

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

FACULTAD DE INGENIERÍA

EAP de Ingeniería Civil



TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

**“REDUCCIÓN DE COSTOS Y OPERACIÓN EN
LA ESTABILIZACION DE CARRETERAS NO
PAVIMENTADAS CON ENZIMAS TERRAZYME
EN EL DISTRITO DE AMARILIS - 2016”**

Para optar el título profesional de ingeniero Civil

Autor

Bach. HUMBERTO MARCELINO ORTEGA PORTA

Asesores:

- CHOQUEVILCA CHINGUEL, JOSUE
- DAVILA HERRERA, MARLON JERRY
- ALVARADO ROMERO, JUAN ALEX

Huánuco – Perú

2017

SIGLAS Y ACRÓNIMOS

CBR	:	California Bearing Ratio (para medir la capacidad de soporte del suelo)
CL	:	Arcilla de baja plasticidad
IP	:	Índice de Plasticidad
Km	:	Kilometro
Lt.	:	Litro
MTC	:	Ministerio de Transportes y Comunicaciones
M ²	:	Metro cuadrado
M ³	:	Metro cubico
PH	:	Potencial Hidrogeno
R.D.	:	Resolución Directoral
S10	:	Programa de costos y presupuestos

DEDICATORIA

En primer lugar a Dios por permitirme llegar hasta este punto y haberme dado salud; por ser el manantial de vida y darme lo necesario para seguir adelante día a día para lograr mis objetivos, además de su infinita bondad y amor.

A mi madre, por apoyarme en todo momento, por sus consejos, sus valores, por la motivación constante que me ha permitido ser una persona de bien, pero más que nada, por su amor.

A mi padre, 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.

A mis hermanas por ser el ejemplo de hermanas de la cual aprendí aciertos y en momentos difíciles están allí brindándome su apoyo incondicional.

A mi familia, por su gran apoyo y motivación para la culminación de mis estudios profesionales, por su apoyo constante.

Humberto

AGRADECIMIENTO

Durante el proceso de realización de esta investigación, he tenido el privilegio de tener el apoyo de numerosas personas que, directa o indirectamente, han participado en él, la cual reciban mi mayor agradecimiento y gratitud:

A Dios, por brindarme la oportunidad de vivir, por permitirme disfrutar cada momento de mi vida y guiarme por el camino que ha trazado para mí.

A mis padres, por darme la vida y apoyarme en todo lo que me he propuesto.

A mi madre Domitila, que le agradezco mucho por estar siempre conmigo, en mi mente, mi corazón, mi presente y futuro. Tú eres parte de este sueño, que el día de hoy se hace realidad y que te sientas orgullosa de ver la mujer que creaste y a la que diste la vida.

A mi padre Humberto, por ser el apoyo durante mi educación universitaria, ya que sin el no hubiera logrado mis metas y sueños. Por ser mí ejemplo a seguir, por enseñarme a seguir aprendiendo todos los días sin importar las circunstancias y el tiempo.

A mi familia, que siempre me están apoyando, a pesar de las peleas eh indiferencias, siempre me dan fuerzas y motivan a seguir adelante.

A mis maestros, que compartieron conmigo sus conocimientos para convertirme en una profesional, por su tiempo, dedicación y por su pasión de la actividad docente.

A todos ellos mis más sincero agradecimiento, afecto y gratitud.

El autor

RESUMEN

Objetivo: Mejorar la reducción de costos y operación en la estabilización de carreteras no pavimentadas en el en el Distrito de Amarilis mediante la aplicación de estabilizantes de suelo (Enzimas TERRAZYME). **Métodos:** la investigación fue experimental, analítico, transversal, la investigación tomo como universo, el suelo que tiene fundación de matriz limosa o arcillosa de 500m, para obtener la muestra se efectuó prospecciones de campo (calicatas), una por medio kilómetro, la profundidad de las calicatas fue como mínimo 1.00m debajo de la sub-rasante proyectada. De la cual se obtuvo la muestra de suelo para los respectivos ensayos de laboratorio. La técnica fue las que se indican en la GUÍA PARA MUESTREO DE SUELOS Y ROCAS MTC 101 – 2000, DEL MANUAL DE ENSAYO DE MATERIALES (EM 2000) aprobado por (R. D. No. 028-2001-MTC/15.17 del 16-01-01). En el análisis inferencial se llevó a cabo en el software como Excel y el S10. **Resultados:** Al comparar los costos de estabilización del aditivo enzimático Terrazyme con los costos de estabilización con distintos tipos de aditivos ya sea el PolyCom y la emulsión asfáltica se observó que hay una reducción de costos significativa frente a los estabilizantes con polycom y emulsion asfáltica, siendo el costo de estabilización por M3 con la emulsión asfáltica de (S/. 267.86) y el costo de estabilización por M3 con el aditivo TerraZyme de (S/. 103.75) obteniendo un ahorro de (S/. 164.11); de igual forma el costo de estabilización por M3 con el aditivo PolyCom es de (S/.164.42) y el costo de estabilización por M3 con el aditivo TerraZyme de (S/.103.75) obteniendo un ahorro de (S/. 60.67). Así mismo se observó un incremento porcentual de la Capacidad de Soporte del Suelo (CBR) a las muestras realizadas con aditivo, adicionando distintas cantidades del aditivo, obteniendo como resultado un incremento porcentual de 25.89% con la adición de 0.027ml del aditivo enzimático TerraZyme, de igual manera se obtuvo un incremento porcentual de 46.67% con la adición de 0.054ml del aditivo enzimático TerraZyme. **Conclusiones:** Se confirma la Hipótesis alterna (H₂) planteada por la presente investigación ya que reduce el costo de la estabilización, siendo el costo de estabilización con el aditivo enzimático TerraZyme es de (s/. 103.75), menor que el aditivo PolyCom (s/. 164.42) en un ahorro total de

(s/. 60.67) por m³ de material estabilizado; de igual forma es mucho menor que la emulsión asfáltica (s/. 267.86) en un ahorro total de (s/. 164.12) por m³ de material estabilizado del suelo y compararlo con otros aditivos, así mismo se confirma la Hipótesis alterna (H_{i1}) planteada por la presente investigación ya que se comprobó el aumento de la Capacidades de Soporte de Suelo (CBR), puesto que el estabilizante TerraZyme reacciona inmediatamente después de realizada la compactación; con una adición de 0.027 ml de TeraZyme aumentando en un 25.89%, y con una adición de 0.054 ml de TerraZyme aumento en un 46.67%, con respecto al suelo natural sin aditivo.

Palabras clave: *reducción de costos, reducción de operación, estabilización de carreteras no pavimentadas, consolidación de carreteras no pavimentadas.*

ABSTRAC

Objective: To improve cost reduction and operation in the stabilization of unpaved roads in the Amarilis District by applying soil stabilizers (TERZAZYME Enzymes). **Methods:** the research was experimental, analytical, transversal, the research took as universe, soil that has foundation of silty or clay matrix of 500m, to obtain the sample was made field surveys (calicatas), one per half kilometer, depth Of the potholes was at least 1.00m below the projected sub-grade. From which the soil sample was obtained for the respective laboratory tests. The technique was those indicated in the GUIDE FOR SAMPLING OF SOILS AND ROCKS MTC 101 - 2000, OF THE TEST MANUAL OF MATERIALS (EM 2000) approved by (RD No. 028-2001-MTC / 15.17 of 01-16-01). In the inferential analysis was carried out in software such as Excel and S10. **Results:** When comparing the stabilization costs of the Terrazyme enzymatic additive with the stabilization costs with different types of additives, both the PolyCom and the asphalt emulsion, it was observed that there is a significant cost reduction compared to stabilizers with polycom and asphalt emulsion. The cost of stabilization by M3 with the asphalt emulsion of (S / 267.86) and the cost of stabilization by M3 with the additive TerraZyme of (S / 103.75) obtaining a saving of (S / .164.42) and the cost of stabilization by M3 with the TerraZyme additive of (S / .103.75) obtaining a saving of (S / .60.67). Also, a percentage increase of soil support capacity (CBR) was observed for the samples made with additive, adding different amounts of the additive, resulting in a percentage increase of 25.89% with the addition of 0.027 ml of the enzymatic additive TerraZyme, A 46.67% percentage increase was obtained with the addition of 0.054 ml of the enzymatic additive TerraZyme. **Conclusions:** The Alternate Hypothesis (Hi2) proposed by the present research is confirmed since it reduces the cost of the stabilization, the cost of stabilization with the enzymatic additive TerraZyme being (s / 103.75), smaller than the PolyCom additive / .164.42) in a total saving of (s / .60.67) per m3 of stabilized material; (S / .267.86) in a total saving of (s / .164.12) per m3 of stabilized soil material and to compare it with other additives, as well as confirming the

alternative hypothesis (Hi1) (CBR), since the TerraZyme stabilizer reacts immediately after the compaction has taken place; With an addition of 0.027 ml of TeraZyme increasing by 25.89%, and with an addition of 0.054 ml of TerraZyme increase by 46.67%, with respect to the natural soil without additive.

Keywords: *reduction of costs, reduction of operation, stabilization of unpaved roads, consolidation of unpaved roads.*

INTRODUCCION

La inestabilidad de los suelos es uno de los principales problemas que presentan las carreteras no pavimentadas; para corregir este problema se usan variadas técnicas de estabilización de suelos; una de las formas de estabilización de suelos, es aquella que se realiza utilizando productos químicos no tóxicos como el TERRAZYME que es producto basado en la fermentación de enzimas biológicas y se usa para aumentar y mantener la estabilidad de los suelos¹.

Tal situación motivó la realización de la presente investigación con el objetivo de mejorar la reducción de costos y operación en la estabilización de carreteras no pavimentadas en el en el Distrito de Amarilis mediante la aplicación de estabilizantes de suelo (Enzimas TERRAZYME).

En el primer capítulo se abordó la descripción y formulación del problema, los objetivos; tanto general, como específicos; justificación, limitaciones y viabilidad de la investigación.

En el segundo capítulo se exhibió el marco teórico, el cual comprende: la descripción detallada de la investigación, antecedentes, las bases teóricas, definiciones conceptuales de las variables implicadas, hipótesis, identificación de variables y su operacionalización de variables.

En el tercer capítulo se abordó el marco metodológico de la investigación; el cual está compuesta de las siguientes partes: tipo de estudio, nivel de investigación, población, selección de la muestra, técnicas e instrumentos de recolección de datos, procesamiento y presentación de datos, elaboración de datos, el análisis e interpretación de los datos.

En el cuarto capítulo se presenta los resultados de la investigación con su respectivo análisis e interpretación. Y, en el quinto capítulo se presenta la discusión de los resultados.

Finalmente se muestran las conclusiones, recomendaciones, las referencias bibliográficas y los anexos.

El autor

ÍNDICE GENERAL DEL CONTENIDO

Pág.

CAPÍTULO I

1. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Descripción del problema	16
1.2. Formulación del problema	18
1.3. Objetivos	19
1.4. Justificación de la investigación	19
1.5. Limitaciones de la investigación	21
1.6. Viabilidad de la investigación	21

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación	22
2.1.1. Antecedentes internacionales	22
2.1.2. Antecedente nacional	23
2.1.3. Antecedente locales	24
2.2. Bases teóricas	25
2.3. Definiciones conceptuales	26
2.3.1. Estabilización de suelos	26
2.3.1.1. Características de los estabilizadores	27
2.3.2. Tipos de estabilización	28
2.3.2.1. Estabilización con enzimas orgánica	28
2.3.3. Terrazyme	28
2.3.3.1. Las características de terrazyme	29
2.3.3.2. Áreas de aplicación de terrazyme	29
2.3.3.3. Ventajas de terrazyme	30
2.4. Hipótesis	31
2.5. Identificación de variables	32
2.6. Operacionalización de variables	32
2.7. Definición de términos operacionales	33

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Tipo de estudio	35
3.2. Nivel de investigación	35

3.3. Población	35
3.4. Selección de la muestra	36
3.5. Técnicas e instrumentos para la recolección de datos	36
3.5.1. Técnicas para la recolección de datos	36
3.5.2. Procesamiento y presentación de datos	36
3.5.2.1. Procesamiento de datos	36
3.5.2.2. Presentación de datos	36
3.5.2.3. Elaboración de datos	37
3.5.2.4. Análisis e interpretación de datos	37

CAPÍTULO IV

4. RESULTADOS

4.1. Resultados descriptivos	39
4.2. Resultados inferenciales	64

CAPÍTULO V

5. DISCUSION

5.1. Discusión de los resultados	66
Conclusiones	68
Recomendaciones	70
Referencias bibliográficas	71

ÍNDICE DE TABLAS

		Pág.
Tabla 1	Presupuesto para la estabilización por m ³ con el aditivo enzimático terrazyme para carreteras no pavimentadas en el Distrito de Amarilis – 2016.....	40
Tabla 2	Materiales para la estabilización por m ³ con el aditivo enzimático terrazyme para carreteras no pavimentadas en el Distrito de Amarilis – 2016.....	41
Tabla 3	Análisis de precios unitarios para la estabilización por m ³ con el aditivo enzimático terrazyme para carreteras no pavimentadas en el Distrito de Amarilis – 2016.....	41
Tabla 4	Materiales para la estabilización con emulsión asfáltica.	43
Tabla 5	Análisis de precios unitarios para la estabilización por m ³ con emulsión asfáltica.....	43
Tabla 6	Materiales para la estabilización con PolyCom.....	45
Tabla 7	Análisis de precios unitarios para la estabilización por m ³ con PolyCom.....	45
Tabla 8	Presupuesto para la estabilización con Bischofita.....	47
Tabla 9	Materiales para la estabilización con Bischofita.....	47
Tabla 10	Presupuesto para la estabilización con Cloruro de Calcio.....	48
Tabla 11	Materiales para la estabilización con Cloruro de Calcio...	48
Tabla 12	Resultados finales de los ensayos de CBR realizados a las muestras extraídas de las calicatas (sin aditivo).....	53
Tabla 13	Resultados finales de los ensayos de CBR realizados a las muestras extraídas de las calicatas (con aditivo – 0.027ml).....	57
Tabla 14	Resultados finales de los ensayos de CBR realizados a las muestras extraídas de las calicatas (con aditivo – 0-054).....	61
Tabla 15	Resultados finales del incremento porcentual de los ensayos de CBR realizados a las muestras extraídas de la calicata 1 (con aditivo TerraZyme).....	62
Tabla 16	Resultados finales del incremento porcentual de los ensayos de CBR realizados a las muestras extraídas de la calicata 2 (con aditivo TerraZyme).....	63

Tabla 17	Resultados finales del incremento porcentual de los ensayos de CBR realizados a las muestras extraídas de la calicata 2 (con aditivo TerraZyme).....	63
Tabla 18	Comparación de los costos de estabilización con distintos aditivos en el Distrito de Amarilis, 2016.....	64
Tabla 19	Incremento porcentual de la Capacidad de Soporte del Suelo (CBR) a las muestras realizada con aditivo en el Distrito de Amarilis, 2016.....	65

ÍNDICE DE FIGURAS

		Pág.
Figura 1	Representación gráfica del estudio CBR sin aditivo de la C-1, progresiva 0+000m.....	50
Figura 2	Representación gráfica del estudio CBR sin aditivo de la C-2, progresiva 0+250m.....	51
Figura 3	Representación gráfica del estudio CBR sin aditivo de la C-3, progresiva 0+500m.....	52
Figura 4	Representación gráfica del estudio CBR con adición de 0.027 ml del aditivo TerraZyme de la C-1, progresiva 0+000m.....	54
Figura 5	Representación gráfica del estudio CBR con adición de 0.027 ml del aditivo TerraZyme de la C-2, progresiva 0+250m.....	55
Figura 6	Representación gráfica del estudio CBR con adición de 0.027 ml del aditivo TerraZyme de la C-3, progresiva 0+500m.....	56
Figura 7	Representación gráfica del estudio CBR con adición de 0.054 ml del aditivo TerraZyme de la C-1, progresiva 0+000m.....	58
Figura 8	Representación gráfica del estudio CBR con adición de 0.054 ml del aditivo TerraZyme de la C-2, progresiva 0+250m.....	59
Figura 9	Representación gráfica del estudio CBR con adición de 0.054 ml del aditivo TerraZyme de la C-3, progresiva 0+500m.....	60

ÍNDICE DE ANEXOS

		Pág.
Anexo 1	Matriz de consistencia.....	72
Anexo 2	Fotos.....	73
Anexo 3	Ensayos de laboratorio.....	86
Anexo 4	Normas Técnicas Peruanas.....	126
Anexo 4 - A	NTP. 339.127 Metodo de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo.....	127
Anexo 4 - B	NTP 339.128:SUELOS. Metodo de ensayo para el análisis granulometrico.....	140
Anexo 4 - C	NTP 339.129:SUELOS. Metodo de ensayo para determinar el limite liquido, limite plástico, e índice de plasticidad de suelos.....	170
Anexo 4 - D	NTP 339.141:SUELOS. Metodo de ensayo para la compactación del suelo en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 Kn-m/m ³ (56000 pie-lbf/pie ³)).....	199
Anexo 4 - E	NTP 339.145:SUELOS. Metodo de ensayo de CBR (Relacion de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio.....	235
Anexo 5	Manual de Ensayo de Materiales (EM 2000) – Ministerio de Transportes y Comunicaciones (MTC).	258

CAPÍTULO I

1. EL PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

La inestabilidad de los suelos es uno de los principales problemas que presentan las carreteras no pavimentadas; para corregir este problema se usan variadas técnicas de estabilización de suelos; una de las formas de estabilización de suelos, es aquella que se realiza utilizando productos químicos no tóxicos como el TERRAZYME que es producto basado en la fermentación de enzimas biológicas y se usa para aumentar y mantener la estabilidad de los suelos: El producto es una formulación especial líquida de enzimas orgánicas, que actúa como catalizador para aumentar el grado de aglutinamiento y compactación de las partículas componentes de los suelos. Es una formulación natural no tóxica de enzimas que altera las características físicas y químicas del suelo, permitiendo una mayor densidad de compactación y aumentando la estabilidad del suelo por una unión más estrecha de las partículas del mismo. La aplicación de TERRAZYME logra un óptimo comportamiento estructural en gravas arcillosas que contengan la plasticidad necesaria para una buena cohesión. Aumenta la capacidad de soporte y reduce significativamente el polvo y la formación de encalaminados. Esto se debe a que las enzimas actúan como catalizador por sus cationes orgánicas, los cuales rompen los enlaces de los aniones ionizados del suelo. Se produce un intercambio catiónico en la estructura de la arcilla y se crea un proceso de cementación acelerado por el efecto enzimático del producto².

El uso del afirmado como material de construcción en la mejora de las propiedades físico – mecánicas del suelo en una carretera se remonta a los

años 1930 en los Estados Unidos de Norte América, por efecto de la crisis mundial, vieron disminuidos notablemente sus recursos para la construcción de carreteras; esto conllevó en consecuencia a una política de cuidadosa reserva en los gastos tanto de construcción como de conservación de carreteras, descartándose de los planes viales, los pavimentos de tipo superior (hormigón, concreto asfáltico, etc.) estudiándose a fondo el problema de la onerosa conservación de las carreteras afirmados que constituían la mayor longitud de su red. Se observaron entonces cuidadosamente diferentes tramos de estas carreteras afirmados y como resultado de esas observaciones, se llegó a la conclusión que algunas secciones, conservaban su estabilidad bajo la acción del tránsito sin desgranarse en épocas de sequía, ni ablandarse ni ahuellarse por la acción combinada del tránsito y la humedad.

La habilidad de los técnicos viales americanos consistió en descubrir cuáles eran las características de esos afirmados que, constituyen lo que hoy llamamos bases, revestimientos o suelos estabilizados mecánicamente. En la actualidad en el mundo el uso del afirmado para mejorar las propiedades físico – mecánicas del suelo en una carretera no pavimentada está en retroceso debido a múltiples factores como: el agotamiento de las canteras existentes, emisión de polvo que genera polución ambiental afectando directamente a la salud de los habitantes. Motivo por el cual conviene revisar otros procedimientos como la utilización de estabilizantes de suelo: Cal, cemento, cloruro de magnesio, enzimas, ligninas, polímeros etc.

En Sudamérica la tecnología del uso de estabilizantes de suelo para mejorar las propiedades físico – mecánicas del suelo en carreteras vecinales está desarrollada en los países de: Chile: uso de cloruro de magnesio, polímeros, enzimas, Colombia: uso de cal, cemento, enzimas, Brasil: uso de cal, cenizas, cemento, enzimas, polímeros, Argentina: uso de cal, cemento, cenizas, polímeros. En el Perú el uso de aditivos estabilizantes de suelo para mejorar las propiedades físico – mecánicas del suelo en carreteras vecinales es limitado frente al uso del afirmado a pesar de que la Red Vial en nuestro país tiene una longitud de 78,200 Km. de los cuales

68,720 Km. (87%) son carreteras no pavimentadas, los que habitualmente se mantienen bajo un régimen anual de perfilados, bacheos y compactado considerando que actualmente en el mercado existen una gama de productos estabilizadores de suelos de distinta naturaleza tales como cemento, cal, enzimas, ligninas, sales, polímeros etc. que en otros países han dado buenos resultados. Correctamente aplicados, estos productos ofrecen una mejor superficie de rodadura, disminución de los costos de operación, menores gastos de mantenimiento y mejora de las propiedades mecánicas de los suelos estabilizados³.

En la red vecinal de carreteras del departamento de Huánuco se hace uso intensivo del afirmado para mejorar las propiedades físico – mecánicas del suelo, el uso de aditivos estabilizantes de suelo es nulo.

Como podemos observar, las estadísticas nos dan a conocer la información relevante sobre el uso de aditivos orgánico de TERRAZIME.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

En el presente estudio se formulan los siguientes problemas de investigación:

Problema general

¿La Estabilización de carreteras no pavimentadas con Enzimas TERRAZYME en el Distrito de Amarilis, mejorara la reducción de costos y operación?

Problemas específicos

- ¿La Estabilización del suelo con Enzimas TERRAZYME en el Distrito de Amarilis, aumentara la capacidad de soporte (CBR) del suelo en carreteras no pavimentadas?
- ¿Reducirán los costos y operación en la Estabilización de carreteras no pavimentadas con Enzimas TERRAZYME en el Distrito de Amarilis?

1.3. OBJETIVOS

Los objetivos que se formula para el presente estudio son:

Objetivo general

- Reducción de costos y operación en la estabilización de carreteras no pavimentadas en el en el Distrito de Amarilis, mediante la aplicación de enzimas TERRAZYME.

Objetivos específicos

- Verificar el aumento de la capacidad de soporte del suelo en carreteras no pavimentadas con Enzimas TERRAZYME en el Distrito de Amarilis.
- Analizar y evaluar la reducción de costos y operación en la Estabilización de carreteras no pavimentadas con Enzimas TERRAZYME en el Distrito de Amarilis.

1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

La investigación sobre “alternativa de reducción de costos y operación en la estabilización de carreteras no pavimentadas con enzimas terrazyme en el Distrito de Amarilis”, se justificó, por las siguientes razones.

Teórica

El desarrollo de los países, se basa primordialmente en sus vías de comunicación, a través de ellos se lleva a cabo las interrelaciones económicas, sociales, culturales, etc. entre los pueblos. Miles de millones de dólares y horas, se gasta cada año en la construcción, mantenimiento y reparación de caminos. Acanalamientos, erosión, deslizamiento de tierras, baches y polvo son problemas comunes de los caminos secundarios, o no pavimentados, que afectan a todos. Tiempo y dinero son irremediabilmente perdidos, los costos aumentan y nuestra comodidad y seguridad son puestas en juego por las condiciones precarias de los caminos. Actualmente en el Perú, el Gobierno está llevando un agresivo programa orientado hacia el

desarrollo vial, a través de la construcción y rehabilitación de carreteras. Programa en el cual se incluye el uso de estabilizadores como insumo indispensable para otorgarle mayor vida útil y, consecuentemente, lograr un considerable ahorro. TerraZyme, es una alternativa eficaz para la estabilización de carreteras cuya formulación líquida enzimática natural, no tóxica y biodegradable mejora la calidad de las obras de ingeniería. TerraZyme cataliza la degradación de los materiales orgánicos en el suelo alterando favorablemente sus atributos físicos y químicos. Esto da como resultado una mejor unión química de partículas cohesivas de suelo y una estructura de suelos más estable y duradera. Suelos tratados con TerraZyme alcanzan alto porcentaje de compactación con menos esfuerzo mecánico. El incremento de la densidad mejora la unión entre las partículas otorgándole mayor resistencia frente a la deformación de caminos, a la migración ascendente de las partículas finas y a la penetración de agua. El uso de TerraZyme en la construcción y reparación mejora notablemente el rendimiento y la durabilidad de los caminos de tierra⁴.

Social.

Las vías terrestres son un factor fundamental dentro de la infraestructura física de un país, estas influyen directamente en el crecimiento del Producto Interno Bruto nacional, agilizan el mercado, comunican poblaciones, mejoran la calidad de los servicios públicos y la calidad de vida de sus beneficiarios.

La buena planeación, construcción y supervisión de una vialidad tendrá por resultado una buena obra de calidad, pero no siempre una obra de calidad va de la mano con la economía de dicha obra. En ciertas ocasiones las obras se encarecen, pues no en todos los lugares se encuentran materiales útiles para la construcción, la mayoría de las ocasiones es necesario transportar materiales desde kilómetros ya que son los que reúnen los requisitos solicitados por la normatividad vigente⁵.

Por tal razón las pruebas e investigaciones que se realizarán sobre los estabilizantes de suelo, nos permitirá proponer una alternativa de solución, para el mejoramiento de las propiedades físico – mecánicas del suelo⁶.

Metodológica

La importancia en que se realizara este estudio desde el punto de vista metodológico, fue con el fin de entregar datos e información que permitan enriquecer el campo de conocimiento ligado a las alternativas de reducción de costos y operación en la estabilización de carreteras no pavimentadas con enzimas TERRAZYME.

1.5. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACION

No existieron problemas ético-morales durante la aplicación de los instrumentos de recolección de datos. Al desplazarnos al lugar donde se aplicó el aditivo enzimático "TERRAZYME", tuvimos el problema con el factor climático (lluvia).

1.6. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACION

La presente investigación fue viable puesto que se contaron con dos profesionales en la materia, un Ing. Civil y un topógrafo, quienes en el transcurso de la aplicación del aditivos me orientaron, realizando en el tiempo previsto, se dispuso de recursos propios para financiar la presente investigación, dotando de recursos, económicos y materiales suficientes, autofinanciado por el investigador, hecho que facilitó la sistematización de la fase empírica y teórica.

CAPITULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 . ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

A pesar de que ya se han realizado algunas investigaciones , se ha observado que cada caso presenta resultados particulares inherentes al tipo de suelo de la región en estudio, es por esta razón la presente investigación se enfoca al estudio de un camino existente, del Distrito de Amarilis, en el Departamento de Huánuco.

En torno a las premisas mencionadas, existen trabajos de investigación y estudios relacionados, los cuales fueron realizados tanto en el ámbito internacional, nacional y local, para el cual, aludiremos siguiendo un orden cronológico.

Antecedentes internacionales

En la Universidad Autónoma de Nicaragua – Managua en el 2015, Altamirano⁷; efectuaron una investigación titulada “Estabilización de suelos cohesivos por medio de cal en las vías de la comunidad de San Isidro del Pegón, municipio Potosí-Rivas”, cuyo objetivo fue estabilizar los suelos cohesivos de las vías en la comunidad San Isidro del Pegón, municipio de Potosí departamento Rivas, con una mezcla de cal hidratada. La muestra con la que realizaron el estudio, estuvo constituida por 10 calitas con un área de 1 m², de estas 6 constan de una profundidad de 1 metro y las otras cuatro a una profundidad de 2 metros. Aplicaron la técnica de extracción de muestras del suelo. Concluyeron el estudio indicando que al determinar las propiedades del suelo, se obtuvo una mejora significativa en cuanto a la plasticidad, densidad de compactación; se aumentó la humedad requerida en este proceso debido a la reacción exotérmica producida entre la cal y la arcilla, se aumentó significativamente la capacidad de soporte del suelo. De igual forma se concluyó de los porcentajes del estudio se determinó que con

el 9 por ciento de cal se obtenían las mejores condiciones de suelo cumpliendo con la mayor parte de las propiedades propuestas. Ciertamente la expansión o hinchamiento es la propiedad con mayor incidencia en estos suelos, logrando una reducción del 61 por ciento con la adición óptima de cal. Este antecedente de investigación proporcionó elementos sustanciales para la realización del marco teórico.

Antecedentes nacionales

En Juliaca 2015, Ochoa, Rojas⁸, realizaron una investigación titulada “Implicancia del índice de congelación y el tipo de suelos en los procesos de compactación en el mejoramiento de la carretera Ananea – Cojata”, cuyo objetivo fue determinar la implicancia del índice de congelación y el tipo de suelo en el proceso de compactación para el mejoramiento de la carretera Ananea – Cojata. La muestra fue obtenida a partir de registros de temperaturas bajas en un determinado tiempo y estas consideradas en el diseño de carreteras. La técnica fue el cálculo del índice de congelación. La metodología de la investigación fue de tipo descriptivo, experimental, transversal. Concluyeron que definitivamente las bajas temperaturas originan dificultades en los procesos de compactación en vías afirmadas; en el caso de la vía Ananea - Cojata y tomando en cuenta el año del 2005 como el año más frígido dentro de los últimos veinte años alcanzando un valor elevado de acumulación relativa grados-día del índice de congelación de 580, el que afecta hasta la profundidad 1.50m de suelo susceptible a la congelación; que hace entender tomar este valor para diferentes actividades de construcción y mejoramiento de carreteras en zonas altas donde las bajas temperaturas son inevitables. Este antecedente de investigación se aproximó al estudio que se realizó, puesto que oriento la metodología a seguir.

En Piura en el 2010, Ravines⁹, realizó una investigación titulada “Pruebas con un producto enzimático como agente estabilizador de suelos para carreteras”, cuyo objetivo fue conocer el incremento de la resistencia de suelos finos plásticos-arcillosos con la aplicación de un aditivo a base de

enzimas orgánicas. La muestra fue obtenida a partir de la mezcla de dos suelos obtenidos en cantera, del tipo de suelo CL. La técnica fue la extracción de muestras del suelo. La metodología de la investigación fue de tipo descriptivo, experimental, transversal. Concluyeron que aumenta el valor soporte relativo y de la resistencia; se confirma una mejoría en los resultados de las pruebas CBR, con un aumento en los resultados de las pruebas de hasta 200% en el material con aditivo con respecto al material sin aditivo. Este antecedente de investigación se aproximó al estudio que se realizó, puesto que orientó la metodología a seguir.

Antecedentes locales

En Huánuco en el 2014, Nesterenko¹⁰, realizó un estudio titulado “Diseño de pavimento flexible con base y sub base modificada con el polímero Polycom en la carretera la Oroya – Huánuco – Tingo María”, cuyo objetivo fue determinar el comportamiento estructural para el diseño de pavimento flexible en la carretera la Oroya – Huánuco – Tingo María mediante la estabilización de base y sub base granular incorporando el polímero Polycom. La metodología de la investigación fue a nivel experimental, y de tipo cuantitativo. La técnica fue la recolección de datos de las muestras de suelo. Concluyo que la aplicación del polímero Polycom como estabilizador de suelos presenta un mayor rango de utilización para diferentes tipos de suelos a comparación de otros productos estabilizadores, en este caso para investigación se comparó con la emulsión asfáltica que depende de una gradación específica y de un cierto valor de IP para su uso; concluyo también de acuerdo a los resultados obtenidos de los diseños es evidente un aumento de la capacidad estructural bajo una mayor carga actuante (tráfico) reflejándose en el diseño de las capas granulares estabilizadas con el polímero Polycom del pavimento siendo menores a la menor intervención con un menor tráfico proyectado y menor estructural dando como resultado mayores espesores. Este antecedente de investigación proporciona elementos importantes para el estudio y la discusión del problema.

En Huánuco en el 2010, Espinoza¹¹, realizó un estudio titulado “Propuesta del mejoramiento de las propiedades físico- mecánicas del suelo, utilizando estabilizantes (Terrazyme y Zimplex pz-22x, en proporciones de: 1lt por 33 m³ de suelo y 1lt por 30 m³ de suelo), en suelos de fundación de matriz limosa o arcillosa”, cuyo objetivo fue mejorar las propiedades físico-mecánicas del suelo en carreteras vecinales, con suelos de fundación de matriz limosa o arcillosa, mediante la aplicación de estabilizantes de suelo (Terrazyme y Zimplex pz-22x, en proporciones de: 1lt por 33 m³ de suelo y 1lt por 30 m³ de suelo). La población estuvo constituida por el suelo que tiene fundación de matriz limosa o arcillosa. La metodología de la investigación fue de nivel experimental, y de tipo cuantitativo. La técnica fue la recolección de datos de las muestras de suelo serán las que se indican en la guía para muestreo de suelos y rocas MTC 101-2000, del manual de ensayo de materiales (EM 2000) aprobado por (R. D. No. 028-2001-MTC/15.17 del 16-01-01). Concluyo que los estabilizantes terrazyme y zimplex pz-22x, en proporciones de: 1lt por 33 m³ de suelo y 1lt por 30 m³ de suelo, mejora las propiedades físicas-mecánicas del suelo, incrementando la densidad del suelo, mejorando la capacidad de soporte de carga, reduciendo los esfuerzos de compactación, reduciendo la permeabilidad entre otras propiedades. Este antecedente de investigación proporcionó elementos importantes para el estudio y la discusión del problema.

2.2 . BASES TEÓRICAS

Crespo (2005) cita a Moreau (1964) en su tesis, dice textualmente: *“la estabilización con enzima terrazyme, es solo efectiva en los suelos que contienen arcillas”*. Manuel Mateos y Donald T. Davison hicieron definitivas pruebas de laboratorio en las que comprobaron la imposibilidad de estabilizar el terrazyme a la arena. Los resultados de la investigación desarrollada por Mateos y Davison de la cual se extrae la conclusión sobre el carácter inerte de los médanos¹².

Ruiz cita a José Miguel en su tesis, dice textualmente que *“la red vial terciaria está constituida en material de afirmado y se encuentra en un estado crítico por falta de mantenimiento rutinario debido a los bajos recursos de inversión para la infraestructura vial terciaria”*. Este trabajo se realizó con el propósito de evaluar este material orgánico a base de la melaza de caña como estabilizante alternativo para la red terciaria; en la actualidad con el desarrollo de nuevas tecnologías y productos amigables con el medio ambiente como es este producto a base de materiales orgánico que es una formulación líquida natural no tóxica de enzimas que mejora las propiedades de los suelos y que se puede conseguir en una gran cantidad este material para su disposición y fabricación; es por esta razón, que se desarrolló este trabajo con el objetivo de evaluar, estimar y determinar el comportamiento mecánico del aditivo orgánico (terrazyme) como estabilizante de suelos y evaluar su capacidad para resistir las cargas transmitidas por los vehículos. Se analizó el efecto que tiene el producto en el suelo mediante ensayos de laboratorio de Granulometría, límites Atterberg, proctor estándar, expansión en prueba de CBR, materia orgánica por ignición y compresión incofinada, de una muestra tomada de una vía del municipio de Purificación de la vereda Chenche Asoleados, se realizó una comparación entre los resultados obtenidos en laboratorio y finalmente se realizaron conclusiones y recomendaciones respecto a la utilización de este estabilizante para mejorar las características del suelo¹³

2.3 . DEFINICIONES CONCEPTUALES

2.3.1 . ESTABILIZACIÓN DE SUELOS

Se llama estabilización de suelos al proceso de someter a los suelos naturales a ciertos tratamientos para poder aprovechar sus cualidades, de manera que puedan resistir a las condiciones adversas del clima, rindiendo en todo el tiempo los servicios adecuados que a ellos se espera¹⁴.

