ASTM C 702.

## 6.0 PROCEDIMIENTO

- 6.1 Colocar la muestra de ensayo y la carga en la máquina de Los Ángeles y rotarla a una velocidad entre 30 rpm a 33rpm, por 500 revoluciones. Luego del número prescrito de revoluciones, descargar el material de la máquina y realizar una separación preliminar de la muestra, sobre el tamiz normalizado de 1,70 mm (Nº 12). Tamizar la porción más fina que 1,70 mm conforme al Modo Operativo MTC E 204. Lavar el material más grueso que la malla de 1,70 mm y secar al horno a  $110 \pm 5$  °C, hasta peso constante (véase el apartado 6.2) y determinar la masa con una aproximación a 1 g (Nota 6).
- 6.2 Si el agregado está esencialmente libre de revestimiento y polvo el requerimiento de lavado puede ser obviado, pero siempre se requiere secar antes del ensayo. Por lo tanto, en el caso del ensayo de arbitraje se efectuará el lavado.

**Nota 5.** La eliminación del lavado después del ensayo raramente reducirá las pérdidas de medida en más de 0,2 % de la masa original de la muestra.

**Nota 6.** Información válida sobre la uniformidad de la muestra de ensayo podrá obtenerse por la determinación de la pérdida luego de 100 revoluciones. Esta pérdida podría ser determinada sin lavado del material más grueso que el tamiz normalizado de 1,70 mm (Nº 12). La relación de la pérdida después de 100 revoluciones frente a la pérdida luego de 500 revoluciones no excederá mayormente 0,20 para material de dureza uniforme. Cuando se realiza esta determinación, tener cuidado de evitar pérdida de alguna parte de la muestra, retornar la muestra entera incluyendo el polvo de la fractura, a la máquina de ensayo para las 400 revoluciones finales requeridas para completar el ensayo.

## 7.0 CALCULOS E INFORME

### 7.1 CALCULOS

- 7.1.2 Calcular la pérdida (diferencia entre la masa inicial y final de la muestra) como un porcentaje de la masa original de la muestra de ensayo. Informar este valor como el porcentaje de pérdida.

**Nota 7.** El porcentaje de pérdida determinado por éste método no tiene una relación consistente conocida con el porcentaje de pérdida del mismo material cuando se determina por el Modo Operativo MTC E 207: Anexo.

### 7.2 INFORME

- 7.2.1 Proporcionar la siguiente información:

- Identificación del agregado como fuente, tipo y tamaño nominal máximo.
- Gradación de acuerdo con la Tabla 1, utilizada para el ensayo; y
- Pérdida por abrasión e impacto de la muestra, expresada con aproximación al 1 % por masa.

## 8.0 PRECISION Y DISPERSION

### 8.1 PRECISION.

Para tamaño máximo nominal de agregado grueso de 19,0 mm (3/4 pulg), con porcentajes de pérdida en el rango de 10 % a 45 %, el coeficiente de variación multilaboratorio ha sido establecido en 4,5 %. Luego, los resultados de dos ensayos efectuados por dos laboratorios diferentes con muestra del mismo agregado grueso, no diferirán en más de 12,7 % de su promedio. El coeficiente de variación para un mismo operador ha sido establecido en 2%. Luego, los resultados de dos ensayos efectuados por el mismo operador con muestras del mismo agregado grueso, no diferirán en más de 5,7 % de su promedio.

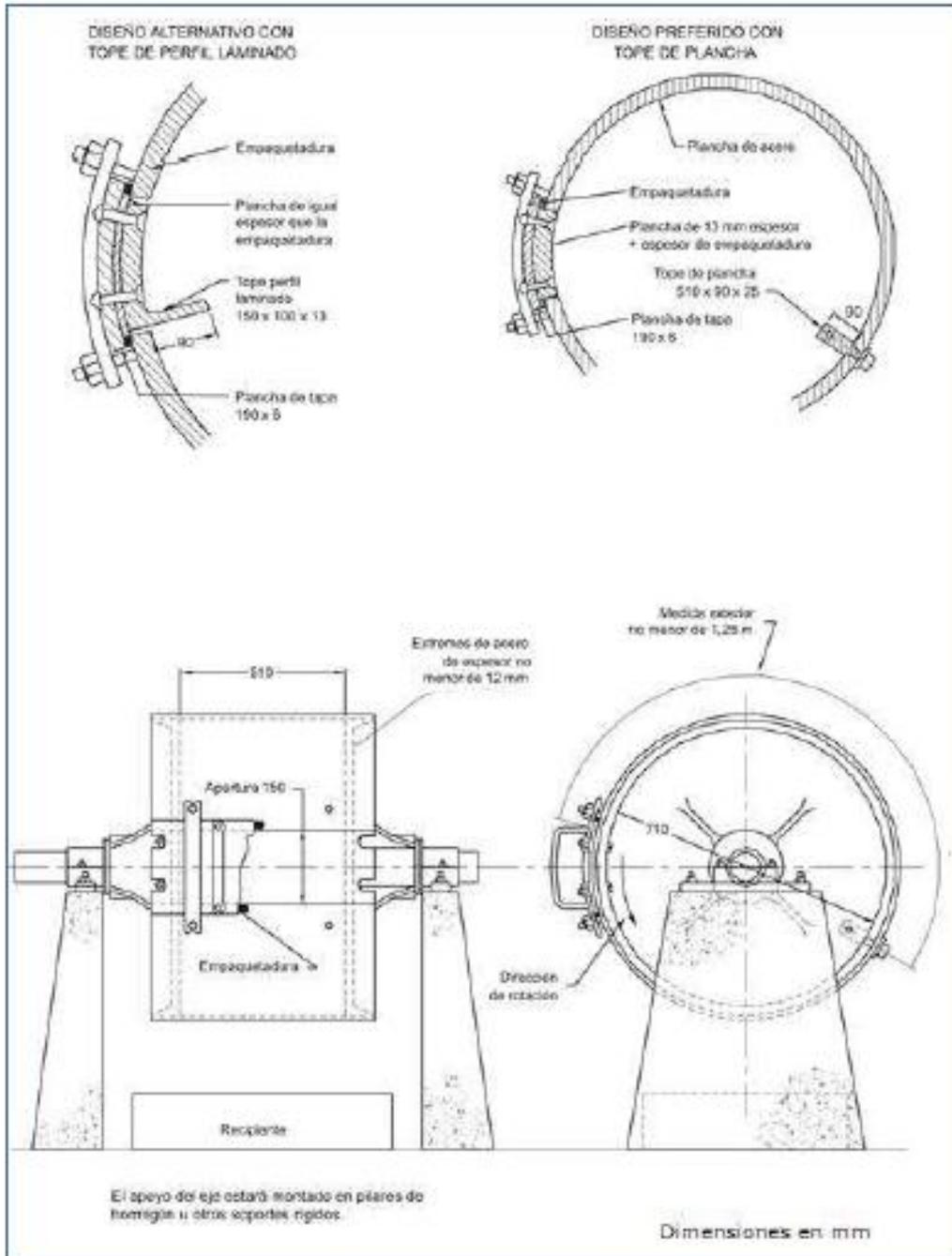


Figura 1. Máquina de ensayo de abrasión Los Ángeles



PERÚ

Ministerio  
de Transportes  
y Comunicaciones

Viceministerio  
de Transportes

Dirección General  
de Caminos y  
Ferrocarriles

## **ANEXO A (INFORMATIVO)**

### **MANTENIMIENTO DE LA PESTAÑA**

- A.1 La pestaña de la máquina de Los Ángeles está sujeta a severo desgaste superficial e impacto. Con el uso, la superficie de trabajo de la pestaña es martillada por las esferas y tiende a desarrollar resaltes paralelos como de 32 mm (1 ¼ pulg) en la conexión de la pestaña y la superficie interior del cilindro. Si la pestaña es hecha de perfil angular laminado, no solamente puede desarrollar estos canales sino la pestaña misma puede ser curvada longitudinal o transversalmente de su posición propia.
- A.2 La pestaña deberá ser inspeccionada periódicamente para determinar que no está curvada longitudinalmente o de su posición radial normal con respecto al cilindro. Si se encuentra algunas de estas condiciones, la pestaña deberá ser separada o reemplazada antes de realizar nuevos ensayos. La influencia sobre los resultados del ensayo del resalte desarrollado mediante el martilleo de la cara de trabajo de la pestaña no se conoce. No obstante, para condiciones uniformes de ensayo, se recomienda que los resaltes no sobrepasen 2 mm (0,1 pulg) en su altura.



PERÚ

Ministerio  
de Transportes  
y Comunicaciones

Viceministerio  
de Transportes

Dirección General  
de Caminos y  
Ferrocarriles

## **ANEXO B**

### **(INFORMATIVO)**

- B.1 La pestaña de la máquina de Los Ángeles está sujeta a severo desgaste superficial e impacto. Con el uso, la superficie de trabajo de la pestaña es martillada por las esferas y tiende a desarrollar resaltes paralelos acerca de 32 mm (1 ¼ pulg) en la conexión de la pestaña y la superficie interior del cilindro. Si la pestaña es hecha de perfil angular laminado, no solamente puede desarrollar estos canales sino la pestaña misma puede ser curvada longitudinal o transversalmente de su posición propia.
- B.2 La pestaña deberá ser inspeccionada periódicamente para determinar que no está curvada longitudinalmente o de su posición radial normal con respecto al cilindro. Si se encuentra alguna de estas condiciones, la pestaña deberá ser separada o reemplazada antes de realizar nuevos ensayos. La influencia sobre los resultados del ensayo del resalte desarrollado mediante el martilleo de la cara de trabajo de la pestaña no se conoce. Luego, para condiciones uniformes del ensayo, se recomienda que los resaltes no sobrepasen 2 mm (0,1 pulg) en su altura.



PERÚ

Ministerio  
de Transportes  
y Comunicaciones

Viceministerio  
de Transportes

Dirección General  
de Caminos y  
Ferrocarriles

## ANEXO C

### RESISTENCIA AL DESGASTE DE LOS AGREGADOS GRUESOS DE TAMAÑOS MAYORES DE 19 mm (3/4") POR MEDIO DE LA MÁQUINA DE LOS ANGELES

#### 1.0 OBJETO

- 1.1 Establecer los procedimientos para ensayar agregados gruesos de tamaño grande mayores que 19,0 mm (3/4 pulg), para determinar la resistencia a la degradación utilizando la Máquina de Los Ángeles.

**Nota 1.** En el Modo Operativo E 207 se presenta un procedimiento para ensayar agregados gruesos de tamaños menores que 37,5 mm (1 ½ pulg).

#### 2.0 FINALIDAD Y ALCANCE

- 2.1 Este Modo Operativo es una medida de la degradación de agregados minerales de gradaciones normalizadas resultantes de una combinación de acciones, las cuales incluyen abrasión o desgaste, impacto y trituración, en un tambor de acero en rotación que contiene 12 esferas de acero, dependiendo de la gradación de la muestra de ensayo. Al rotar el tambor, la muestra y las bolas de acero son recogidas por una pestaña de acero transportándolas hasta que son arrojadas al lado opuesto del tambor, creando un efecto de trituración por impacto. Este ciclo es repetido mientras el tambor gira con su contenido. Luego de un número de revoluciones establecido, el agregado es retirado del tambor y tamizado para medir su degradación como porcentaje de pérdida.
- 2.2 Los valores están establecidos en unidades del Sistema Internacional y serán considerados como estándar.

#### 3.0 REFERENCIAS NORMATIVAS

- 3.1 NTP 400.020: Agregados, Método de ensayo normalizado para la determinación de la resistencia a la degradación en agregados gruesos de tamaño grande por Abrasión e Impacto en la Máquina de Los Ángeles.

#### 4.0 EQUIPOS

##### 4.1 EQUIPOS

- 4.1.1 Máquina de Los Ángeles: La Máquina de Los Ángeles tendrá las características esenciales que se indican en el Modo Operativo MTC E 207.
- 4.1.1.1 La operación y mantenimiento de la máquina se realizarán de acuerdo con lo prescrito en el Modo Operativo MTC E 207.
- 4.1.2 Tamices: Conforme con la NTP 350.001.
- 4.1.3 Balanza: Una balanza o báscula con exactitud al 0,1 % de la carga de ensayo sobre el rango requerido para este ensayo.
- 4.1.4 Carga: La carga consistirá en 12 esferas de acero de aproximadamente 47,0 mm (1 27/32 pulg) de diámetro y cada una tendrá una masa entre 390 g y 445 g; y con una masa total de  $5\,000 \pm 25$  g.

**Nota 2.** Podrá utilizarse cojinetes de bola de 46,038 mm (1 13/16 pulg) y 47,625 mm (1 7/8 pulg) de diámetro, cada una con una masa de aproximadamente 400 g y 440g respectivamente. Podrán utilizarse también esferas de acero de 46,8 mm (1 27/32 pulg) de diámetro, con una masa de aproximadamente 420 g. La carga podrá consistir en una mezcla de estas medidas conforme a las tolerancias de la masa total indicada en el apartado 4.1.4.

#### 5.0 MUESTRA

- 5.1 Lavar y secar al horno la muestra reducida a peso constante, a  $110\text{ °C} \pm 5\text{ °C}$  (véase apartado 6.1), separar cada fracción individual y recombinar a la gradación de la Tabla 1, lo más cercano en relación al rango de medidas que presenta el agregado para ser utilizadas en el trabajo. Registrar la masa de la muestra previamente al ensayo con aproximación a 1 g.



**Tabla 1**  
**Gradación de las muestras de ensayo**

Tamaño de tamiz mm (pulg) (abertura cuadrada)		Masa de tamaño indicado, g		
Que pasa	Retenido sobre	Gradación		
		1	2	3
75 (3)	63 (2 ½)	2 500 ± 50	-.-	
63 (2 ½)	50 (2)	2 500 ± 50	-.-	-.-
50 (2)	37,5 (1 ½)	5 000 ± 50	5 000 ± 50	-.-
37,5 (1 ½)	25,0 (1)	-.-	5 000 ± 25	5 000 ± 25
25,0 (1)	19,0 (3/4)	-.-	-.-	5 000 ± 25
TOTAL		10 000 ± 100	10 000 ± 75	10 000 ± 50

- 5.2 Se obtendrá una muestra de campo de acuerdo con MTC E 201 y se reducirá a un tamaño adecuado de acuerdo con la ASTM C 702.

## 6.0 PROCEDIMIENTO

- 6.1 Colocar la muestra de ensayo y la carga en la máquina de Los Ángeles y rotarla a una velocidad entre 30 rpm a 33 rpm, por 1 000 revoluciones. Luego del número prescrito de revoluciones, descargar el material de la máquina y realizar una separación preliminar de la muestra, sobre el tamiz normalizado de 1,70 mm (Nº 12). Tamizar la porción más fina que 1,70 mm conforme al Modo Operativo MTC E-204. Lavar el material mayor que de 1,70 mm (véase Nota 3) y secar al horno a  $110 \pm 5$  °C, a peso constante y determinar la masa con aproximación a 1 g (Nota 3).

- 6.1.1 Si el agregado está esencialmente libre de revestimiento y polvo el requerimiento de lavado puede ser obviado, pero siempre se requiere secar antes del ensayo. Por lo tanto, en el caso del ensayo de arbitraje se efectuará el lavado. La eliminación del lavado después del ensayo raramente reducirá las pérdidas de medida en más de 0,2 % de la masa original de la muestra.

**Nota 3.** Información válida sobre la uniformidad de la muestra de ensayo podrá obtenerse por la determinación de la pérdida luego de 200 revoluciones. Esta pérdida podría ser determinada sin lavado del material más grueso que el tamiz normalizado de 1,70 mm (Nº 12). La relación de la pérdida después de 200 revoluciones frente a la pérdida luego de 1 000 revoluciones no excederá mayormente 0,20 para material de dureza uniforme. Cuando se realiza esta determinación, tener cuidado de evitar pérdida de alguna parte de la muestra, retornar la muestra entera incluyendo el polvo de la fractura a la máquina de ensayo para las 800 revoluciones finales requeridas para completar el ensayo.

## 7.0 CALCULOS E INFORME

### 7.1 CALCULOS

- 7.1.1 Calcular la pérdida (diferencia entre la masa inicial y final de la muestra) como un porcentaje de la masa original de la muestra de ensayo. Informar este valor como el porcentaje de pérdida.

**Nota 4.** El porcentaje de pérdida determinado por éste método no tiene una relación consistente conocida con el porcentaje de pérdida del mismo material cuando se determina por el Modo Operativo MTC E 207: Anexo.

### 7.2 INFORME

- 7.2.1 Proporcionar la siguiente información:

- Identificación del agregado como fuente, tipo y medida nominal.
- Gradación de la Tabla 1, utilizada para el ensayo; y
- Pérdida por abrasión e impacto de la muestra, expresada con aproximación al 1 % por masa.

## 8.0 PRECISION Y DISPERSION

- 8.1 PRECISION.-La precisión para este método no ha sido determinada. Se espera que sea comparable con el Modo Operativo MTC E 207.

**MTC E 110****DETERMINACION DEL LIMITE LIQUIDO DE LOS SUELOS****1.0 OBJETO**

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

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

- 1.2 El valor calculado deberá aproximarse al centésimo.

**2.0 FINALIDAD Y ALCANCE**

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

**3.0 REFERENCIAS NORMATIVAS**

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

**4.0 EQUIPOS, MATERIALES E INSUMOS****4.1 EQUIPOS**

- 4.1.1 Recipiente para Almacenaje. Una vasija de porcelana de 115 mm (4 1/2") de diámetro aproximadamente.

- 4.1.3 Aparato del límite líquido (o de Casagrande).

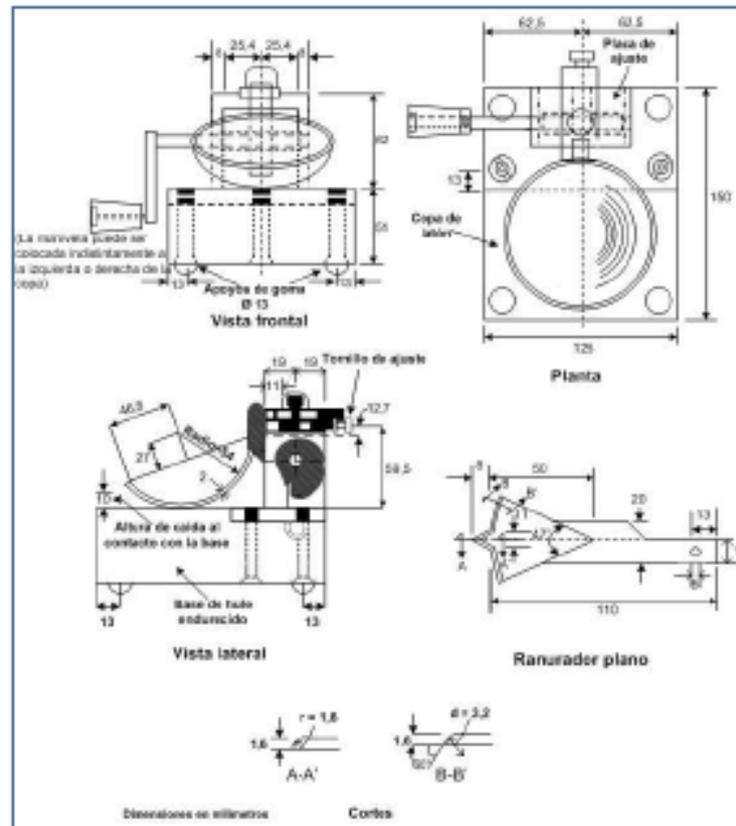
De operación manual. Es un aparato consistente en una taza de bronce con sus aditamentos, construido de acuerdo con las dimensiones señaladas en la Figura 1.

De operación mecánica. Es un aparato equipado con motor para producir la altura y el número de golpes. Figura 1. El aparato debe dar los mismos valores para el límite líquido que los obtenidos con el aparato de operación manual.

- 4.1.4 Acanalador. Conforme con las dimensiones críticas indicadas en la figura 1.