Cuando se presenta un suelo que no reúne las características mecánicas necesarias para trabajar directamente con él, se tendrá tres posibilidades:

- Aceptar el material tal como se encuentre, pero tomando en cuenta objetivamente su calidad en el diseño efectuado.

- Remover y eliminar el material inadecuado y prescindir de su uso y sustituirlo por uno de características adecuadas.
- Modificar las propiedades del material existente de tal manera que se obtenga un material que sea capaz de cumplir los requerimientos en la obra a efectuar.

Esta última alternativa da lugar a las técnicas de estabilización de suelo. Son muchos los procedimientos que se pueden seguir para lograr esa mejoría en las propiedades de los suelos, para hacerlos apropiados para algún lugar en específico, es lo que constituye la estabilización y la finalidad de este trabajo.

Se debe reconocer que la estabilización no es una herramienta ventajosa en todos los casos y, no siempre igual de ventajosa en las situaciones en que pueda resultar conveniente, y por consiguiente se deberá tener en claro el conjunto de propiedades que se desee mejorar y la relación entre lo que se lograra al mejorarlas y el esfuerzo y dinero que en ello haya de invertirse. Solo llegando a balancear estos factores se podrá llegar a un correcto empleo de estabilización.

2.3.1.1 . CARACTERÍSTICAS DE LOS ESTABILIZADORES QUE SE APLICARÁN

De acuerdo a su estado de presentación los estabilizadores pueden ser sólidos (polvo) o líquidos y respecto a su origen, químicos, orgánicos e inorgánicos.

En general estos permiten mejorar las características físico-mecánicas de los suelos como¹⁵:

- El Índice de Plasticidad de los suelos estabilizados disminuye respecto del Índice de Plasticidad del suelo original y por consiguiente también disminuye su Límite Líquido.
- Los estabilizadores hacen que la Densidad Seca Máxima del suelo aumente.
- El C.B.R. aumenta después del tratamiento en cantidades porcentuales significativas.

2.3.2. TIPOS DE ESTABILIZACION.

Hay varios tipos de estabilización de carreteras, considerando la estabilización con cal, estabilización con cemento, estabilización con asfaltos, estabilización con polímeros y la estabilización con enzimas donde nos enfocaremos exclusivamente en la última mención.

2.3.2.1 ESTABILIZACIÓN CON ENZIMAS ORGÁNICA

Las enzimas son moléculas de naturaleza proteica que catalizan reacciones químicas hasta hacerlas instantáneas o casi instantáneas, son catalizadores altamente específicos. La especificidad de las enzimas es tan marcada que en general actúan exclusivamente sobre sustancias que tienen una configuración precisa.

Como son moléculas estrictamente proteicas, éstas también sufren desnaturalización, no dializan y también pueden sufrir saturación. La desnaturalización de las enzimas es un cambio estructural en las proteínas donde pierden su estructura tridimensional o conformación química, de esta forma pierden a su vez su óptimo funcionamiento y a veces cambian sus propiedades físico-químicas; por ejemplo cuando las enzimas están desnaturalizadas pierden su actividad catalítica, pues los sustratos no pueden unirse al centro activo y porque los residuos de los aminoácidos implicados en la estabilización de los sustratos no están posicionados para hacerlo. La desnaturalización surge cuando la proteína es alterada por algún factor, sea éste físico o químico. Entre los factores físicos está el calor y factores químicos como el pH, los disolventes orgánicos y la fuerza iónica.

Acción enzimática o catalítica: En las reacciones químicas las moléculas sobre las que actúa la enzima en el comienzo del proceso se les denomina sustratos; lo que hacen las enzimas es convertirlos en moléculas diferentes que serán los productos de las reacciones químicas enzimáticas a llevarse a cabo¹⁶.

A. TERRAZYME

Terrazyme es un aditivo para suelos elaborado a partir de extractos de plantas naturales mediante el uso de la tecnología de fermentación. La

formulación final contiene productos de un proceso metabólico microbial, incluyendo enzimas. Las moléculas de Terrazyme interactúan con las partículas cohesivas del suelo para mejorar los límites de solidez en el tiempo.

El proceso reduce la permeabilidad y plasticidad en suelos arcillosos, elimina el agua e incrementa los límites de solidez entre las partículas cohesivas. Este incremento de límites ayuda a estabilizar los suelos y reducir el daño y deformación que generalmente se produce como resultado de determinadas condiciones húmedas de los suelos. El incremento de la densidad y solidez de los suelos tiene un importante impacto en la performance de las carreteras. Terrazyme es también un catalizador eficaz que permite acelerar y fortalecer la unión del material de la base del camino. Terrazyme crea una base más densa, cohesiva y estable, cuya resistencia a la compresión aumenta con el tiempo¹⁷.

a. Las características de Terrazyme.

Las características son: el alto rendimiento y bajo costo, aplicable aun en suelos de muy baja calidad, es 100% natural, compatible en el medio ambiente (no toxico y biodegradable), de manejo seguro, no inflamable, aumenta la densidad del suelo, reduce problemas de trabajo y mantenimiento de caminos, requiere el mismo equipo convencional, aumenta la capacidad de soporte (% CBR), disminuye la permeabilidad del agua, aumenta la resistencia a la compresión y es apropiado para todo clima¹⁸.

b. Áreas de aplicación de Terrazyme

El aditivo Terrazyme se aplica en: la construcción y rehabilitación de carreteras, caminos de tierra, caminos secundarios, áreas de control de erosión y otros; tratamiento de sub base antes de asfaltar caminos primarios, áreas de estacionamiento y pistas de aeropuertos, lugares de ambiente ecológico sensibles, plantaciones, parques, senderos y otros; Estabilizador contra erosión y escurrimiento de bermas de caminos, canales y acequias;

complemento de relleno en reparaciones de caminos y baches; sellador de fondos de lagunas, tanques y rellenos sanitarios¹⁹.

c. Ventajas de Terrazyme

Entre las ventajas al utilizar el aditivo terrazyme son²⁰:

- Alto rendimiento y bajo costo: Con Terrazyme puede obtenerse caminos de tierra con bajo costo de mantenimiento, de extensa vida útil y en las más variadas y condiciones climatológicas. Es decir; alto rendimiento y bajo costo.
- Reduce problemas generales de trabajo y mantenimiento de caminos: Terrazyme aumenta la estabilidad disminuyendo la penetración de agua en la base del camino. De esta manera se reduce los efectos de ondulaciones, encalaminado y baches, dando como resultado mayor tiempo de vida útil y menor costo de mantenimiento, incluyendo el de los vehículos.
- Se puede usar material de menor calidad, lo que reduce la necesidad de importar material costoso: la tecnología de Terrazyme usa más material del propio suelo, así mismo puede usar finos cohesivos no granulares, de menor calidad que, a menudo, se encuentran en el camino entre 10 cm. A 15 cm. De profundidad. Si se necesitara material nuevo puede usarse materiales menos costosos, con más contenido de finos (20- 30 % pasando por malla 200). Con un rango más amplio de finos no granulares y lastre capaz de soportar carga, Terrazyme produce una excelente base de camino resistente y de larga duración.
- Se requiere el mismo equipo que se utiliza en la construcción de carreteras: Terrazyme es fácil de aplicar. Se utiliza equipo convencional de construcción y se requiere menor esfuerzo que se realiza para operaciones normales de recubrimiento de superficies. El único paso diferente en la operación normal de escarificado y nivelación es agregar el producto Terrazyme, con suficiente agua para mojar todas las partículas del suelo y obtener la humedad óptima para la compactación.
- Aumenta la resistencia de la compresión: terrazyme es un catalizador orgánico y fortalece la unión del material de la base del camino.

TerraZyme crea una base más densa, cohesiva y estable. La resistencia de la compresión aumenta con el tiempo.

- Mejora la capacidad del camino de soportar carga, (% CBR): Terrazyme mejora la integridad estructural de la base del camino y con el tiempo aumenta la capacidad para soportar carga (CBR). Esto extiende la vida útil del camino.
- Reduce el esfuerzo de compactación y hace más fácil trabajar el suelo: el terrazyme incrementa la lubricación de las partículas del suelo. Hace el suelo más fácil de nivelar y permite que se logre la densidad deseada con menos pasadas del compactador (rodillo).
- Aumenta la densidad del suelo: cambiando la atracción electro-química en las partículas del suelo y liberando agua retenida, Terrazyme ayuda disminuir los vacíos entre las partículas del suelo. Se produce así una fundación del camino más firme, seca, densa y con menos polvo.
- Disminuye la permeabilidad de agua: configuraciones de suelo más cohesivas inhiben el escurrimiento y migración del agua que generalmente se produce a través de los vacíos que existen entre las partículas. Caminos y bases de suelo construidos con Terrazyme oponen mayor resistencia a la penetración de agua y al deterioro.
- Climas: el Estabilizador de suelos reacciona efectivamente a cambios bruscos de temperatura y en zonas lluviosas en las alturas y a la acción de las heladas.

2.4 . HIPOTESIS.

Las hipótesis planteadas para el presente estudio de investigación fueron.

Hi1: La aplicación de enzima TerraZyme en carreteras no pavimentadas *mejora* su estabilización en el Distrito de Amarilis en el 2016.

Hi2: La aplicación de enzima TerraZyme en carreteras no pavimentadas *reduce* los costos de estabilización en el Distrito de Amarilis en el 2016.

Ho₁: La aplicación de enzima TerraZyme en carreteras no pavimentadas *no mejora* su estabilización en el Distrito de Amarilis en el 2016.

Ho₂: La aplicación de enzima TerraZyme en carreteras no pavimentadas *no reduce* los costos de estabilización en el Distrito de Amarilis en el 2016.

2.5 .IDENTIFICACIÓN DE VARIABLES

2.5.1 Variable dependiente

- Reducción de costos y operación
- Estabilización de carreteras no pavimentadas

2.5.2 Variable independiente

Aplicación de enzima terrazyme.

2.5.3 Variables de caracterización:

- Costos de la enzima terrazyme
- Operación en la estabilización de carreteras no pavimentadas

2.6 .OPERACIONALIZACION DE VARIABLES.

VARIABLE	DIMENSIÓN	TIPO DE VARIABLE	INDICADOR	ESCALA DE MEDICIÓN
VARIABLE DEPENDIENTE				
reducción de costos y operación	Costos de materiales	Cuantitativo	Precios	Razón
	operación	Cuantitativo	tiempo	Razón

La estabilización de carreteras no pavimentadas:	Estabilización	Cuantitativo	tiempo	Razón
VARIABLE INDEPENDIENTE				
Aplicación de enzima terrazyme	Proporción del aditivo terrazyme	Cualitativo	Capacidad de soporte	Nominal
VARIABLES DE CARACTERIZACIÓN	Costos de la enzima terrazyme	Cuantitativo	Precios	Razón
	Operación en la estabilización de carreteras no pavimentadas	Cuantitativo	Tiempo	Razón

2.7 .DEFINICION DE TERMINOS OPERACIONALES

- **Reducción de costos y operación:** En este estudio, se consideró la disminución de los gastos y/o costos por concepto de materiales, esto se medirá con diferentes alternativas de precios.
- **Estabilización de carreteras no pavimentadas:** La estabilización mediante enzimas Terrazyme a carreteras no pavimentadas fue demostrada en superficie que tuvieron una superficie de rodadura formada por materiales granulares y que han sido sometidas a tratamientos superficiales, con trabajos previos de alineación, con apropiada sección transversal y longitudinal, utilizando dicho producto.

- **Aplicación de enzima terrazyme:** La enzima terrazyme actúa como catalizador para aumentar el grado de aglutinamiento y compactación de las partículas componentes de los suelos, alterando las características físicas y químicas del suelo, permitiendo una mayor densidad de compactación y aumentando la estabilidad del suelo por una unión más estrecha de las partículas del mismo.

CAPITULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1 . TIPO DE ESTUDIO

La investigación desarrollada corresponde al siguiente tipo de estudio:

Según el análisis, la intervención y el alcance de los resultados, el estudio fue de tipo **aplicativo**, ya que existió intervención por parte del investigador, con el fin de describir de qué modo o por qué causa se produce una situación o acontecimiento particular.

Según la naturaleza de la información que se recoge para responder al problema de investigación **cuantitativa**, es aquella que utiliza predominantemente información de tipo cuantitativo directo.

Según el período y secuencia del estudio, fue **transversal** porque las variables fueron estudiadas en un solo periodo de tiempo y espacio.

Según el número de variables, fue **analítico** por que tuvo dos variables.

Correlacional: conocer la relación o grado de asociación que existan entre dos o mas conceptos.

3.2 . NIVEL DE INVESTIGACIÓN

El nivel de investigación es APLICATIVO; por que la variable independiente influenciará a la variable dependiente ya que el resultado de este se dará en función de cuanto estén estudiadas.

3.3 . POBLACIÓN

La investigación tomara como universo, el suelo que tiene fundación de matriz limosa o arcillosa que se encuentra ubicada:

Ubicación política:

Lugar	:	Jr. Calle 9 - Colectora
Distrito	:	Amarilis
Provincia	:	Huánuco
Departamento	:	Huánuco
Longitud	:	L=500m

3.4 . SELECCIÓN DE LA MUESTRA

Para obtener la muestra se deberá efectuar prospecciones de campo (calicatas), una por medio kilómetro, en caso de haber diferenciación en las características de los estratos entre calicatas contiguas, se hará una adicional entre ambas.

La profundidad de las calicatas será como mínimo 1.00m debajo de la sub-rasante proyectada. De la cual se obtendrá la muestra de suelo para los respectivos ensayos de laboratorio.

3.5 . TÉCNICAS E INSTRUMENTOS PARA LA RECOLECCION DE DATOS.**3.5.1 TÉCNICAS PARA LA RECOLECCIÓN DE DATOS**

Las técnicas para la recolección de datos de las muestras de suelo serán las que se indican en la GUÍA PARA MUESTREO DE SUELOS Y ROCAS MTC 101 – 2000, DEL MANUAL DE ENSAYO DE MATERIALES (EM 2000) aprobado por (R. D. No. 028-2001-MTC/15.17 del 16-01-01).

3.5.2 PROCESAMIENTO Y PRESENTACION DE DATOS.**3.5.2.1 PROCESAMIENTO DE DATOS**

En esta parte de la investigación se realizó la evaluación de la información de campo para luego darle una confiabilidad a dicha investigación, para tal efecto se utilizó el software como Excel y el S10.

3.5.2.2 PRESENTACIÓN DE DATOS

Los resultados se presentarán a través de:

- Estadística descriptiva para las variables, tomadas individualmente.
- Frecuencias y porcentajes.
- Para contrastar la hipótesis se realizó con los resultados obtenidos de los ensayo de laboratorio de suelo sobre el aumento de estabilización.
- Para la comparación de costos, se comparo los precios con los distintos tipos de aditivos.

3.5.2.3 ELABORACION DE DATOS

- **Revisión de los datos.** Se examinaron en forma crítica los instrumentos de recolección de datos que se utilizarán a fin de realizar control de calidad de los datos.
- **Codificación de los datos.** Los datos recolectados, fueron transformados en códigos numéricos de acuerdo a las respuestas esperadas en los instrumentos de recolección de datos respectivos, según las variables del estudio.
- **Clasificación de los datos.** Se realizó de acuerdo a las variables de forma categórica, numérica y ordinal.
- **Presentación de datos.** Se presentó los datos en tablas académicas y en figuras de las variables en estudio.

3.5.2.4 ANALISIS E INTERPRETACION DE DATOS

- **Análisis descriptivo:** se detallaron las características de cada una de las variables según los grupos en estudio, de acuerdo al tipo de variable con que se trabajará (categórica o numérica); se tuvo en cuenta las medidas de tendencia central y dispersión para las variables numéricas y de frecuencias para las variables categóricas. Además, se emplearon figuras, para facilitar la comprensión, en cada caso, se trató de que el estímulo visual sea simple, resaltante y fácilmente comprensible.

- **Análisis inferencial:** se tomaron los siguientes pasos:

Se inició este análisis en tablas comparando las frecuencias relativas entre los dos grupos; este análisis sirvió para determinar y discriminar aquellas categorías que se diferenciaron en un inicio y que posteriormente se asociaron estadísticamente a la variable de estudio. El procesamiento de los datos se llevó a cabo en el software como Excel y el S10.

CAPITULO IV

4. RESULTADOS.

4.1 . RESULTADOS DESCRIPTIVOS

4.1.1. EVALUACION ECONOMICO DE LOS ADITIVOS:

4.1.1.1. Consideraciones:

En el presente capitulo se evaluó los costos para la estabilización con el aditivo enzimático TerraZyme de una carpeta de rodadura de 500m de longitud considerado como un tramo de prueba; para luego comparar los costos que tendrían independientemente cada una de las alternativas; para tal efecto se cuantifican los costos de construcción y de mantenimiento para conservarla en buenas condiciones de funcionalidad.

La evaluación de los costos unitarios por producto se realizaron considerando los casos más favorables y menos favorables para cada uno de los productos y considerando una carpeta de rodadura de espesor igual a 15 centímetros ($e = 0,15m$) y ancho promedio de 6.50 metros.

Las premisas que se tuvo en cuenta en la evaluación económica entre las dos alternativas con aditivo (TerraZyme) y la alternativa sin aditivo, son:

- Los costos son aquellos en que se incurre en etapas posteriores a la construcción de la carpeta de rodado.
- El sistema constructivo de toda la carpeta (sub rasante y sub base) se desarrolló de forma óptima, los materiales usados fueron sujetos a norma.
- La dosificación con cada uno de los agentes estabilizadores fue la adecuada (sujeto a norma técnica, manual de aplicación del producto y tipo de suelo).
- Los conceptos en los cuales los costos son iguales (no dependen del producto), no fueron tomados en cuenta. Por ejemplo: El costo por poner señales de prohibición, obligación y advertencia.

- Debido a que el mantenimiento rutinario es de carácter preventivo y por tal razón se incluyen como parte de este; a las actividades de limpieza de las obras de drenaje, el corte de la vegetación y las reparaciones de los defectos puntuales de la plataforma, entre otras actividades; los costos por este tipo de mantenimiento no fueron tomados en consideración.

Para determinar los costos de mantenimiento y de operación de la alternativa propuesta (Aditivo enzimático TerraZyme); con relación a otros aditivos estabilizantes el escenario será el mismo para todos los casos, con valores presentes, es decir no se considera tasa de interés alguna.

Los datos específicos del análisis de costos para cada una de las alternativas consideradas, se presentan en las tablas:

4.1.1.2. Costos de Estabilización con Aditivo Enzimático TerraZyme:

El precio de estabilización con el aditivo enzimático TerraZyme fue: Teniendo en cuenta que dicho precio por estabilización por M3 con el aditivo TerraZyme no incluye partidas como obras provisionales, movilización y desmovilización y seguridad vial.

El precio de estabilizado por m³ corresponde específicamente al estabilizado de dicha carretera sin tener en consideración las partidas ya mencionadas anteriormente:

Tabla 01. Presupuesto para la estabilización por m³ con el aditivo enzimático terrazyme para carreteras no pavimentadas en el Distrito de Amarilis – 2016

ITEM	PARTIDAS
01.01	Movimiento de tierras
01.01.01	Escarificado E=0.15m
01.02	Pavimentos
01.02.01	Riego a la superficie de rodadura
01.02.02	Compactado de la superficie de rodadura

Fuente: elaboración propia

Al describir los presupuestos para la estabilización por m³ con el aditivo enzimático terrazyme en el Distrito de Amarilis, se observa las partidas como (movimiento de tierras y pavimentos) realizadas en la estabilización de las carreteras no pavimentadas.

Tabla 02. Materiales para la estabilización por m³ con el aditivo enzimático terrazyme para carreteras no pavimentadas en el Distrito de Amarilis - 2016

	UND	COSTOS (SOLES)
AGUA	M ³	0.20
ADITIVO ENZIMATICO TERRAZYME	L	300.00
COSTO TOTAL POR M³		S/. 103.75

Fuente: elaboración propia

Al describir los materiales a emplearse en la estabilización por m³ con el aditivo enzimático terrazyme en el Distrito de Amarilis, se observa que por litro del aditivo enzimático cuesta (S/. 300.00), por un m³ de agua cuesta (S/. 0.20), siendo el costo total de la estabilización de carreteras no pavimentadas por m³ de (S/. 103.75).

Tabla 03. Análisis de precios unitarios para la estabilización por m³ con el aditivo enzimático terrazyme para carreteras no pavimentadas en el Distrito de Amarilis – 2016

PRESUPUESTO	1801001	"ALTERNATIVA DE REDUCCIÓN DE COSTOS Y OPERACIÓN EN LA ESTABILIZACION DE CARRETRAS NO PAVIMENTADAS CON ENZIMAS TERRAZYME EN EL DISTRITO DE AMARILIS - 2016"						
Sub presupuesto	001	ESTABILIZACION CON ADITIVO ENZIMATICO TERRAZYME, E=0.15M						
Partida	01.01.01	ESCARIFICADO E=0.15M						
Rendimiento	m3/DIA	MO.	350.0000	EQ.	350.0000	Costo unitario directo por : m3	4.83	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.		
	Mano de Obra							
0101010005	PEON		Hh	1.0000	0.0229	14.69	0.34	
01010100060001	OPERADOR DE EQUIPO PESADO		Hh	1.0000	0.0229	19.93	0.46	
						0.80		
	Equipos							
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo			3.0000	0.80	0.02	
03012000010001	MOTONIVELADORA 130 - 135 HP	Hm		1.0000	0.0229	175.00	4.01	
						4.03		
Partida	01.02.01	RIEGO A LA SUPERFICIE DE RODADURA						
Rendimiento	m3/DIA	MO.	350.0000	EQ.	350.0000	Costo unitario directo por : m3	94.89	
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.		
	Mano de Obra							
0101010004	OFICIAL		Hh	1.0000	0.0229	16.35	0.37	
0101010005	PEON		Hh	1.0000	0.0229	14.69	0.34	
						0.71		
	Materiales							
0207070001	AGUA PUESTA EN OBRA	m3			5.9100	0.20	1.18	
02902400010028	ESTABILIZANTE DE SUELO	L			0.3000	300.00	90.00	

	TERRAZYME						
						91.18	
	Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	0.71	0.02	
03012200050005	CISTERNA 3000 gl	Hm	1.0000	0.0229	130.00	2.98	
					3.00		
Partida	01.02.02		COMPACTADO DE LA SUPERFICIE DE RODADURA				
Rendimiento	m3/DIA	MO.	350.0000	EQ.	350.0000	Costo unitario directo por : m3	4.03
Código	Descripción Recurso	Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.	
	Mano de Obra						
0101010005	PEON		Hh	1.0000	0.0229	14.69	0.34
01010100060001	OPERADOR DE EQUIPO PESADO		Hh	1.0000	0.0229	19.93	0.46
						0.80	
	Equipos						
0301010006	HERRAMIENTAS MANUALES	%mo		3.0000	0.80	0.02	
0301100006	RODILLO LISO VIBRATORIO	Hm	1.0000	0.0229	140.00	3.21	
						3.23	

Fuente: elaboración propia

Al describir el análisis de precios unitarios para la estabilización por m³ con el aditivo enzimático terrazyme para carreteras no pavimentadas en el Distrito de Amarilis, se observa que en la partida de escarificado E=0.15m cuesta (S/. 4.83 por un m³), en la partida riego a la superficie de rodadura cuesta (S/. 94.89 por m³), finalmente en la partida de compactado de la superficie de rodadura cuesta (S/. 4.03 por m³). Siendo un total de (S/. 103.75 por m³).

4.1.1.3. Costos de Estabilización con Emulsión:

Tabla 04. Materiales para la estabilización con emulsión asfáltica.

	CANT.	UND	COSTOS (SOLES)	UND	TOTAL
MATERIAL GRANULAR PARA SUB BASE	1.25	M3	12.71	Soles/m3	15.89
FILLER (CEMENTO PORTLAND)	4.64	Kg	0.47	Soles/Kg	2.18
AGUA	0.45	M3	4.24	Soles/m3	1.91
EMULSION ASFALTICA	14.00	Gln	9.83	Soles/Gln	137.62
COSTO DE MATERIALES PUESTA EN OBRA				S/. 157.60	
COSTO TOTAL POR M3				S/. 267.86	

Fuente. Diseño de Pavimento Flexible con Base y Sub base Modificada con el Polímero PolyCom en la Carretera la Oroya – Huanuco – Tingo Maria, NESTERENKO CORTES, Darko, 2014, Peru.

Al describir los materiales a emplearse para la estabilización con emulsión asfáltica, se observa el costo de materiales puesta en obra es de (S/. 157.60 por un m³), siendo el costo total de la estabilización con emulsión asfáltica de (S/. 267.86 por m³).

Tabla 05. Análisis de precios unitarios para la estabilización por m³ con emulsión asfáltica

Partida	01.01.01	BASE ESTABILIZADA (Agregado + emulsión) (m3)					
Rendimiento	m3/DIA	80.0000	EQ.	80.0000	Costo unitario:	m3	267.86
Código	Descripción Recurso		Unidad	Cuadrilla	Cantidad	Precio S/.	Parcial S/.
Mano de Obra							
0147010001	CAPATAZ		hh	1.0000	0.1000	16.40	1.64
0147010002	OPERARIO		hh	2.0000	0.2000	13.12	2.62
0147010004	PEON		hh	12.0000	1.2000	10.58	12.70
							16.96
Materiales							
0205010001	MATERIAL GRANULAR PARA SUB BASE (PAGO AL PROPIETARIO DE CANTERA)		m3		1.2500	12.71	15.8875
0221000001	FILLER (CEMENTO PORTLAND)		kg		4.6400	0.47	2.18
0239050000	AGUA		m3		0.4500	4.24	1.91
0298010083	EMULSION ASFALTICA		gln		14.0000	9.83	137.62
							157.60

Equipos						
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	16.96	0.51
0348120004	CAMION CISTERNA 4X2 (AGUA) 178-210 HP 2,000 gl	hm	1.0000	0.1000	148.31	14.83
0349030024	RODILLO NEUMATICO AUTOPROPULSADO 81-100 HP 5.5-20 TN	hm	1.0000	0.1000	156.78	15.68
0349030025	RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 101-135 HP 10-12 HP	hm	1.0000	0.1000	156.78	15.68
0349040034	TRACTOR DE ORUGAS DE 190-240 HP	hm	1.0000	0.1000	245.76	24.58
0349090031	MOTONIVELADORA DE 145-150 HP	hm	1.0000	0.1000	220.34	22.03
						93.31

Fuente. Diseño de Pavimento Flexible con Base y Sub base Modificada con el Polímero PolyCom en la Carretera la Oroya – Huanuco – Tingo Maria, NESTERENKO CORTES, Darko, 2014, Peru.

Al describir el análisis de precios unitarios para la estabilización por m³ con emulsión asfáltica, se observa que en la partida de base estabilizada (agregado + emulsión) cuesta (S/. 267.86 por un m³).

		Equipos				
0337010001	HERRAMIENTAS MANUALES	%MO		3.0000	2.91	0.09
0348040039	CAMIONETA 4x4 PICK-UP	hm	0.5000	0.0114	42.37	0.48
0348120004	CAMION CISTERNA 4X2 (AGUA) 178-210 HP 2,000 gl	hm	1.0000	0.0229	148.31	3.39
0349030025	RODILLO LISO VIBRATORIO AUTOPROPULSADO 101-135 HP 10-12 HP	hm	1.0000	0.0229	156.78	3.58
0349040034	TRACTOR DE ORUGAS DE 190-240 HP	hm	1.0000	0.0229	245.76	5.62
0349090031	MOTONIVELADORA DE 145-150 HP	hm	1.0000	0.0229	220.34	5.04
						18.20

Fuente. Diseño de Pavimento Flexible con Base y Sub base Modificada con el Polímero PolyCom en la Carretera la Oroya – Huanuco – Tingo Maria, NESTERENKO CORTES, Darko, 2014, Peru.

Al describir el análisis de precios unitarios para la estabilización por m³ con PolyCom, se observa que en la partida de base estabilizada (agregado + PolyCom) cuesta (S/. 164.42 por un m³).

4.1.2. RESULTADOS DE ENSAYOS MECÁNICOS:

4.1.2.1. VALOR SOPORTE RELATIVO (CBR):

Esta prueba medirá la efectividad en el aumento de la resistencia de carga del aditivo (TerraZyme) en comparación con el suelo natural.

El ensayo CBR se describe como el ensayo de resistencia de carga del suelo, en el cual se necesita que una vez compactada la muestra, ésta se coloque en una cámara de agua para que el suelo se sature; se mantiene el espécimen en dicha cámara por 4 días, luego se procede a realizar el ensayo para conocer la resistencia del suelo.

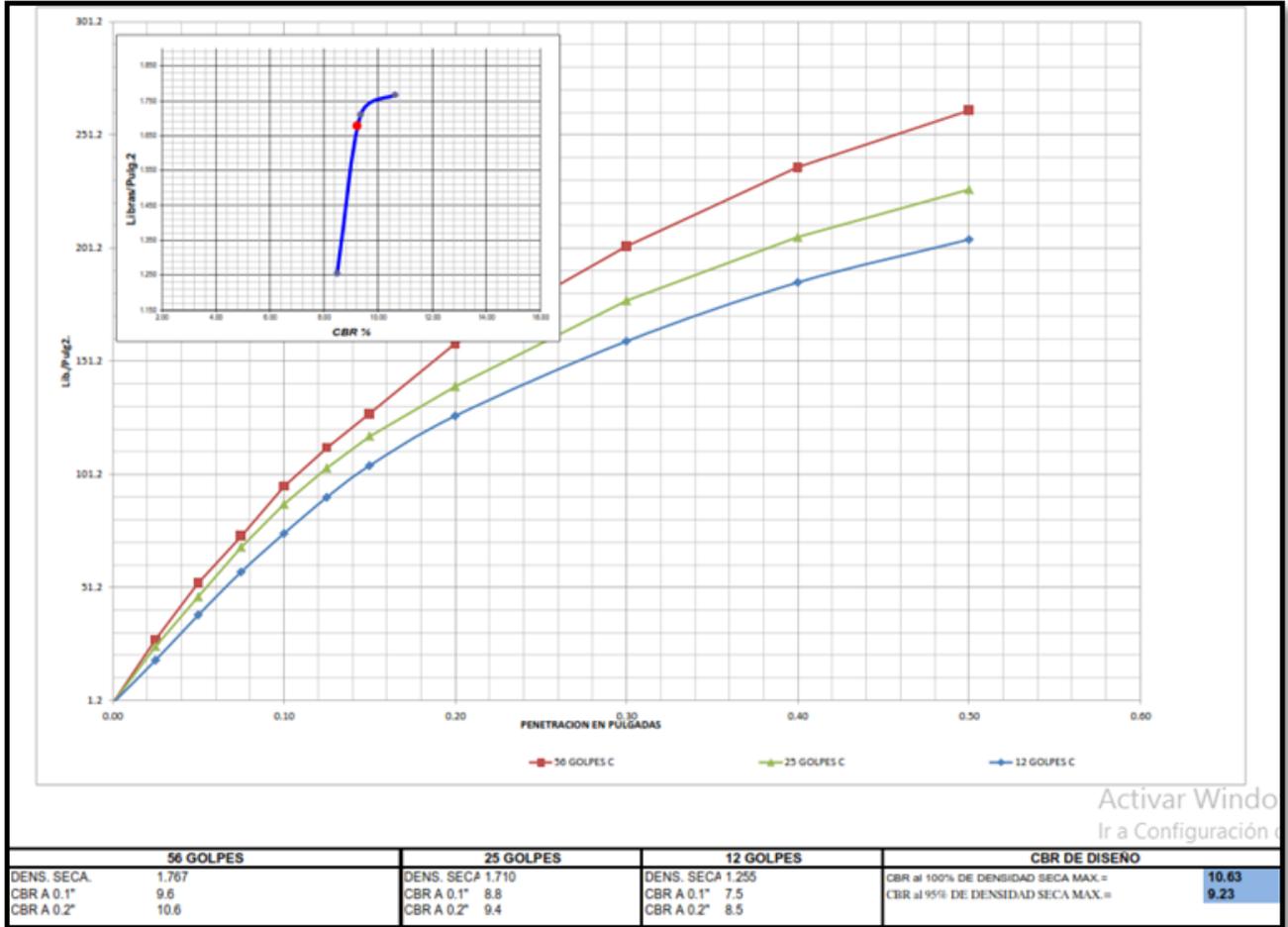
1. Suelo natural sin aditivo

Se realizaron las pruebas en las muestras de suelo sin el aditivo para poder compararlas con las muestras de suelo ensayadas con aditivo.

Las muestras extraídas para la realización de la prueba CBR se extrajeron de 3 calicatas, a una progresiva de 0+000 m (C-1), 0+250 m (C-2), 0+500 m (C-3).

Los siguientes resultados muestran valores propios de un suelo regular como el CL-ML.