- 4.1.5 Calibrador. Ya sea incorporado al ranurador o separado, de acuerdo con la dimensión crítica "d" mostrada en la Figura 1, y puede ser, si fuere separada, una barra de metal de  $10,00 \pm 0,2$  mm ( $0,394 \pm 0,008$ " ) de espesor y de 50 mm (2") de largo, aproximadamente.
- 4.1.6 Recipientes o Pesa Filtros. De material resistente a la corrosión, y cuya masa no cambie con repetidos calentamientos y enfriamientos. Deben tener tapas que cierren bien, sin costuras, para evitar las pérdidas de humedad de las muestras antes de la pesada inicial y para evitar la absorción de humedad de la atmósfera tras el secado y antes de la pesada final.
- 4.1.7 Balanza. Una balanza con sensibilidad de 0,01 g.
- 4.1.8 Estufa. Termostáticamente controlado y que pueda conservar temperaturas de  $110 \pm 5^\circ\text{C}$  para secar la muestra.
- 4.2 MATERIALES
- 4.2.1 Espátula. De hoja flexible de unos 75 a 100 mm (3"- 4") de longitud y 20 mm ( $\frac{3}{4}$ " ) de ancho aproximadamente.
- 4.3 INSUMOS
- 4.3.1 Pureza del agua: Cuando este método de ensayo sea referida agua destilada, puede emplearse agua destilada o agua desmineralizada.
- 5.0 MUESTRA
- 5.1 Se obtiene una porción representativa de la muestra total suficiente para proporcionar 150 g a 200 g de material pasante del tamiz  $425 \mu\text{m}$  (Nº 40). Las muestras que fluyen libremente pueden ser reducidas por los métodos de cuarteo o división de muestras. Las muestras cohesivas deben ser mezcladas totalmente en un recipiente con una espátula, o cuchara y se obtendrá una porción representativa de la masa total extrayéndola dos veces con la cuchara.
- 6.0 PROCEDIMIENTO
- Multipunto**
- 6.1 Colocar una porción del suelo preparado, en la copa del dispositivo de límite líquido en el punto en que la copa descansa sobre la base, presionándola, y esparciéndola en la copa hasta una profundidad de aproximadamente 10 mm en su punto más profundo, formando una superficie aproximadamente horizontal. Tener cuidado en no dejar burbujas de aire atrapadas en la pasta con el menor número de pasadas de espátula como sea posible. Mantener el suelo no usado en el plato de mezclado. Cubrir el plato de mezclado con un paño húmedo (o por otro medio) para retener la humedad en la muestra.



**Figura 1: Aparato manual para límite líquido**



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

**Nota1.** Se recomienda el uso de una regla graduada para verificar que la ranura se cerró en 13 mm (1/2 pulg).
- 6.3 Verificar que no se haya producido el cierre prematuro de la ranura debido a burbujas de aire, observando que ambos lados de la ranura se hayan desplazado en conjunto aproximadamente con



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

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

#### Un punto

- 6.8 El ensayo se efectúa en la misma

### 7.0 CALCULOS

#### (Multipunto)

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

#### (Un punto)

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

$$LL = W^p \left( \frac{N}{25} \right)^{0,121} \quad \text{o} \quad LL = kW^p$$

Donde:

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

**Tabla A -1**

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

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

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

**8.0 PRECISION Y DISPERSION**

**8.1 PRECISION**

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

**8.2 DISPERSION**

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

**PERÚ**Ministerio  
de Transportes  
y ComunicacionesViceministerio  
de TransportesDirección General  
de Caminos y  
Ferrocarriles**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, compactabilidad, 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 2µm 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 µm (N° 40).
- 4.1.6 Agua destilada.
- 4.1.7 Vidrios de reloj, o recipientes adecuados para determinación de humedades.
- 4.1.8 Superficie de rodadura. Comúnmente se utiliza un vidrio grueso esmerilado.

**5.0 MUESTRA**

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

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

## 6.0 PROCEDIMIENTO

6.1 Se moldea la mitad de la muestra en forma de elipsoide y, a continuación, se rueda con los dedos de la mano sobre una superficie lisa, con la presión estrictamente necesaria para formar cilindros.

6.2 Si antes de llegar el cilindro a un diámetro de unos 3,2 mm (1/8") no se ha desmoronado, se vuelve a hacer una elipsoide y a repetir el proceso, cuantas veces sea necesario, hasta que se desmorone aproximadamente con dicho diámetro.

El desmoronamiento puede manifestarse de modo distinto, en los diversos tipos de suelo: En suelos muy plásticos, el cilindro queda dividido en trozos de unos 6 mm de longitud, mientras que en suelos plásticos los trozos son más pequeños.

6.3 Porción así obtenida se coloca en vidrios de reloj o pesa-filtros tarados, se continúa el proceso hasta reunir unos 6 g de suelo y se determina la humedad de acuerdo con la norma MTC E 108.

6.4 Se repite, con la otra mitad de la masa, el proceso indicado en 6.1, 6.2 y 6.3.

## 7.0 CALCULOS E INFORME

### 7.1 CALCULOS

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

Tabla 1  
Tabla de estimados de precisión.

Índice de precisión y tipo de ensayo	Desviación Estándar	Rango Aceptable de dos resultados
<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:

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

### 7.2 CALCULOS DE INDICE DE PLASTICIDAD

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

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

Donde:

- L.L. = Límite Líquido
- 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).



PERU

Ministerio  
de Transportes  
y Comunicaciones

Viceministerio  
de Transportes

Dirección General  
de Caminos y  
Ferrocarriles

## **8.0 PRECISION Y DISPERSION**

### **8.1 PRECISION**

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

### **8.2 DISPERSION**

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

**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).

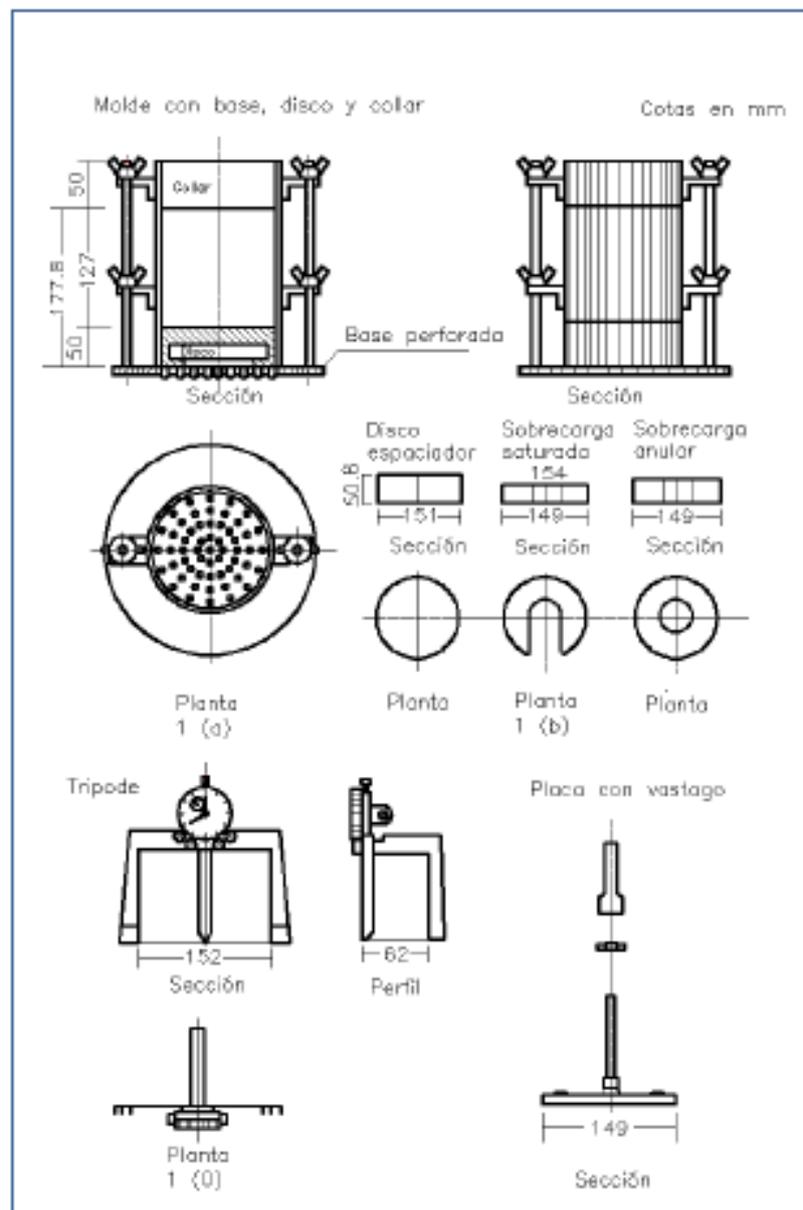


Figura 1.



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

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

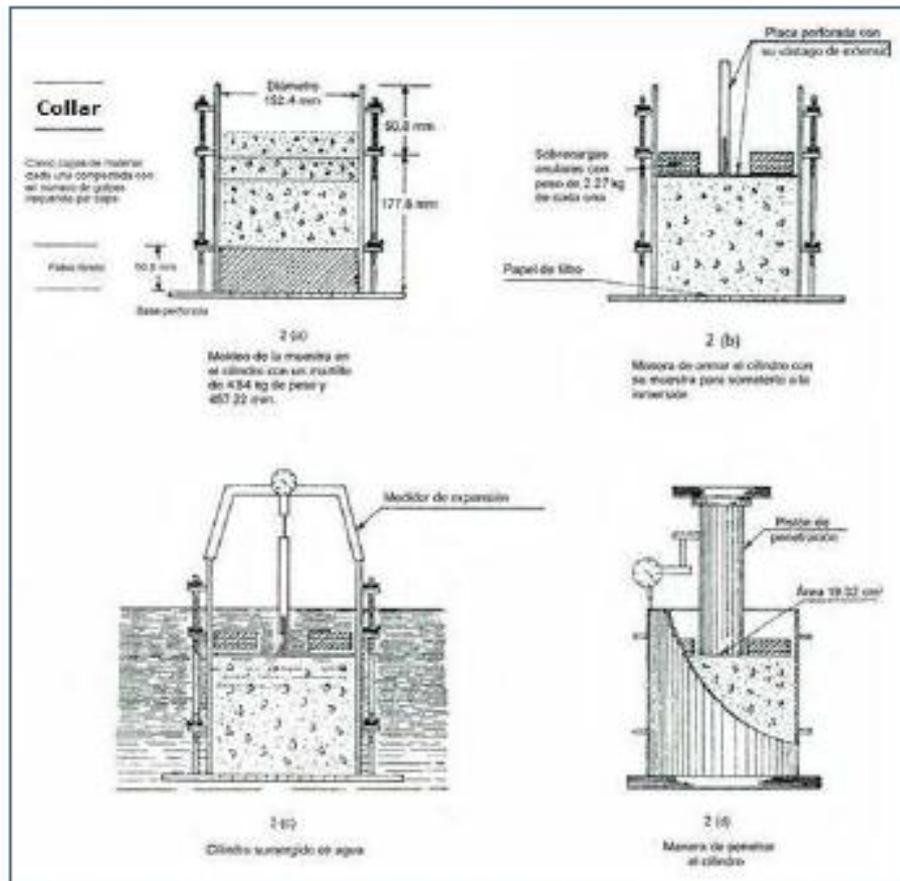


Figura 2: Determinación del valor de la relación de soporte en el laboratorio

- 6.5 Penetración. Se aplica una sobrecarga que sea suficiente, para producir una intensidad de carga igual al peso del pavimento (con  $\pm 2,27$  kg de aproximación) pero no menor de 4,54 kg. Para evitar el empuje hacia arriba del suelo dentro del agujero de las pesas de sobrecarga, es conveniente asentar el pistón luego de poner la primera sobrecarga sobre la muestra, Llévese el conjunto a la prensa y colóquese en el orificio central de la sobrecarga anular, el pistón de penetración y añada 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 dials medidores, el del anillo dinamo métrico, 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 ( $7,0'' \pm 0,16''$ ) 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.