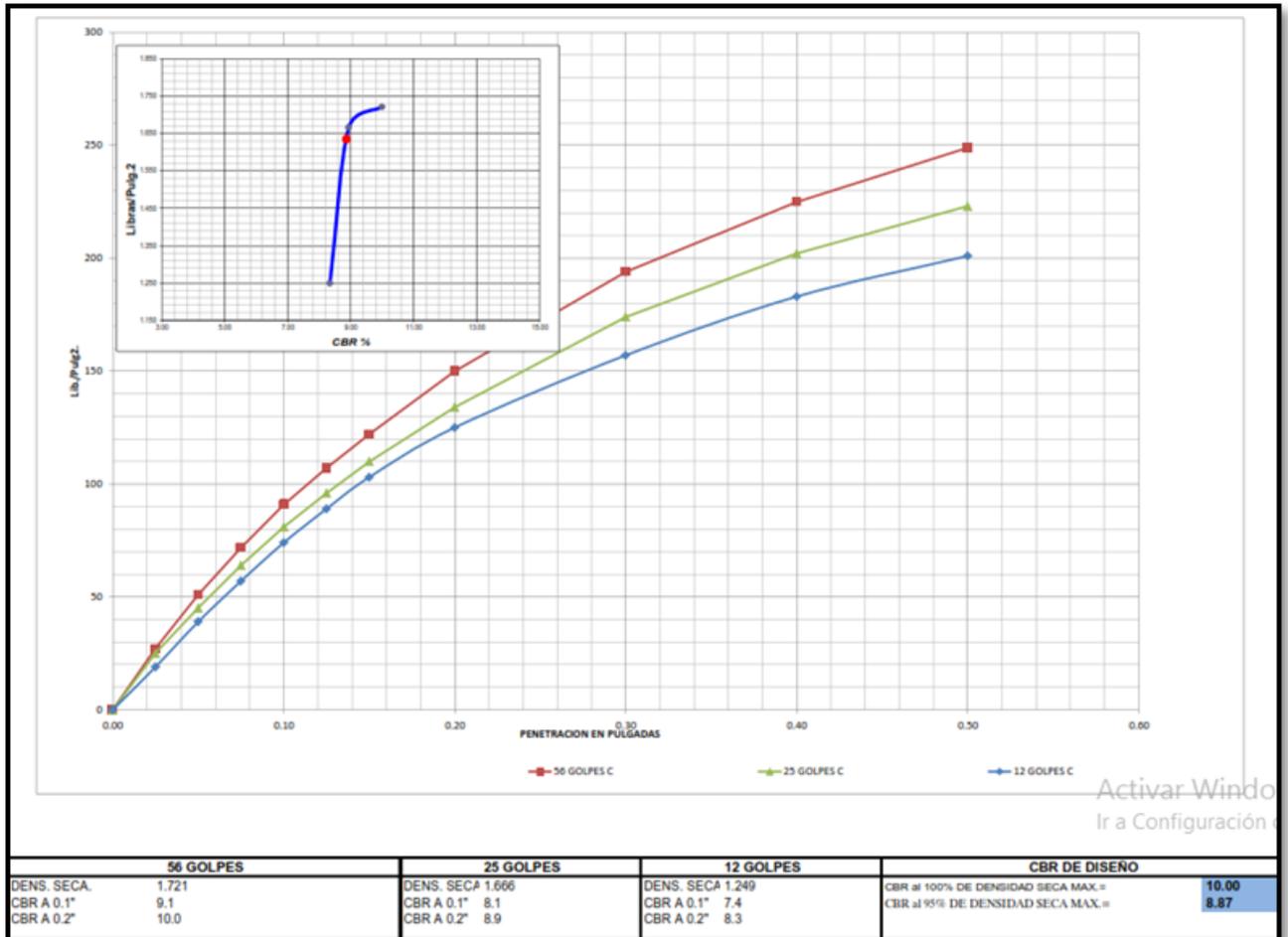
Figura 01. Representación gráfica del estudio CBR sin aditivo de la C-1, progresiva 0+000m.



Fuente: Ensayos de laboratorio de Capacidad de Soporte del Suelo, CBR

En la figura 01 se describe el estudio del CBR realizado a la muestra extraída de la calicata 1 (C-1) sin aditivo, teniendo como resultado una Capacidad de soporte del suelo (CBR = 9.23).

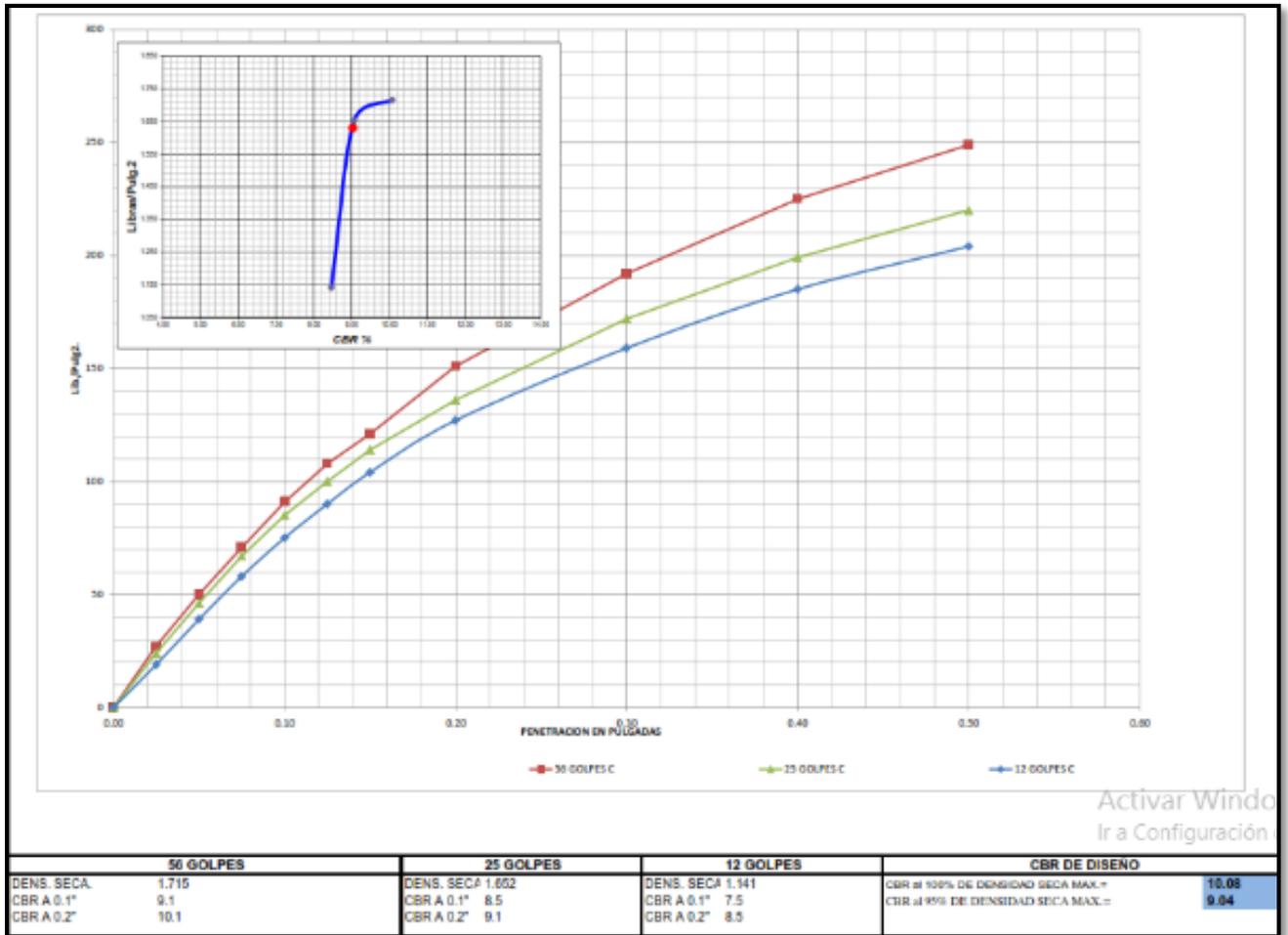
Figura 02. Representación gráfica del estudio CBR sin aditivo de la C-2, progresiva 0+250m.



Fuente: Ensayos de laboratorio de Capacidad de Soporte del Suelo, CBR

En la figura 02 se describe el estudio del CBR realizado a la muestra extraída de la calicata 2 (C-2) sin aditivo, teniendo como resultado una Capacidad de soporte del suelo (CBR = 8.87).

Figura 03. Representación gráfica del estudio CBR sin aditivo de la C-3, progresiva 0+500m.



Fuente: Ensayos de laboratorio de Capacidad de Soporte del Suelo, CBR

En la figura 03 se describe el estudio del CBR realizado a la muestra extraída de la calicata 3 (C-3) sin aditivo, teniendo como resultado una Capacidad de soporte del suelo (CBR = 9.04).

Tabla 12. Resultados finales de los ensayos de CBR realizados a las muestras extraídas de las calicatas (sin aditivo).

Progresiva	CBR
0+000 (C-01)	9.23
0+250 (C-02)	8.87
0+500 (C-03)	9.04

Promedio:

CBR (Suelo Natural)	$\frac{9.23+8.87+9.04}{3} = 9.05$
-------------------------------	-----------------------------------

Fuente: Ensayos de laboratorio de Capacidad de Soporte del Suelo, CBR

En la presenta tabla se muestra los resultados del ensayo de valor soporte relativo a las muestras sin aditivo, considerando los resultados obtenidos según calicatas como en la [(C1 = 9.23), (C2 = 8.87) y (C3 = 9.04)], siendo el promedio de las tres calicatas un (CBR = 9.05). El suelo ha sido caracterizado como un suelo que sufre cambios de volúmenes altos. Los resultados mostrados, en efecto, con un CBR entre 8 y 20, el suelo es regular.

2. Suelo Natural con aditivo

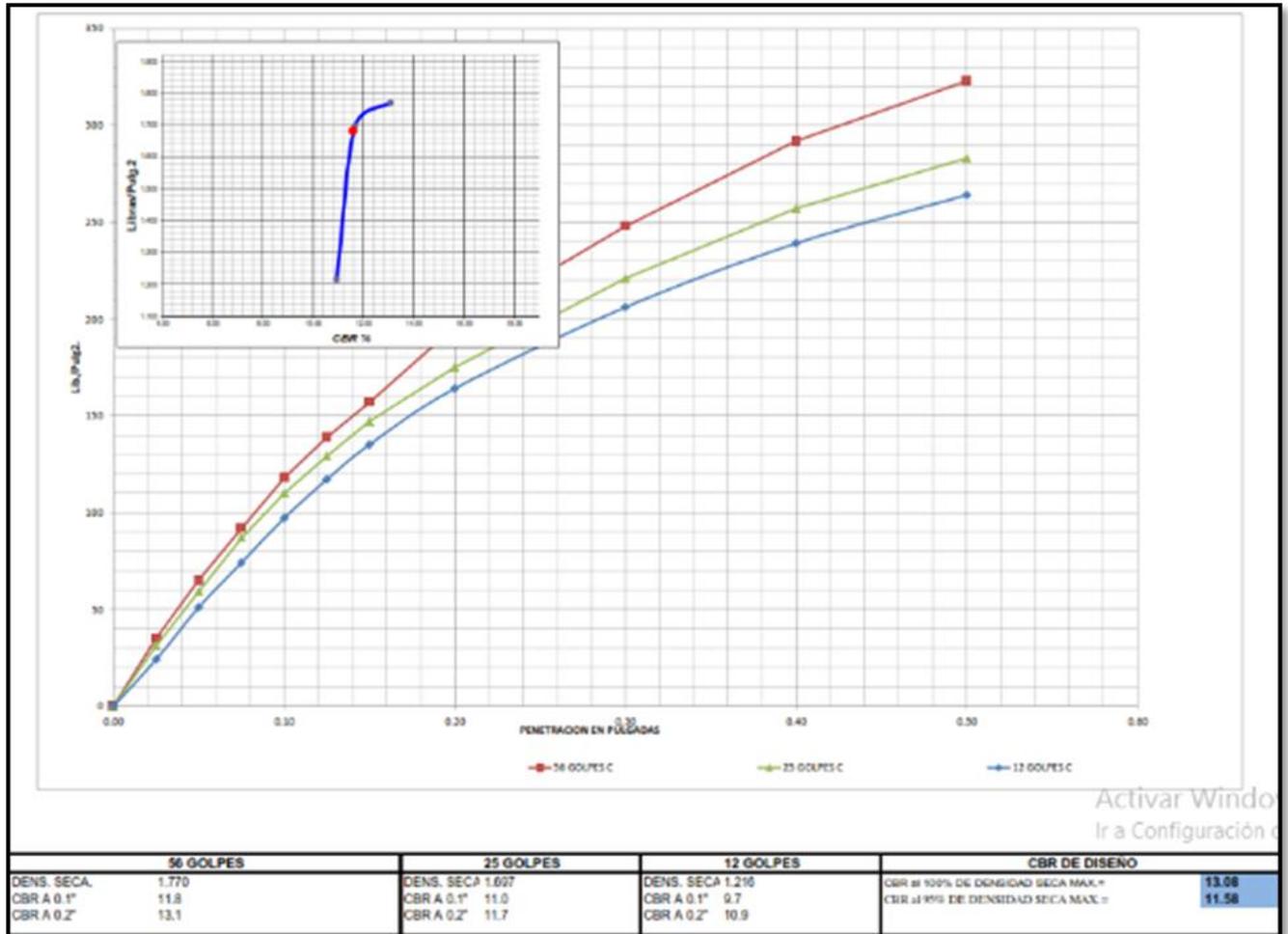
Para estos suelos se trabajó con distintos porcentajes de aditivo enzimático TerraZyme para poder compararlas con las muestras de suelo ensayadas sin aditivo.

Las muestras extraídas para la realización de la prueba CBR se extrajeron de 3 calicatas, a una progresiva de 0+000 m (C-1), 0+250 m (C-2), 0+500 m (C-3).

Los siguientes resultados muestran valores propios de un suelo regular como el CL-ML.

2.1. Suelo Natural con aditivo + 0.027 ml TeraZyme:

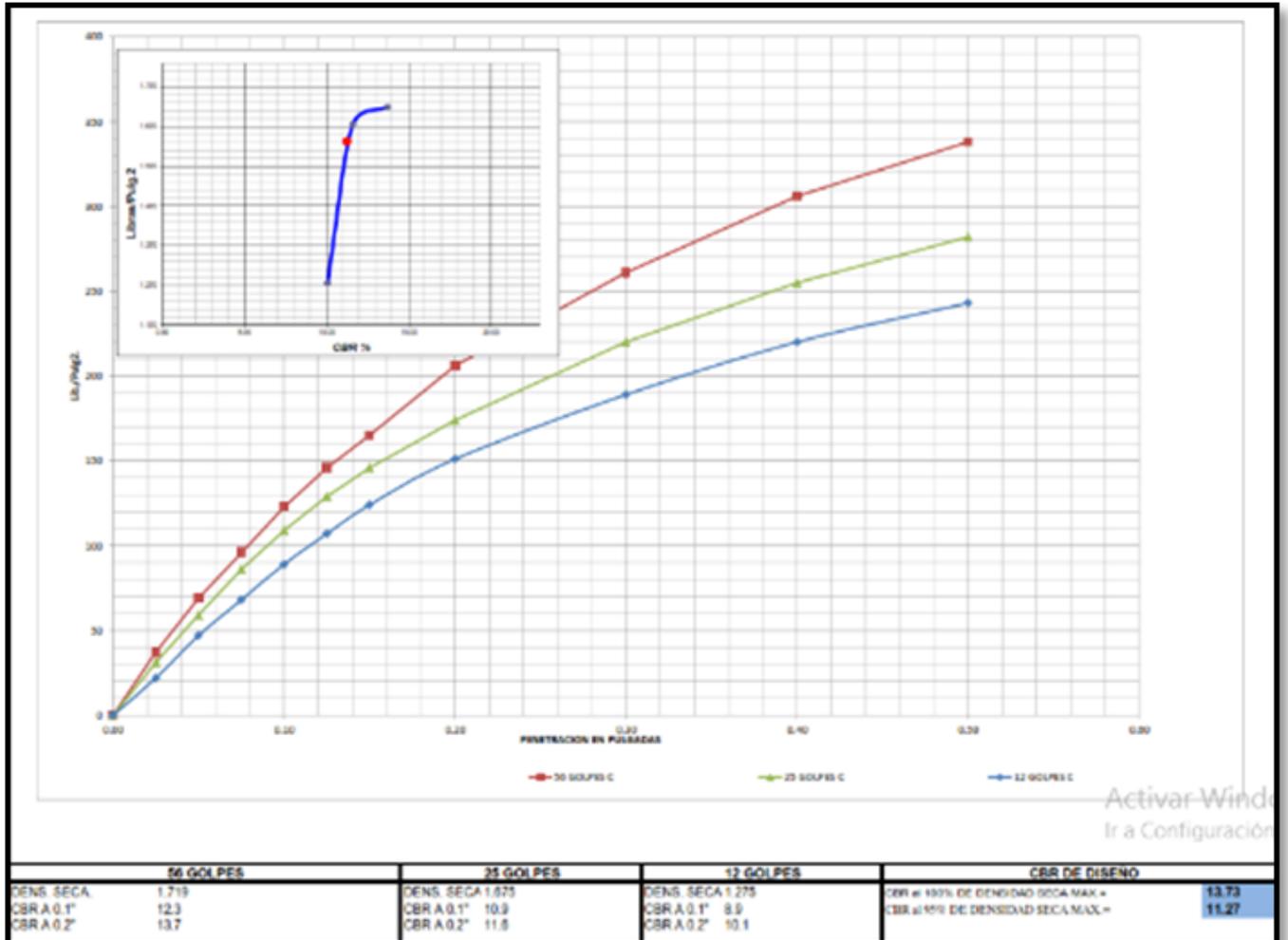
Figura 04. Representación gráfica del estudio CBR con adición de 0.027 ml del aditivo TerraZyme de la C-1, progresiva 0+000m.



Fuente: Ensayos de laboratorio de Capacidad de Soporte del Suelo, CBR

En la figura 04 se describe el estudio del CBR realizado a la muestra extraída de la calicata 1 (C-1) con adición de 0.027 ml del aditivo enzimático TerraZyme, teniendo como resultado una Capacidad de soporte del suelo (CBR = 11.58).

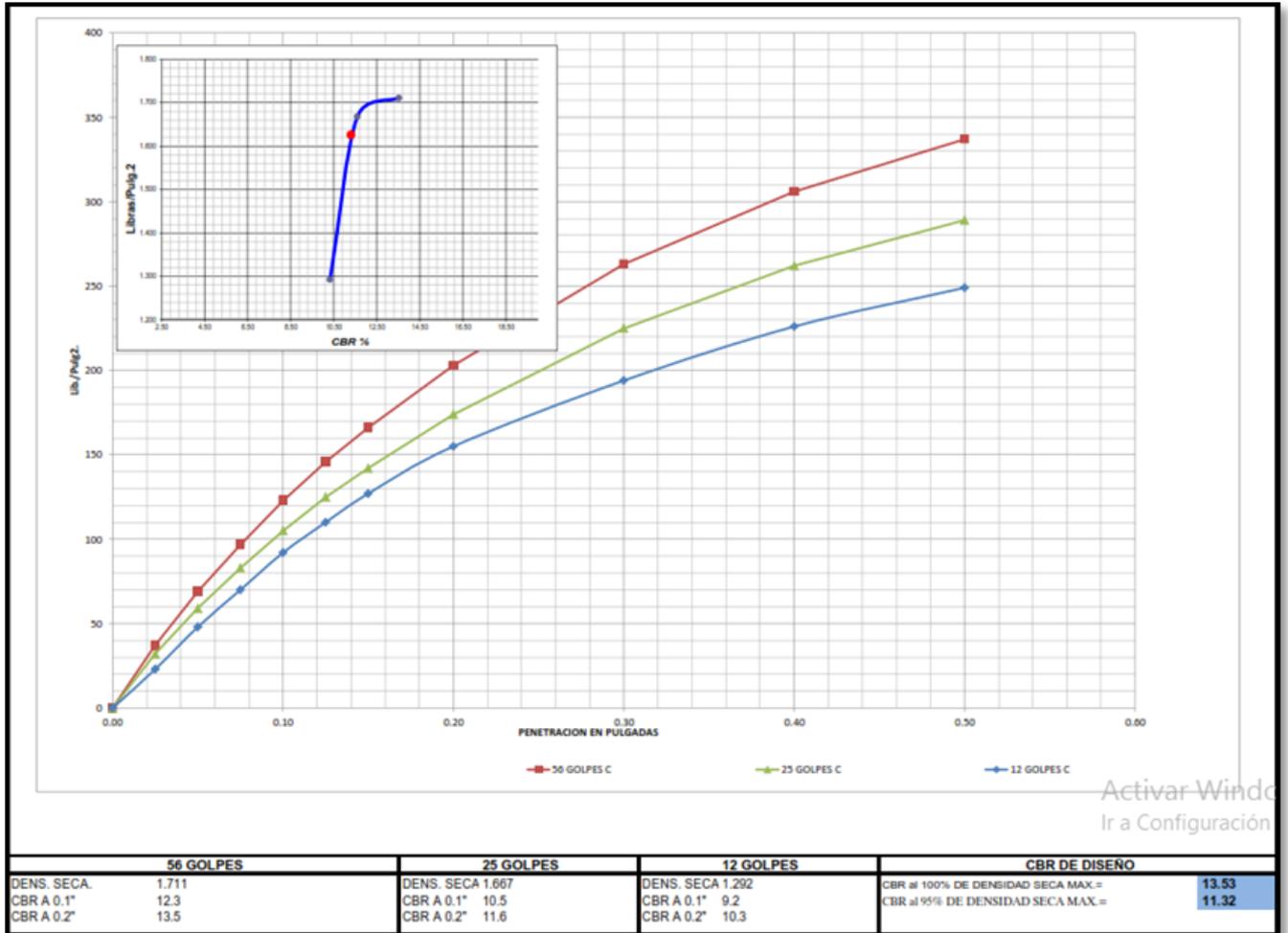
Figura 05. Representación gráfica del estudio CBR con adición de 0.027 ml del aditivo TerraZyme de la C-2, progresiva 0+250m.



Fuente: Ensayos de laboratorio de Capacidad de Soporte del Suelo, CBR

En la figura 05 se describe el estudio del CBR realizado a la muestra extraída de la calicata 2 (C-2) con adición de 0.027 ml del aditivo enzimático TerraZyme, teniendo como resultado una Capacidad de soporte del suelo (CBR = 11.27).

Figura 06. Representación gráfica del estudio CBR con adición de 0.027 ml del aditivo TerraZyme de la C-3, progresiva 0+500m.



Fuente: Ensayos de laboratorio de Capacidad de Soporte del Suelo, CBR

En la figura 06 se describe el estudio del CBR realizado a la muestra extraída de la calicata 3 (C-3) con adición de 0.027 ml del aditivo enzimático TerraZyme, teniendo como resultado una Capacidad de soporte del suelo (CBR = 11.32).

Tabla 13. Resultados finales de los ensayos de CBR realizados a las muestras extraídas de las calicatas (con aditivo – 0.027ml).

Progresiva	CBR
0+000 (C-01)	11.58
0+250 (C-02)	11.27
0+500 (C-03)	11.32

Promedio:

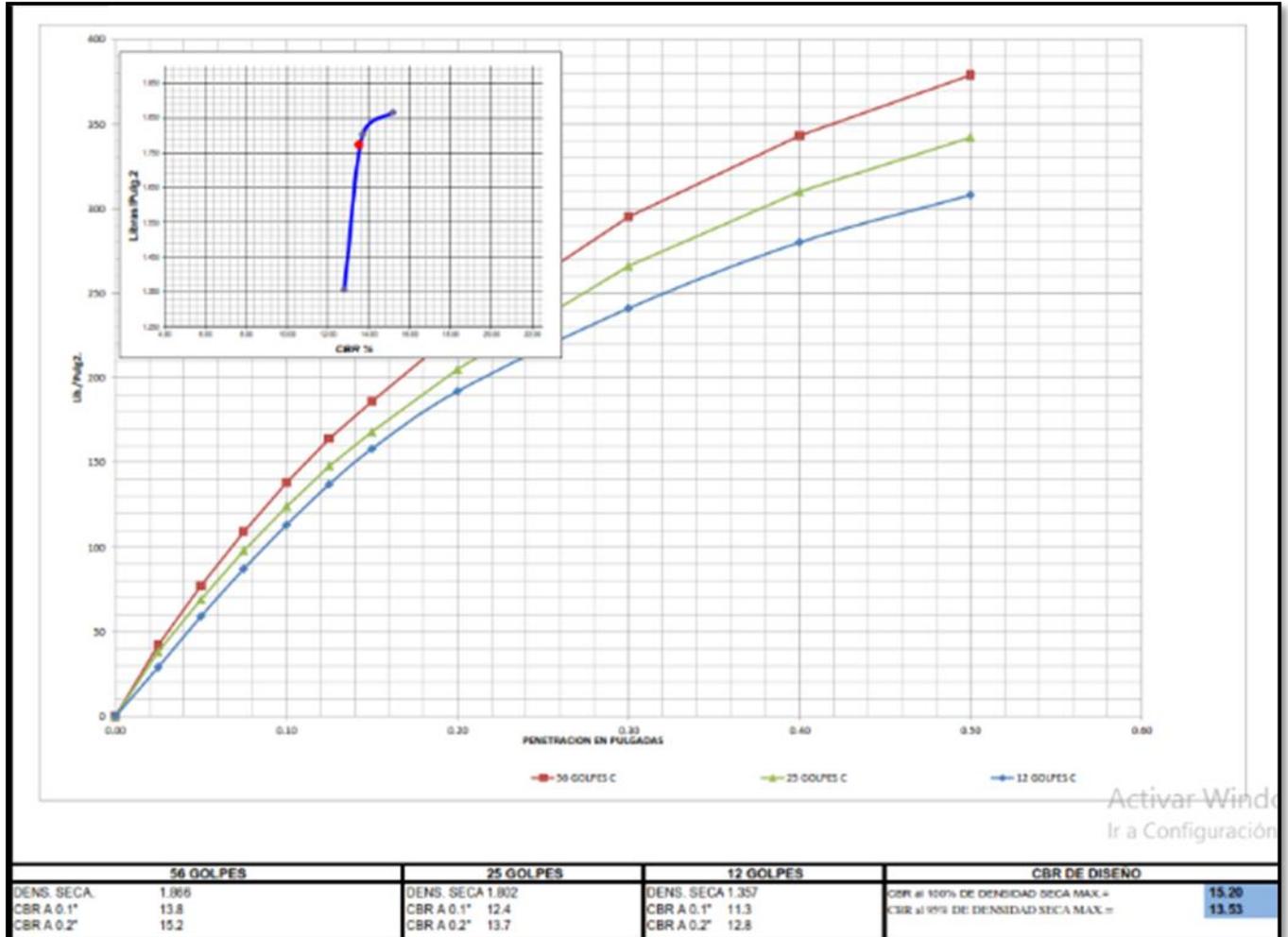
$$\frac{\text{CBR (+0.027ml de TZ)}}{\text{}} = \frac{11.58+11.27+11.32}{3} = \mathbf{11.39}$$

Fuente: Ensayos de laboratorio de Capacidad de Soporte del Suelo, CBR

En la presenta tabla se muestra los resultados del ensayo de la capacidad de soporte (CBR) aplicado al suelo natural con aditivo de 0.027ml de aditivo TerraZyme en distintas progresivas del estudio, considerando los resultados obtenidos según calicatas como en la [(C1 = 11.58), (C2 = 11.27) y (C3 = 11.32)], siendo el promedio de las tres calicatas un (CBR = 11.39).

2.2. Suelo Natural con aditivo + 0.054 ml TeraZyme:

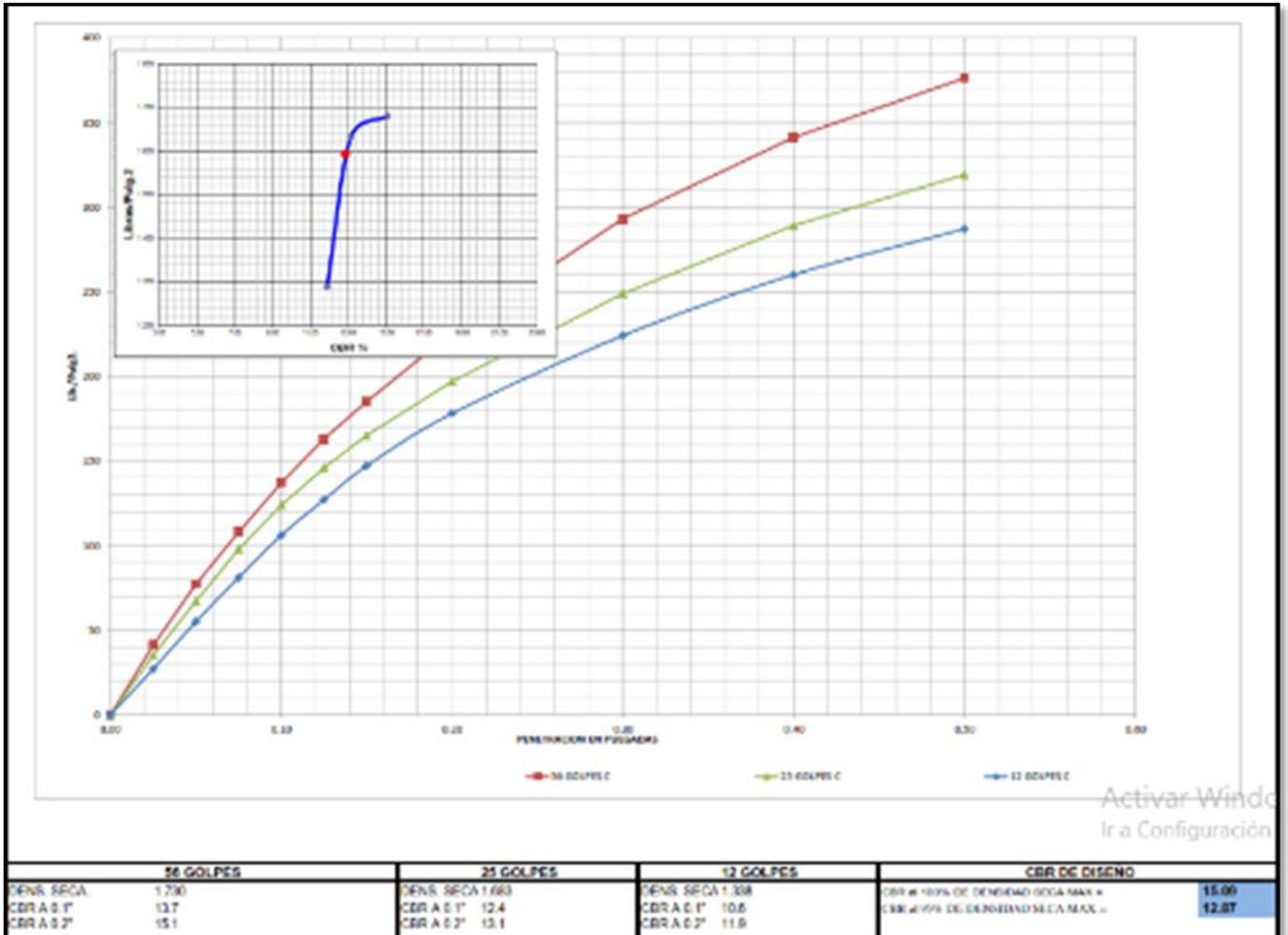
Figura 07. Representación gráfica del estudio CBR con adición de 0.054 ml del aditivo TerraZyme de la C-1, progresiva 0+000m.



Fuente: Ensayos de laboratorio de Capacidad de Soporte del Suelo, CBR

En la figura 07 se describe el estudio del CBR realizado a la muestra extraída de la calicata 1 (C-1) con adición de 0.054 ml del aditivo enzimático TerraZyme, teniendo como resultado una Capacidad de soporte del suelo (CBR = 13.53).

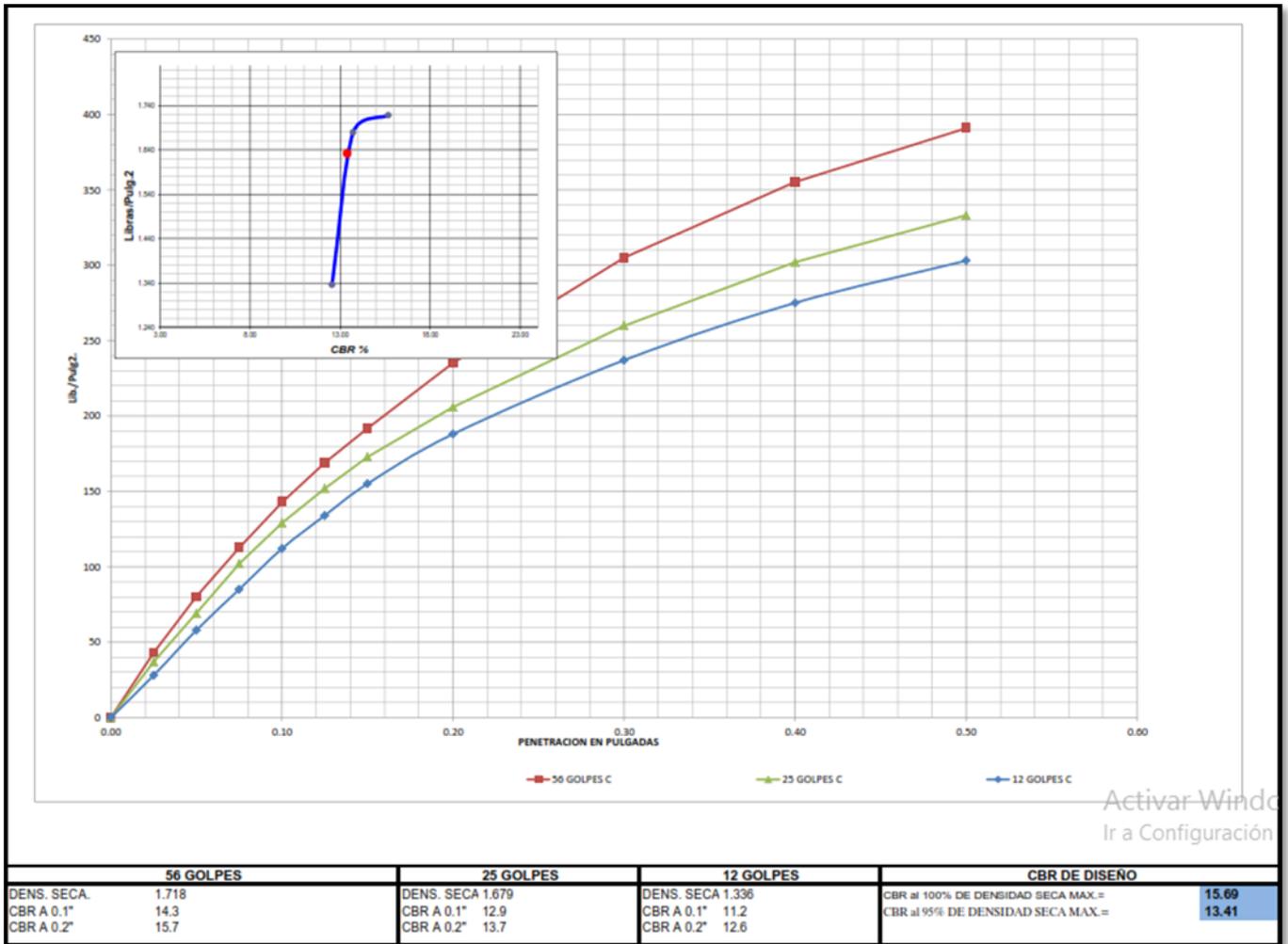
Figura 08. Representación gráfica del estudio CBR con adición de 0.054 ml del aditivo TerraZyme de la C-2, progresiva 0+250m.



Fuente: Ensayos de laboratorio de Capacidad de Soporte del Suelo, CBR

En la figura 08 se describe el estudio del CBR realizado a la muestra extraída de la calicata 2 (C-2) con adición de 0.054 del aditivo enzimático TerraZyme, teniendo como resultado una Capacidad de soporte del suelo (CBR = 12.87).

Figura 09. Representación gráfica del estudio CBR con adición de 0.054 ml del aditivo TerraZyme de la C-3, progresiva 0+500m.



Fuente: Ensayos de laboratorio de Capacidad de Soporte del Suelo, CBR

En la figura 09 se describe el estudio del CBR realizado a la muestra extraída de la calicata 3 (C-3) con adición de 0.054 ml del aditivo enzimático TerraZyme, teniendo como resultado una Capacidad de soporte del suelo (CBR = 13.41).

Tabla 14. Resultados finales de los ensayos de CBR realizados a las muestras extraídas de las calicatas (con aditivo – 0-054).