#### 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

$L_1$  = Lectura inicial en mm.

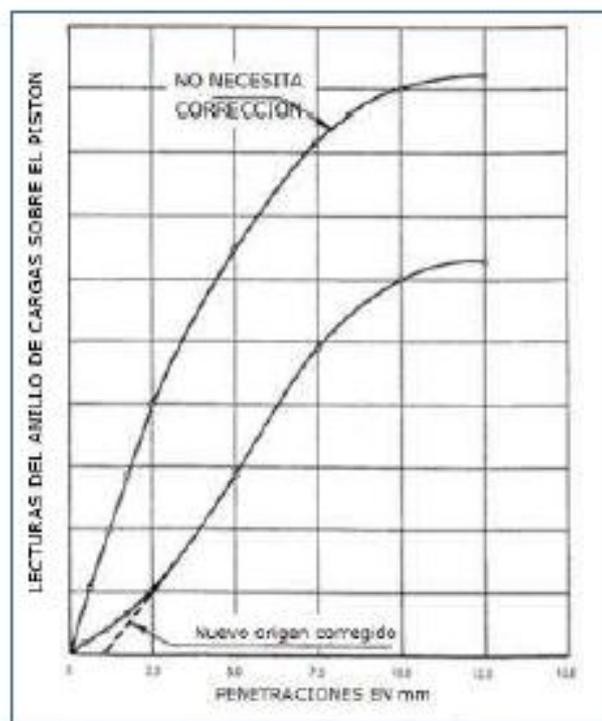
$L_2$  = Lectura final en mm.

- 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:

- 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.



**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.).

**MTC E 114****METODO DE ENSAYO ESTANDAR PARA EL VALOR EQUIVALENTE DE ARENA DE SUELOS Y AGREGADO FINO****1.0 OBJETO**

- 1.1 Este método de ensayo se propone servir como una prueba de correlación rápida de campo. El propósito de este método es indicar, bajo condiciones estándar, las proporciones relativas de suelos arcillosos o finos plásticos y polvo en suelos granulares y agregados finos que pasan el tamiz N°4 (4,75mm). El término "equivalente de arena", expresa el concepto de que la mayor parte de los suelos granulares y agregados finos son mezclas de partículas gruesas deseables, arena y generalmente arcillas o finos plásticos y polvo, indeseables.

**Nota 1.** Algunos realizan la prueba sobre material con un tamaño máximo más pequeño que el tamiz N°4 (4,75mm). Esto se hace para evitar que se atrapen los finos arcillosos o plásticos y el polvo en las partículas comprendidas entre los tamices N°4 a 8 (4,75mm a 2,36 mm). El ensayo de materiales con tamaño máximo más pequeño, puede disminuir los resultados numéricos de la prueba.

**2.0 FINALIDAD Y ALCANCE**

- 2.1 Este método de ensayo asigna un valor empírico a la cantidad relativa, fineza, y carácter del material arcilloso presente en el espécimen de ensayo.
- 2.2 Se puede especificar un valor mínimo del equivalente de arena para limitar la cantidad permisible de finos arcillosos en los agregados.
- 2.3 Este método de ensayo provee un método rápido de campo para determinar cambios en la calidad de los agregados durante la producción o colocación.

**INTERFERENCIAS**

- 2.4 Mantener la temperatura de la solución trabajada a  $22 \pm 3^{\circ}\text{C}$  durante la ejecución de esta prueba.
- Nota 2.** Si las condiciones de campo impiden el mantenimiento del rango de temperatura, se deben remitir muestras de referencia frecuentes a un laboratorio donde sea posible el control apropiado de la temperatura. Esto también es posible para establecer correcciones de la temperatura para cada material que está siendo ensayado donde no es posible control apropiado de la temperatura. Sin embargo, no se utilizara una corrección general para diferentes materiales, incluso dentro de un rango estrecho de valores de sus equivalentes arena. Las muestras que cumplen los requerimientos mínimos del equivalente de arena trabajando a una temperatura de solución por debajo del rango, no necesitan a la prueba referida.
- 2.5 Realizar la prueba en un lugar libre de vibraciones. La vibración excesiva puede causar que el material suspendido se asiente a una tasa mayor de lo normal.
- 2.6 No exponer los cilindros plásticos a la luz del sol directamente más de lo necesario.
- 2.7 Ocasionalmente puede ser necesario remover los hongos de la solución de cloruro de calcio en el contenedor y del interior del tubo flexible y tubo irrigador. Estos hongos pueden verse fácilmente como una sustancia delgada en la solución, o como un molde creciente en el interior del contenedor.
- 2.7.1 Para remover este crecimiento, se prepara una solución diluyente de hipoclorito de sodio con una cantidad igual.
- 2.7.2 Después de descartar la solución contaminada, llenar el contenedor de la solución con el solvente limpiador preparado; permitir que alrededor de 1 L del solvente limpiador, fluya a través del dispositivo del sifón y del tubo irrigador al extremo final del tubo, para cortar el flujo del solvente, manteniéndolo dentro del tubo. Rellene el contenedor y permita que permanezca durante toda la noche.

- 2.7.3 Después de remojar, permita que el solvente limpiador fluya a través del ensamblaje del sifón y tubo irrigador
- 2.7.4 Remover el ensamblaje del sifón del contenedor de la solución y enjuagar ambos con agua clara. El tubo irrigador y el ensamblaje del sifón pueden enjuagarse fácilmente conectando una manguera entre el extremo del tubo irrigador y el grifo de agua y circulando agua fresca a través del tubo.
- 2.8 Ocasionalmente los agujeros en el extremo del tubo irrigador pueden obstruirse por una partícula de arena. Si la obstrucción no puede ser liberada por cualquier otro método, use un alfiler u otro objeto punzante para forzarlo hacia fuera, teniendo mucho cuidado de no agrandar el tamaño de la abertura.
- 2.9 La solución de trabajo que tiene más de dos semanas de antigüedad deberá ser eliminada.
- 2.10 La mezcla y el almacenamiento del contenedor(es) para las soluciones, deberán ser totalmente enjuagadas antes de mezclar una tanda fresca de solución.
- 2.11 No se deberá añadir una solución fresca a una vieja, independientemente de su edad.
- 2.12 Unidades de Medición:
- 2.12.1 Con respecto a los tamaños de los tamices y al tamaño de los agregados como ha sido determinado por el uso de los tamices de ensayo, se muestran los valores en unidades centímetros-gramo; sin embargo, la designación estándar del tamiz mostrada entre paréntesis es el valor estándar como ha sido establecido en la especificación ASTM E 11.
- 2.12.2 Con respecto a la masa, los valores mostrados en unidades SI son considerados como estándar.
- 2.12.3 Con respecto a otras unidades de medida, los valores establecidos en unidades centímetro-gramo son considerados como estándar.
- 2.13 Esta norma no pretende resolver todos los problemas de seguridad, si hubiera alguno, asociado con su uso. Es responsabilidad del usuario de esta norma establecer practicas apropiadas de seguridad y de salud y determinar la aplicabilidad de las limitaciones reglamentarias, previo a su empleo
- 3.0 REFERENCIAS NORMATIVAS**
- 3.1. NTP 339.146:2000: Suelos. Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo
- 4.0 EQUIPOS, MATERIALES E INSUMOS**
- 4.1 EQUIPOS**
- 4.1.1 Un cilindro graduado, transparente de plástico acrílico, tapón de jebe, tubo irrigador, dispositivo de pesado de pie y ensamblaje del sifón, confortantes de las especificaciones respectivas y las dimensiones mostradas en la Fig. 1. Véase Anexo A.1 para aparatos alternativos.
- 4.1.2 Horno, de suficiente tamaño, y capaz de mantener una temperatura de  $110 \pm 5^\circ\text{C}$ .
- 4.1.3 Agitador mecánico para equivalente de arena, diseñado para sostener el cilindro plástico graduado requerido, en una posición horizontal mientras está siendo sujeto a un movimiento recíprocante paralelo a su longitud y teniendo una trayectoria de  $203,2 \pm 1,0$  mm ( $8 \pm 0,04$  pulg) y operando a  $175 \pm 2$  rpm. En la Fig. 2 se muestra un aparato típico El agitador deberá ser asegurado a una montura firme y nivelada.
- Nota 3.** El movimiento de las partes del agitador mecánico deberá estar provisto con una reja de seguridad para la protección del operador.
- 4.1.4 Agitador de operación manual para equivalente de arena, (Opcional), como se muestra en la Fig. 3, capaz de producir un movimiento oscilante, a una tasa de 100 ciclos completos en  $45 \pm 5$  s, con una longitud de trayectoria asistida manualmente, de  $127 \pm 5$  mm ( $5 \pm 0,2$  pulg). El dispositivo deberá estar diseñado para sostener el cilindro graduado requerido en una posición horizontal mientras está siendo sujeta a un movimiento recíprocante paralelo a su longitud. El agitador deberá



ser asegurado a una montura nivelada y firme. Si sólo se van a correr unos pocos ensayos, el agitador puede ser sostenido a mano o sobre una montura firme a nivel.