Progresiva	CBR
0+000 (C-01)	13.53
0+250 (C-02)	12.87
0+500 (C-03)	13.41

Promedio:

$$\frac{\text{CBR (+0.054ml de TZ)}}{3} = \frac{13.53+12.87+13.41}{3} = \mathbf{13.27}$$

Fuente: Ensayos de laboratorio de Capacidad de Soporte del Suelo, CBR

En la presenta tabla se muestra los resultados del ensayo de la capacidad de soporte (CBR) aplicado al suelo natural con aditivo de 0.054ml de aditivo TerraZyme en distintas progresivas del estudio, considerando los resultados obtenidos según calicatas como en la [(C1 = 13.53), (C2 = 12.87) y (C3 = 13.41)], siendo el promedio de las tres calicatas un (CBR = 13.27).

Tabla 15. Resultados finales del incremento porcentual de los ensayos de CBR realizados a las muestras extraídas de la calicata 1 (con aditivo TerraZyme).

		CBR	INCREMENTO PORCENTUAL
Calicata - 01	Suelo Natural	9.23	25.45%
	+0.027 ml de TerraZyme	11.58	
0+000 m	Suelo Natural	9.23	46.60%
	+0.054 ml de TerraZyme	13.53	

Fuente: Ensayos de laboratorio de Capacidad de Soporte del Suelo, CBR

En la presenta tabla se muestra los resultados del incremento porcentual del ensayo de la capacidad de soporte (CBR), obteniendo un aumento porcentual de 25.45% respecto al suelo natural (CBR=9.23) con suelo natural + 0.027 ml del aditivo enzimático TerraZyme(CBR=11.58), de igual forma se obtuvo un aumento porcentual de 46.60% respecto al suelo natural (CBR=9.23) con suelo natural + 0.054 ml del aditivo enzimático TerraZyme (CBR=13.53).

Tabla 16. Resultados finales del incremento porcentual de los ensayos de CBR realizados a las muestras extraídas de la calicata 2 (con aditivo TerraZyme).

		CBR	INCREMENTO PORCENTUAL
Calicata - 02	Suelo Natural	8.87	27.10%
	+0.027 ml de TerraZyme	11.27	
0+000 m	Suelo Natural	8.87	45.10%
	+0.054 ml de TerraZyme	12.87	

Fuente: Ensayos de laboratorio de Capacidad de Soporte del Suelo, CBR

En la presenta tabla se muestra los resultados del incremento porcentual del ensayo de la capacidad de soporte (CBR), obteniendo un aumento porcentual de 27.10% respecto al suelo natural (CBR=8.87) con suelo natural + 0.027 ml del aditivo enzimático TerraZyme(CBR=11.27), de igual forma se obtuvo un aumento porcentual de 45.10% respecto al suelo natural (CBR=8.87) con suelo natural + 0.054 ml del aditivo enzimático TerraZyme (CBR=12.87).

Tabla 17. Resultados finales del incremento porcentual de los ensayos de CBR realizados a las muestras extraídas de la calicata 3 (con aditivo TerraZyme).

		CBR	INCREMENTO PORCENTUAL
Calicata - 03	Suelo Natural	9.04	25.12%
	+0.027 ml de TerraZyme	11.32	
0+000 m	Suelo Natural	9.04	48.32%
	+0.054 ml de TerraZyme	13.41	

Fuente: Ensayos de laboratorio de Capacidad de Soporte del Suelo, CBR

En la presenta tabla se muestra los resultados del incremento porcentual del ensayo de la capacidad de soporte (CBR), obteniendo un aumento porcentual de 25.12% respecto al suelo natural (CBR=9.04) con suelo natural + 0.027 ml del aditivo enzimático TerraZyme(CBR=11.32), de igual forma se obtuvo un aumento porcentual de 48.32% respecto al suelo natural (CBR=9.04) con suelo natural + 0.054 ml del aditivo enzimático TerraZyme (CBR=13.41).

4.2 . RESULTADOS INFERENCIALES

4.2.1. EVALUACION ECONOMICO DE LOS ADITIVOS:

Por lo tanto podemos comparar los costos de estabilización con distintos tipos de estabilizantes (aditivos), que a continuación se detalla.

Tabla 18. Comparación de los costos de estabilización con distintos aditivos en el Distrito de Amarilis, 2016.

	Agregado + PolyCom	Agregado + Emulsión	Agregado + TerraZyme
Precio por M3 Estabilizado (S/.)	164.42	267.86	103.75

Fuente: Elaboración propia

Al comparar los costos de estabilización del aditivo enzimático Terrazyme con los costos de estabilización con distintos tipos de aditivos ya sea el PolyCom y la emulsión asfáltica se observó que hay una reducción de costos significativa frente a los estabilizantes con polycom y emulsion asfáltica, siendo el costo de estabilización por M3 con la emulsión asfáltica de (S/. 267.86) y el costo de estabilización por M3 con el aditivo TerraZyme de (S/. 103.75) obteniendo un ahorro de (S/. 164.11); de igual forma el costo de estabilización por M3 con el aditivo PolyCom es de (S/.164.42) y el costo de estabilización por M3 con el aditivo TerraZyme de (S/.103.75) obteniendo un ahorro de (S/. 60.67).

4.2.2. RESULTADOS DE ENSAYOS MECÁNICOS - VALOR SOPORTE RELATIVO (CBR):

Tabla 19. Incremento porcentual de la Capacidad de Soporte del Suelo (CBR) a las muestras realizada con aditivo en el Distrito de Amarilis, 2016.

INCREMENTO PORCENTUAL	
CBR (+0.027 ml de TerraZyme)	25.89%
CBR (+0.054 ml de TerraZyme)	46.67%

Fuente: Ensayos de laboratorio de Capacidad de Soporte del Suelo, CBR

En la presenta tabla se muestra los resultados del incremento porcentual de la Capacidad de Soporte del Suelo (CBR) a las muestras realizadas con aditivo, adicionando distintas cantidades del aditivo, obteniendo como resultado un incremento porcentual de 25.89% con la adición de 0.027ml del aditivo enzimático TerraZyme, de igual manera se obtuvo un incremento porcentual de 46.67% con la adición de 0.054ml del aditivo enzimático TerraZyme.

CAPITULO V

5. DISCUSION DE RESULTADOS

La inestabilidad de los suelos es uno de los principales problemas que presentan las carreteras no pavimentadas; para corregir este problema se usan variadas técnicas de estabilización de suelos; una de las formas de estabilización de suelos, es aquella que se realiza utilizando productos químicos no tóxicos como el TERRAZYME que es producto basado en la fermentación de enzimas biológicas y se usa para aumentar y mantener la estabilidad de los suelos²¹.

La presente investigación comparó de manera general las categorías de las variables del estudio de la investigación, reducción de costos y operación en la estabilización de carreteras no pavimentadas con enzima TerraZyme en el Distrito de Amarilis.

Lo encontrado se respalda con lo investigado por Nesterenko²², en su estudio sobre Diseño de pavimento flexible con base y sub base modificada con el polímero polycom en la carretera de Oroya-Huánuco –Tingo María, donde llego a la conclusión que el costo de estabilización por m³ del agregado + PoliCom es de 164.42 soles, y el costo de la estabilización por m³ del agregado + emulsión asfáltica es de 267.86 soles.

Observando significativamente la diferencia en el costo de la estabilización por m³ con el aditivo enzimático TerraZyme que es de 103.75 nuevos soles notando un ahorro frente a los demás aditivos expuestos.

Así mismo realizado el ensayo de Capacidad de Soporte de Suelo (CBR) se notó un incremento porcentual del 25.89% respecto al suelo natural (CBR = 9.05), con suelo natural + 0.027ml del aditivo enzimático Terrazime (CBR = 11.39).

De igual forma se obtuvo un aumento porcentual de 46.67% respecto al suelo natural (CBR = 9.05), con suelo natural + 0.054ml del aditivo enzimático TerraZyme (CBR = 13.27).

CONCLUSIONES

En la presente investigación se llegaron a las siguientes conclusiones:

Respecto a la mejora de la estabilización, se evidencio que al aplicar el aditivo enzimático Terrazyme, hay un aumento en la capacidad de soporte y densidad del suelo con el tiempo, reduce la permeabilidad e incrementa los límites de solidez entre las partículas cohesivas, de igual manera crea una base más densa, cohesiva y estable.

Por lo tanto se confirma la Hipótesis alterna (Hi₂) planteada por la presente investigación ya que reduce el costo de la estabilización, siendo el costo de estabilización con el aditivo enzimático TerraZyme es de (s/. 103.75), menor que el aditivo PolyCom (s/. 164.42) en un ahorro total de (s/. 60.67) por m³ de material estabilizado; de igual forma es mucho menor que la emulsión asfáltica (s/. 267.86) en un ahorro total de (s/. 164.12) por m³ de material estabilizado del suelo y compararlo con otros aditivos

En el corto plazo el ahorro se obtiene por que el estabilizador TerraZyme permite la construcción utilizando suelos nativos o de menor calidad, lo que se traduce en menos material proveniente de canteras y por ende en menos transportes de material; y en el largo plazo reduce los costos de mantenimiento en un 75%, cabe recalcar que pese a abaratar los costos la resistencia estructural del camino se mantiene en un 100%²³.

Por tener un mayor rendimiento la colocación de la base estabilizada con el aditivo enzimático TerraZyme, se logra una menor incidencia de las cuadrillas en la mano de obra respecto a la base estabilizada con PolyCom, emulsion asfáltica, que requiere mano de obra especializada. Por tener un mayor rendimiento la colocación de la base estabilizada con el aditivo enzimático TerraZyme, se logra menor incidencia del insumo maquinarias, ya que utiliza maquinarias estándar utilizadas para cualquier rehabilitación y mejoramiento de carreteras respecto a la emulsión asfáltica, polycom, cal bischifita²⁴.

CONCLUSIONES TECNICAS:

El aditivo enzimático TerraZyme reacciona efectivamente a cambios bruscos de temperatura y en zonas lluviosas en las alturas y a la acción de las heladas.

CONCLUSIONES DE LOS ENSAYOS DE LA BORATORIO

Se comprobó el aumento de la máxima densidad seca conforme se le iba aumentando el aditivo enzimático (0.027 ml, 0.054 ml).

Por lo tanto se confirma la Hipótesis alterna (H_{i1}) planteada por la presente investigación ya que se comprobó el aumento de la Capacidades de Soporte de Suelo (CBR), puesto que el estabilizante TerraZyme reacciona inmediatamente después de realizada la compactación; con una adición de 0.027 ml de TeraZyme aumentando en un 25.89%, y con una adición de 0.054 ml de TerraZyme aumento en un 46.67%, con respecto al suelo natural sin aditivo.

La puesta en servicio de la carretera se puede realizar inmediatamente después de realizada la compactación para el tráfico liviano, pero para uso más pesado, los mejores resultados se han logrado después de un periodo de curado de 2 a 3 días²⁵.

CONCLUSIONES DEL IMPACTO AMBIENTAL

De los estudios realizados y de las experiencias efectuadas se puede determinar que el estabilizador TerraZyme aplicada en una obra vial tiene un bajo impacto ambiental sobre el suelo, es 100% natural, no inflamable, ecológico, no toxico y biodegradable.

Se ha demostrado técnica, económica y ambientalmente que el Aditivo enzimático TerraZyme tiene grandes ventajas frente a distintos estabilizantes ya sea la bischofita, polycom, cal y la emulsión asfáltica.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar ensayos para la caracterización de los materiales para la vía que se desea estabilizar, y de esta forma obtener una calibración más exacta con los rangos que se desea trabajar.
- Para futuros proyectos deberá a ser acompañado previo ensayo de laboratorio de los materiales a estabilizar, los ensayos in situ deberá estar presente en todo momento: densidad de campo, CBR in situ.
- Un mayor tiempo de curado después de la estabilización con terrazyme mejora la capacidad estructural de las capas que compone el pavimento, es por eso que el proveedor recomienda que al momento de realizar los ensayo de laboratorio, un periodo de curado de 2 a 3 días antes de realizar el ensayo de expansión del CBR.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- 1 Moreno M, J. (21 de julio del 2010). Estabilización de suelos con enzimas. Recuperado de <http://terrazyme.blogspot.pe/2010/07/estabilizacion-de-suelos-con-enzimas.html>
- 2 Ibid., p. 12
- 3 Espinoza Sumaran, G. H. (2010). Propuesta del Mejoramiento de las propiedades físico-mecánicas del suelo, utilizando estabilizantes (Terrazyme y Zimplex PZ-22X, en proporciones de 1 LT por 33 M3 de suelo y 1LT por 30 M3 de suelo), en suelos de fundación de matriz limosa o arcillosa. (Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil). Universidad Nacional Hermilio Valdizan, Huánuco, Perú.
- 4 Stasoil, Tecnología de punta. (2010). Estabilizador de suelos. Recuperado de <https://es.scribd.com/doc/39886877/Estabilizador-de-suelos>
- 5 Martínez Santos, J. (2012). Evaluación del mejoramiento de suelos arcillosos empleando materiales cementantes. (Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil). Universidad Veracruzana, Veracruz, México.
- 6 Espinoza. Op. Cit., p. 38.
- 7 Altamirano Navarro, G. Díaz Sandino, A. (2015). Estabilización de suelos cohesivos por medio de cal en las vías de la comunidad de San Isidro del Pegón, municipio, Potosi – Rivas. (Tesis para optar el título profesional de Ingeniero. Civil). Universidad Nacional Autónoma de Nicaragua, Nicaragua.
- 8 Ochoa Paredes, L. Rojas Nina, R. (2015). Implicancia del índice de congelación y el tipo de suelos en los procesos de compactación en el mejoramiento de la carretera Ananea – Cojata. (Tesis para optar el título

- profesional de Ingeniero. Civil). Universidad Andina Néstor Cáceres Velásquez, Juliaca, Perú.
- 9 Ravines Merino, M. (2010). Pruebas con un producto enzimático como agente estabilizador de suelos ara carreteras. (Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil). Universidad de Piura, Perú.
- 10 Nesterenko Cortes, D. (2014). Diseño de pavimento flexible con base y sub base modificada con el polímero polycom en la carretera de Oroya-Huánuco –Tingo María. (Tesis para optar el título profesional de Ingeniero Civil). Universidad de Huánuco, Perú.
- 11 Espinoza. Op. Cit., p. 52.
- 12 Núñez Rojas, D. (2011). Elección y dosificación del conglomerante en estabilización de suelos. (Tesis para optar el título profesional de Ingeniero. Civil). Instituto Tecnológico de Sonora, Obregón.
- 13 Lozano Bocanegra, E. Ruiz Ramos, J y Alfonso Pérez, J. (20 de abril del 2016). Estabilización de suelos con aditivo orgánico (terrazyme) mantenimiento de vías terciarias, protección del medio ambiente. Recuperado de <http://repository.ucatolica.edu.co/handle/10983/2977>
- 14 Altamirano. Op. Cit., p. 37.
- 15 Espinoza. Op. Cit., p. 58.
- 16 Ravines. Op. Cit., p. 22.
- 17 Terragestion. (2010). Catalizador natural líquido ara la construcción, mantenimiento, rehabilitación de carreteras y caminos en general. Recuperado de <https://es.scribd.com/doc/37310435/terrazyme-datos-tecnicos>.
- 18 Altamirano. Op. Cit., p. 61.
- 19 Terragestion_ Op. Cit., p. 34.
- 20 Ibid., p. 47

21 Moreno. Op. Cit., p. 03.

22 Nesterenko. Op. Cit., p. 143

23 Stasoil. Op. Cit., p. 15

24 Nesterenko. Op. Cit., p. 165

25 Stasoil. Op. Cit., p. 20

ANEXO 01

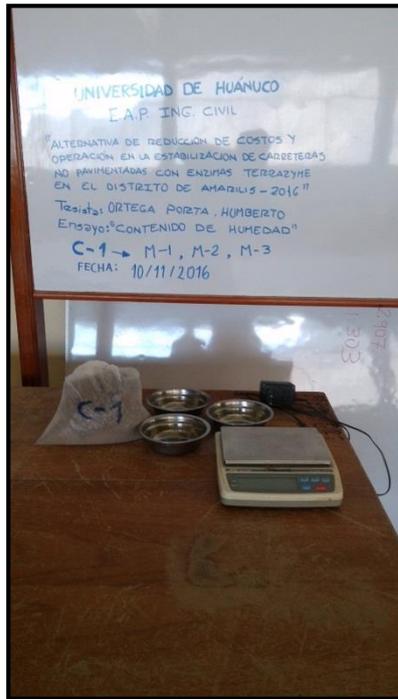
MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMAS	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	VARIABLES		DIMENSIÓN	INDICADORES	INSTRUMENTOS
<p>General.</p> <p>¿La Estabilización de carreteras no pavimentadas con Enzimas TERRAZYME en el Distrito de Amarilis, mejorara la reducción de costos y operación?</p> <p>Específicas.</p> <p>¿La Estabilización del suelo con Enzimas TERRAZYME en el Distrito de Amarilis, aumentara la capacidad de soporte (CBR) del suelo en carreteras no pavimentadas?</p> <p>¿Reducirán los costos y operación en la Estabilización de carreteras no pavimentadas con Enzimas TERRAZYME en el Distrito de Amarilis?</p>	<p>General.</p> <p>Reducción de costos y operación en la estabilización de carreteras no pavimentadas en el Distrito de Amarilis, mediante la aplicación de enzimas TERRAZYME.</p> <p>Específicas.</p> <p>Verificar el aumento de la capacidad de soporte del suelo en carreteras no pavimentadas con Enzimas TERRAZYME en el Distrito de Amarilis.</p> <p>Analizar y evaluar la reducción de costos y operación en la Estabilización de carreteras no pavimentadas con Enzimas TERRAZYME en el Distrito de Amarilis</p>	<p>Hipótesis general.</p> <p>Hi₁: La aplicación de enzima TerraZyme en carreteras no pavimentadas <i>mejora</i> su estabilización en el Distrito de Amarilis en el 2016.</p> <p>Hi₂: La aplicación de enzima TerraZyme en carreteras no pavimentadas <i>reduce</i> los costos de estabilización en el Distrito de Amarilis en el 2016.</p> <p>Ho₁: La aplicación de enzima TerraZyme en carreteras no pavimentadas <i>no mejora</i> su estabilización en el Distrito de Amarilis en el 2016.</p> <p>Ho₂: La aplicación de enzima TerraZyme en carreteras no pavimentadas <i>no reduce</i> los costos de estabilización en el Distrito de Amarilis, en el 2016.</p>	V. Dependiente	Reducción de costos y operación.	Costos de materiales.	Precios	<p>GUÍA PARA MUESTREO DE SUELOS Y ROCAS MTC 101 – 2000, DEL MANUAL DE ENSAYO DE MATERIALES (EM 2000) aprobado por (R. D. No. 028-2001-MTC/15.17 del 16-01-01).</p>
				Operación.	Operación.	Tiempo	
			V. Dependiente	La estabilización de carreteras no pavimentadas	Estabilización	Ensayo CBR	
			V. Independiente	Aplicación de enzima terrazyme.	Proporción del aditivo terrazyme	Capacidad de soporte	
			Variables de caracterización	Costos de la enzima terrazyme	Precios		
				Operación en la estabilización de carreteras no pavimentadas.	Tiempo		

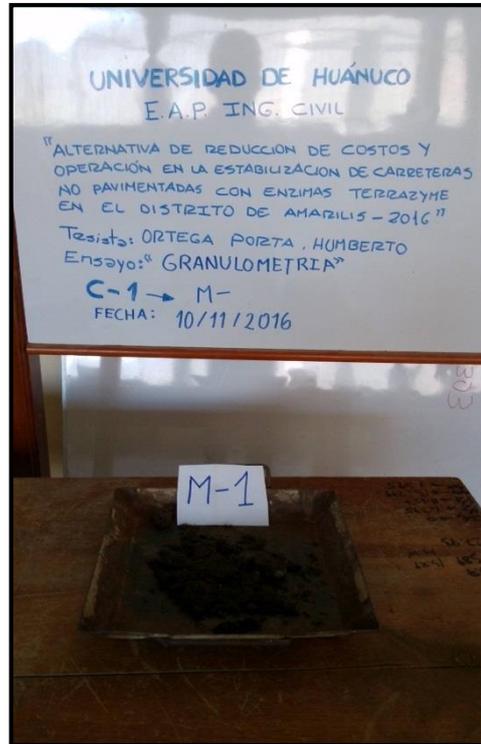
ANEXO 02

FOTOS – ENSAYOS DE LABORATORIO

Contenido de Humedad



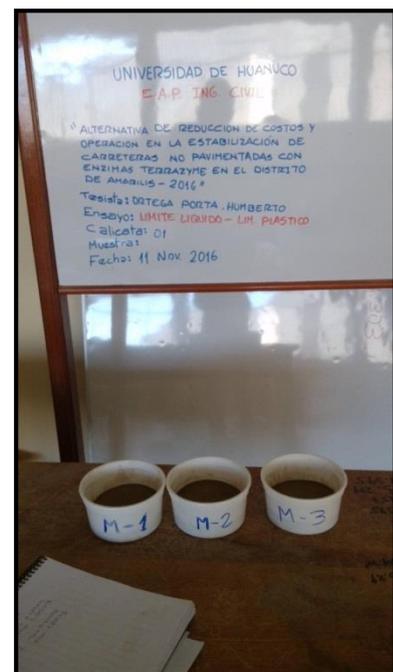
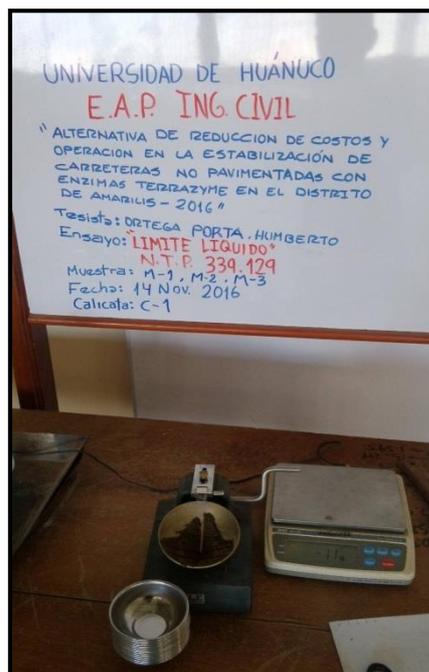
Ensayo Granulométrico

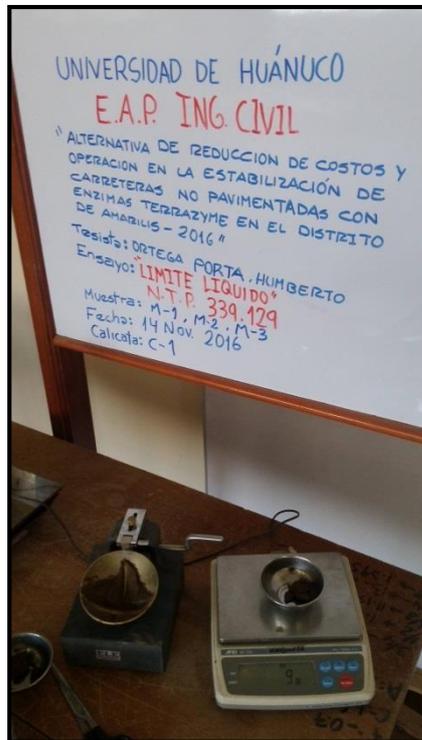
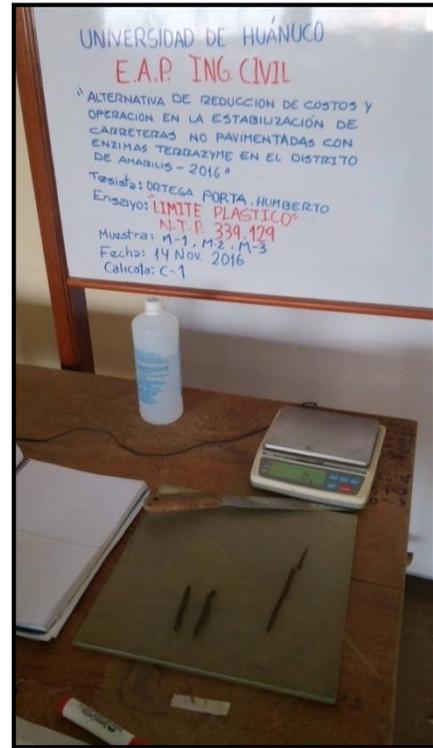
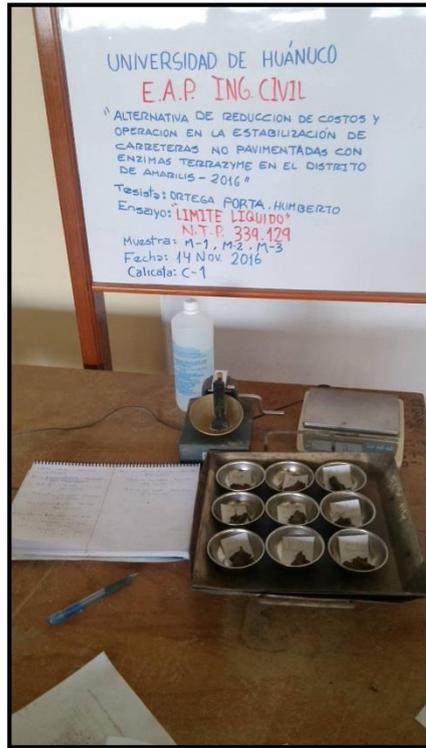






Ensayo Límites de Consistencia







Ensayo Proctor Modificado



FOTOS – APLICACIÓN DEL ADITIVO TERRAZYME

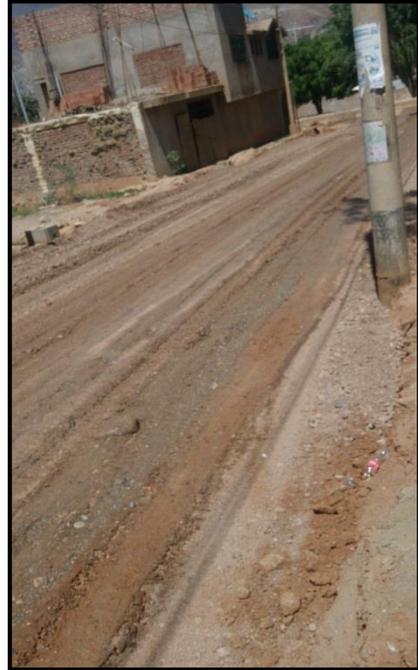
Escarificado de la Carretera



Dosificación del Aditivo TerraZyme



Riego y Mesclado a la Carretera



Mezclado



Compactado de la Carretera



ANEXO 03

ENSAYOS

DE

LABORATORIO



PROYECTO:	"ALTERNATIVA DE REDUCCION DE COSTOS Y OPERACIÓN EN LA ESTABILIZACION DE CARRETERAS NO PAVIMENTADAS CON ENZIMAS TERRAZyme EN EL DISTRITO DE AMARILIS - 2016"			
UBICACION:	DISTRITO DE AMARILIS			
PROPIETARIO:	HUMBERTO ORTEGA PORTA			
SOLICITA:	UNIVERSIDAD DE HUANUCO - UDH			
CALICATA:	C-1	ESTRATOS:	E-1 E-2	NIV. FREATICO: NP
DETALLE:	CALICATA A NIVEL DE SUBRASANTE Y SUELO DE FUNDACION - SUELO NATURAL			
PROFUNDIDAD:	1.50 m	PROGRESIVA:	0+000	
FECHA:	ABRIL DEL 2017			

PERFIL ESTRATIGRAFICO

ESPESOR	ESTRATO	CLASIFICACION		SIMBOLO	DESCRIPCION	PANEL FOTOGRAFICO
		SUCS	AASHTO			
0.20 m	E-1	Pt	A-8		Material de cobertura	
1.30 m	E-2	CL-ML	A-4 (1)		Arcilla limosa arenosa	

Eder F. Imbarren Villanueva
 TECNICO LABORATORISTA

Leonidas Villanueva Abal
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 78839



PROYECTO:	"ALTERNATIVA DE REDUCCION DE COSTOS Y OPERACIÓN EN LA ESTABILIZACION DE CARRETERAS NO PAVIMENTADAS CON ENZIMAS TERRAZyme EN EL DISTRITO DE AMARILIS - 2016"		
UBICACION:	DISTRITO DE AMARILIS		
PROPIETARIO:	HUMBERTO ORTEGA PORTA		
SOLICITA:	UNIVERSIDAD DE HUANUCO - UDH		
CALICATA:	C-1	PROGRESIVA:	0+000
ESTRATO:	E-2	ESPESOR DEL ESTRATO:	1.30 m
DETALLE:	CALICATA A NIVEL DE SUBRASANTE Y SUELO DE FUNDACION - SUELO NATURAL		
FECHA:	ABRIL DEL 2017		

LIMITES DE CONSISTENCIA ASTM D - 423

N° DE GOLPES	37	24	12
Suelo Húmedo + Tarro	31.42	32.20	32.76
Suelo seco + Tarro	29.34	29.76	30.22
Peso de Tarro	21.99	21.61	22.36
Peso del Agua	2.08	2.44	2.54
Peso de Suelo Seco	7.35	8.15	7.86
HUMEDAD %	28.37	29.91	32.27

LIMITES DE CONSISTENCIA ASTM - 424

MUESTRA	01	02
Suelo Húmedo + Tarro	22.61	23.62
Suelo seco + Tarro	20.69	21.66
Peso de Tarro	13.27	13.77
Peso del Agua	1.92	1.96
Peso de Suelo Seco	7.42	7.89
HUMEDAD %	25.87	24.82

DETALLE	RESULTADOS	
Límite líquido LL	29.74	%
Límite plástico LP	25.34	%
Índice plasticidad IP	4.40	%

CURVA DE FLUIDEZ

"Curva de Fluides"
• "LL-15 golpes"

Eder F. Jimbarren Villanueva
 TÉCNICO LABORATORISTA

Leonidas Villanueva Abaj
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 78839

INVERSIONES
EHEC S.C.R.L PERÚ
 ESTUDIO DE SUELOS, ASPALTO Y ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCION - ESTUDIOS GEOLOGICOS

PROYECTO:	"ALTERNATIVA DE REDUCCION DE COSTOS Y OPERACIÓN EN LA ESTABILIZACION DE CARRETERAS NO PAVIMENTADAS CON ENZIMAS TERRAZYME EN EL DISTRITO DE AMARILIS - 2016"				
UBICACION:	DISTRITO DE AMARILIS				
PROPIETARIO:	HUMBERTO ORTEGA PORTA				
SOLICITA:	UNIVERSIDAD DE HUANUCO - UDH				
CALICATA :	C-1	ESTRATO:	E-2	PROGRESIVA:	D+000
DETALLE:	CALICATA A NIVEL DE SUBRASANTE Y SUELO DE FUNDACION - SUELO NATURAL				
FECHA:	ABRIL DEL 2017				

PESO INICIAL:	914.50 Gr.	% DE HUMEDAD :	11.44%	MUESTRA HUMEDA INICIAL:	436.30 Gr.
FRACCION:	914.50 Gr.			MUESTRA SECA INICIAL:	391.50 Gr.

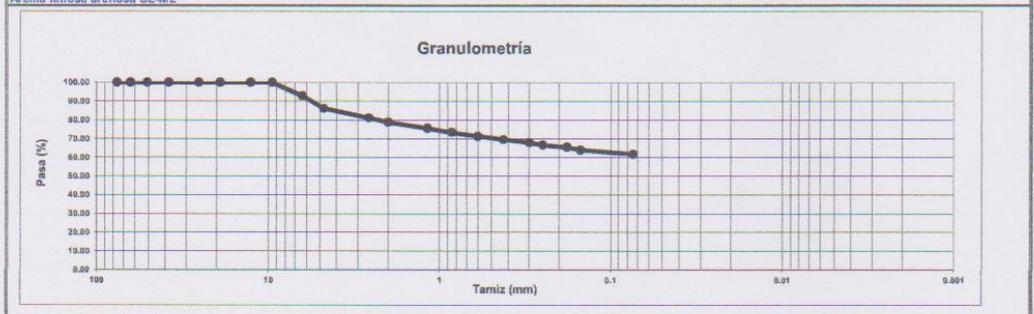
TAMIZ Nº	DIAMETRO (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	DETALLES Y DESCRIPCION
3"	76.2	0.00	0.00	0.00	100.00	Material granular equivalente a: 38.20% Observaciones:
2 1/2"	63.5	0.00	0.00	0.00	100.00	
2"	50.8	0.00	0.00	0.00	100.00	
1 1/2"	38.1	0.00	0.00	0.00	100.00	
1"	25.4	0.00	0.00	0.00	100.00	
3/4"	19.05	0.00	0.00	0.00	100.00	
1/2"	12.7	0.00	0.00	0.00	100.00	
3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00	
1/4"	6.35	65.80	7.17	7.17	92.83	
No 4	4.76	61.30	6.70	13.88	86.12	
No 8	2.5	46.30	5.06	18.94	81.06	
No 10	2	21.20	2.32	21.26	78.74	
No 16	1.18	28.30	3.09	24.35	75.65	
No 20	0.85	20.30	2.22	26.57	73.43	
No 30	0.6	19.30	2.11	28.68	71.32	
No 40	0.425	16.30	1.78	30.46	69.54	
No 50	0.3	14.20	1.55	32.02	67.98	
No 60	0.25	11.40	1.25	33.26	66.74	
No 80	0.18	10.50	1.15	34.41	65.59	
No 100	0.15	15.30	1.67	36.09	63.91	
No 200	0.074	19.30	2.11	38.20	61.80	
CAZOLETA	0.099	56.2	6.13	100.00	0.00	
TOTAL	914.50	565.2	61.38	100.00	38.62	

Clasificación AASHTO

Material limoso-arenoso
 Pobre a malo como subgrado
 A-4 (1) Suelo limoso

Sistema unificado de clasificación de suelos (S.U.C.S.)

Suelo de partículas finas.
 Arcilla limosa arenosa CL-ML



Eder P. Villanueva
Eder P. Villanueva
 TÉCNICO LABORATORISTA

Leonidas Villanueva Abal
Leonidas Villanueva Abal
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 78839



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO						
CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMA Y DENSIDAD SECA MÁXIMA COMPACTADA						
PROYECTO:	"ALTERNATIVA DE REDUCCION DE COSTOS Y OPERACIÓN EN LA ESTABILIZACION DE CARRETERAS NO PAVIMENTADAS CON ENZIMAS TERRAZyme EN EL DISTRITO DE AMARILIS - 2016"					
UBICACION:	DISTRITO DE AMARILIS					
PROPIETARIO:	HUMBERTO ORTEGA PORTA					
SOLICITA:	UNIVERSIDAD DE HUANUCO - UDH					
CALICATA :	C-1	ESTRATO :			E-2	
PROFUNDIDAD :	1.50 m					
PROGRESIVA	0+000					
FECHA:	ABRIL DEL 2017					
PESO MUESTRA HÚMEDA + MOLDE	gr.	9829.8	10205.2	10378.5	10288.5	10066.2
PESO DEL MOLDE	gr.	6140.00	6140.00	6140.00	6140.00	6140.00
PESO MUESTRA HÚMEDA	gr.	3689.82	4065.22	4238.49	4148.48	3926.25
VOLUMEN DEL MOLDE	cm ³ .	2145.00	2145.00	2145.00	2145.00	2145.00
PESO DE LA MUESTRA SECA	gr.	3402.12	3071.94	3782.76	3646.86	3395.97
DENSIDAD HÚMEDA	gr/cm ³ .	1.72	1.90	1.98	1.93	1.83
N° DE TARA						
DETERMINACION		1	2	3	4	5
		HUMEDAD	HUMEDAD	HUMEDAD	HUMEDAD	HUMEDAD
PESO MUEST. HÚMEDA + TARA	gr.	524.12	484.36	416.31	443.75	480.63
PESO MUESTRA SECA + TARA	gr.	483.25	437.50	371.55	390.10	415.89
PESO DE LA TARA	gr.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
PESO DEL AGUA	gr.	40.87	46.86	44.76	53.66	64.94
PESO MUESTRA SECA	gr.	483.25	437.50	371.55	390.10	415.89
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	8.46	10.71	12.05	13.75	15.61
DENSIDAD SECA	gr/cm ³ .	1.59	1.71	1.76	1.70	1.58

GRAFICO DE DENSIDAD DEL SUELO

Densidad Máxima Seca:	1.764 gr/cm ³ .
Humedad Óptima:	12.17 %
Densidad Máxima húmeda:	1.979 gr/cm ³ .


Eder F. Inbarren Villanueva
 TECNICO LABORATORISTA


Leonidas Villanueva Abal
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 78839

INVERSIONES
EHEC S.C.R.L. PERÚ
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS - ASFALTO - CONCRETO Y
 ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCION

PROYECTO:	"ALTERNATIVA DE REDUCCION DE COSTOS Y OPERACIÓN EN LA ESTABILIZACION DE CARRETERAS NO PAVIMENTADAS CON ENZIMAS TERRAZYME EN EL DISTRITO DE AMARILIS - 2016"		
UBICACION:	DISTRITO DE AMARILIS		
PROPIETARIO:	HUMBERTO ORTEGA PORTA		
SOLICITA:	UNIVERSIDAD DE HUANUCO - UDH		
CALICATA :	C-1	ESTRATO :	E-2
PROFUNDIDAD :	1.50 m		
PROGRESIVA	0+000		
FECHA:	ABRIL DEL 2017		

MOLDE.	4		5		6							
	N. GOLPES. 56		25		12							
CONDICION	SIN SUMERGIR	SUMERGIDO	SIN SUMERGIR	SUMERGIDO	SIN SUMERGIR	SUMERGIDO						
Peso del molde + suelo humedo	10359	10597	10454	10628	9517	9679						
Peso del molde	6096	6096	6227	6227	6339	6339						
Peso del suelo humedo	4263	4501	4227	4401	3178	3340						
Volumen del molde	2120	2120	2113	2113	2113	2113						
Densidad humeda	2.01	2.12	2.08	2.08	1.50	1.58						
Humedad	12.15%		14.53%		16.53%							
Densidad seca	1.767		1.710		1.255							
IDENTIFICACION DE TARA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Peso tara + suelo humedo	135.86	111.56			122.66	160.18			118.21	104.03		
Peso tara + suelo seco	124.41	89.25			108.52	142.58			102.57	91.89		
Peso de la tara	16.35	17.93			21.63	25.67			22.76	19.88		
Peso del agua	11.45	12.31	0.00	0.00	14.14	17.58	0.00	0.00	15.64	12.05	0.00	0.00
Peso de los solidos	112.96	86.94	0.00	0.00	94.38	125.00	0.00	0.00	86.93	79.94	0.00	0.00
Humedad	10.14	14.15			14.98	14.07			17.98	15.07		
Humedad	12.15%		14.53%		16.53%							

FECHA	HORA	TIEMPO	LECTURA DIAL	EXPANSION		LECTURA DIAL	EXPANSION		LECTURA DIAL	EXPANSION	
				m.m.	%		m.m.	%		m.m.	%
17/04/2017	10:30:00	24h	35	35	0.30	47	47	0.40	82	82	0.53
18/04/2017	10:30:00	48h	48	48	0.41	56	56	0.48	78	78	0.67
19/04/2017	10:30:00	72h	59	59	0.51	72	72	0.62	91	91	0.76
20/04/2017	10:30:00	96h	68	68	0.58	89	89	0.76	128	128	1.10

PENETR. PULG.	LECTURA DIAL	MUESTRA N° 01			LECTURA DIAL	MUESTRA N° 02			LECTURA DIAL	MUESTRA N° 03		
		LIBRAS	LibPulg.2			LIBRAS	LibPulg.2			LIBRAS	LibPulg.2	
0.00	0	0.0	0.0	0	0	0.0	0.0	0	0	0.0	0.0	0
0.03	8	25.1	28.4	28.0	7	74.8	24.9	25.0	6	58.9	19.0	19.0
0.05	16	159.5	53.2	53.0	14	142.4	47.5	47.0	12	117.8	39.3	39.0
0.08	22	223.3	74.4	74.0	21	208.4	68.5	69.0	17	173.3	57.8	58.0
0.10	29	287.1	95.7	95.0	26	294.2	98.1	98.0	23	226.2	75.4	75.0
0.13	34	349.2	113.4	113.0	31	311.1	109.7	109.0	27	272.2	90.7	91.0
0.15	39	382.7	127.6	128.0	35	353.7	117.9	118.0	31	314.1	106.7	105.0
0.20	48	479.4	154.5	154.0	42	421.3	140.4	140.0	38	391.9	127.5	127.0
0.30	60	606.0	201.0	202.0	53	551.8	177.6	178.0	48	474.3	154.8	154.0
0.40	71	712.3	237.4	237.0	62	617.8	205.9	206.0	56	557.9	186.0	186.0
0.50	78	786.7	262.2	262.0	68	682.5	227.5	227.0	61	614.7	204.9	205.0


Eder E. Ambarren Villanueva
 TECNICO LABORATORISTA


Leonidas Villanueva
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 78839

INVERSIONES
EHEC S.C.R.L. PERÚ
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS - ASFALTO - CONCRETO Y
 ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCION

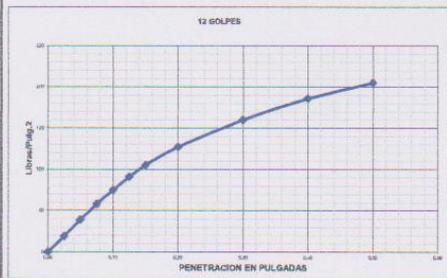
PROYECTO:	"ALTERNATIVA DE REDUCCION DE COSTOS Y OPERACIÓN EN LA ESTABILIZACION DE CARRETERAS NO PAVIMENTADAS CON ENZIMAS TERRAZYME EN EL DISTRITO DE AMARILIS - 2016"	
UBICACION:	DISTRITO DE AMARILIS	
PROPIETARIO:	HUMBERTO ORTEGA PORTA	
SOLICITA:	UNIVERSIDAD DE HUANUCO - UDH	
CALICATA:	C-1	ESTRATO: E-2
PROFUNDIDAD :	1.50 m	
PROGRESIVA	0+000	
FECHA:	ABRIL DEL 2017	



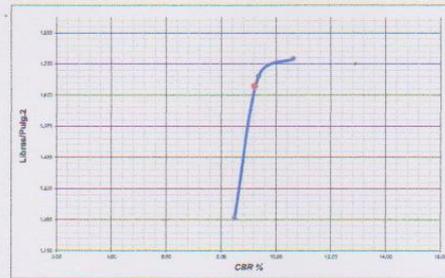
DENSIDAD SECA
 CBR a 0.1 1.707 %
 CBR a 0.2 10.9 %



DENSIDAD SECA
 CBR a 0.1 8.9 %
 CBR a 0.2 8.4 %



DENSIDAD SECA
 CBR a 0.1 1.255 %
 CBR a 0.2 7.5 %



RESULTADOS DEL ENSAYO:	CBR %	DENS
CBR CON 56 GOLPES =	10.63	1.767
CBR CON 25 GOLPES =	9.36	1.710
CBR CON 12 GOLPES =	8.49	1.255
CBR al 100% DE DENS SECA MAX =	10.63	
CBR al 85% DE DENS SECA MAX =	9.23	

E. F. Iribarren Villanueva
Eder F. Iribarren Villanueva
 TECNICO LABORATORISTA

Leonidas Villanueva
Leonidas Villanueva
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 70699



PROYECTO:	"ALTERNATIVA DE REDUCCION DE COSTOS Y OPERACIÓN EN LA ESTABILIZACION DE CARRETERAS NO PAVIMENTADAS CON ENZIMAS TERRAZYME EN EL DISTRITO DE AMARILIS - 2016"		
UBICACION:	DISTRITO DE AMARILIS		
PROPIETARIO:	HUMBERTO ORTEGA PORTA		
SOLICITA:	UNIVERSIDAD DE HUANUCO - UDH		
CALCATA:	C-1	ESTRATO:	E-2
PROFUNDIDAD :	1.50 m		
PROGRESIVA	0+000		
FECHA:	ABRIL DEL 2017		



	56 GOLPES	25 GOLPES	12 GOLPES	CBR DE DISEÑO
DENS. SECA	1.787	DENS. SECA 1.719	DENS. SECA 1.255	CBR al 100% DE DENSIDAD SECA MAX = 10.63
CBR A 0.1"	8.6	CBR A 0.1" 8.8	CBR A 0.1" 7.5	CBR al 95% DE DENSIDAD SECA MAX = 8.23
CBR A 0.2"	10.6	CBR A 0.2" 9.4	CBR A 0.2" 8.5	

Eder F. Imbarren Villanueva
Eder F. Imbarren Villanueva
 TECNICO LABORATORISTA

Leonidas Villanueva
Leonidas Villanueva
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 78639

INVERSIONES
EHEC S.C.R.L. PERÚ
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS - ASFALTO - CONCRETO Y
 ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCIÓN

PROYECTO:	"ALTERNATIVA DE REDUCCION DE COSTOS Y OPERACIÓN EN LA ESTABILIZACION DE CARRETERAS NO PAVIMENTADAS CON ENZIMAS TERRAZYME EN EL DISTRITO DE AMARILIS - 2016"		
UBICACION:	DISTRITO DE AMARILIS		
PROPIETARIO:	HUMBERTO ORTEGA PORTA		
SOLICITA:	UNIVERSIDAD DE HUANUCO - UDH		
CALCATA :	C-1	ESTRATO :	E-2 + 0.027ML DE ADITIVO TERRAZYME
PROFUNDIDAD:	1.50 m		
PROGRESIVA	0+000		
FECHA:	ABRIL DEL 2017		

MOLDE.	10				11				12			
N. GOLPES.	56				25				12			
CONDICION	SIN SUMERGIR		SUMERGIDO		SIN SUMERGIR		SUMERGIDO		SIN SUMERGIR		SUMERGIDO	
Peso del molde + suelo humedo	11905		11994		10463		10649		9190		9298	
Peso del molde	7873		7873		6258		6258		6145		6145	
Peso del suelo humedo	4233		4321		4205		4391		3045		3123	
Volumen del molde	2100		2100		2136		2136		2140		2140	
Densidad humeda	2.02		2.06		1.97		2.06		1.42		1.46	
Humedad	12.19%				13.78%				14.57%			
Densidad seca	1.770				1.697				1.216			
IDENTIFICACION DE TARA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Peso tara + suelo humedo	116.50	127.82			129.24	144.03			124.57	141.54		
Peso tara + suelo seco	103.88	116.38			115.37	128.37			110.31	125.82		
Peso de la tara	19.94	10.73			16.95	15.74			17.62	16.31		
Peso del agua	12.53	11.24	0.00	0.00	13.87	15.66	0.00	0.00	14.26	15.72	0.00	0.00
Peso de los solidos	91.45	105.14	0.00	0.00	101.50	112.71	0.00	0.00	86.05	110.09	0.00	0.00
humedad	13.70	10.69			13.66	13.90			14.85	14.28		
Humedad	12.19%				13.78%				14.57%			

FECHA	HORA	TIEMPO	LECTURA DIAL	EXPANSION		LECTURA DIAL	EXPANSION		LECTURA DIAL	EXPANSION	
				mm.	%		mm.	%		mm.	%
22/04/2017	10:30:00	24h	24	24	0.21	32	32	0.27	41	41	0.35
23/04/2017	10:30:00	48h	27	27	0.23	42	42	0.36	58	58	0.50
24/04/2017	10:30:00	72h	38	36	0.21	52	52	0.45	69	69	0.59
25/04/2017	10:30:00	96h	41	41	0.35	66	66	0.57	71	71	0.81

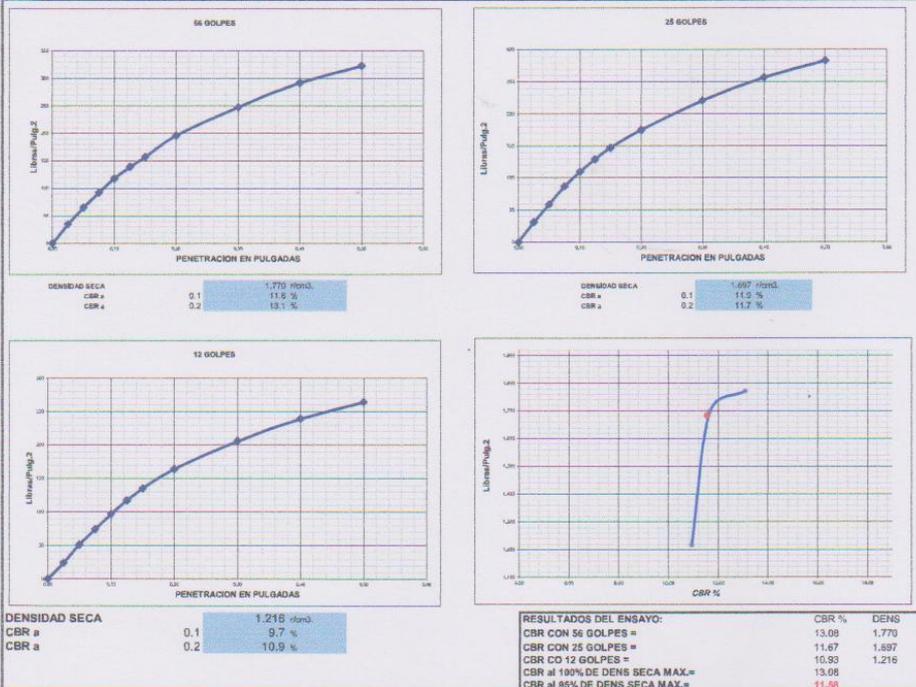
PENETR. PULG.	LECTURA DIAL	MUESTRA N° 01			LECTURA DIAL	MUESTRA N° 02			LECTURA DIAL	MUESTRA N° 03		
		LIBRAS	Lb/Pulg.2.			LIBRAS	Lb/Pulg.2.			LIBRAS	Lb/Pulg.2.	
0.00	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0	0	0.0	0.0	0	
0.03	10	104.8	34.9	35.0	9	93.2	31.1	31.0	7	73.2	24.4	24.0
0.05	20	196.2	65.4	65.0	19	177.3	59.1	59.0	15	151.6	50.5	51.0
0.08	27	274.6	91.5	92.0	26	269.6	86.5	87.0	22	228.1	74.4	74.0
0.10	35	353.1	117.7	118.0	33	320.0	109.7	110.0	29	291.2	97.1	97.0
0.13	42	418.5	139.5	139.0	30	387.5	129.2	129.0	35	350.4	116.8	117.0
0.15	47	470.8	156.9	157.0	44	440.5	146.8	147.0	40	404.4	124.8	125.0
0.20	58	588.5	196.2	196.0	52	524.8	174.9	175.0	49	491.6	163.9	164.0
0.30	74	745.4	245.5	245.0	66	663.6	221.2	221.0	61	617.0	205.7	206.0
0.40	87	876.1	292.0	292.0	77	799.6	266.5	267.0	72	718.2	239.4	239.0
0.50	96	967.7	322.6	323.0	85	850.1	283.4	283.0	79	791.4	263.8	264.0

[Signature]
Eder F. Irribarren Villanueva
 TECNICO LABORATORIST

[Signature]
Leonidas Villanueva Abal
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 78839



PROYECTO:	"ALTERNATIVA DE REDUCCION DE COSTOS Y OPERACIÓN EN LA ESTABILIZACION DE CARRETERAS NO PAVIMENTADAS CON ENZIMAS TERRAZYME EN EL DISTRITO DE AMARILIS - 2016"	
UBICACION:	DISTRITO DE AMARILIS	
PROPIETARIO:	HUMBERTO ORTEGA PORTA	
SOLICITA:	UNIVERSIDAD DE HUANUCO - UDH	
CALICATA:	C-1	ESTRATO: E-2 + 0.027ML DE ADITIVO TERRAZYME
PROFUNDIDAD:	1.50 m	
PROGRESIVA:	0+000	
FECHA:	ABRIL DEL 2017	



[Signature]
 Oscar F. Irribarren Villanueva
 TECNICO LABORATORIS W.

[Signature]
 Leonidas Villanueva Abal
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 78839



PROYECTO:	"ALTERNATIVA DE REDUCCION DE COSTOS Y OPERACIÓN EN LA ESTABILIZACION DE CARRETERAS NO PAVIMENTADAS CON ENZIMAS TERRAZYME EN EL DISTRITO DE AMARILIS - 2016"		
UBICACION:	DISTRITO DE AMARILIS		
PROPIETARIO:	HUMBERTO ORTEGA PORTA		
SOLICITA:	UNIVERSIDAD DE HUANUCO - UDH		
CALICATA:	C-1	ESTRATO:	E-2 + 0.027ML DE ADITIVO TERRAZYME
PROFUNDIDAD:	1.50 m		
PROGRESIVA:	0+000		
FECHA:	ABRIL DEL 2017		



	56 GOLPES	25 GOLPES	12 GOLPES	CBR DE DISEÑO
DENS. SECA	1.770	DENS. SECA 1.897	DENS. SECA 1.216	CBR al 100% DE DENSIDAD SECA MAX =
CBR A 0.1"	11.8	CBR A 0.1" 11.0	CBR A 0.1" 9.7	CBR al 80% DE DENSIDAD SECA MAX =
CBR A 0.2"	13.1	CBR A 0.2" 11.7	CBR A 0.2" 10.9	
				13.08
				11.58

[Signature]
 Eder E. Jacobson Villanueva
 TECNICO LABORATORISTA

[Signature]
 Leonilda Villanueva Abal
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 78839

INVERSIONES
EHEC S.C.R.L. PERÚ
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS - ASFALTO - CONCRETO Y
 ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCION

PROYECTO:	"ALTERNATIVA DE REDUCCION DE COSTOS Y OPERACIÓN EN LA ESTABILIZACION DE CARRETERAS NO PAVIMENTADAS CON ENZIMAS TERRAZYME EN EL DISTRITO DE AMARILIS - 2016"		
UBICACION:	DISTRITO DE AMARILIS		
PROPIETARIO:	HUMBERTO ORTEGA PORTA		
SOLICITA:	UNIVERSIDAD DE HUANUCO - UDH		
CALICATA :	C-1	ESTRATO :	E-2 + 0.054ML DE ADITIVO TERRAZYME
PROFUNDIDAD:	1.50 m		
PROGRESIVA	0+000		
FECHA:	ABRIL DEL 2017		

MOLDE.	16				17				18			
	N. GOLPES.				25				12			
CONDICION	SIN SUMERGIR		SUMERGIDO		SIN SUMERGIR		SUMERGIDO		SIN SUMERGIR		SUMERGIDO	
	Peso del molde + suelo humedo	11911	11973	11716	11895	10843	10953					
Peso del molde	7660	7660	7518	7518	7610	7610						
Peso del suelo humedo	4251	4313	4198	4377	3233	3343						
Volumen del suelo	2120	2120	2120	2120	2123	2123						
Densidad humeda	2.01	2.03	1.98	2.06	1.52	1.57						
Humedad	6.95%				8.99%				10.92%			
Densidad seca	1.866				1.802				1.357			
IDENTIFICACION DE TARA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Peso tara + suelo humedo	108.55	121.22			135.66	135.24			128.97	105.22		
Peso tara + suelo seco	99.68	114.24			126.44	123.86			116.99	96.14		
Peso de la tara	18.56	21.22			17.54	18.45			21.45	18.79		
Peso del agua	6.87	6.98	0.00	0.00	9.22	11.38	0.00	0.00	11.98	9.08	0.00	0.00
Peso de los solidos	92.81	107.27	0.00	0.00	117.22	112.48	0.00	0.00	105.01	87.05	0.00	0.00
humedad	7.40	6.50			7.86	10.12			11.41	10.44		
Promedia de humedad	6.95%				8.99%				10.92%			

FECHA	HORA	TIEMPO	LECTURA DIAL	EXPANSION		LECTURA DIAL	EXPANSION		LECTURA DIAL	EXPANSION	
				mm.	%		mm.	%		mm.	%
22/04/2017	8am-9am	1 hora	16	16	0.14	22	22	0.19	31	31	0.27
23/04/2017	9am-11am	2 horas	21	21	0.18	29	29	0.25	47	47	0.40
24/04/2017	11am-4pm	4 horas	29	29	0.25	36	36	0.31	51	51	0.44
25/04/2017	4pm-11am	19 horas	32	32	0.27	41	41	0.35	60	60	0.52

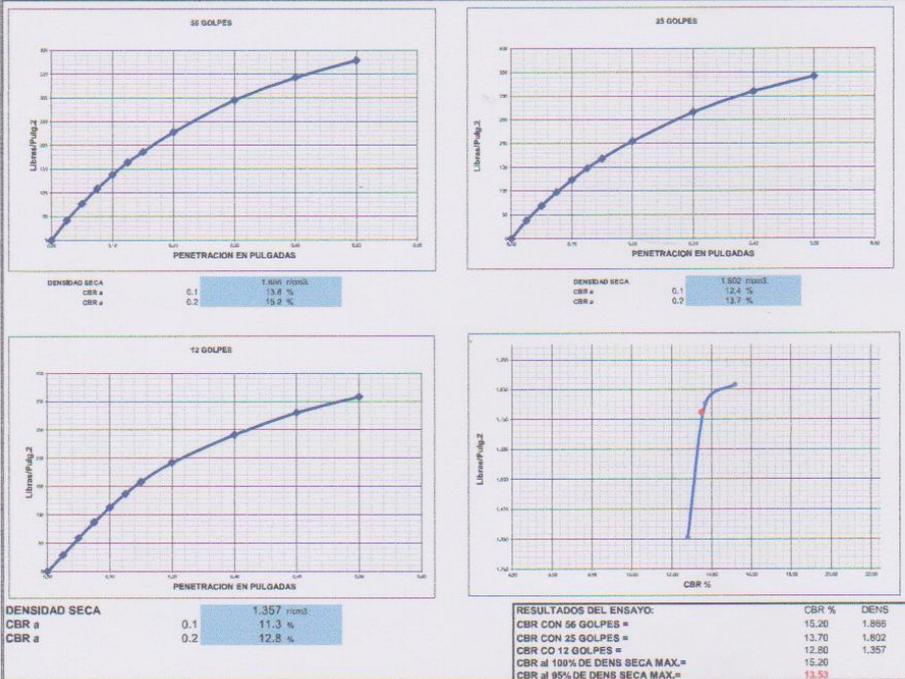
PENETR. PULG.	LECTURA DIAL	MUESTRA N° 01			LECTURA DIAL	MUESTRA N° 02			LECTURA DIAL	MUESTRA N° 03		
		LIBRAS	Lb/Pulg.2.			LIBRAS	Lb/Pulg.2.			LIBRAS	Lb/Pulg.2.	
0.00	0	0.0	0.0	0	0	0.0	0.0	0	0	0.0	0.0	0
0.03	12	125.1	41.7	42.0	11	112.9	37.6	38.0	9	85.6	26.5	29.0
0.05	23	231.0	77.0	77.0	21	208.4	64.5	64.0	18	177.3	50.1	50.0
0.08	33	327.2	109.1	109.0	29	295.2	95.4	95.0	26	260.8	86.9	87.0
0.10	41	413.4	137.8	138.0	37	373.3	124.4	124.0	34	340.4	113.5	113.0
0.13	49	490.8	161.6	164.0	44	443.8	147.6	148.0	41	409.7	136.6	137.0
0.15	56	558.2	186.3	186.0	50	508.6	167.9	168.0	47	472.8	157.6	158.0
0.20	69	663.3	227.8	228.0	61	616.5	205.5	205.0	57	574.0	191.6	192.0
0.30	88	865.4	295.1	295.0	80	796.8	266.3	266.0	72	731.7	246.5	241.0
0.40	103	1029.8	343.3	343.0	93	929.0	309.7	310.0	84	839.6	279.9	280.0
0.50	113	1135.7	378.6	379.0	102	1024.5	341.5	342.0	92	925.3	308.4	308.0

[Signature]
 Idelfonso...
 TECNICO LABORATORISTA

[Signature]
 Leonidas Manueta Ahal
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 78839



PROYECTO:	"ALTERNATIVA DE REDUCCION DE COSTOS Y OPERACIÓN EN LA ESTABILIZACION DE CARRETERAS NO PAVIMENTADAS CON ENZIMAS TERRAZyme EN EL DISTRITO DE AMARILIS - 2016"		
UBICACION:	DISTRITO DE AMARILIS		
PROPIETARIO:	HUMBERTO ORTEGA PORTA		
SOLICITA:	UNIVERSIDAD DE HUANUCO - UDH		
CALICATA:	C-1	ESTRATO:	E-2 + 0.054ML DE ADITIVO TERRAZyme
PROFUNDIDAD:	1.50 m		
PROGRESIVA:	0+000		
FECHA:	ABRIL DEL 2017		

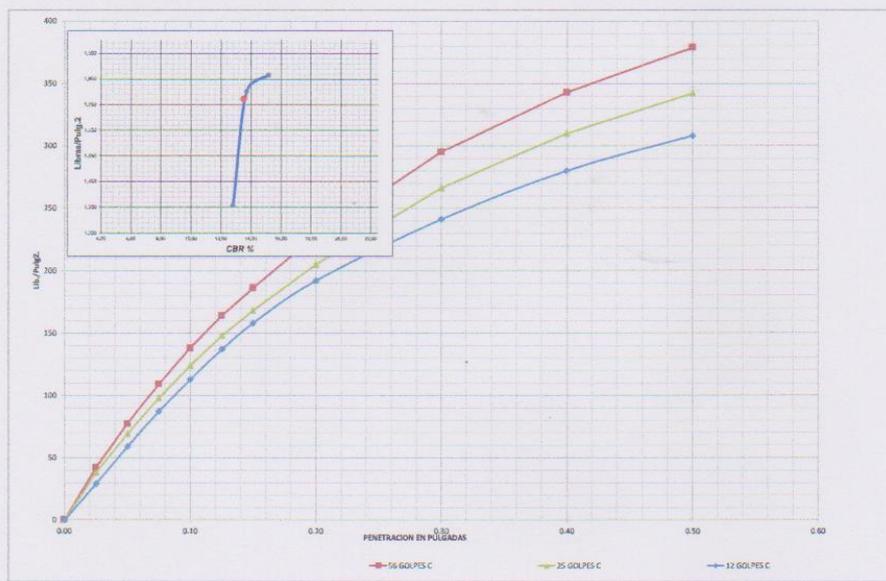


[Signature]
 Leonidas Villanueva Abal
 TECNICO LABORATORISTA

[Signature]
 Leonidas Villanueva Abal
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 78839

INVERSIONES
EHEC S.C.R.L. PERÚ
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS - ASFALTO - CONCRETO Y
 ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCION

PROYECTO:	"ALTERNATIVA DE REDUCCION DE COSTOS Y OPERACIÓN EN LA ESTABILIZACION DE CARRETERAS NO PAVIMENTADAS CON ENZIMAS TERRAZYME EN EL DISTRITO DE AMARILIS - 2016"		
UBICACION:	DISTRITO DE AMARILIS		
PROPIETARIO:	HUMBERTO ORTEGA PORTA		
SOLICITA:	UNIVERSIDAD DE HUANUCO - UDH		
CALICATA:	C-1	ESTRATO:	E-2 + 0.054ML DE ADITIVO TERRAZYME
PROFUNDIDAD:	1.50 m		
PROGRESIVA	0+000		
FECHA:	ABRIL DEL 2017		



	56 GOLFES	25 GOLFES	12 GOLFES	CBR DE DISEÑO
DENS. SECA	1.896	DENS. SECA 1.802	DENS. SECA 1.357	CBR al 100% DE DENSIDAD SECA MAX =
CBR A 0.1"	13.8	CBR A 0.1" 12.4	CBR A 0.1" 11.3	13.20
CBR A 0.2"	15.2	CBR A 0.2" 13.7	CBR A 0.2" 12.8	CBR al 95% DE DENSIDAD SECA MAX =
				13.53

Eder F. Imbarren Villanueva
 Eder F. Imbarren Villanueva
 TÉCNICO LABORATORISTA

Leonidas Villanueva Abal
 Leonidas Villanueva Abal
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 78839



PROYECTO:	"ALTERNATIVA DE REDUCCION DE COSTOS Y OPERACIÓN EN LA ESTABILIZACIÓN DE CARRETERAS NO PAVIMENTADAS CON ENZIMAS TERRAZYME EN EL DISTRITO DE AMARILIS - 2016"				
UBICACION:	DISTRITO DE AMARILIS				
PROPIETARIO:	HUMBERTO ORTEGA PORTA				
SOLICITA:	UNIVERSIDAD DE HUANUCO - UDH				
CALICATA:	C-2	ESTRATOS:	E-1 E-2	NIV. FREÁTICO:	NP
DETALLE:	CALICATA A NIVEL DE SUBRASANTE Y SUELO DE FUNDACION - SUELO NATURAL				
PROFUNDIDAD:	1.50 m			PROGRESIVA:	0+250
FECHA:	ABRIL DEL 2017				

PERFIL ESTRATIGRAFICO

ESPESOR	ESTRATO	CLASIFICACION		SIMBOLO	DESCRIPCION	PANEL FOTOGRAFICO
		SUCS	AASHTO			
0.25 m	E-1	Pt	A-8		Material de cobertura	
1.25 m	E-2	CL-ML	A-4 (2)		Arcilla limosa arenosa	

Eder P. Imbarren Villanueva
 TECNICO LABORATORISTA

Leonidas Villanueva
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 78839



PROYECTO:	"ALTERNATIVA DE REDUCCION DE COSTOS Y OPERACIÓN EN LA ESTABILIZACION DE CARRETERAS NO PAVIMENTADAS CON ENZIMAS TERRAZYME EN EL DISTRITO DE AMARILIS - 2016"		
UBICACION:	DISTRITO DE AMARILIS		
PROPIETARIO:	HUMBERTO ORTEGA PORTA		
SOLICITA:	UNIVERSIDAD DE HUANUCO - UDH		
CALICATA:	C-2	PROGRESIVA:	0+250
ESTRATO:	E-2	ESPESOR DEL ESTRATO:	1.25 m
DETALLE:	CALICATA A NIVEL DE SUBRASANTE Y SUELO DE FUNDACION - SUELO NATURAL		
FECHA:	ABRIL DEL 2017		

LIMITES DE CONSISTENCIA ASTM D - 423

N° DE GOLPES	36	24	12
Suelo Húmedo + Tarro	32.79	27.10	29.44
Suelo seco + Tarro	28.21	23.74	25.32
Peso de Tarro	13.32	13.23	13.24
Peso del Agua	4.58	3.36	4.12
Peso de Suelo Seco	14.89	10.51	12.08
HUMEDAD %	30.77	31.95	34.14

LIMITES DE CONSISTENCIA ASTM - 424

MUESTRA	01	02
Suelo Húmedo + Tarro	18.04	18.75
Suelo seco + Tarro	16.95	17.55
Peso de Tarro	12.91	13.16
Peso del Agua	1.09	1.20
Peso de Suelo Seco	4.04	4.40
HUMEDAD %	27.10	27.23

DETALLE	RESULTADOS	
Limite liquido LL	31.87	%
Limite plastico LP	27.16	%
Indice plasticidad IP	4.70	%

CURVA DE FLUIDEZ

Eder B. Imbarren Villanueva
 TECNICO LABORATORISTA

Leonidas Villanueva Abal
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 78839

INVERSIONES
EHEC S.C.R.L PERÚ
ESTUDIO DE SUELOS, ASFALTO Y ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCION - ESTUDIOS GEOLOGICOS

PROYECTO:	"ALTERNATIVA DE REDUCCION DE COSTOS Y OPERACIÓN EN LA ESTABILIZACION DE CARRETERAS NO PAVIMENTADAS CON ENZIMAS TERRAZYME EN EL DISTRITO DE AMARILIS - 2016"				
UBICACION:	DISTRITO DE AMARILIS				
PROPIETARIO:	HUMBERTO ORTEGA PORTA				
SOLICITA:	UNIVERSIDAD DE HUANUCO - UDH				
CALICATA :	C-2	ESTRATO:	E-2	PROGRESIVA:	0+250
				ESPESOR DEL ESTRATO:	1.25 m
DETALLE:	CALICATA A NIVEL DE SUBRASANTE Y SUELO DE FUNDACION - SUELO NATURAL				
FECHA:	ABRIL DEL 2017				

PESO INICIAL:	811.60 Gr.	% DE HUMEDAD :	10.62%	MUESTRA HUMEDA INICIAL:	814.60 Gr.
FRACCION:	811.60 Gr.			MUESTRA SECA INICIAL:	465.20 Gr.

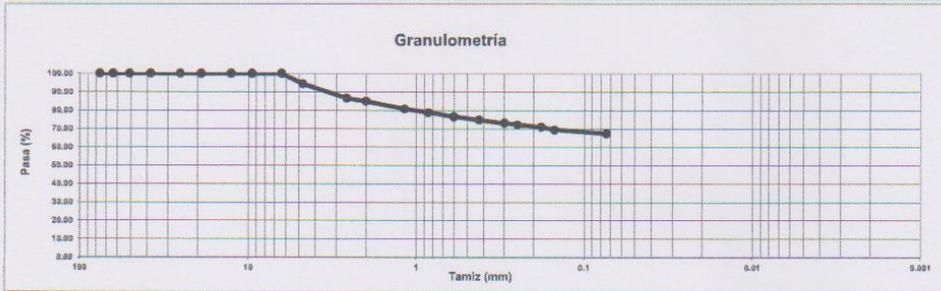
TAMIZ N°	DIÁMETRO (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	DETALLES Y DESCRIPCION
3"	76.2	0.00	0.00	0.00	100.00	Material granular equivalente a: 32.58% Observaciones :
2 1/2"	63.5	0.00	0.00	0.00	100.00	
2"	50.8	0.00	0.00	0.00	100.00	
1 1/2"	38.1	0.00	0.00	0.00	100.00	
1"	25.4	0.00	0.00	0.00	100.00	
3/4"	19.05	0.00	0.00	0.00	100.00	
1/2"	12.7	0.00	0.00	0.00	100.00	
3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00	
1/4"	6.35	0.00	0.00	0.00	100.00	
No 4	4.76	45.30	5.58	5.58	94.42	
No 6	2.6	63.90	7.87	13.45	86.55	
No 10	2	12.60	1.55	15.01	84.99	
No 16	1.18	33.60	4.14	19.15	80.85	
No 20	0.85	16.60	2.05	21.19	78.81	
No 30	0.6	17.50	2.16	23.35	76.65	
No 40	0.425	14.50	1.79	25.14	74.86	
No 60	0.3	13.60	1.68	26.81	73.19	
No 80	0.25	8.60	1.06	27.87	72.13	
No 100	0.18	9.30	1.15	29.02	70.98	
No 200	0.15	12.50	1.54	30.56	69.44	
No 200	0.074	15.40	2.02	32.58	67.42	
CAZOLETA	0.094	547.2	67.42	100.00	0.00	Modulo de finesa (MF)
TOTAL	0.094	547.2	67.42	100.00	0.00	Limite liquido LL
		811.6	100.00			Limite plastico LP
						Indice plasticidad IP
						Pasa tamiz N° 4 (5mm):
						Pasa tamiz N° 200 (0,080 mm):
						D60:
						D30:
						D10 (diámetro efectivo):
						Coefficiente de uniformidad (Cu):
						Grado de curvatura (Cc):

Clasificación AASHTO

Material limoso-arenoso
Pobre a malo como subgrado
A-4 (2) Suelo limoso

Sistema unificado de clasificación de suelos (S.U.C.S.)