#### 4.2 MATERIALES

- 4.2.1 Lata de medición: Una lata cilíndrica de aproximadamente 57mm (2¼ pulg) de diámetro, con una capacidad de  $85 \pm 5$  mL.
- 4.2.2 Tamiz N°4 (4,75mm) conforme con los requerimientos de la Especificación ASTM E 11.
- 4.2.3 Embudo, de boca ancha, para transferir los especímenes de ensayo dentro del cilindro graduado.
- 4.2.4 Botellas, dos de 3,8 L (1,0 gal) para almacenar el stock de la solución y la solución de trabajo.
- 4.2.5 Platillo plano, para mezclar.
- 4.2.6 Reloj, con lecturas en minutos y segundos
- 4.2.7 Papel filtro, Watman N°2V o equivalente

#### 4.3 INSUMOS

- 4.3.1 Stock de Solución: Se van a requerir los siguientes materiales:
  - a. Cloruro cálcico Anhidro, 454g (1,00 lb) de grado técnico
  - b. Glicerina USP, 2050g (1 640 mL).
  - c. Formaldehído, (40 volumen % solución) 47g (45 mL).
  - d. Disolver los 454 g (1,00 lb) de cloruro en 1,9 L (0,5 gal) de agua destilada. Enfriar a la temperatura ambiente y filtra a través de un papel filtro. Añadir 2050 g de glicerina y 47 g de formaldehído a la solución filtrada, mezclar bien, y diluir a 3,8 L (1,0 gal).
- 4.3.2 Solución de trabajo de cloruro cálcico: Preparar la solución de trabajo de cloruro cálcico diluyendo en agua una medida ( $85 \pm 5$  mL) total del stock de la solución de cloruro cálcico para 3,8 L (1,0 gal). Usar agua destilada o desmineralizada para la preparación normal de la solución de trabajo. Sin embargo, si se determina que el agua local es de tal pureza que no afecta a los resultados de los ensayos, es permitido usarla en lugar del agua destilada o desmineralizada, excepto caso de disputa.

**Nota 4.** El efecto del agua local en los resultados de la prueba de equivalente de arena se puede determinar comparando los resultados de tres pruebas de equivalente de arena, usando agua destilada, con los resultados de tres pruebas de equivalente de arena usando agua local. Los seis especímenes de ensayo requeridos para esta comparación serán preparados a partir de la muestra de material y secados al horno como se prescribe en este método de ensayo.

#### 5.0 MUESTRA

- 5.1 Muestrear el material a ser ensayado en concordancia con ASTM D 75.
- 5.2 Mezclar completamente la muestra y reducirla si es necesario, usando los procedimientos aplicable en NTP 339.089.
- 5.3 Obtener como mínimo 1500 g de material pasante el tamiz N°4 (4,75mm) de la siguiente manera:
  - a. Separar la muestra en el tamiz N°4(4,75mm) por medio de un movimiento lateral y vertical del tamiz, acompañado por una acción chocante, de tal manera que se mantenga a la muestra moviéndose continuamente sobre la superficie del tamiz. Continuar el tamizado hasta que no más del 1% en peso del residuo pase el tamiz durante 1 min. La operación de tamizado puede ser realizada a mano o mediante un aparato mecánico. Cuando se está determinado, todo el tamizado mecánico, usar el método manual descrito mas arriba, usando una capa simple de material sobre el tamiz.

- b. Desmenuzar cualquier grumo de material en la fracción gruesa que pase el tamiz N°4 (4,75mm). Se puede usar un mortero y un pisón cubierto de jébe o cualquier otro medio que no cause apreciable degradación del agregado.
  - c. Remover cualquier capa de finos adheridos a los agregados gruesos. Esos finos se pueden remover secando superficialmente el agregado grueso y refregando luego con las manos sobre un recipiente plano.
  - d. Añadir el material pasante del tamiz obtenido en 5.3.b y 5.3.c de este ensayo para separar la porción fina de la muestra.
- 5.4 Preparar especímenes de ensayo del material pasante la porción del tamiz N°4 (4,75mm) de la muestra por cualquiera de los procedimientos descritos en 6.1.1 o 6.1.2 de este ensayo.

**Nota 5.** Los experimentos muestran que cuando la cantidad de material que siendo reducido por cuarteo decrece, también decrece la seguridad de obtener muestras representativas. Por esta razón, es imperativo que se ejerza extremo cuidado cuando se preparan los especímenes de ensayo.

## 6.0 PROCEDIMIENTO

### 6.1 PREPARACION DEL ENSAYO

#### 6.1.1 Preparación de la muestra de ensayo, Procedimiento A:

- 6.1.1.1 Si fuera necesario, verter el material para evitar la segregación o pérdida de finos durante las operaciones de cuarteo. Tener cuidado al añadir humedad a la muestra para mantener un condición libre de flujo de material.
- 6.1.1.2 Usando el recipiente de medida, tomar cuatro de estas medidas de la muestra. Cada vez que una medida llena del material es recogida de la muestra, golpee el extremo inferior de la medida sobre una mesa de madera u otra superficie dura por lo menos cuatro veces y sacúdala ligeramente para producir una medida de material consolidado a nivel o ligeramente redondeado sobre el extremo.
- 6.1.1.3 Determinar y registrar la cantidad de material contenido en esas cuatro medidas por peso o por volumen en un cilindro plástico seco.
- 6.1.1.4 Retornar el material a la muestra y proceder a cuartear la muestra usando el procedimiento aplicable en NTP 339.089 y haciendo los ajustes necesarios para obtener el peso o volumen predeterminado. Cuando este peso o volumen son obtenidos, dos operaciones adicionales sucesivas de cuarteo sin ajuste, deberán proporcionar la cantidad apropiada de material para rellenar la medida, y proporcionar por lo tanto un espécimen de ensayo.
- 6.1.1.5 Secar el espécimen de ensayo a peso constante a  $110 \pm 5^\circ\text{C}$  y enfriar a la temperatura del cuarto antes de ensayar.

**Nota 6.** Los resultados del equivalente de arena sobre especímenes de ensayo que no han sido secados generalmente serán más bajos que los resultados obtenidos sobre especímenes de ensayo idénticos que si han sido secados. Como una forma de ahorrar tiempo, es permisible ensayar más materiales sin secarlos, cuando el valor del equivalente de arena es usado para determinar el cumplimiento de una especificación con un mínimo valor de ensayo aceptable. Si el resultado del valor de ensayo es más bajo que lo especificado, sin embargo, será necesario repetir la prueba sobre un espécimen de ensayo secado. Si el equivalente de arena determinado en una prueba sobre un espécimen de ensayo secado, es más bajo que el límite inferior de la especificación, será necesario realizar dos pruebas adicionales sobre especímenes de ensayo secado, tomados de la misma muestra. El equivalente de arena para una muestra deberá ser determinado de acuerdo con la sección de cálculos.

#### 6.1.2 Preparación del espécimen de ensayo, Procedimiento B:

- 6.1.2.1 Manteniendo una condición de flujo libre, vaciar la cantidad suficiente de material para prevenir la segregación o pérdida de finos.

- 6.1.2.2 Cuartear de 1 000 a 5 000 g del material. Mezclar completamente con un cucharón de mano en un recipiente circular hacia el medio del recipiente, rotando a este horizontalmente. El mezclado deberá ser continuado por lo menos 1min para alcanzar uniformidad. Verificar que el material tenga la condición de humedad necesaria, apretando una pequeña porción de la muestra completamente mezclada en la palma de la mano. Si se forma un molde que permite su manipuleo cuidadoso sin romperse, entonces se ha obtenido el correcto rango de humedad. Si el material está muy seco, el molde se desmenuzara y será necesario añadirle agua, remover y reensayar hasta que el material forme un molde. Si el material muestra agua libre, está muy húmedo para ensayar y debe ser drenado y secado al aire, mezclándolo frecuentemente para asegurar uniformidad. Este material húmedo en demasía, formara un buen molde cuando se chequea inicialmente, de tal manera que el proceso de secado debería continuar hasta un chequeo por apretamiento del material de un molde que es mas frágil y delicado al manipuleo que el original. Si el contenido de humedad "como es recibido" está dentro de los límites descritos arriba, la muestra puede ensayarse inmediatamente. Si el contenido de húmeda es alterado para cumplir esos límites, la muestra puede ser puesta en un recipiente, cubierta con una tapa o con una toalla húmeda que no toque el material, por un minuto de 15 min.
- 6.1.2.3 Después del tiempo mínimo de curado, remezclar por 1 min sin agua. Cuando esté enteramente mezclado, formar el material en un cono con una trulla.
- 6.1.2.4 Tomar la lata de medida en una mano y presionarla directamente en la base de la pila mientras mantiene la mano libre firmemente contra el lado opuesto de la pila.
- 6.1.2.5 Cuando la lata atraviesa la pila y emerge, hacer suficiente presión con la mano para que el material llene la lata. Presione firmemente con la palma de la mano compactando el material hasta que consolide en la lata. El material en exceso deberá ser nivelado en la parte superior de la mano, moviendo el filo de la llana en un movimiento de aserrado a lo largo del borde.
- 6.1.2.6 Para obtener especímenes de ensayo adicionales, repetir los procedimientos desde 6.1.2.3 hasta 6.1.2.5 de este ensayo.
- 6.2 PROCEDIMIENTO OPERATORIO
- 6.2.1 Ajustar el dispositivo del sifón a una botella de 1,0 gal (3,8 L) de la solución de trabajo de cloruro de calcio. Coloque la botella a  $91 \pm 3\text{cm}$  ( $36 \pm 1\text{pulg}$ ) sobre la superficie de trabajo (véase Fig. 4).
- Nota 7.** En lugar de la botella de 3,8 L (1,0 gal), se puede usar un recipiente de vidrio o plástico con una mayor capacidad, con tal que el nivel de líquido de solución de trabajo sea mantenido entre 91cm y 114cm (36pulg y 45pulg) sobre la superficie de trabajo.
- 6.2.2 Empezar el sifón conectándolo a la parte superior de la botella con la solución mediante un pedazo corto de tubo, mientras se abre el sujetador.
- 6.2.3 Sifonear  $102 \pm 3\text{mm}$  ( $4 \pm 0,1\text{pulg}$ ) (Indicado en el cilindro graduado) de la solución de trabajo de cloruro cálcico en el cilindro de plástico.
- 6.2.4 Verter uno de los especímenes de ensayo en el cilindro de plástico usando el embudo para evitar derramarlo (véase Fig. 5).
- 6.2.5 Golpear ligeramente el fondo del cilindro sobre la palma de la mano varias veces para liberar las burbujas de aire y para conseguir el humedecimiento total del espécimen.
- 6.2.6 Mantener al espécimen humedecido y al cilindro in disturbado por  $10 \pm 1\text{min}$ .
- 6.2.7 Al final de los 10 min del periodo de humedecimiento, parar el cilindro, y aflojar luego al material del fondo invirtiendo parcialmente el cilindro y agitándolo simultáneamente.
- 6.2.8 Después de aflojar el material del fondo del cilindro, agitar el cilindro y su contenido por uno de los siguientes tres métodos:
- 6.2.8.1 Método del agitador Mecánico: Colocar el cilindro en el agitador mecánico del equivalente de arena, registrar el tiempo, y permitir que la maquina agite el cilindro y su contenido por  $45 \pm 1\text{s}$ .