Suelo de partículas finas.
Arcilla limosa arenosa CL-ML



Eder F. Imbarren Villanueva
Eder F. Imbarren Villanueva
TECNICO LABORATORISTA

Leonidas Villanueva Abal
Leonidas Villanueva Abal
INGENIERO CIVIL
CIP: 78839



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO
CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMA Y DENSIDAD SECA MÁXIMA COMPACTADA

PROYECTO:	"ALTERNATIVA DE REDUCCION DE COSTOS Y OPERACIÓN EN LA ESTABILIZACION DE CARRETERAS NO PAVIMENTADAS CON ENZIMAS TERRAZYME EN EL DISTRITO DE AMARILIS - 2016"				
UBICACION:	DISTRITO DE AMARILIS				
PROPIETARIO:	HUMBERTO ORTEGA PORTA				
SOLICITA:	UNIVERSIDAD DE HUANUCO - UDH				
CALICATA :	C-2	ESTRATO :			E-2
PROFUNDIDAD :	1.50 m				
PROGRESIVA	0+250				
FECHA:	ABRIL DEL 2017				

PESO MUESTRA HÚMEDA + MOLDE	gr.	9085.27	9522.42	10185.12	9859.79	9375.60
PESO DEL MOLDE	gr.	6140.00	6140.00	6140.00	6140.00	6140.00
PESO MUESTRA HÚMEDA	gr.	2945.27	3382.42	4045.12	3719.79	3235.60
VOLUMEN DEL MOLDE	cm ³ .	2145.00	2145.00	2145.00	2145.00	2145.00
PESO DE LA MUESTRA SECA	gr	2750.31	3109.18	3647.58	3265.39	2791.46
DENSIDAD HÚMEDA	gr/cm ³ .	1.37	1.56	1.89	1.73	1.51
N° DE TARA		1	2	3	4	5
DETERMINACION		HUMEDAD	HUMEDAD	HUMEDAD	HUMEDAD	HUMEDAD
PESO MUEST. HÚMEDA + TARA	gr.	526.92	511.54	525.53	528.92	543.75
PESO MUESTRA SECA + TARA	gr.	491.95	470.21	473.88	463.52	469.11
PESO DE LA TARA	gr.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
PESO DEL AGUA	gr.	34.97	41.32	51.65	64.50	74.64
PESO MUESTRA SECA	gr.	491.95	470.21	473.88	463.52	469.11
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	7.09	8.79	10.90	13.92	15.91
DENSIDAD SECA	gr/cm ³ .	1.28	1.45	1.70	1.52	1.30

GRAFICO DE DENSIDAD DEL SUELO

Densidad Máxima Seca:	1.722 gr/cm ³ .
Humedad Óptima:	11.65 %
Densidad Máxima húmeda:	1.923 gr/cm ³ .

Eder F. Imbarren Villanueva
 TECNICO LABORATORISTA

Leonilda Y. Manuella Abal
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 78839

INVERSIONES
EHEC S.C.R.L. PERÚ
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS - ASFALTO - CONCRETO Y
 ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCION

PROYECTO:	"ALTERNATIVA DE REDUCCION DE COSTOS Y OPERACIÓN EN LA ESTABILIZACION DE CARRETERAS NO PAVIMENTADAS CON ENZIMAS TERRAZyme EN EL DISTRITO DE AMARILIS - 2016"		
UBICACION:	DISTRITO DE AMARILIS		
PROPIETARIO:	HUMBERTO ORTEGA PORTA		
SOLICITA:	UNIVERSIDAD DE HUANUCO - UDH		
CALICATA :	C-2	ESTRATO :	E-2
PROFUNDIDAD :	1.50 m		
PROGRESIVA	0+250		
FECHA:	ABRIL DEL 2017		

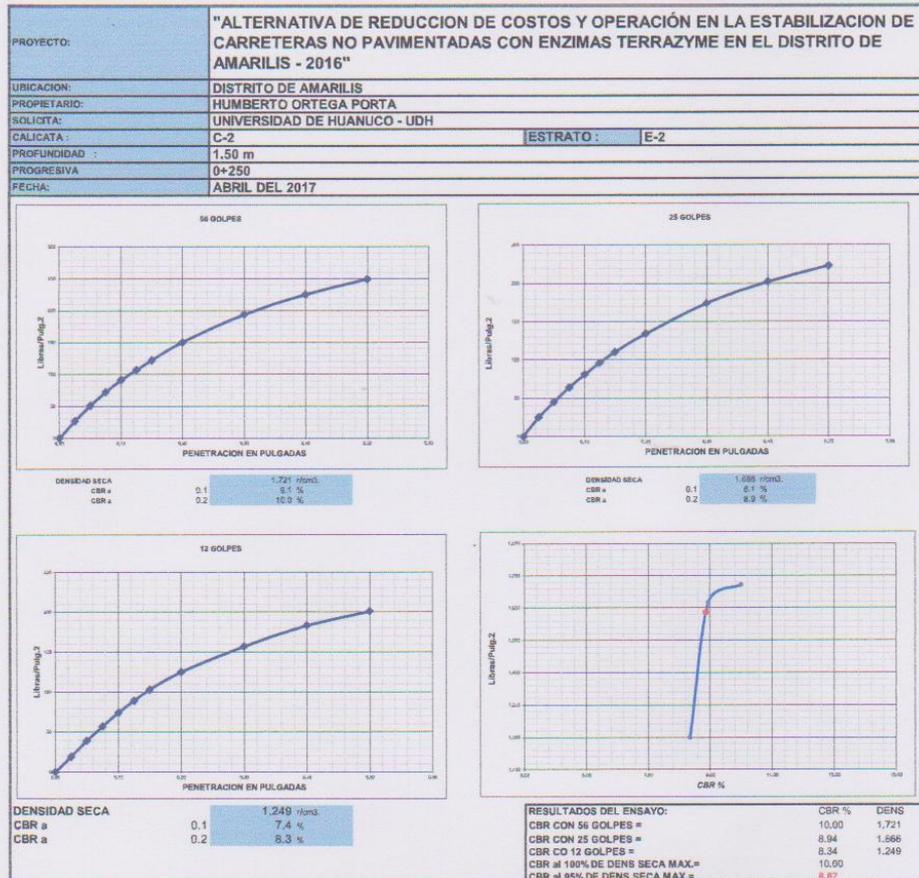
MOLDE.	13				14				15			
	56				25				12			
N. GOLPES.												
CONDICION	SIN SUMERGIR		SUMERGIDO		SIN SUMERGIR		SUMERGIDO		SIN SUMERGIR		SUMERGIDO	
Peso del molde + suelo humedo	11901		12013		11853		11967		10900		11015	
Peso del molde	7782		7782		7758		7759		7753		7753	
Peso del suelo humedo	4139		4251		4094		4208		3147		3262	
Volumen del suelo	2124		2124		2120		2120		2130		2130	
Densidad humeda	1.95		2.00		1.93		1.98		1.48		1.53	
Humedad	11.58%				13.72%				15.49%			
Densidad seca	1.731				1.666				1.244			
IDENTIFICACION DE TARA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Peso tara + suelo humedo	111.02	121.15			132.13	115.34			133.83	119.50		
Peso tara + suelo seco	101.00	109.15			118.66	102.27			119.00	104.51		
Peso de la tara	18.22	18.58			21.22	17.25			18.55	19.27		
Peso del agua	10.02	12.00	0.00	0.00	13.47	13.06	0.00	0.00	14.83	14.99	0.00	0.00
Peso de los solidos	80.99	87.15	0.00	0.00	105.19	89.21	0.00	0.00	104.18	89.52	0.00	0.00
humedad	11.01	12.35			12.80	14.54			14.23	16.74		
Promedio de humedad	11.66%				13.72%				15.49%			

FECHA	HORA	TIEMPO	LECTURA DIAL	EXPANSION		LECTURA DIAL	EXPANSION		LECTURA DIAL	EXPANSION	
				m.m.	%		m.m.	%		m.m.	%
17/04/2017	8am-9am	1 hora	42	42	0.35	64	64	0.55	77	77	0.66
18/04/2017	8am-11am	2 horas	55	55	0.47	79	79	0.68	93	93	0.80
19/04/2017	11am-4pm	4 horas	63	63	0.54	98	98	0.84	115	115	0.99
20/04/2017	4pm-11am	19 horas	82	82	0.70	105	105	0.90	139	139	1.19

PENETR. PULO.	LECTURA DIAL	MUESTRA N° 01			LECTURA DIAL	MUESTRA N° 02			LECTURA DIAL	MUESTRA N° 03		
		LIBRAS	Lib/Pulg.2.			LIBRAS	Lib/Pulg.2.			LIBRAS	Lib/Pulg.2.	
0.00	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0	0	0.0	0.0	0	
0.03	8	83.3	37.4	27.0	7	73.7	25.6	25.0	6	55.9	18.6	19.0
0.05	15	151.7	50.5	51.0	14	136.0	45.3	45.0	12	115.8	38.6	39.0
0.08	21	214.9	71.5	72.0	19	192.5	64.2	64.0	17	170.3	55.8	57.0
0.10	27	271.8	90.5	91.0	24	243.5	81.2	81.0	22	222.2	71.1	72.0
0.13	32	322.3	107.4	107.0	29	288.9	96.3	96.0	27	267.5	89.2	89.0
0.15	37	366.6	122.2	122.0	33	328.5	109.5	110.0	31	308.7	102.9	103.0
0.20	45	448.7	149.6	150.0	40	402.2	134.1	134.0	37	375.5	125.1	125.0
0.30	58	581.4	188.8	190.0	52	531.2	175.7	174.0	47	471.2	153.1	152.0
0.40	67	676.5	225.4	225.0	60	606.2	205.1	202.0	55	518.5	165.8	163.0
0.50	74	745.8	248.6	249.0	67	668.5	222.8	223.0	60	604.1	201.4	201.0

Eder P. Imbarren Villanueva
Eder P. Imbarren Villanueva
 TECNICO LABORATORISTA

Leonida Villanueva Abal
Leonida Villanueva Abal
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 78839

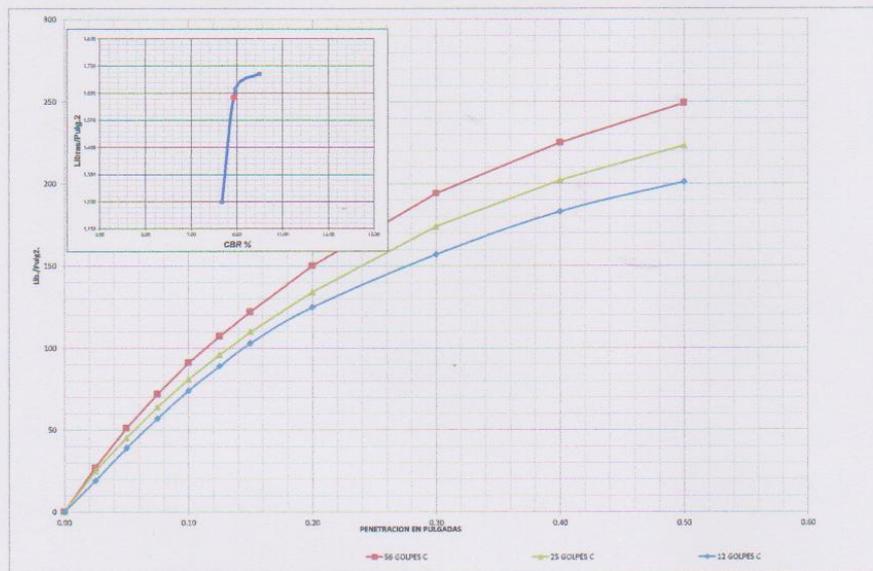


Eker F. Imbabren Villanueva
 TECNICO LABORATORISTA

Leonidas Villanueva Abal
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 78839



PROYECTO:	"ALTERNATIVA DE REDUCCION DE COSTOS Y OPERACIÓN EN LA ESTABILIZACION DE CARRETERAS NO PAVIMENTADAS CON ENZIMAS TERRAZYME EN EL DISTRITO DE AMARILIS - 2016"		
UBICACION:	DISTRITO DE AMARILIS		
PROPIETARIO:	HUMBERTO ORTEGA PORTA		
SOLICITA:	UNIVERSIDAD DE HUANUCO - UDH		
CALICATA:	C-2	ESTRATO:	E-2
PROFUNDIDAD:	1.50 m		
PROGRESIVA:	0+250		
FECHA:	ABRIL DEL 2017		



56 GOLPES		25 GOLPES		12 GOLPES		CBR DE DISEÑO	
DENS. SECA	1.721	DENS. SECA	1.669	DENS. SECA	1.249	CBR al 100% DE DENSIDAD SECA MAX. =	10.00
CBR A 0.1"	9.1	CBR A 0.1"	8.1	CBR A 0.1"	7.4	CBR al 95% DE DENSIDAD SECA MAX. =	8.87
CBR A 0.2"	10.0	CBR A 0.2"	8.9	CBR A 0.2"	8.3		

Eder F. Imbabara Villanueva
Eder F. Imbabara Villanueva
 TÉCNICO LABORATORISTA

Leonidas Villanueva Abal
Leonidas Villanueva Abal
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 78839

INVERSIONES
EHEC S.C.R.L. PERÚ
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS - ASFALTO - CONCRETO Y
 ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCION

PROYECTO:	"ALTERNATIVA DE REDUCCION DE COSTOS Y OPERACIÓN EN LA ESTABILIZACION DE CARRETERAS NO PAVIMENTADAS CON ENZIMAS TERRAZyme EN EL DISTRITO DE AMARILIS - 2016"		
UBICACION:	DISTRITO DE AMARILIS		
PROPIETARIO:	HUMBERTO ORTEGA PORTA		
SOLICITA:	UNIVERSIDAD DE HUANUCO - UDH		
CALICATA:	C-2	ESTRATO:	E-2 + 0.027ML DE ADITIVO TERRAZyme
PROFUNDIDAD:	1.50 m		
PROGRESIVA	0+250		
FECHA:	ABRIL DEL 2017		

MOLDE.	4				5				6			
	56		25		12		56		25		12	
N. GOLPES.	56		25		12		56		25		12	
CONDICION	SIN SUMERGIR		SUMERGIDO		SIN SUMERGIR		SUMERGIDO		SIN SUMERGIR		SUMERGIDO	
Peso del molde + suelo humedo	10223	10462	10337	10503	8524	8686	8096	8086	6227	6338	6338	6338
Peso del molde	4127	4355	4110	4275	3185	3347	2120	2120	2113	2113	2113	2113
Peso del suelo humedo	1.85	2.06	1.95	2.02	1.51	1.58						
Volumen del molde	11.70%				13.89%				15.39%			
Densidad humeda	1.719				1.675				1.275			
Densidad seca	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
IDENTIFICACION DE TARA	139.51	115.83			127.89	158.63			117.85	104.79		
Peso tara + suelo humedo	128.31	103.28			113.13	142.28			102.46	83.91		
Peso tara + suelo seco	20.68	20.17			23.35	27.55			25.26	22.18		
Peso de la tara	11.20	12.55	0.00	0.00	14.55	16.36	0.00	0.00	15.40	10.88	0.00	0.00
Peso del agua	117.11	80.73	0.00	0.00	88.57	125.95	0.00	0.00	87.06	63.03	0.00	0.00
Peso de los solidos	9.57	13.83			14.77	13.00			17.69	13.10		
humedad	11.70%				13.89%				15.39%			
Humedad	1.719				1.675				1.275			

FECHA	HORA	TIEMPO	LECTURA DIAL	EXPANSION		LECTURA DIAL	EXPANSION		LECTURA DIAL	EXPANSION	
				m.m.	%		m.m.	%		m.m.	%
22/04/2017	10:30:00	24h	29	29	0.25	33	33	0.28	42	42	0.36
23/04/2017	10:30:00	48h	36	36	0.31	42	42	0.35	51	51	0.44
24/04/2017	10:30:00	72h	49	49	0.42	55	55	0.47	57	57	0.49
25/04/2017	10:30:00	96h	58	58	0.50	66	66	0.57	75	75	0.64

PENETR. PULG.	LECTURA DIAL	MUESTRA Nº 01			LECTURA DIAL	MUESTRA Nº 02			LECTURA DIAL	MUESTRA Nº 03		
		LIBRAS	Lb/Pulg.2			LIBRAS	Lb/Pulg.2			LIBRAS	Lb/Pulg.2	
0.00	0	0.0	0.0	0	0	0.0	0.0	0	0	0.0	0.0	0
0.03	11	104.7	36.6	37.0	9	92.7	30.9	31.0	7	67.4	22.5	22.0
0.05	29	205.8	68.6	69.0	18	176.4	58.8	59.0	14	139.5	46.5	47.0
0.08	29	286.1	96.0	96.0	26	258.2	86.1	86.0	20	205.3	68.1	68.0
0.10	37	370.4	123.5	123.0	33	327.4	109.1	109.0	27	267.9	89.3	89.0
0.13	44	439.0	146.3	146.0	38	385.5	128.5	129.0	32	322.5	107.5	107.0
0.15	49	493.8	164.5	165.0	44	438.2	146.1	146.0	37	372.1	124.0	124.0
0.20	61	617.3	205.8	206.0	52	521.9	174.0	174.0	45	452.4	150.8	151.0
0.30	78	781.9	260.6	261.0	66	660.2	220.1	220.0	57	567.8	189.3	189.0
0.40	92	918.1	308.4	309.0	75	755.0	255.1	255.0	62	620.9	220.3	220.0
0.50	101	1015.1	338.4	338.0	84	845.7	281.9	282.0	73	728.3	242.4	243.0

Eder P. Villanueva
 Eder P. Villanueva
 TECNICO LABORATORISTA

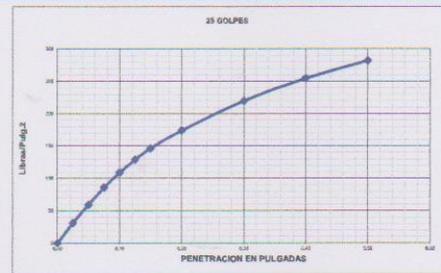
Leonidas Villanueva
 Leonidas Villanueva
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 78839


INVERSIONES
EHEC S.C.R.L. PERÚ
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS - ASFALTO - CONCRETO Y
 ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCION

PROYECTO:	"ALTERNATIVA DE REDUCCION DE COSTOS Y OPERACIÓN EN LA ESTABILIZACION DE CARRETERAS NO PAVIMENTADAS CON ENZIMAS TERRAZYME EN EL DISTRITO DE AMARILIS - 2016"		
UBICACION:	DISTRITO DE AMARILIS		
PROPIETARIO:	HUMBERTO ORTEGA PORTA		
SOLICITA:	UNIVERSIDAD DE HUANUCO - UDH		
CALICATA:	C-2	ESTRATO :	E-2 + 0.027ML DE ADITIVO TERRAZYME
PROFUNDIDAD:	1.50 m		
PROGRESIVA	0+250		
FECHA:	ABRIL DEL 2017		



DENSIDAD SECA	1.719 t/m ³
CBR a	12.3 %
CBR b	13.7 %



DENSIDAD SECA	1.675 t/m ³
CBR a	10.9 %
CBR b	11.6 %



DENSIDAD SECA	1.275 t/m ³
CBR a	8.9 %
CBR b	10.1 %



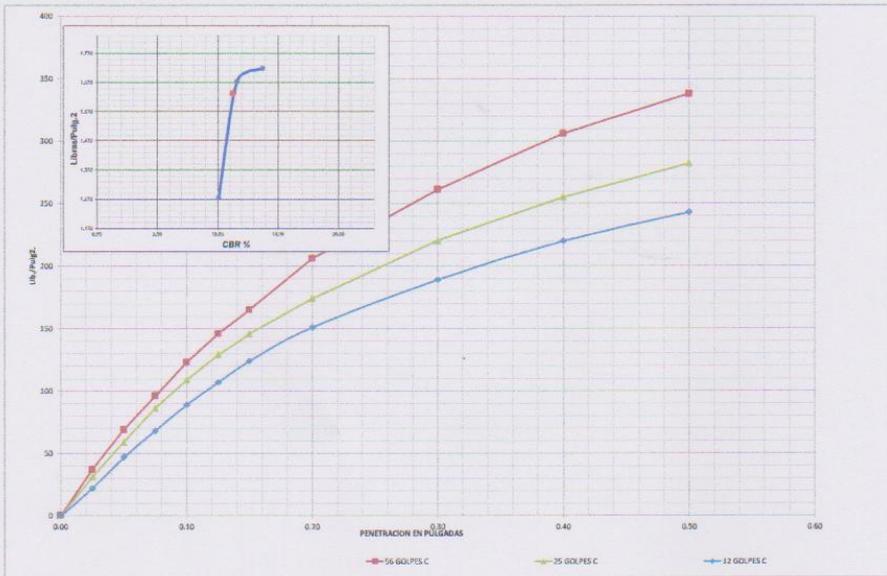
RESULTADOS DEL ENSAYO:	CBR %	DENS
CBR CON 56 GOLPES =	13.73	1.719
CBR CON 25 GOLPES =	11.60	1.675
CBR CO 12 GOLPES =	10.07	1.275
CBR al 100% DE DENS SECA MAX.=	13.73	
CBR al 95% DE DENS SECA MAX.=	11.27	


 Eder E. Villanueva
 TECNICO LABORATORIO


 Leonilda Villanueva Abal
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 78839


INVERSIONES
EHEC S.C.R.L. PERÚ
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS - ASFALTO - CONCRETO Y
 ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCION

PROYECTO:	"ALTERNATIVA DE REDUCCION DE COSTOS Y OPERACIÓN EN LA ESTABILIZACION DE CARRETERAS NO PAVIMENTADAS CON ENZIMAS TERRAZYME EN EL DISTRITO DE AMARILIS - 2016"		
UBICACION:	DISTRITO DE AMARILIS		
PROPIETARIO:	HUMBERTO ORTEGA PORTA		
SOLICITA:	UNIVERSIDAD DE HUANOUCO - UDH		
CALICATA:	C-2	ESTRATO:	E-2 + 0.027ML DE ADITIVO TERRAZYME
PROFUNDIDAD:	1.50 m		
PROGRESIVA:	0+250		
FECHA:	ABRIL DEL 2017		



	56 GOLFES	25 GOLFES	12 GOLFES	CBR DE DISEÑO
DENS. SECA	1.719	1.675	1.275	CBR al 100% DE DENSIDAD SECA MAX =
CBR A 0.1"	12.3	10.9	8.9	CBR al 95% DE DENSIDAD SECA MAX =
CBR A 0.2"	13.7	11.6	10.1	


Eder F. Imbarren Villanueva
 TECNICO LABORATORISTA


Leonilda Villanueva Abal
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 78839

INVERSIONES
EHEC S.C.R.L. PERÚ
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS - ASFALTO - CONCRETO Y
 ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCION

PROYECTO:	"ALTERNATIVA DE REDUCCION DE COSTOS Y OPERACIÓN EN LA ESTABILIZACION DE CARRETERAS NO PAVIMENTADAS CON ENZIMAS TERRAZyme EN EL DISTRITO DE AMARILIS - 2016"		
UBICACION:	DISTRITO DE AMARILIS		
PROPIETARIO:	HUMBERTO ORTEGA PORTA		
SOLICITA:	UNIVERSIDAD DE HUANUCO - UDH		
CALICATA:	C-2	ESTRATO:	E-2 + 0.054ML DE ADITIVO TERRAZyme
PROFUNDIDAD:	1.50 m		
PROGRESIVA:	0+250		
FECHA:	ABRIL DEL 2017		

MOLDE:	22				23				24			
N. GOLPES.	56				25				12			
CONDICION	SIN SUMERGIR		SUMERGIDO		SIN SUMERGIR		SUMERGIDO		SIN SUMERGIR		SUMERGIDO	
Peso del molde + suelo humedo	10999		11076		10910		11068		9594		9927	
Peso del molde	7022		7022		6771		6771		6432		6432	
Peso del suelo humedo	3977		4054		4139		4297		3262		3495	
Volumen del suelo	2031		2031		2162		2162		2104		2104	
Densidad humeda	1.96		2.00		1.91		1.99		1.55		1.66	
Humedad	11.65%				12.10%				13.68%			
Densidad seca	1.730				1.683				1.338			
IDENTIFICACION DE TARA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Peso tara + suelo humedo	111.49	126.24			145.80	121.20			126.68	140.50		
Peso tara + suelo seco	98.30	117.72			136.18	106.09			110.49	126.60		
Peso de la tara	21.02	18.40			22.02	19.11			17.67	20.21		
Peso del agua	13.18	8.52	0.00	0.00	9.62	15.11	0.00	0.00	16.19	11.90	0.00	0.00
Peso de los solidos	85.12	109.19	0.00	0.00	126.56	96.98	0.00	0.00	94.28	116.70	0.00	0.00
Humedad	15.49	7.81			7.60	16.61			17.17	10.20		
Promedio de humedad	11.65%				12.10%				13.68%			

FECHA	HORA	TIEMPO	LECTURA DIAL	EXPANSION		LECTURA DIAL	EXPANSION		LECTURA DIAL	EXPANSION	
				m.m.	%		m.m.	%		m.m.	%
22/04/2017	8am-9am	1 hora	13	13	0.11	24	24	0.21	32	32	0.27
23/04/2017	8am-11am	2 horas	16	18	0.14	29	29	0.25	40	40	0.34
24/04/2017	11am-4pm	4 horas	19	19	0.18	35	35	0.30	49	49	0.42
25/04/2017	4pm-11am	19 horas	21	21	0.18	44	44	0.38	55	55	0.47

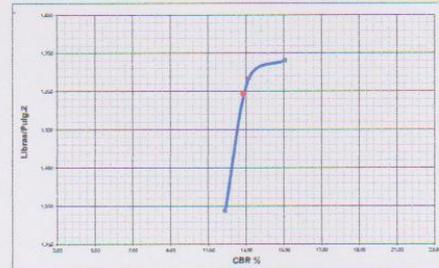
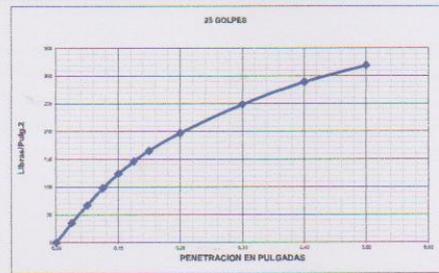
PENETR. PULG.	LECTURA DIAL	MUESTRA N° 81			LECTURA DIAL	MUESTRA N° 92			LECTURA DIAL	MUESTRA N° 93		
		LIBRAS	Lb/Pulg.2			LIBRAS	Lb/Pulg.2			LIBRAS	Lb/Pulg.2	
0.00	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0	0	0.0	0.0	0	
0.03	12	124.3	41.4	41.0	19	105.1	33.9	35.0	8	79.6	26.5	27.0
0.05	23	229.5	76.8	77.0	20	193.8	60.6	67.0	16	165.0	55.0	55.0
0.08	32	325.2	108.4	108.0	29	293.6	97.5	95.0	24	242.6	80.9	81.0
0.10	41	411.3	137.1	137.0	37	370.8	123.6	124.0	32	316.7	105.5	106.0
0.13	49	487.8	162.6	163.0	43	436.7	145.5	146.0	38	381.2	127.1	127.0
0.15	55	554.7	184.9	185.0	49	496.5	165.5	165.0	44	439.8	146.5	147.0
0.20	68	679.1	226.4	226.0	59	591.3	197.1	197.0	53	534.8	176.3	176.0
0.30	88	879.9	293.3	293.0	74	747.9	249.3	249.0	67	671.4	233.8	234.0
0.40	102	1023.4	341.1	341.0	86	867.4	280.1	280.0	79	781.3	260.4	260.0
0.50	112	1128.0	376.2	376.0	95	957.6	319.3	319.0	86	866.9	287.0	287.0


Eder B. Villanueva
 TECNICO LABORATORISTA


Leonida Villanueva Abal
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 78839

INVERSIONES
EHEC S.C.R.L. PERÚ
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS - ASFALTO - CONCRETO Y
 ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCION

PROYECTO:	"ALTERNATIVA DE REDUCCION DE COSTOS Y OPERACIÓN EN LA ESTABILIZACION DE CARRETERAS NO PAVIMENTADAS CON ENZIMAS TERRAZYME EN EL DISTRITO DE AMARILIS - 2016"		
UBICACION:	DISTRITO DE AMARILIS		
PROPIETARIO:	HUMBERTO ORTEGA PORTA		
SOLICITA:	UNIVERSIDAD DE HUANUCO - UDH		
CALICATA:	C-2	ESTRATO:	E-2 + 0.054ML DE ADITIVO TERRAZYME
PROFUNDIDAD:	1.50 m		
PROGRESIVA:	0+250		
FECHA:	ABRIL DEL 2017		



DENSIDAD SECA		1.730 g/cm³
CBR #	0.1	13.7 %
CBR #	0.2	15.1 %

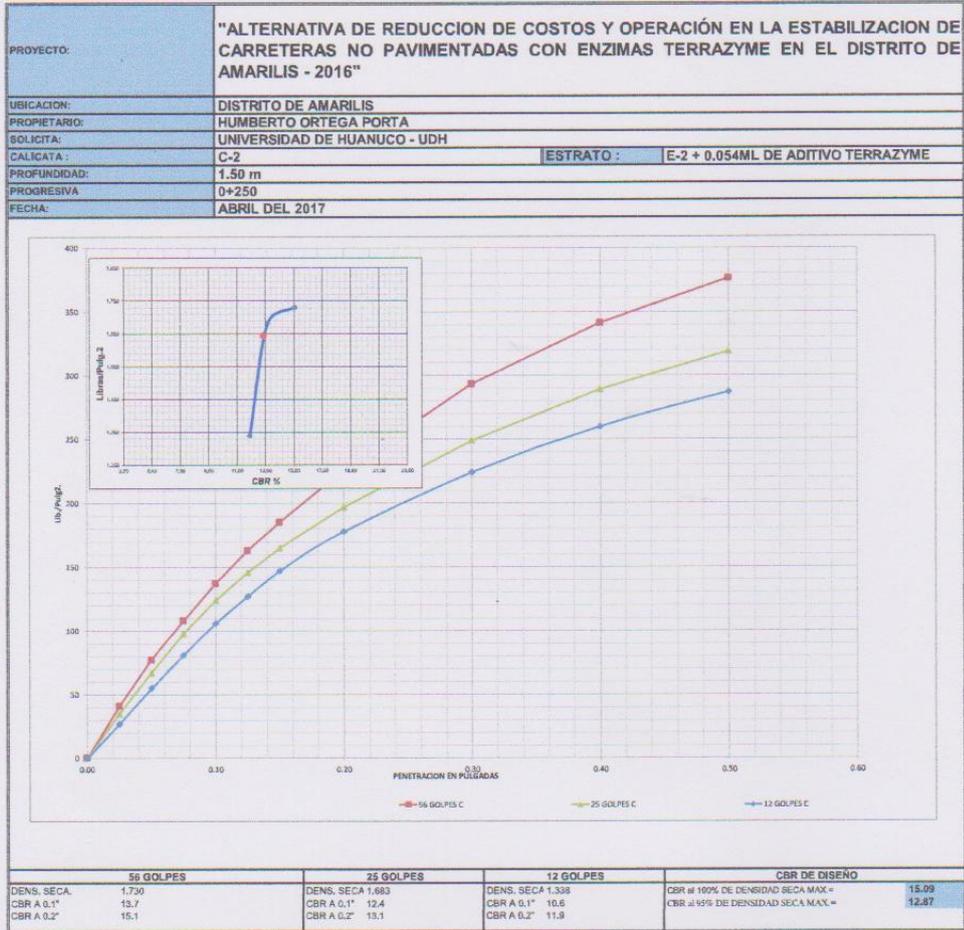
DENSIDAD SECA		1.383 g/cm³
CBR #	0.1	10.6 %
CBR #	0.2	11.9 %

RESULTADOS DEL ENSAYO:	CBR %	DENS
CBR CON 56 GOLPES =	15.09	1.730
CBR CON 25 GOLPES =	13.14	1.683
CBR CO 12 GOLPES =	11.89	1.338
CBR al 100% DE DENS SECA MAX.=	15.09	
CBR al 95% DE DENS SECA MAX.=	12.97	

Eder F. Imbarren Villanueva
Eder F. Imbarren Villanueva
 TÉCNICO LABORATORISTA

Leonilda Zaldívar Abal
Leonilda Zaldívar Abal
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 78839

INVERSIONES
EHEC S.C.R.L. PERÚ
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS - ASFALTO - CONCRETO Y
 ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCION



Eder F. Incaurren Vilanuco
Eder F. Incaurren Vilanuco
 TECNICO LABORATORISTA

Leovald Allanueva Abal
Leovald Allanueva Abal
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 78839



PROYECTO:	"ALTERNATIVA DE REDUCCION DE COSTOS Y OPERACIÓN EN LA ESTABILIZACION DE CARRETERAS NO PAVIMENTADAS CON ENZIMAS TERRAZYME EN EL DISTRITO DE AMARILIS - 2016"				
UBICACION:	DISTRITO DE AMARILIS				
PROPIETARIO:	HUMBERTO ORTEGA PORTA				
SOLICITA:	UNIVERSIDAD DE HUANUCO - UDH				
CAUCATA:	C-3	ESTRATOS:	E-1 E-2	NIV. FREATICO:	NP
DETALLE:	CALICATA A NIVEL DE SUBRASANTE Y SUELO DE FUNDACION - SUELO NATURAL				
PROFUNDIDAD:	1.50 m	PROGRESIVA:	0+500		
FECHA:	ABRIL DEL 2017				

PERFIL ESTRATIGRAFICO

ESPESOR	ESTRATO	CLASIFICACION		SIMBOLO	DESCRIPCION	PANEL FOTOGRAFICO
		SUCS	AASHTO			
0.30 m	E-1	Pt	A-8		Material de cobertura	
1.20 m	E-2	CL-ML	A-4 (2)		Arcilla limosa arenosa	

Eder F. Villanueva
 Eder F. Villanueva
 TECNICO LABORATORISTA

Leonidas Villanueva Abaj
 Leonidas Villanueva Abaj
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 78839



PROYECTO:	"ALTERNATIVA DE REDUCCION DE COSTOS Y OPERACIÓN EN LA ESTABILIZACION DE CARRETERAS NO PAVIMENTADAS CON ENZIMAS TERRAZyme EN EL DISTRITO DE AMARILIS - 2016"		
UBICACION:	DISTRITO DE AMARILIS		
PROPIETARIO:	HUMBERTO ORTEGA PORTA		
SOLICITA:	UNIVERSIDAD DE HUANUCO - UDH		
CALICATA:	C-3	PROGRESIVA	0+500
ESTRATO :	E-2	ESPESOR DEL ESTRATO:	1.20 m
DETALLE:	CALICATA A NIVEL DE SUBRASANTE Y SUELO DE FUNDACION - SUELO NATURAL		
FECHA:	ABRIL DEL 2017		

LIMITES DE CONSISTENCIA ASTM D - 423

N° DE GOLPES	36	23	13
Suelo Húmedo + Tarro	29.05	23.55	20.64
Suelo seco + Tarro	25.75	21.28	18.85
Peso de Tarro	13.58	13.55	13.22
Peso del Agua	3.30	2.27	1.79
Peso de Suelo Seco	12.17	7.73	5.63
HUMEDAD %	27.12	29.37	31.79

LIMITES DE CONSISTENCIA ASTM - 424

MUESTRA	01	02
Suelo Húmedo + Tarro	29.40	28.04
Suelo seco + Tarro	28.09	26.75
Peso de Tarro	22.56	21.27
Peso del Agua	1.31	1.29
Peso de Suelo Seco	5.53	5.48
HUMEDAD %	23.69	23.54

DETALLE	RESULTADOS	
Límite líquido LL	28.86	%
Límite plástico LP	23.61	%
Índice plasticidad IP	5.24	%

CURVA DE FLUIDEZ

Humedad (%)

No. de golpes

— "Curva de Fluides" • "LL-25 golpes"

Eder F. Irribarren Villanueva
 TECNICO LABORATORISTA

Leonidas Villanueva Abaj
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 78639



PROYECTO:	"ALTERNATIVA DE REDUCCION DE COSTOS Y OPERACIÓN EN LA ESTABILIZACION DE CARRETERAS NO PAVIMENTADAS CON ENZIMAS TERRAZYME EN EL DISTRITO DE AMARILIS - 2016"				
UBICACION:	DISTRITO DE AMARILIS				
PROPIETARIO:	HUMBERTO ORTEGA PORTA				
SOLICITA:	UNIVERSIDAD DE HUANUCO - UDH				
CALICATA:	C-3	ESTRATO :	E-2	PROGRESIVA	0+500
DETALLE:	CALICATA A NIVEL DE SUBRASANTE Y SUELO DE FUNDACION - SUELO NATURAL				
FECHA:	ABRIL DEL 2017				

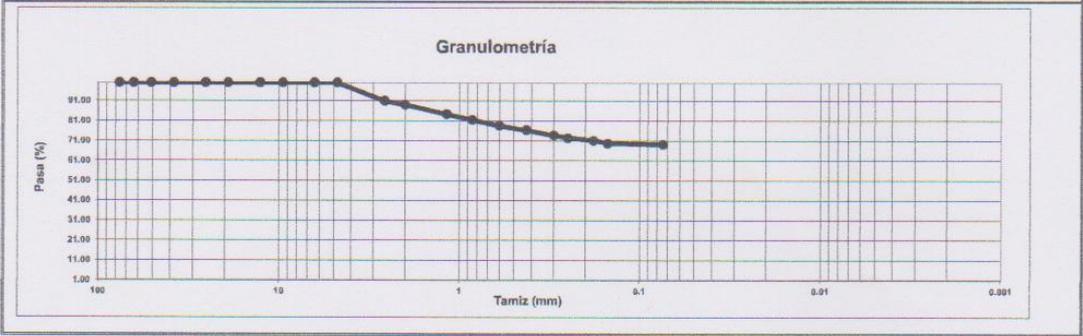
PESO INICIAL:	1314.30 Gr.	% DE HUMEDAD :	12.47%	MUESTRA HUMEDA INICIAL	621.30 Gr.
FRACCION:	1314.30 Gr.			MUESTRA SECA INICIAL:	552.40 Gr.

TAMIZ	DIÁMETRO (mm)	PESO RETENIDO	% RETENIDO PARCIAL	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA	DETALLES Y DESCRIPCION
3"	76.2	0.00	0.00	0.00	100.00	Material granular equivalente a: 30.82% Observaciones :
2 1/2"	63.5	0.00	0.00	0.00	100.00	
2"	50.8	0.00	0.00	0.00	100.00	
1 1/2"	38.1	0.00	0.00	0.00	100.00	
1"	25.4	0.00	0.00	0.00	100.00	
3/4"	19.05	0.00	0.00	0.00	100.00	
1/2"	12.7	0.00	0.00	0.00	100.00	
3/8"	9.525	0.00	0.00	0.00	100.00	
1/4"	6.35	0.00	0.00	0.00	100.00	
No 4	4.76	0.00	0.00	0.00	100.00	
No 8	2.6	119.30	9.08	9.08	90.92	
No 10	2	25.30	1.92	11.00	89.00	
No 16	1.18	62.30	4.74	15.74	84.26	
No 20	0.85	36.30	2.76	18.50	81.50	
No 30	0.6	39.10	2.97	21.48	78.52	
No 40	0.425	28.70	2.18	23.66	76.34	
No 50	0.3	33.60	2.55	26.21	73.79	
No 60	0.25	17.50	1.33	27.54	72.46	
No 80	0.18	16.30	1.39	28.94	71.06	
No 100	0.15	17.40	1.32	30.26	69.74	
No 200	0.074	7.40	0.56	30.82	69.18	
CAZOLETA	0.009	898.2	68.18	199.00	0.89	Modulo de fineza (MF) 1.31
TOTAL		1314.3	100.00			Limite líquido LL 28.86
						Limite plastico LP 23.61
						Indice plasticidad IP 5.24
						Pasa tamiz N° 4 (5mm): 100.00 %
						Pasa tamiz N° 200 (0,080 mm): 69.18 %
						D60: NP mm
						D30: NP mm
						D10 (diámetro efectivo): NP mm
						Coefficiente de uniformidad (Cu): NP
						Grado de curvatura (Cc): NP

Material limoso-arenoso
 Pobre a malo como subgrado
A-4 (2) Suelo limoso

Clasificación AASHTO

Sistema unificado de clasificación de suelos (S.U.C.S.)
 Suelo de partículas finas.
Arcilla limosa arenosa CL-ML



Eder F. Irribarren Villanueva
Eder F. Irribarren Villanueva
 TÉCNICO LABORATORISTA

Leonidas Villanueva Abal
Leonidas Villanueva Abal
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 78839



ENSAYO DE PROCTOR MODIFICADO
CONTENIDO DE HUMEDAD ÓPTIMA Y DENSIDAD SECA MÁXIMA COMPACTADA

PROYECTO:	"ALTERNATIVA DE REDUCCION DE COSTOS Y OPERACIÓN EN LA ESTABILIZACION DE CARRETERAS NO PAVIMENTADAS CON ENZIMAS TERRAZYME EN EL DISTRITO DE AMARILIS - 2016"				
UBICACION:	DISTRITO DE AMARILIS				
PROPIETARIO:	HUMBERTO ORTEGA PORTA				
SOLICITA:	UNIVERSIDAD DE HUANUCO - UDH				
CALICATA :	C-3	ESTRATO :			E-2
PROFUNDIDAD :	1.50 m				
PROGRESIVA	0+500				
FECHA:	ABRIL DEL 2017				

PESO MUESTRA HÚMEDA + MOLDE	gr.	9289.35	9896.66	10229.01	9786.92	9495.68
PESO DEL MOLDE	gr.	6140.00	6140.00	6140.00	6140.00	6140.00
PESO MUESTRA HÚMEDA	gr.	3149.35	3666.66	4089.01	3646.92	3355.68
VOLUMEN DEL MOLDE	cm ³ .	2145.00	2145.00	2145.00	2145.00	2145.00
PESO DE LA MUESTRA SECA	gr.	2896.36	3321.85	3636.64	3200.13	2915.13
DENSIDAD HÚMEDA	gr/cm ³ .	1.47	1.71	1.91	1.70	1.56
N° DE TARA						
DETERMINACION		HUMEDAD	HUMEDAD	HUMEDAD	HUMEDAD	HUMEDAD
PESO MUEST. HÚMEDA + TARA	gr.	474.62	605.45	541.83	538.29	543.43
PESO MUESTRA SECA + TARA	gr.	436.50	548.51	481.88	472.26	472.09
PESO DE LA TARA	gr.	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
PESO DEL AGUA	gr.	38.13	56.94	59.94	65.94	71.34
PESO MUESTRA SECA	gr.	436.50	548.51	481.88	472.26	472.09
CONTENIDO DE HUMEDAD	%	8.73	10.36	12.44	13.96	15.11
DENSIDAD SECA	gr/cm ³ .	1.35	1.55	1.70	1.49	1.36

GRAFICO DE DENSIDAD DEL SUELO

Densidad Máxima Seca:	1.712 gr/cm ³ .
Humedad Óptima:	12.04 %
Densidad Máxima húmeda:	1.918 gr/cm ³ .

Eder F. Imbarreza Villanueva
Eder F. Imbarreza Villanueva
TECNICO LABORATORISTA

Leonidas Villanueva Abaj
Leonidas Villanueva Abaj
INGENIERO CIVIL
CIP: 78839

INVERSIONES
EHEC S.C.R.L. - PERÚ
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS - ASFALTO - CONCRETO Y
 ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCION

PROYECTO:	"ALTERNATIVA DE REDUCCION DE COSTOS Y OPERACIÓN EN LA ESTABILIZACION DE CARRETERAS NO PAVIMENTADAS CON ENZIMAS TERRAZYME EN EL DISTRITO DE AMARILIS - 2016"		
UBICACION:	DISTRITO DE AMARILIS		
PROPIETARIO:	HUMBERTO ORTEGA PORTA		
SOLICITA:	UNIVERSIDAD DE HUANUCO - UDH		
CALICATA :	C-3	ESTRATO :	E-2
PROFUNDIDAD :	1.50 m		
PROGRESIVA	0+500		
FECHA:	ABRIL DEL 2017		

MOLDE.	7				8				9			
	56				25				12			
N. GOLPES.												
CONDICION	SN SUMERGIR		SUMERGIDO		SN SUMERGIR		SUMERGIDO		SN SUMERGIR		SUMERGIDO	
Peso del molde + suelo humedo	10279		10288		11632		12041		9446		9596	
Peso del molde	6074		6074		7533		7533		6506		6506	
Peso del suelo humedo	4205		4214		4099		4508		2940		3090	
Volumen del molde	2157		2157		2119		2119		2135		2135	
Densidad humeda	1.95		1.95		1.83		2.13		1.38		1.45	
Humedad	12.03%				14.62%				17.14%			
Densidad seca	1.715				1.652				1.141			
IDENTIFICACION DE TARA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Peso tara + suelo humedo	137.45	143.19			118.46	143.19			136.08	113.83		
Peso tara + suelo seco	123.94	129.50			104.60	127.56			118.94	99.10		
Peso de la tara	21.53	18.88			19.85	17.94			18.78	20.67		
Peso del agua	13.51	13.69	0.00	0.00	13.86	15.63	0.00	0.00	17.14	14.73	0.00	0.00
Peso de los solidos	110.43	115.81	0.00	0.00	90.74	111.94	0.00	0.00	101.90	94.37	0.00	0.00
Humedad	12.23	11.82			15.28	13.96			16.83	17.46		
Humedad	12.03%				14.62%				17.14%			

FECHA	HORA	TIEMPO	LECTURA DIAL	EXPANSION		LECTURA DIAL	EXPANSION		LECTURA DIAL	EXPANSION	
				m.m.	%		m.m.	%		m.m.	%
17/04/2017	10:30:00	24h	30	30	0.25	45	45	0.39	51	51	0.44
18/04/2017	10:30:00	48h	42	42	0.36	59	59	0.51	63	63	0.54
19/04/2017	10:30:00	72h	51	51	0.44	67	67	0.58	74	74	0.64
20/04/2017	10:30:00	96h	64	64	0.55	78	78	0.67	88	88	0.76

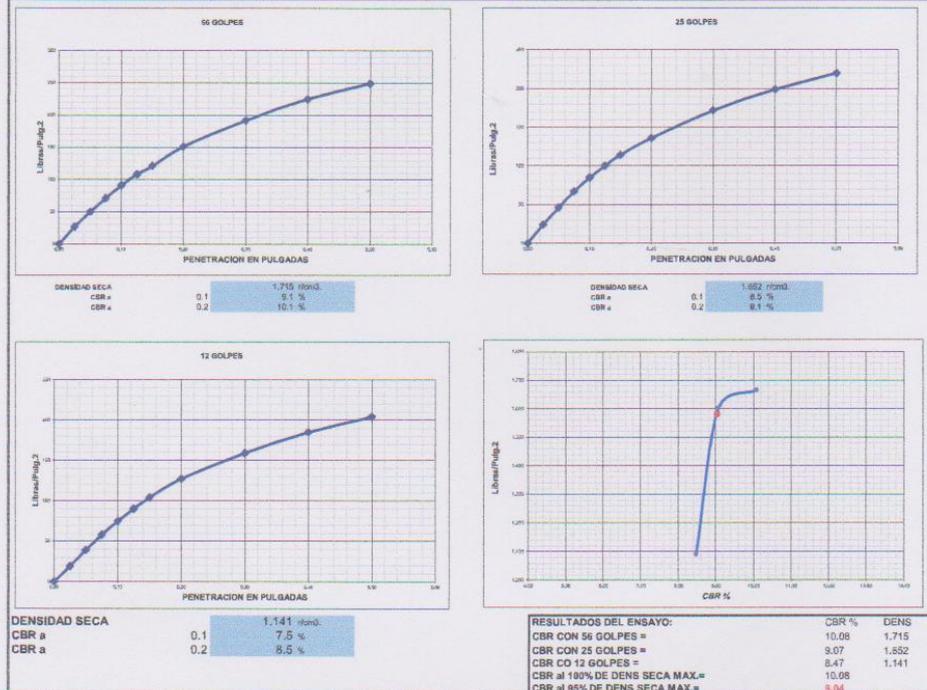
PENETR. PULG.	LECTURA DIAL	MUESTRA Nº 01			LECTURA DIAL	MUESTRA Nº 02			LECTURA DIAL	MUESTRA Nº 03		
		LIBRAS	Lb/Pulg.2.			LIBRAS	Lb/Pulg.2.			LIBRAS	Lb/Pulg.2.	
0.00	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0	0	0.0	0.0	0	
0.03	8	30.7	36.9	27.0	7	72.5	24.2	24.0	6	26.7	16.9	19.0
0.05	15	151.3	50.4	50.0	14	137.9	46.0	46.0	12	117.4	39.1	39.0
0.08	21	211.8	70.6	71.0	20	201.8	67.3	67.0	17	172.8	57.6	58.0
0.10	27	272.3	90.8	91.0	25	255.8	85.3	85.0	22	225.5	75.2	75.0
0.13	32	322.7	107.9	108.0	30	301.3	100.4	100.0	27	271.4	91.5	90.0
0.15	36	363.0	121.0	121.0	34	342.5	114.2	114.0	31	313.7	104.3	104.0
0.20	45	453.8	151.3	151.0	41	407.0	136.0	136.0	38	380.7	126.9	127.0
0.30	57	574.8	191.6	192.0	51	516.0	172.0	172.0	48	477.8	159.3	159.0
0.40	67	675.7	225.2	225.0	60	598.4	199.5	199.0	55	556.2	185.1	185.0
0.50	74	746.3	248.3	249.0	69	660.9	220.3	220.0	61	612.8	204.0	204.0

[Signature]
Eder F. Irribarren Villanueva
 TECNICO LABORATORISTA

[Signature]
Leonidas Villanueva Abal
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 78839


INVERSIONES
EHEC S.C.R.L. PERU
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS - ASFALTO - CONCRETO Y
 ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCION

PROYECTO:	"ALTERNATIVA DE REDUCCION DE COSTOS Y OPERACION EN LA ESTABILIZACION DE CARRETERAS NO PAVIMENTADAS CON ENZIMAS TERRAZyme EN EL DISTRITO DE AMARILIS - 2016"	
UBICACION:	DISTRITO DE AMARILIS	
PROPIETARIO:	HUMBERTO ORTEGA PORTA	
SOLICITA:	UNIVERSIDAD DE HUANUCO - UDH	
CALICATA:	C-3	ESTRATO: E-2
PROFUNDIDAD:	1.50 m	
PROGRESIVA:	0+500	
FECHA:	ABRIL DEL 2017	

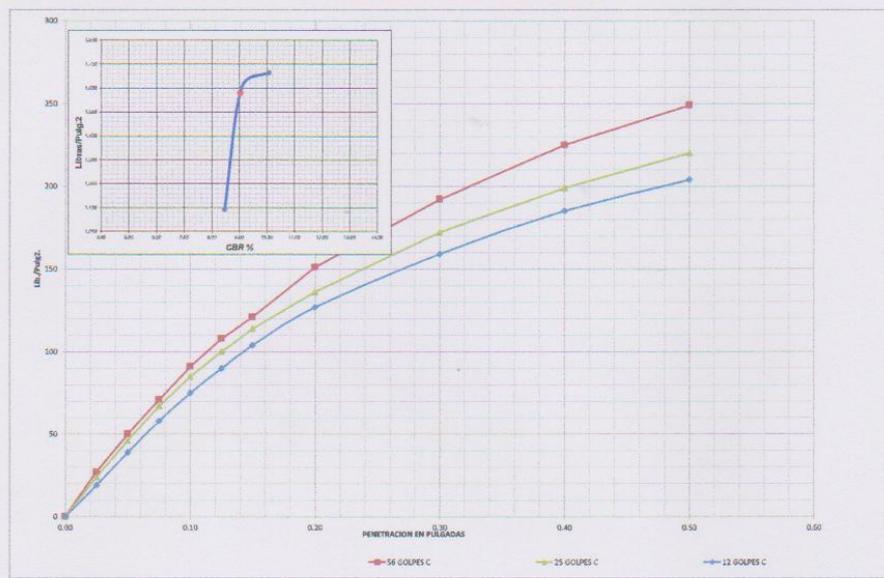



 Eder E. Trujillo Villanueva
 TECNICO LABORATORISTA


 Leonidas Villanueva Abal
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 78839



PROYECTO:	"ALTERNATIVA DE REDUCCION DE COSTOS Y OPERACIÓN EN LA ESTABILIZACION DE CARRETERAS NO PAVIMENTADAS CON ENZIMAS TERRAZYME EN EL DISTRITO DE AMARILIS - 2016"		
UBICACION:	DISTRITO DE AMARILIS		
PROPIETARIO:	HUMBERTO ORTEGA PORTA		
SOLICITA:	UNIVERSIDAD DE HUANUCO - UDH		
CALICATA:	C-3	ESTRATO:	E-2
PROFUNDIDAD:	1.50 m		
PROGRESIVA:	0+500		
FECHA:	ABRIL DEL 2017		



56 GOLPES		25 GOLPES		12 GOLPES		CBR DE DISEÑO	
DENS. SECA	1.715	DENS. SECA	1.552	DENS. SECA	1.141	CBR al 100% DE DENSIDAD SECA MAX =	10.08
CBR A 0.1"	9.1	CBR A 0.1"	8.5	CBR A 0.1"	7.5	CBR al 95% DE DENSIDAD SECA MAX =	8.04
CBR A 0.2"	10.1	CBR A 0.2"	9.1	CBR A 0.2"	8.5		

Eder F. Imbarren Villanueva
 TECNICO LABORATORISTA

Leonidas Villanueva Ahaj
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 78639

INVERSIONES
EHEC S.C.R.L. PERÚ
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS - ASFALTO - CONCRETO Y
 ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCION

PROYECTO:	"ALTERNATIVA DE REDUCCION DE COSTOS Y OPERACIÓN EN LA ESTABILIZACION DE CARRETERAS NO PAVIMENTADAS CON ENZIMAS TERRAZyme EN EL DISTRITO DE AMARILIS - 2016"		
UBICACION:	DISTRITO DE AMARILIS		
PROPIETARIO:	HUMBERTO ORTEGA PORTA		
SOLICITA:	UNIVERSIDAD DE HUANUCO - UDH		
CALICATA:	C-3	ESTRATO:	E-2 + 0.027ML DE ADITIVO TERRAZyme
PROFUNDIDAD:	1.50 m		
PROGRESIVA	0+500		
FECHA:	ABRIL DEL 2017		

MOLDE.	19				20				21			
	N. GOLPES.				25				12			
CONDICION	SIN SUMERGIR		SUMERGIDO		SIN SUMERGIR		SUMERGIDO		SIN SUMERGIR		SUMERGIDO	
Peso del molde + suelo húmedo	10864		10745		10765		10855		10157		10351	
Peso del molde	6521		6521		6645		6645		6832		6832	
Peso del suelo húmedo	4143		4225		4121		4240		3325		3529	
Volumen del suelo	2130		2130		2122		2122		2140		2140	
Densidad húmeda	1.95		1.98		1.94		2.00		1.55		1.85	
Humedad	12.04%				14.15%				16.85%			
Densidad seca	1.711				1.667				1.292			
IDENTIFICACION DE TARA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Peso tara + suelo húmedo	133.38	136.92			156.83	129.81			140.03	118.23		
Peso tara + suelo seco	121.24	122.82			138.01	118.82			121.52	102.33		
Peso de la tara	20.38	18.55			22.81	18.66			20.88	18.03		
Peso del agua	12.14	14.10	0.00	0.00	18.82	12.99	0.00	0.00	18.51	13.90	0.00	0.00
Peso de los solidos	109.11	108.73	0.00	0.00	119.19	103.84	0.00	0.00	103.00	88.43	0.00	0.00
Humedad	11.12	12.97			15.79	12.51			17.97	15.72		
Promedio de humedad	12.04%				14.15%				16.85%			

FECHA	HORA	TIEMPO	LECTURA DIAL	EXPANSION		LECTURA DIAL	EXPANSION		LECTURA DIAL	EXPANSION	
				m.m.	%		m.m.	%		m.m.	%
22/04/2017	8am-9am	1 hora	26	25	0.22	37	37	0.32	48	48	0.41
23/04/2017	9am-11am	2 horas	36	35	0.31	46	46	0.40	51	51	0.44
24/04/2017	11am-4pm	4 horas	44	44	0.38	52	52	0.45	62	62	0.53
25/04/2017	4pm-11am	18 horas	50	50	0.43	61	61	0.52	70	70	0.60

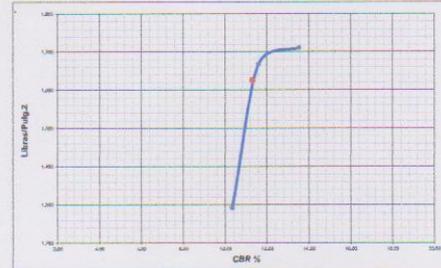
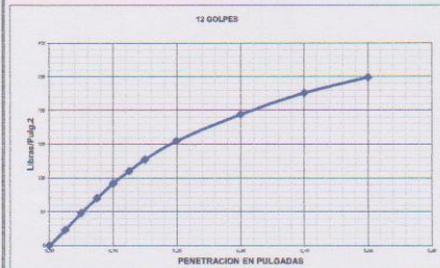
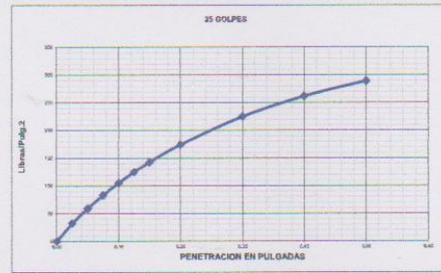
PENETR. PULG.	LECTURA DIAL	MUESTRA N° 01			LECTURA DIAL	MUESTRA N° 02			LECTURA DIAL	MUESTRA N° 03		
		LIBRAS	Lb/Pulg.2			LIBRAS	Lb/Pulg.2			LIBRAS	Lb/Pulg.2	
0.00	0	0.0	0.0	0	0	0.0	0.0	0	0	0.0	0.0	0
0.03	11	111.4	37.1	77.0	19	95.4	31.8	32.0	7	69.2	23.1	23.0
0.05	20	203.5	68.5	69.0	18	176.2	58.7	59.0	14	143.4	45.8	48.0
0.08	29	291.2	97.1	97.0	25	249.5	83.2	83.0	21	210.8	70.3	70.0
0.10	37	358.3	122.8	123.0	31	315.7	105.2	105.0	27	275.2	91.7	92.0
0.13	44	436.9	145.6	146.0	37	374.4	124.6	125.0	33	331.2	110.4	110.0
0.15	49	496.5	165.3	166.0	42	426.8	141.9	142.0	38	382.2	127.2	127.0
0.20	61	608.2	202.7	203.0	52	521.2	173.7	174.0	46	464.7	154.9	155.0
0.30	78	788.1	262.7	263.0	67	675.4	225.1	225.0	58	585.4	194.5	194.0
0.40	91	916.5	305.5	306.0	78	785.5	261.8	262.0	68	678.8	226.3	226.0
0.50	101	1010.8	336.9	337.0	85	866.3	288.7	289.0	74	748.0	249.3	249.0

Eder F. Imbarren Villanueva
Eder F. Imbarren Villanueva
 TECNICO LABORATORISTA

Leonidas Villanueva Abal
Leonidas Villanueva Abal
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 78839



PROYECTO:	"ALTERNATIVA DE REDUCCION DE COSTOS Y OPERACIÓN EN LA ESTABILIZACION DE CARRETERAS NO PAVIMENTADAS CON ENZIMAS TERRAZYME EN EL DISTRITO DE AMARILIS - 2016"		
UBICACION:	DISTRITO DE AMARILIS		
PROPIETARIO:	HUMBERTO ORTEGA PORTA		
SOLICITA:	UNIVERSIDAD DE HUANUCO - UDH		
CALICATA:	C-3	ESTRATO:	E-2 + 0.027ML DE ADITIVO TERRAZYME
PROFUNDIDAD:	1.50 m		
PROGRESIVA:	0+500		
FECHA:	ABRIL DEL 2017		



DENSIDAD SECA	1.292 t/m³
CBR a	9.2 %
CBR a	10.3 %

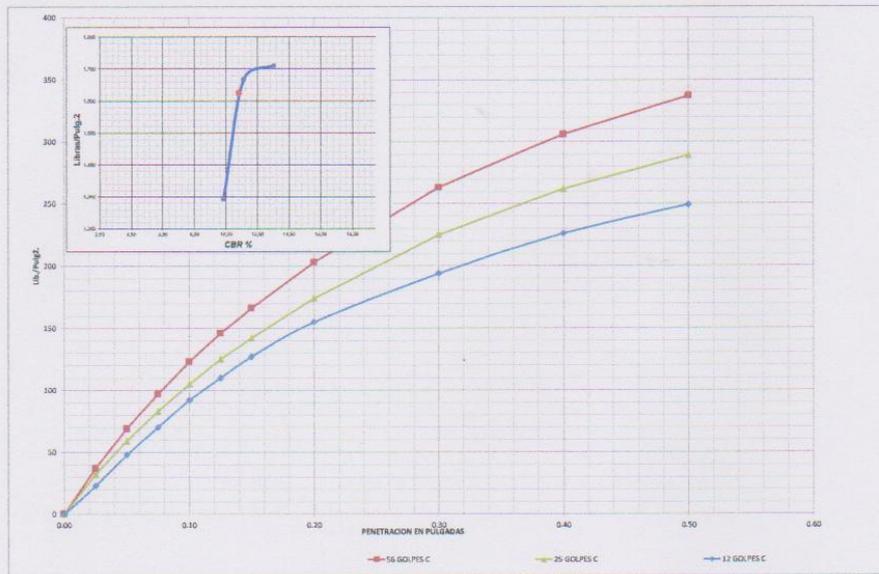
RESULTADOS DEL ENSAYO:	CBR %	DENS
CBR CON 56 GOLPES =	13.53	1.711
CBR CON 25 GOLPES =	11.00	1.687
CBR CO 12 GOLPES =	10.33	1.292
CBR al 100% DE DENS SECA MAX.=	13.53	
CBR al 95% DE DENS SECA MAX.=	11.32	

Eder E. Imbarren Villanueva
 Eder E. Imbarren Villanueva
 TECNICO LABORATORIS

Leonilda Villanueva Albal
 Leonilda Villanueva Albal
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 78839


INVERSIONES
EHEC S.C.R.L. PERÚ
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS - ASFALTO - CONCRETO Y
 ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCION

PROYECTO:	"ALTERNATIVA DE REDUCCION DE COSTOS Y OPERACIÓN EN LA ESTABILIZACION DE CARRETERAS NO PAVIMENTADAS CON ENZIMAS TERRAZYME EN EL DISTRITO DE AMARILIS - 2016"		
UBICACION:	DISTRITO DE AMARILIS		
PROPIETARIO:	HUMBERTO ORTEGA PORTA		
SOLICITA:	UNIVERSIDAD DE HUANUCO - UDH		
CALICATA:	C-3	ESTRATO :	E-2 + 0.027ML DE ADITIVO TERRAZYME
PROFUNDIDAD:	1.50 m		
PROGRESIVA	D+500		
FECHA:	ABRIL DEL 2017		



	56 GOLPES	25 GOLPES	12 GOLPES	CBR DE DISEÑO
DENS. SECA.	1.711	DENS. SECA 1.667	DENS. SECA 1.202	CBR al 100% DE DENSIDAD SECA MAX =
CBR A 0.1"	12.3	CBR A 0.1" 10.5	CBR A 0.1" 9.2	CBR al 95% DE DENSIDAD SECA MAX =
CBR A 0.2"	13.5	CBR A 0.2" 11.8	CBR A 0.2" 10.3	13.32


 Eds. E. Iribarren Villanueva
 TECNICO LABORATORISTA.