#### 6.2.8.2 Método del agitador manual:

- a. Asegure el cilindro en los tres aseguradores de resorte del carruaje del agitador del equivalente de arena operado a mano y colocar el contómetro de golpes en cero.

**Nota 8.** Para prevenir el derramado, asegúrese que el tapón de jebe esté firmemente asentado en el cilindro antes de colocarlo en el agitador manual.

- b. Permanezca directamente en frente del agitador y fuerce el apuntador a la marca límite del golpe pintada en la pizarra, aplicando un empuje horizontal abrupto a la porción superior de la correa del resorte de acero de la mano derecha. Remover luego la mano de la correa y permitir que la acción de resorte de las correas, muevan el carruaje y el cilindro en dirección opuesta, sin asistencia o impedimento.
- c. Aplicar fuerza suficiente a la correa del resorte de acero de la mano derecha, durante la porción de empuje de cada correa para mover el apuntador al límite de la marca del golpe presionando contra la correa con los extremos de los dedos para mantener un movimiento oscilante suave (véase Fig. 6). El centro de la marca límite del golpe, está posicionado para proveer la longitud de golpe apropiada y el ancho que da el límite de variación máximo permisible. La acción de agitación apropiada puede ser mantenida usando solamente el antebrazo y la acción de la muñeca para propulsar la agitación.
- d. Continuar la acción de agitación por 100 golpes.

#### 6.2.8.3 Método Manual:

- a. Sostenga el cilindro en una posición horizontal como se ilustra en la Fig. 7 y agítelo vigorosamente en un movimiento horizontal de extremo a extremo.
- b. Agite el cilindro 90 ciclos en aproximadamente 30s usando un recorrido de  $23 \pm 3\text{cm}$  ( $9 \pm 1\text{pulg.}$ ). Un ciclo se define como un movimiento completo de ida y vuelta. Para agitar apropiadamente el cilindro a esta velocidad, será necesario que el operador agite con el antebrazo solamente, relajando el cuerpo y hombros.

6.2.9 Siguiendo con la operación de agitación, colocar el cilindro sobre la parte superior de la mesa de trabajo y remover el tapón de jebe.

#### 6.2.10 Procedimiento de irrigación:

6.2.10.1 Durante el procedimiento de irrigación, mantenga el cilindro vertical y la base en contacto con la superficie de trabajo. Insertar el tubo irrigador en la parte superior del cilindro, remover los sujetadores de la manguera, y enjuague el material de las paredes del cilindro cuando el irrigador está siendo bajado. Forzar el irrigador a través del material en el fondo del cilindro, aplicando una acción de punzonamiento y giro mientras la solución de trabajo fluye del irrigador. Esto hace que el material fino entre en suspensión sobre las partículas de arena más gruesa (véase Fig. 8).

6.2.10.2 Continúe aplicando la acción de punzonamiento y giro mientras los fino continúan fluyendo hacia arriba hasta que el cilindro es relleno en la gradación de 38,0 cm (15 pulg). Luego enjuague lentamente el tubo irrigador, sin derramar el líquido, de tal manera que el nivel de líquido sea mantenido a alrededor de la gradación de 38,0 cm (15 pulg) mientras el tubo irrigador está siendo retirado. Regular el flujo justo antes de que el tubo irrigador sea completamente retirado y ajuste el nivel final a la gradación de 38,0cm (15pulg).

6.2.11 Mantenga el cilindro y su contenido in disturbado por 20 min  $\pm$  15s. Comience a tomar el tiempo inmediatamente después de retirar el tubo irrigador.

6.2.12 Al final de los 20 min del periodo de sedimentación, leer y registrar el nivel de la parte superior de la suspensión de arcilla, como está prescrito en 6.2.14. Esto se refiere a la "lectura de arcilla". Si no se ha formado una línea de demarcación clara al final del periodo de sedimentación de 20 min, deje que la muestra permanezca indisturbada hasta que se pueda obtener una lectura de arcilla; luego lea inmediatamente y registre el nivel de la parte superior de la suspensión de arcilla el tiempo total de sedimentación. Si el tiempo total de sedimentación excede de 30 min,



vuelva a correr el ensayo usando tres especímenes individuales del mismo material. Registre la altura de la columna de arcilla para la muestra que requiera el más corto periodo de sedimentación como la lectura de arcilla.

#### 6.2.13 Determinación de la lectura de arcilla.

6.2.13.1 Después que se ha tomado la lectura de arcilla, coloque el dispositivo de pesado de pie sobre el cilindro y baje lentamente el dispositivo, hasta que descanse sobre la arena. No permita que el indicador toque el interior del cilindro. Reste 25,4 cm (10 pulg) del nivel indicado por el borde superior extremo del indicador y registre este valor como la "lectura de arena" (Véase Fig. 9).

**Nota 9.** Véase anexo A.1 para el uso del aparato alternativo de pie y del procedimiento de medida.

6.2.13.2 Cuando esté tomando la lectura de arena, tenga cuidado de no presionar hacia abajo sobre el dispositivo de pesaje de pie, ya que podría tener un error de lectura.

6.2.14 Si las lecturas de arcilla o arena caen entre gradaciones de 2,5 mm (0,1 pulg), registrar el nivel de la gradación más alta.

## 7.0 CALCULOS E INFORME

### 7.1 CALCULOS

7.1.1 Calcular el equivalente de arena al más cercano 0,1 % como sigue:

$$SE = (\text{Lectura de arena/lectura de arcilla}) \times 100$$

Donde:

$$SE = \text{Arena equivalente}$$

7.1.2 Si el equivalente de arena calculado no es un número entero, reportarlo como el siguiente número entero más alto. Por ejemplo, si el nivel de arcilla fue 8,0 y el nivel de arena fue 3,3; el equivalente de arena calculado será:

$$(3,3/8,0) \times 100 = 41,2$$

Como este equivalente de arena calculado no es un número entero, deberá reportarse como el siguiente entero que es 42.

7.1.3 Si se desea promediar una serie de valores de equivalente de arena, promediar los valores de números enteros, determinados como ha sido descrito en 7.1.2 de este ensayo. Si el promedio de esos valores no es un número entero, elevarlo al siguiente número entero mas alto como se muestra en el siguiente ejemplo:

7.1.3.1 Calcular los valores SE: 41,2; 43,8; 40,9.

7.1.3.2 Después de redondearlos al siguiente número entero superior, se convierten en 42; 44; 41.

7.1.3.3 Determinar el promedio de esos valores como sigue:

$$\frac{42 + 44 + 41}{3} = 42,3$$

7.1.3.4 Desde que el valor promedio no es un número entero, deberá ser redondeado al siguiente número entero mayor, y el valor del equivalente de arena se reporta como 43.

## 8.0 PRECISION Y DISPERSION

### 8.1 PRECISION

8.1.1 Los siguientes estimados de precisión para este método de ensayo se basan en los resultados del AASHTO Materials Reference Laboratory (AMRL) programa de Muestra de Referencia, con ensayos llevados a cabo usando el método de ensayo ASTM D 2419 Y el método AASHTO T 176. No hay diferencias significativas entre los dos métodos. Los datos se basan en los análisis de



ocho resultados de pruebas pareadas de 50 a 80 laboratorios, con un rango de valores promedio del equivalente de arena para las muestras, variando de aproximadamente 60 a 90.

- 8.1.1.1 Precisión de un único operador: La desviación estándar de un solo operador que se ha hallado es de 1,5 para valores de equivalente de arena mayores de 80 y de 2,9 para valores menores de 80 (1s)\*. Por eso, los resultados de dos ensayos apropiadamente conducidos por el mismo operador sobre materiales similares, no deberá diferir en más de 4,2 y 8,2\*, respectivamente (d2s).
- 8.1.1.2 Precisión de laboratorios múltiples: La desviación estándar de laboratorios múltiples se ha encontrado que es de 4,4 para valores de equivalente de arena mayores de 80 y de 8,0 para valores menores de 80 (1s)\*. Por eso, los resultados de dos ensayos apropiadamente conducidos de diferentes laboratorios sobre materiales similares no deberían diferir en más de 12,5 y 22,6, respectivamente (d2s).
- 8.1.2 Datos adicionales de precisión están disponibles de un estudio hecho por una agencia estatal involucrando la circulación de pares de muestras de 20 laboratorios en tres ocasiones diferentes. El rango de los valores de equivalente de arena para esas muestras variaron de aproximadamente 30 a 50; esos fueron materiales conteniendo muchos más finos que las muestras AMRL reportadas en 8.1.1.1 y 8.1.1.2 de este ensayo.
- a. La desviación estándar de los laboratorios múltiples de los ensayos en agencias individuales se encontró ser de 3,2 (1s). Por eso, dentro de los laboratorios de esta agencia, los resultados de dos ensayos apropiadamente conducidos de diferentes laboratorios sobre materiales similares, no difieren en más de 9,1 (d2s).

**Redondeo:** El procedimiento en este método de ensayo no tiene redondeo, debido a que el equivalente de arena es definido solamente en términos del método de ensayo. \* Estos números representan respectivamente los límites (1s) y (d2s) descritos en ASTM C 670.

#### ANEXO

##### (NORMATIVO)

#### **A1. PARA LA LECTURA DE LA ARENA CUANDO SE USAN EL INDICADOR DE ARENA 1969 Y EL PIE CONFORMANTE DE LA FIG. A1.1 DE ASTM D 2419-69**

- A.1.1 Diferencias en el Equipo 1969
- A1.1.1 Véase la Figura A1.1 para el pie de pesaje 1969 (Dispositivo C) y los detalles del Pie 1969 (Ítem 14).
- A.2.1 Procedimiento de Lectura de la Arena cuando se está usando el dispositivo de pie 1969.
- A.2.1.1 Después que se ha tomado la lectura de arcilla, colocar el dispositivo de pesaje de pie sobre el cilindro, con la cápsula guía en posición de la boca del cilindro y baje suavemente el dispositivo hasta que descansa sobre la arena. Mientras el dispositivo de pesaje de pie está siendo bajado, mantenga uno de los tornillos adyacentes (Véase Ítem 10 en la Figura A1.1), en contacto con la pared del cilindro cerca de las gradaciones de tal manera que pueda ser visto en todo momento. Cuando el dispositivo de pesaje de pie descansa sobre la arena, lea el registro del nivel de la hendidura horizontal en el tornillo adyacente como el valor de la "Lectura de Arena"

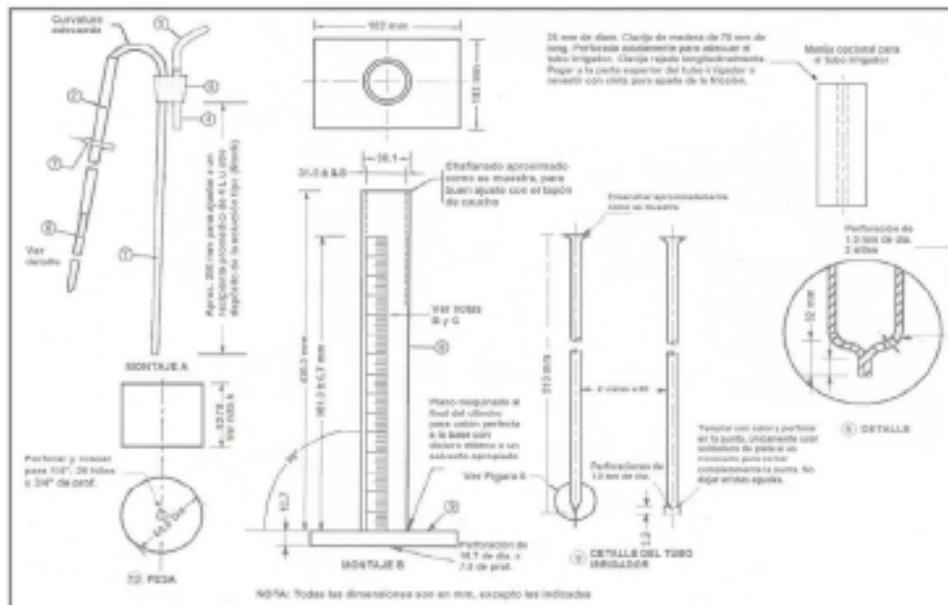


Figura 1: Aparato de Ensayo de equivalente de arena

Lista de materiales				
Montaje	Parte N°	Descripción	Tamaño de stock, pulg.	Material
A	<b>Montaje del sifón</b>			
	1	Tubo del sifón	1/4 de diámetro x 16	Tubo de cobre (puede ser niquelado) Tubo de jébe, goma pura o equivalente Tubo de jébe, goma pura o equivalente Tubo de cobre (puede ser niquelado) Jébe
	2	Manguera del sifón	3/16 diámetro interno x 48	
	3	Manguera de golpe	3/16 diámetro interno x 2	
	4	Tubo de golpe	1/4 de diámetro x 2	
	5	Tapón de 2 agujeros	N° 6	
	6	Tubo irrigador	1/4 diámetro externo x 0,035 de pared x 20 de tubo SS <sub>316</sub>	
7	Sujetador	Tipo 316 abrazadera, BHK N° 21730 o equivalente		
B	<b>Montaje graduado:</b>			
	8	Tubo	1,50 diámetro externo x 17	Plástico acrílico transparente
	9	Base	1/4 x 4 x 4	Plástico acrílico transparente
C	<b>Montaje de pisón de pie</b>			
	10	Indicador de lectura de		Nylon 101 tipo 66 revenido Bronce (puede ser niquelado) Acero C.R. (puede ser niquelado) Metal resistente a la corrosión Bronce (puede ser niquelado) Jébe
	11	arena	1 1/4 de diámetro x 0,59	
	12	Varilla	1/4 de diámetro x 17 1/2	
	13	Peso	2 de diámetro x 2,076	
	14	Tuerca	1/16 de diámetro x 1/2	
	15	Base	1 1/16 hex x 0,54	
	Tapón soldado	N° 7		





Figura 3 – Agitador operado manualmente



Figura 4 – Agitador mecánico y dispositivo de pesado de plé

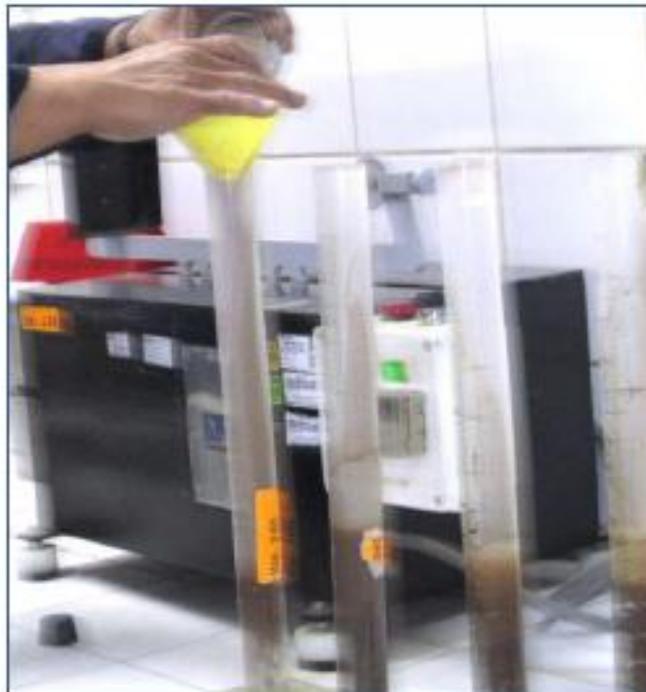


Figura 5 – Transferencia de muestras de recipiente de medición al cilindro



Figura 6 – Tubo irrigador y ensamble de sifón



Figura 7 – Usando método de agitación manual



Figura 8 – Irrigación

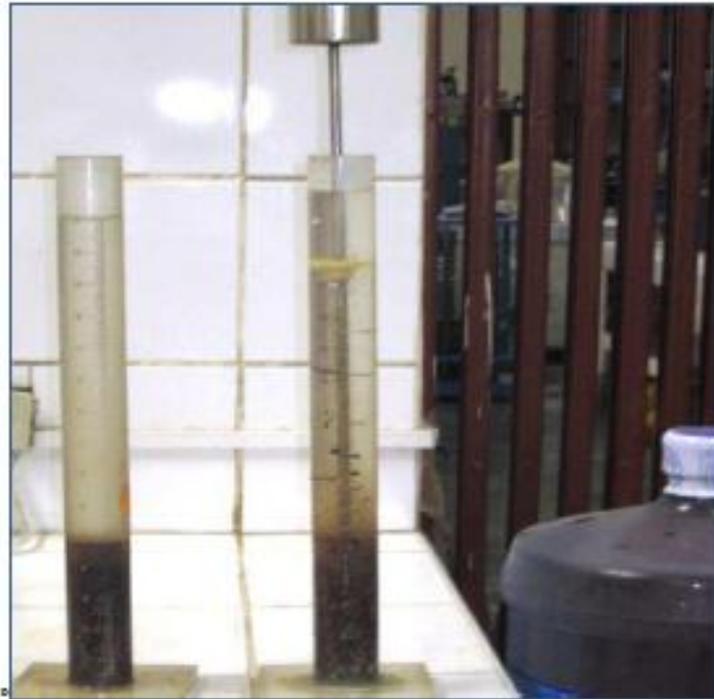


Figura 9 – Lectura de arena

**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).



PERÚ

Ministerio  
de Transportes  
y Comunicaciones

Viceministerio  
de Transportes

Dirección General  
de Caminos y  
Ferrocarriles

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 ( $\gamma_{d\max}$ ) 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 ( $w_c$ ) y a un Peso Unitario seco seleccionado relativo a un porcentaje del Peso Unitario Seco máximo ( $\gamma_{dmax}$ ). La selección del contenido de agua ( $w$ ), sea del lado húmedo o seco del óptimo ( $w_o$ ) ó al óptimo ( $w_c$ ), y el Peso Unitario Seco ( $\gamma_{dmax}$ ) 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 ( $2\,700\text{ kN}\cdot\text{m}/\text{m}^3$  ( $56\,000\text{ pie}\cdot\text{lb}/\text{pie}^3$ )).
- 3.1.2 ASTM D 1557: Standard Test Methods for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Modified Effort ( $2\,700\text{ kN}\cdot\text{m}/\text{m}^3$  ( $56\,000\text{ pie}\cdot\text{lb}/\text{pie}^3$ )).

### 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  $16,7\text{ mm}/\text{m}$  ( $0,200\text{ pulg}/\text{pie}$ ) 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  $50,8\text{ mm}$  ( $2,0\text{ pulg}$ ) con una sección superior que sobrepasa para formar un tubo con una sección cilíndrica recta de por lo menos  $19,0\text{ mm}$  ( $0,75\text{ pulg}$ ), 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  $101,6 \pm 0,4\text{ mm}$  ( $4,000 \pm 0,016\text{ pulg}$ ) de diámetro interior, una altura de  $116,4 \pm 0,5\text{ mm}$  ( $4,584 \pm 0,018\text{ pulg}$ ) y un volumen de  $944 \pm 14\text{ cm}^3$  ( $0,0333 \pm 0,0005\text{ pie}^3$ ). 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  $152,4 \pm 0,7\text{ mm}$  ( $6,000 \pm 0,026\text{ pulg}$ ) de diámetro interior, una altura de:  $116,4 \pm 0,5\text{ mm}$  ( $4,584 \pm 0,018\text{ pulg}$ ) y un volumen de  $2\,124 \pm 25\text{ cm}^3$  ( $0,075 \pm 0,0009\text{ pie}^3$ ). 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  $457,2 \pm 1,6\text{ mm}$  ( $18 \pm 0,05\text{ pulg}$ ) de la superficie de espécimen. La masa del pisón será  $4,54 \pm 0,01\text{ kg}$  ( $10 \pm 0,02\text{ lb}\cdot\text{m}$ ), 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  $50,80 \pm 0,13\text{ mm}$  ( $2,000 \pm 0,005\text{ pulg}$ ), (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  $50,800 \pm 0,25\text{ mm}$  ( $2,000 \pm 0,01\text{ pulg}$ ).

**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  $0,4536\text{ kg}$  ó  $1\text{ N}$  es igual a  $0,2248\text{ libras-masa}$  ó  $0,1020\text{ kg}$ .

- 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  $19,0 \pm 1,6\text{ mm}$



( $\frac{3}{4} \pm \frac{1}{16}$  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 (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 6.2.2.2 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 (¾ pulg) ó 19,0 mm (¾ pulg). Durante la preparación del material granular que pasa la malla ¾ pulg para la compactación en el molde de 6 pulgadas, disgregar o separar los agregados lo suficientemente para que pasen el tamiz 9,5 mm (¾ pulg) de manera de facilitar la distribución de agua a través del suelo en el mezclado posterior.

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

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

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

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

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

6.2.4.3 Compactar el espécimen en cinco capas. Después de la compactación, cada capa deberá tener aproximadamente el mismo espesor. Antes de la compactación, colocar el suelo suelto dentro del molde y extenderlo en una capa de espesor uniforme. Suavemente apisonar el suelo antes de la compactación hasta que este no esté en estado suelto o esponjoso, usando el pisón manual de compactación o un cilindro de 5 mm (2 pulg) de diámetro. Posteriormente a la compactación de cada uno de las cuatro primeras capas, cualquier suelo adyacente a las paredes del molde que no han sido compactado o extendido cerca de la superficie compactada será recortada. El suelo recortado puede ser incluido con el suelo adicional para la próxima capa. Un cuchillo ú otro aparato disponible puede ser usado. La cantidad total de suelo usado será tal que la quinta capa compactada se extenderá ligeramente dentro del collar, pero no excederá 6 mm (1/4pulg) de la parte superior del molde. Si la quinta capa se extiende en más de 6 mm (1/4pulg) 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 kN/m<sup>3</sup> (0,1 lbf/pie<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 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 (%)

$$\gamma_d = 62,43 \rho_d \text{ en } \text{lb/ft}^3 \quad (3)$$

$$\gamma_d = 9,807 \rho_d \text{ en } \text{kN/m}^3$$

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 lb/ ft<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/pe<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):

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

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

Donde:

- V = Volumen de molde, 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**

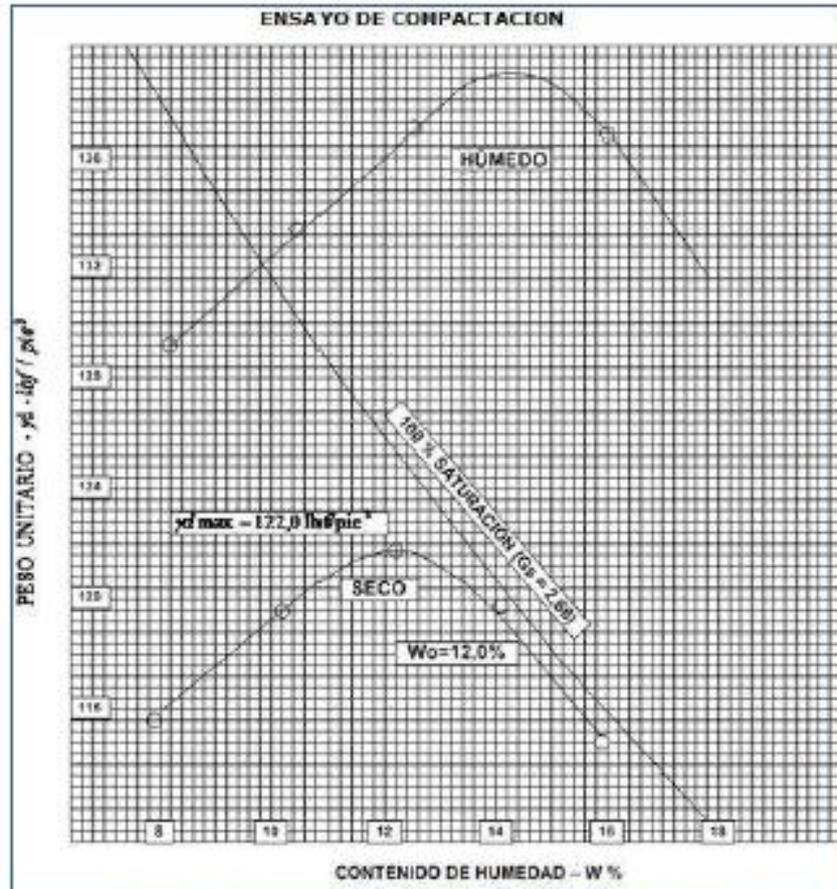
Pulgadas	milímetros
0,016	0,41
0,026	0,66
0,032	0,81
0,028	0,71
½	12,70
2 ½	63,50
2 ¾	66,70
4	101,60
4 ½	114,30
4,584	116,43
4 ¾	120,60
6	152,4
6 ½	165,10
6 ¾	168,30
6 ¾	171,40
8 ¾	208,60

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





**MTC E 107****ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO****1.0 OBJETO**

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

**2.0 FINALIDAD Y ALCANCE**

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

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

**3.0 REFERENCIAS NORMATIVAS**

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

**4.0 EQUIPOS Y MATERIALES****4.1 EQUIPOS**

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

4.1.2 Estufa. Capaz de mantener temperaturas uniformes y constantes hasta de  $110 \pm 5$  °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
5/8"	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
5/8"	9,500
Nº 4	4,760
Nº 8	2,360
Nº 16	1,100
Nº 30	0,590
Nº 50	0,297
Nº 100	0,149
Nº 200	0,075



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

## 5.0 MUESTRA

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

Tabla 1

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

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

## 6.0 PROCEDIMIENTO

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



TAMICES	ABERTURA (mm)
3"	75,000
2"	50,800
1 ½"	38,100
1"	25,400
¾"	19,000
⅝"	9,500
Nº 4	4,760

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

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

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

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

## 6.2 ANALISIS GRANULOMETRICO DE LA FRACCION FINA

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

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

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

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

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

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

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

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

- 6.2.9 Humedad higroscópica. Se pesa una porción de 10 a 15 g de los cuarteos anteriores y se seca en el horno a una temperatura de  $110 \pm 5$  °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 es 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 $\pm$ 0,1%	a $\pm$ 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:

$$W = \frac{\text{Peso-de-agua}}{\text{Peso-de-suelo-secado-al-horno}} \times 100$$
$$W = \frac{M_{CS} - M_C}{M_{CS} - M_C} \times 100 = \frac{M_w}{M_s} \times 100$$

Donde:

- W = es el contenido de humedad, (%)
- M<sub>CS</sub> = es el peso del contenedor más el suelo húmedo, en gramos
- M<sub>C</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:

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



## 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.

**Cuadro 4.11**  
**Clasificación de los Suelos – Método AASHTO**

Clasificación general	Suelos granulosos 35% máximo que pasa por tamiz de 0.08 mm							Suelos finos más de 35% pasa por el tamiz de 0.08 mm				
	A1		A3	A2				A4	A5	A6	A7	
	A1-a	A1-b		A2-4	A2-5	A2-6	A2-7				A7-5	A7-6
<b>Análisis granulométrico</b>  % que pasa por el tamiz de:  2 mm 0.5 mm 0.08 mm	máx. 50	máx. 50	mín. 50	máx. 35	Máx.35	máx. 35	máx. 35	mín. 35	mín. 35	mín. 35	mín. 35	mín. 35
<b>Limites Aterberg</b>  límite de liquido índice de plasticidad	máx. 6	máx. 6		máx. 40	mín. 40	máx. 40	mín. 40	máx. 40	máx. 40	máx. 40	mín. 40	mín. 40
Índice de grupo	0	0	0	0	0	máx. 4	máx. 4	máx. 8	máx. 12	máx. 16	máx. 20	máx. 20
Tipo de material	Piedras, gravas y arena		Arena Fina	Gravas y arenas limosas o arcillosas				Suelos limosos		Suelos arcillosos		
Estimación general del suelo como subrasante	De excedente a bueno						De pasable a malo					

Fuente: AASHTOM 146

# **ANEXO 06:**

## **PANEL FOTOGRAFÍCO**

## Anexo 05: Panel fotográfico



**IMAGEN 01:** Recojo de Muestra de Material de Afirmado de la Cantera Pampa La Colina - Guadalupito

**FUENTE:** Propia

**IMAGEN 02:** Recojo de Muestra de Material de Afirmado de la Cantera San Pedrito - Samanco

**FUENTE:** Propia





**IMAGEN 03:** Ensayo granulométrico del material de afirmado de las Canteras Pampa La Colina – Guadalupto y San Pedrito – Samanco.

**FUENTE:** Propia

**IMAGEN 04:** Ensayo de Limite Líquido del material de afirmado de las canteras Canteras Pampa La Colina – Guadalupto y San Pedrito – Samanco

**FUENTE:** Propia





**IMAGEN 05:** Muestra humedecida colocada en la copa de Casa Grande de la Cantera Pampa La Colina - Guadalupe

**FUENTE:** Propia

**IMAGEN 06:** Muestra humedecida colocada en la copa de Casa Grande de la Cantera San Pedrito – Samanco

**FUENTE:** Propia





**IMAGEN 07:** Ensayo de Equivalente de arena para el material de afirmado de las canteras Pampa La Colina – Guadalupito y San Pedrito – Samanco.

**FUENTE:** Propia

**IMAGEN 08:** Muestra pasada por el tamiz #4 del material de Afirmado de la Cantera “Pampa La Colina - Guadalupito”

**FUENTE:** Propia





**IMAGEN 09:** Muestra pasada por el tamiz #4 del material de Afirmado de la Cantera “San Pedrito – Samanco para ensayo de Abrasión.

**FUENTE:** Propia

**IMAGEN 10:** Tambor Los Ángeles para ensayo de Resistencia a la Abrasión de la muestra del material de afirmado de las canteras Pampa La Colina – Guadalupito y San Pedrito – Samanco.

**FUENTE:** Propia





**IMAGEN 11:** Muestra pasada por el tamiz #4 del material de Afirmado de la Cantera Pampa La Colina – Guadalupito para ensayo de CBR

**FUENTE:** Propia

**IMAGEN 12:** Muestra pasada por el tamiz #4 del material de Afirmado de la Cantera San Pedrito – Samanco, para ensayo de CBR.

**FUENTE:** Propia



**IMAGEN 13:** Muestra de grava retenida por el tamiz #40 del material de Afirmado de la Cantera San Pedrito, para adición y mejoramiento del material de afirmado de Cantera Pampa La Colina.



**FUENTE:** Propia

**IMAGEN 14:** Muestra de arcilla, para adición y mejoramiento del material de afirmado de Cantera San Pedrito.



**FUENTE:** Propia



**IMAGEN 15:** Muestra en molde CBR del material de afirmado de la Cantera San Pedrito- Samanco, expuesta al agua durante 4 días.

**FUENTE:** Propia

**IMAGEN 16:** Muestra en molde CBR del material de afirmado de la Cantera Pampa la Colina – Guadalupito, expuesta al agua durante 4 días.

**FUENTE:** Propia



**IMAGEN 17:** Molde CBR expuesta a la Prensa CBR, para su resultado final.

**FUENTE:** Propia