 Leonilda Villanueva
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 78839

INVERSIONES
EHEC S.C.R.L. PERÚ
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS - ASFALTO - CONCRETO Y
 ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCION

PROYECTO:	"ALTERNATIVA DE REDUCCION DE COSTOS Y OPERACIÓN EN LA ESTABILIZACION DE CARRETERAS NO PAVIMENTADAS CON ENZIMAS TERRAZYME EN EL DISTRITO DE AMARILIS - 2016"		
UBICACION:	DISTRITO DE AMARILIS		
PROPIETARIO:	HUMBERTO ORTEGA PORTA		
SOLICITA:	UNIVERSIDAD DE HUANUCO - UDH		
CALICATA :	C-3	ESTRATO :	E-2 + 0.054ML DE ADITIVO TERRAZYME
PROFUNDIDAD:	1.50 m		
PROGRESIVA	0+500		
FECHA:	ABRIL DEL 2017		

MOLDE.	25				26				27			
N. GOLPES.	56				25				12			
CONDICION	SIN SUMERGIR		SUMERGIDO		SIN SUMERGIR		SUMERGIDO		SIN SUMERGIR		SUMERGIDO	
Peso del molde + suelo humedo	10791		10840		10474		10569		9474		9571	
Peso del molde	6632		6632		6444		6444		6232		6232	
Peso del suelo humedo	4159		4208		4030		4125		3242		3339	
Volumen del suelo	2133		2133		2115		2115		2113		2113	
Densidad humeda	1.95		1.97		1.91		1.95		1.53		1.58	
Humedad	11.91%				11.88%				12.95%			
Densidad seca	1.718				1.679				1.336			
IDENTIFICACION DE TARA	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Peso tara + suelo humedo	119.76	120.48			138.12	113.67			104.89	102.15		
Peso tara + suelo seco	111.69	105.90			127.80	101.21			94.68	91.09		
Peso de la tara	20.78	16.54			17.71	18.56			16.23	18.85		
Peso del agua	8.16	14.55	0.00	0.00	11.32	12.46	0.00	0.00	10.20	11.06	0.00	0.00
Peso de los solidos	103.43	81.35	0.00	0.00	116.48	88.75	0.00	0.00	84.48	80.03	0.00	0.00
humedad	7.89	15.93			9.72	14.04			12.08	13.62		
Promedio de humedad	11.91%				11.88%				12.95%			

FECHA	HORA	TIEMPO	LECTURA DIAL	EXPANSION		LECTURA DIAL	EXPANSION		LECTURA DIAL	EXPANSION	
				m.m.	%		m.m.	%		m.m.	%
22/04/2017	8am-9am	1 hora	24	54"	0.21	33	33	0.28	40	40	0.34
23/04/2017	8am-11pm	2 horas	32	32	0.27	39	39	0.33	48	48	0.41
24/04/2017	11am-4pm	4 horas	38	38	0.33	45	45	0.39	54	54	0.46
25/04/2017	4pm-11am	19 horas	41	41	0.35	55	55	0.47	63	63	0.54

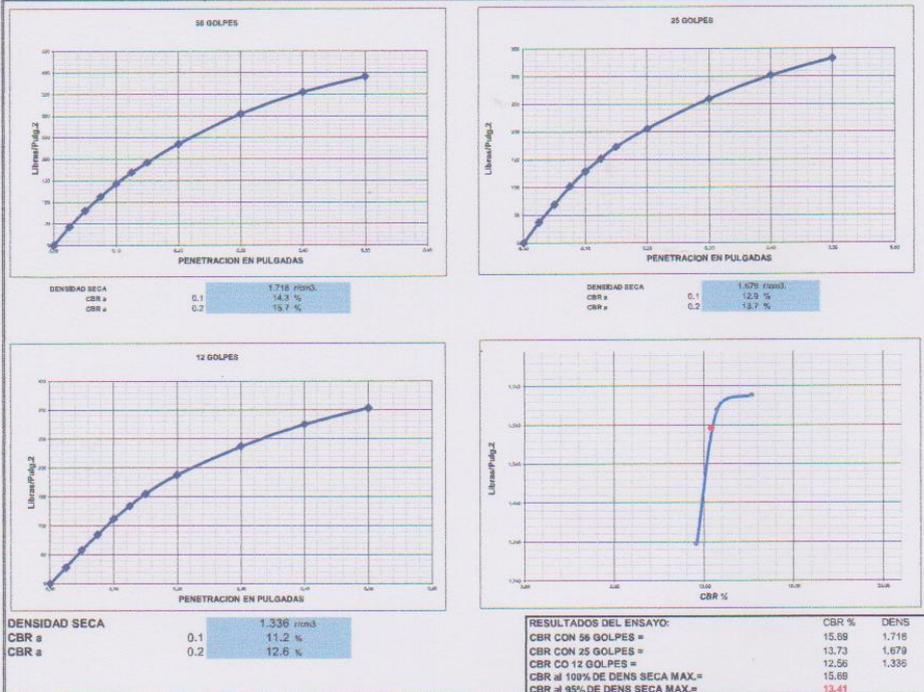
PENETR. PULG.	LECTURA DIAL	MUESTRA N° 01			LECTURA DIAL	MUESTRA N° 02			LECTURA DIAL	MUESTRA N° 03		
		LIBRAS	Lb/Pulg.2			LIBRAS	Lb/Pulg.2			LIBRAS	Lb/Pulg.2	
0.00	0	0.0	0.0	0	0.0	0.0	0	0	0.0	0.0	0	
0.03	13	129.3	43.1	43.0	11	119.5	36.5	37.0	8	94.2	26.1	28.0
0.05	24	238.7	79.6	80.0	21	208.5	64.5	64.0	17	174.4	54.1	58.0
0.08	34	338.2	112.7	113.0	30	305.2	101.7	102.0	26	246.4	85.5	85.0
0.10	43	427.7	142.6	143.0	39	386.8	128.9	129.0	33	334.7	111.5	112.0
0.13	51	507.3	169.1	169.0	45	455.6	151.9	152.0	40	402.9	134.3	134.0
0.15	57	576.9	192.3	192.0	52	517.9	172.6	173.0	48	464.9	155.0	155.0
0.20	70	706.2	235.4	235.0	61	616.9	205.6	206.0	56	565.3	188.4	188.0
0.30	91	915.1	305.0	305.0	78	780.3	260.1	260.0	71	709.6	256.5	257.0
0.40	106	1064.5	354.8	355.0	90	904.9	301.6	302.0	82	805.7	275.2	275.0
0.50	117	1173.7	391.2	391.0	99	999.0	333.0	333.0	91	909.9	303.3	303.0


Eder F. Villanueva
 TECNICO LABORATORISTA


Leonardo Villanueva Abal
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 78839


INVERSIONES
EHEC S.C.R.L. PERÚ
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS - ASFALTO - CONCRETO Y
 ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCION

PROYECTO:	"ALTERNATIVA DE REDUCCION DE COSTOS Y OPERACIÓN EN LA ESTABILIZACION DE CARRETERAS NO PAVIMENTADAS CON ENZIMAS TERRAZYME EN EL DISTRITO DE AMARILIS - 2016"		
UBICACION:	DISTRITO DE AMARILIS		
PROPIETARIO:	HUMBERTO ORTEGA PORTA		
SOLICITA:	UNIVERSIDAD DE HUANUCO - UDH		
CALICATA:	C-3	ESTRATO:	E-2 + 0.054ML DE ADITIVO TERRAZYME
PROFUNDIDAD:	1.50 m		
PROGRESIVA:	0+500		
FECHA:	ABRIL DEL 2017		

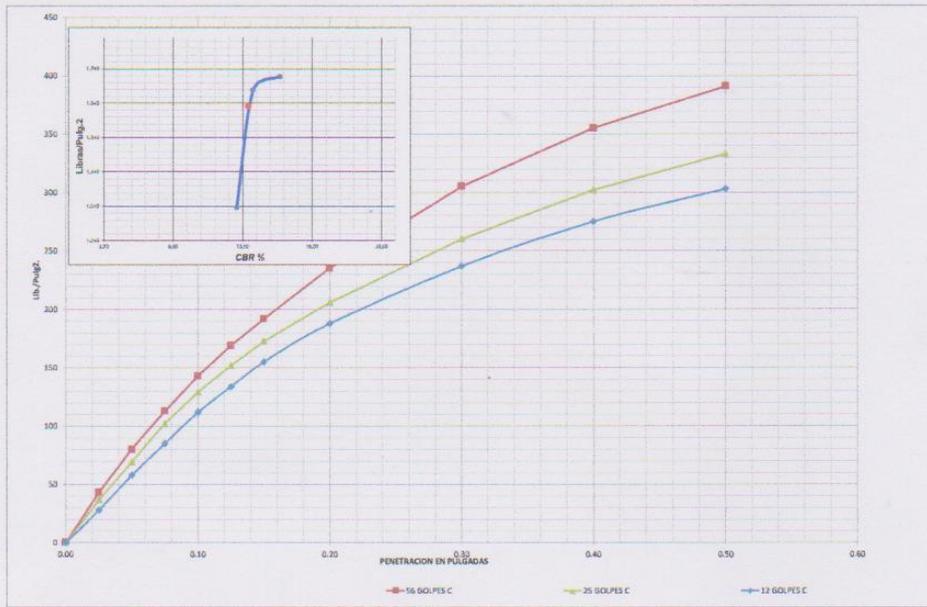



Eder F. Imbarren Villanueva
 TECNICO LABORATORISTA


Leonida Villanueva Abal
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 78839

INVERSIONES
EHEC S.C.R.L. PERÚ
 LABORATORIO DE MECANICA DE SUELOS - ASFALTO - CONCRETO Y
 ENSAYO DE MATERIALES DE CONSTRUCCION

PROYECTO:	"ALTERNATIVA DE REDUCCION DE COSTOS Y OPERACIÓN EN LA ESTABILIZACION DE CARRETERAS NO PAVIMENTADAS CON ENZIMAS TERRAZYME EN EL DISTRITO DE AMARILIS - 2016"		
UBICACION:	DISTRITO DE AMARILIS		
PROPIETARIO:	HUMBERTO ORTEGA PORTA		
SOLICITA:	UNIVERSIDAD DE HUANUCO - UDH		
CALICATA:	C-3	ESTRATO:	E-2 + 0.054ML DE ADITIVO TERRAZYME
PROFUNDIDAD:	1.50 m		
PROGRESIVA:	0+500		
FECHA:	ABRIL DEL 2017		



	56 GOLPES	25 GOLPES	12 GOLPES	CBR DE DISEÑO
DENS. SECA	1.718	DENS. SECA 1.679	DENS. SECA 1.336	CBR al 100% DE DENSIDAD SECA MAX = 15.60
CBR A 0.1"	14.3	CBR A 0.1" 12.9	CBR A 0.1" 11.2	CBR al 95% DE DENSIDAD SECA MAX = 13.41
CBR A 0.2"	15.7	CBR A 0.2" 13.7	CBR A 0.2" 12.6	

Eder P. Villanueva
 Eder P. Villanueva
 TECNICO LABORATORISTA

Leonidas Villanueva Abal
 Leonidas Villanueva Abal
 INGENIERO CIVIL
 CIP: 78839

ANEXO 03
NORMAS TECNICAS PERUANAS

ANEXO 4-A
**NTP. 339.127: Metodo de ensayo para
determinar el contenido de humedad de un
suelo.**

NORMA TÉCNICA	NTP 339.127
PERUANA	1998
Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales-INDECOPI Calle De La Prosa 138, San Borja (Lima 41) Apartado 145	Lima-Perú

SUELOS. Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo

Standard Test Method for Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock

1998-11-25
1ª Edición

R.0062-98/INDECOPI-CRT.Pública el 98-12-12

Precio basado en 10 páginas

I.C.S.:93.020

ESTA NORMA ES RECOMENDABLE

Descriptores: Suelo, método de ensayo, contenido de humedad, humedad

INDICE

	Página
INDICÉ	i
PREFACIO	ii
1. OBJETO	1
2. REFERENCIAS NORMATIVAS	1
3. DEFINICIONES	1
4. PRINCIPIO DEL METODO	1
5. APARATOS	2
6. MUESTRAS	2
7. ESPECIMEN DE ENSAYO	3
8. SELECCIÓN DEL ESPECIMEN DE ENSAYO	4
9. PROCEDIMIENTO	5
10. CALCULOS	6
11. REPORTE	7
12. PRECISION Y EXACTITUD	7
13. ANTECEDENTES	8

PREFACIO

A. RESEÑA HISTORICA

A.1 La presente Norma Técnica Peruana ha sido elaborada por el Comité de Geotecnia, mediante el Sistema 2 u Ordinario, durante los meses de abril de 1996 a Enero de 1998, siendo aprobada como Proyecto de Norma Técnica Peruana el 15 de enero de 1998.

A.2 El Comité Técnico Permanente de Geotecnia presentó a la Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales – CRT, con fecha 98-08-06, el PNTP 339.127:1998, para su revisión y aprobación, previa a la etapa de Discusión Pública el 98-09-19. No habiéndose presentado ninguna observación, fue oficializado como Norma Técnica Peruana NTP 339.127:1998 **SUELOS. Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo**, 1ª Edición, el 12 de diciembre de 1998.

A.3 Esta Norma Técnica Peruana utilizó como antecedente la Norma ASTM D2216-92, Standard Test Method of Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock. Presenta cambios editoriales referidos principalmente a terminología y ha sido estructurada de acuerdo a las Guías Peruanas GP 001:1995 y GP 002:1995.

B. INSTITUCIONES QUE PARTICIPARON EN LA ELABORACION DE LA NORMA TECNICA PERUANA

Secretaría: Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción - SENCICO

Presidente: Mercedes Dongo Ismodes

Secretario: Alberto Concha-Fernández Benavides

ENTIDAD

REPRESENTANTES

SENCICO

Mercedes Dongo Ismodes
Alberto Concha-Fernández Benavides

Universidad Nacional de Ingeniería

José Wilfredo Gutiérrez Lazares

3. DEFINICIONES

3.1 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.

4. PRINCIPIO DEL MÉTODO

4.1 Se determina el peso de agua eliminada, secando el suelo húmedo hasta un peso constante en un horno controlado a $110\text{ }^{\circ}\text{C}$ más o menos $5\text{ }^{\circ}\text{C}$ *. El peso del suelo que permanece del secado en horno es usado como el peso de las partículas sólidas. La pérdida de peso debido al secado es considerado como el peso del agua.

*Nota.-**El secado en horno siguiendo este método (a $110\text{ }^{\circ}\text{C}$) no da resultados confiables cuando el suelo contiene yeso u otros minerales que contienen gran cantidad de agua de hidratación o cuando el suelo contiene cantidades significativas de material orgánico. Se pueden obtener valores confiables del contenido de humedad para estos suelos, secándolos en un horno a una temperatura de $60\text{ }^{\circ}\text{C}$ o en un desecador a temperatura ambiente.

5. APARATOS

5.1 Horno de secado.- Horno de secado termostáticamente controlado, de preferencia uno del tipo tiro forzado, capaz de mantener una temperatura de $110 \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$.

5.2 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

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

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

5.4 Desecador (opcional) Un desecador de tamaño apropiado que contenga silica gel o fosfato de calcio anhidro. Es preferible usar un desecante cuyos cambios de color indiquen la necesidad de su restitución. (Ver Sección 9.5)

Nota 3.- El sulfato de calcio anhidro se vende bajo el nombre comercial de Drierite.

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

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

6. MUESTRAS

6.1 Las muestras serán preservadas y transportadas de acuerdo a la Norma ASTM 4220, Grupos de suelos B, C ó D. Las muestras que se almacenen antes de ser ensayadas se mantendrán en contenedores herméticos no corroibles a una temperatura entre aproximadamente 3°C y 30°C y en un área que prevenga el contacto directo con la luz solar. Las muestras alteradas se almacenarán en recipientes de tal manera que se prevenga ó minimice la condensación de humedad en el interior del contenedor.

6.2 La determinación del contenido de humedad se realizará tan pronto como sea posible después del muestreo, especialmente si se utilizan contenedores corroibles (tales como tubos de acero de pared delgada, latas de pintura, etc.) ó bolsas plásticas.

7. ESPECIMEN DE ENSAYO

7.1 Para los contenidos de humedad que se determinen en conjunción con algún otro método ASTM, se empleará la cantidad mínima de especimen especificada en dicho método si alguna fuera proporcionada.

7.2 La cantidad mínima de especimen 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 especimen de ensayo húmedo para contenidos de humedad reportados a $\pm 0.1\%$	Masa mínima recomendada de especimen de ensayo húmedo para contenidos de humedad reportados a $\pm 1\%$
2 mm. o menos	ITINTEC 2.00 mm. (N°10)	20 g	20 g*
4.75 mm.	ITINTEC 4.75 mm. (N° 4)	100 g	20 g*
9.5 mm.	ITINTEC 9.51 mm. (3/8")	500 g	50 g
19.0 mm.	ITINTEC 19.0 mm. (3/4")	2.5 kg	250 g
37.5 mm.	ITINTEC 38.1 mm. (1 1/2")	10 kg	1 kg
75.0 mm.	ITINTEC 76.1 mm. (3")	50 kg	5 kg

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

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

7.3 El uso de un espécimen de ensayo menor que el mínimo indicado en 8.2 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.

7.4 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.

7.5 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.

8. SELECCIÓN DEL ESPECIMEN DE ENSAYO

8.1 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, del 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).

8.2 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):

8.2.1 Si el material puede ser manipulado sin pérdida significativa de humedad, el material debe mezclarse y luego reducirse al tamaño requerido por cuarteo o por división.

8.2.2 Si el material no puede ser mezclado y/o dividido, deberá formarse una pila de material, mezclándolo tanto como sea posible. Tomar por lo menos cinco porciones de material en ubicaciones aleatorias usando un tubo de muestreo, lampa, cuchara, frotacho, ó alguna herramienta similar apropiada para el tamaño de partícula máxima presente en el material. Todas las porciones ser combinarán para formar el espécimen de ensayo.

8.2.3 Si no es posible apilar el material, se tomarán tantas porciones como sea posible en ubicaciones aleatorias que representarán mejor la condición de humedad. Todas las porciones se combinarán para formar el espécimen de ensayo.

8.3 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.

8.3.1 Se desbastará cuidadosamente por lo menos 3 mm de material de la superficie exterior de la muestra para ver si el material está estratificado y para remover el material que esté más seco o más húmedo que la porción principal de la muestra. Luego se desbastará por lo menos 5 mm, o un espesor igual al tamaño máximo de partícula presente, de toda la superficie expuesta o del intervalo que esté siendo ensayado.

8.3.2 Se cortará la muestra por la mitad. Si el material está estratificado se procederá de acuerdo a lo indicado en 8.3.3. Luego se desbastará cuidadosamente por lo menos 5 mm, o un espesor igual del tamaño máximo de partícula presente, de la superficie expuesta de una mitad o el intervalo ensayado. Deberá evitarse el material de los bordes que pueda encontrarse más húmedo o más seco que la porción principal de la muestra.

NOTA 4.-El cambio de humedad en suelos sin cohesión puede requerir que se muestree la sección completa.

8.3.3 Si el material está estratificado (o se encuentra más de un tipo de material), se seleccionará un espécimen promedio, o especímenes individuales, o ambos. Los especímenes deben ser identificados apropiadamente en formatos, en cuanto a su ubicación, o lo que ellos representen.

9. PROCEDIMIENTO

9.1 Determinar y registrar la masa de un contenedor limpio y seco (y su tapa si es usada).

9.2 Seleccionar especímenes de ensayo representativos de acuerdo a la Sección 8.

9.3 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 5.2) seleccionada de acuerdo al peso del espécimen. Registrar este valor.

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

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

9.4 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 $110 \pm 5^\circ\text{C}$ a menos que se especifique otra temperatura. El tiempo requerido para obtener peso constante variará dependiendo del tipo de material, tamaño de espécimen, tipo de horno y capacidad, y otros factores. La influencia de estos factores generalmente puede ser establecida por un buen juicio, y experiencia con los materiales que sean ensayados y los aparatos que sean empleados.

Nota 7.- En la mayoría de los casos, el secado de un espécimen de ensayo durante toda la noche (de 12 a 16 horas) es suficiente. En los casos en los que hay duda sobre lo adecuado de un método de secado, deberá continuarse con el secado hasta que el cambio de peso después de dos períodos sucesivos (mayores de 1 hora) de secado sea insignificante (menos del 0.1 %). Los especímenes de arena pueden ser secados a peso constante en un período de 4 horas, cuando se use un horno de tiro forzado.

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

9.5 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 9.3. Registrar este valor. Las tapas de los contenedores se usarán si se presume que el espécimen está absorbiendo humedad del aire antes de la determinación de su peso seco.

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

10. CÁLCULOS

10.1 Cálculos

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

$$w = \frac{\text{Peso de agua}}{\text{Peso de suelo seco al horno}} \cdot x \cdot 100$$

$$w = \frac{M_{cs} - M_c}{M_{cs} - M_c} \cdot x \cdot 100 = \frac{M_w}{M_s} \cdot x \cdot 100$$

en donde:

- w es el contenido de humedad, en porcentaje
- M_{cs} es el peso del contenedor más el suelo húmedo, en gramos
- M_{cs} es el peso del contenedor más el suelo secado en horno, en gramos:
- M_c es el peso del contenedor, en gramos
- M_w es el peso del agua, en gramos
- M_s es el peso de las partículas sólidas, en gramos

11. REPORTE

11.1 El reporte deberá incluir lo siguiente:

11.1.1 La identificación de la muestra (material) ensayada, tal como el número de la perforación, número de muestra, número de ensayo, número de contenedor, etc.

11.1.2 El contenido de agua del espécimen con aproximación al 1% ó al 0.1%, como sea apropiado dependiendo de la mínima muestra usada. Si se usa este método conjuntamente con algún otro método, el contenido de agua del espécimen deberá reportarse al valor requerido por el método de ensayo para el cual se determinó el contenido de humedad.

11.1.3 Indicar si el espécimen de ensayo tenía una peso menor que el indicado en 7.2.

11.1.4 Indicar si el espécimen de ensayo contenía más de un tipo de material (estratificado, etc.).

11.1.5 Indicar el método de secado si es diferente del secado en horno a 110 °C mas menos 5 °C.

11.1.6 Indicar si se excluyó algún material del espécimen de ensayo.

12. PRECISIÓN Y EXACTITUD

12.1 Exactitud.- No existe valor de referencia aceptado para este método de ensayo; por consiguiente, no puede determinarse la exactitud.

12.2 Precisión:

12.2.1 Precisión de un Operador Simple.- El coeficiente de variación de un operador simple se encontró en 2.7%. Por consiguiente, los resultados de dos ensayos conducidos apropiadamente por el mismo operador con el mismo equipo, no deberían ser considerados con sospecha si difieren en menos del 7.8 % de su media.

12.2.2 Precisión Multilaboratorio.- El coeficiente de variación multilaboratorio se encontró en 5.0%. Por consiguiente, los resultados de dos ensayos conducidos por diferentes operadores usando equipos diferentes no deberían ser considerados con sospecha a menos que difieran en más del 14.0 por ciento de su media.

13. ANTECEDENTES

ASTM D2216-92 Standard Test Method of Laboratory Determination of Water (Moisture) Content of Soil and Rock.

ANEXO 4-B
NTP. 339.128: SUELOS. Metodo de ensayo para
el análisis granulométrico.

**NORMA TÉCNICA
PERUANA**

**NTP 339.128
1999**

Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales - INDECOPI
Calle De La Prosa 138, San Borja (Lima 41) Apartado 145

Lima, Perú

SUELOS. Método de ensayo para el análisis granulométrico

SOILS. Standard Test Method for Particle-Size Analysis of Soils

**1999-12-15
1ª Edición**

R.0077-99/INDECOPI-CRT. Publicada el 2000-01-26

Precio basado en 23 páginas

I.C.S.: 93.020

ESTA NORMA ES RECOMENDABLE

Descriptores: análisis granulométrico, granulometría

ÍNDICE

	Página
INDICE	i
PREFACIO	ii
1. OBJETO	1
2. REFERENCIAS NORMATIVAS	1
3. PRINCIPIO DEL METODO	2
4. APARATOS	2
5. AGENTE DISPERSANTE	4
6. PREPARACION DE LA MUESTRA	5
7. PROCEDIMIENTOS	6
ANÁLISIS HIDROMETRICO Y POR TAMIZADO DE LA PORCIÓN QUE PASA EL TAMIZ 2,00 mm (N° 10)	
8. DETERMINACIÓN DE LA CORRECCIÓN COMPUESTA PARA LA LECTURA DEL DENSÍMETRO	6
9. DETERMINACIÓN DE LA HUMEDAD HIGROSCÓPICA DEL SUELO	7
10. DISPERSIÓN DE LA MUESTRA DE SUELO	8
11. ENSAYO DE DENSIMETRO	9
12. ANÁLISIS POR TAMIZADO	9
CÁLCULOS Y REPORTE	
13. CÁLCULOS PARA LA PORCIÓN DE MATERIAL MÁS GRUESO QUE EL TAMIZ 2,00 mm (N°10)	10
14. CÁLCULO PARA DETERMINAR EL FACTOR DE CORRECCIÓN POR HUMEDAD HIGROSCÓPICA	10
15. CÁLCULO PARA DETERMINAR EL PORCENTAJE DE SUELO EN SUSPENSIÓN	11

16.	CÁLCULO PARA DETERMINAR EL DIÁMETRO DE LAS PARTÍCULAS DEL SUELO	12
17.	CÁLCULO PARA DETERMINAR EL MATERIAL MÁS FINO QUE EL TAMIZ 2,00 (Nº10)	13
18.	GRÁFICOS	14
19.	INFORME	14
20.	ANTECEDENTES	18
	ANEXO A	19

PREFACIO

A. RESEÑA HISTORICA

A.1 La presente Norma Técnica Peruana ha sido elaborada por el Comité Técnico Permanente de Geotecnia, mediante el Sistema 2 u Ordinario, en reuniones realizadas desde Abril de 1996 a Setiembre de 1999. Utilizó como antecedente la Norma ASTM D 422-63 (Reapproved 1990) Standard Test Method for Particle-size Analysis of Soils.

A.2 El Comité Técnico Permanente de Geotecnia presentó a la Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales – CRT, con fecha 99-08-28, el PNTP 339.128:1998 para su revisión y aprobación, siendo sometido a la etapa de Discusión Pública el 99-11-15, oficializándose como Norma Técnica Peruana **NTP 339.128:1999 SUELOS. Método de ensayo para el análisis granulométrico**. 1ª Edición el 26 de enero de 2000.

A.3 Esta Norma Técnica Peruana, presenta cambios editoriales referidos principalmente a terminología empleada propia del idioma español y ha sido estructurada de acuerdo a las Guías Peruanas GP 001:1995 y GP 002:1995.

B. INSTITUCIONES QUE PARTICIPARON EN LA ELABORACIÓN DE LA NORMA TÉCNICA PERUANA

Secretaría	Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción - SENCICO
Presidente	Mercedes Dongo Ismodes
Secretario	Alberto Concha-Fernández Benavides
ENTIDAD	REPRESENTANTES
SENCICO	Mercedes Dongo Ismodes Alberto Concha-Fernández Benavides
Universidad Nacional de Ingeniería	José Wilfredo Gutiérrez Lazares Luisa Esther Shuan Lucas
Universidad Nacional Agraria La Molina	Hermes Valdivia Aspilcueta

Instituto para el desarrollo de los pavimentos en el Perú	Germán Vivar Romero
Alpha Consult	Genaro Humala Aybar
COSAPI S.A.	Javier Martin Arranz
CICSA	Justo Kahatt Katan Jesús Arrué Morales
Ministerio de Transportes, Comunicaciones, Vivienda y Construcción (MTC)	José Dominguez Dávila Julio Manrique Pino
PAVCO DEL PERU S.A.	Néstor Sifuentes Boggio
ALBEN S.A.	Luis Aparcana
CIDELSA	Miguel Gonzalez Paniura
INGENIERIA DINAMICA	Lia Ricaldi
TECNOLOGIA DE MATERIALES	Darío Ferreyros Augusto Alza

SUELOS. Método de ensayo para el análisis granulométrico

1. OBJETO

Esta Norma Técnica Peruana establece el método para el análisis granulométrico por tamizado y por sedimentación de los suelos, pudiendo efectuarse en forma combinada con uno de los métodos indicados.

2. REFERENCIAS NORMATIVAS

Las siguientes normas contienen disposiciones que al ser citadas en este texto, constituyen requisitos de esta Norma Técnica Peruana. Las ediciones indicadas estaban en vigencia en el momento de esta publicación. Como toda Norma está sujeta a revisión, se recomienda a aquellos que realicen acuerdos en base a ellas, que analicen la conveniencia de usar las ediciones recientes de las normas citadas seguidamente. El Organismo Peruano de Normalización posee la información de las Normas Técnicas Peruanas en vigencia en todo momento.

2.1 Normas Técnicas Peruanas

- | | | |
|-------|-------------------------|--|
| 2.1.1 | NTP 339.089:1998 | SUELOS. Obtención en laboratorios de muestras representativas (cuarteo). |
| 2.1.2 | NTP 339.090:1998 | SUELOS. Preparación en seco de muestras para el análisis granulométrico y determinación de las constantes del suelo. |
| 2.1.3 | NTP 339.136:1999 | SUELOS. Símbolos, unidades, terminología y definiciones. |

2.2 Normas Técnicas de Asociación

- 2.2.1 **ASTM E11:1995** Specification for Wire-Cloth Sieves for Testing Purposes
- 2.2.2 **ASTM E100:1995** Specification for ASTM Hydrometers

3. **PRINCIPIO DEL MÉTODO**

Consiste en la determinación cuantitativa de la distribución de tamaños de partículas de los suelos. La clasificación de las partículas mayores que 75 µm (retenido en el tamiz N° 200) se efectúa por tamizado, en tanto que la determinación de las partículas menores que 75 µm se realiza mediante un proceso de sedimentación basada en la ley de Stokes utilizando un densímetro adecuado (Véase A.1 y A.2).

4. **APARATOS**

4.1 **Balanzas:** De sensibilidad de 0,01 g para pesar el material que pasa la malla N° 10 (2,0 mm), y una balanza sensible a 0,1% de la masa de la muestra para pesar el material retenido en la malla N° 10.

4.2 **Agitador.-** Puede emplearse el aparato A ó B.

4.2.1 El aparato A consiste de un dispositivo de agitación operado mecánicamente en el cual un motor eléctrico adecuadamente montado hace girar un eje vertical a una velocidad no menor de 10 000 rpm sin carga. El eje está equipado con aletas intercambiables confeccionadas en metal, material plástico o goma dura, tal como muestra la Figura 1. El eje será de tal longitud que las aletas operarán a no menos de 19,0 mm (¾ pulg), ni más de 38,1 mm (1½ pulg) sobre la base del vaso de dispersión. Completa el equipo vasos de dispersión, similares a los indicados en la Figura 2, que mantienen la muestra mientras se le dispersa.

4.2.2 El aparato B consistirá de un vaso de dispersión por chorro de aire (véase A.3) de acuerdo con los detalles indicados en la Figura 3.

4.3 **Densímetro:** Un densímetro ASTM, graduado ya sea en gravedad específica de la suspensión o gramos por litro de suspensión, y conforme a los requerimientos para los

densímetros 151H ó 152H según la Especificaciones E100. Las dimensiones de ambos densímetros son las mismas, siendo la escala la única diferencia.

4.4 Probeta de sedimentación: Un cilindro de vidrio de aproximadamente 457 mm de altura y un diámetro de 63,5 mm. El diámetro interior será tal que la marca correspondiente a 1000 mL quedará a 36 cm \pm 2 cm de la base interior.

4.5 Termómetro: Un termómetro con aproximación de 1 °F (0,5 °C)

4.6 Tamices: Una serie de tamices de malla cuadrada que cumplan con la ASTM E 11. Un juego completo de tamices incluye los siguientes:

<u>TAMICES</u>	<u>Designación ASTM</u>
75,0 mm	(3 pulg)
50,0 mm	(2 pulg)
37,5 mm	(1 ½ pulg)
25,0 mm	(1 pulg)
19,0 mm	(¾ pulg)
9,5 mm	(3/8 pulg)
4,75 mm	(N° 4)
2,00 mm	(N° 10)
850 µm	(N° 20)
425 µm	(N° 40)
250 µm	(N° 60)
106 µm	(N°140)
75 µm	(N°200)

NOTA - Si se desea se puede utilizar un juego de tamices que dé espaciamiento uniforme de puntos en la gráfica. Este juego consistiría de los siguientes tamices:

<u>TAMICES</u>	<u>Designación ASTM</u>
75 mm	(3 pulg)
37,5 mm	(1 ½ pulg)
19,0 mm	(¾ pulg)
9,5 mm	(3/8 pulg)
4,75 mm	(N° 4)
2,36 mm	(N° 8)
1,18 mm	(N° 16)

600 μm	(N° 30)
300 μm	(N° 50)
150 μm	(N° 100)
μm	(N° 200)

4.7 Baño de temperatura controlada: de paredes aisladas, para mantener la temperatura de la suspensión cercana a 20 °C (Figura 4). Cuando el trabajo se realice en un ambiente de temperatura constante controlada automáticamente, el baño no es necesario.

4.8 Vaso de precipitación: De 250 cm³ de capacidad.

4.9 Dispositivo de control del tiempo: Un cronómetro

5. AGENTE DISPERSANTE

5.1 Se usará una solución de hexametáfosfato de sodio en agua destilada, en proporción de 40 g de hexametáfosfato por litro de solución. El pH de esta solución debe estar comprendido entre 8 y 9. En caso contrario se debe corregir adicionando carbonato de sodio (véase A.4).

5.2 El agua que se utilice debe ser destilada o desmineralizada. El agua que se utilice deberá ser llevada a la temperatura que se espera prevalezca durante el ensayo de densímetro. Por ejemplo, si la probeta de sedimentación se coloca en un baño de temperatura controlada, deberá llevarse la temperatura del agua destilada o desmineralizada a la temperatura del baño; o si se coloca la probeta de sedimentación en un cuarto de temperatura controlada, el agua de ensayo deberá estar a la temperatura del cuarto. La temperatura de referencia del ensayo de densímetro es de 20 °C. Las pequeñas variaciones de temperatura no originan diferencias significativas y no conducen al uso de correcciones.

6. PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

6.1 Se prepara la muestra de ensayo para el análisis mecánico de acuerdo a la NTP 339.090. Durante el procedimiento de preparación se divide la muestra en dos porciones. Una porción contiene solo partículas que retiene el tamiz 2,00 mm (N° 10), mientras que la otra porción contiene solo partículas que pasan el tamiz 2,00 mm (N° 10). La masa de suelo seca al

aire, separada con el propósito de hacer el análisis mecánico, dependerá del tamaño máximo de las partículas y de la masa de la porción retenida sobre el tamiz 2,00 mm (Nº.10) de acuerdo al siguiente detalle:

Diámetro nominal máximo de las partículas por el tamiz 2,00 mm (No.10)	Masa aproximada retenida en gramos
76,2 mm (3 pulg)	5 000
50,8 mm (2 pulg)	4 000
38,1 mm (1 ½ pulg)	3 000
25,4 mm (1 pulg)	2 000
19,0 mm (¾ pulg)	1 000
9,5 mm (3/8 pulg)	500

6.2 De la porción de suelo que pasa el tamiz 2,00 mm. (Nº10) según se establece en la NTP 339.090, se toman aproximadamente 115 g si se trata de suelos arenosos y 65 g cuando son suelos limosos o arcillosos.

6.3 Deben tenerse presente las generalidades para la preparación de la muestra, establecidas en la NTP 339.090 (véase A.5)

ANÁLISIS POR TAMIZADO DE LA PORCIÓN RETENIDA EN EL TAMIZ 2,00 mm (Nº10)

7. PROCEDIMIENTO

7.1 Se separa la porción retenida en el tamiz 2,00 mm (Nº10) en una serie de fracciones usando los tamices 75 mm (3 pulg), 50 mm (2 pulg), 37,5 mm (1 ½ pulg), 25 mm (1 pulg), 19 mm (¾ pulg), 9,5 mm (3/8 pulg), 4,75 mm (Nº 4), y 2,0 mm (Nº 10), o las que se necesiten dependiendo de la muestra, o de las especificaciones para el material ensayado.

7.2 El tamizado se efectúa con un movimiento lateral y vertical del tamiz

acompañado con un golpeteo para mantener la muestra moviéndose continuamente sobre la superficie. En ningún caso se ayudará con la mano a pasar el tamiz. Se continúa tamizando hasta que el residuo que pase después de un minuto, sea inferior al 1% en peso de lo tamizado. Cuando se efectúa el tamizado mecánico se comprobará la efectividad del mismo con el procedimiento manual descrito en el párrafo anterior.

7.3 Se determina la masa de cada fracción con las balanzas indicadas en 4.1. Al término de las pesadas, la suma de las masas retenidas sobre la totalidad de los tamices usados y de la porción que pasa el último tamiz debe ser aproximadamente igual a la masa original.

ANALISIS HIDROMETRICO Y POR TAMIZADO DE LA PORCION QUE PASA EL TAMIZ 2,00 mm (Nº 10)

8. DETERMINACIÓN DE LA CORRECCIÓN COMPUESTA PARA LA LECTURA DEL DENSÍMETRO

8.1 Las ecuaciones para los porcentajes de suelo que permanecen en suspensión, dadas en 15.3, están basadas en el uso de agua destilada o desmineralizada. Sin embargo, se usa un agente dispersante, y la gravedad específica del líquido resultante es apreciablemente mayor que la del agua destilada o desmineralizada.

8.1.1 Ambos densímetros de suelo están calibrados a 20 °C (68 °F), y las variaciones en temperatura de esta temperatura estándar produce imprecisiones en las lecturas reales del densímetro. La cantidad de las imprecisiones se incrementa conforme se incrementa la variación de la temperatura estándar.

8.1.2 Los densímetros están graduados por el fabricante para ser leídos en la base del menisco formado por el líquido en el cuerpo. Como no es posible tomar lecturas de las suspensiones de suelo en la base del menisco, las lecturas deben tomarse en el tope y luego aplicar una corrección.

8.1.3 A la cantidad neta de las correcciones para los tres ítems numerados se denomina corrección compuesta, y puede ser determinado experimentalmente.

8.2 Por conveniencia, puede prepararse una gráfica o tabla de correcciones compuestas para una serie de diferencias de temperatura de 1°. La medición de las

correcciones compuestas puede hacerse a dos temperaturas que cubran el rango de temperaturas de ensayo esperado, y las correcciones para las temperaturas intermedias calculadas asumiendo una línea recta entre los dos valores observados.

8.3 Se preparan 1000 mL de líquido compuesto de agua destilada o desmineralizada y agente dispersante en la misma proporción que prevalecerán en el ensayo de sedimentación (densímetro). Se coloca el líquido en una probeta de sedimentación y la probeta en un baño de temperatura constante, fija a una de las dos temperaturas que serán usadas. Cuando la temperatura del líquido llega a ser constante, se inserta el densímetro, y luego de un corto intervalo que permite que el densímetro alcance la temperatura del líquido, se lee el densímetro en el tope del menisco formado en el cuerpo. Para el densímetro 151H la corrección compuesta es la diferencia entre esta lectura y uno; para el densímetro 152H es la diferencia entre la lectura y cero. Se lleva el líquido y el densímetro a la otra temperatura usada, y se establece la corrección compuesta como se indicó anteriormente.

9. DETERMINACIÓN DE LA HUMEDAD HIGROSCÓPICA DEL SUELO

De la fracción de suelo que pasa el tamiz 2,00 mm (Nº10) se separan de 10 g a 15 g para la determinación de la humedad higroscópica del suelo, se pesan y se secan en un horno a $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($230\text{ }^{\circ}\text{F} \pm 9\text{ }^{\circ}\text{F}$), se pesa nuevamente y se anota este valor.

10. DISPERSIÓN DE LA MUESTRA DE SUELO

10.1 Cuando el suelo es mayormente de tamaño arcilloso o limoso, se pesan aproximadamente 50 g de suelo seco al aire. Cuando el suelo es mayormente arenoso la muestra debe ser de aproximadamente 100 g.

10.2 Se coloca la muestra obtenida según 6.3 en un vaso de precipitado de 250 mL se le agregan 125 mL de solución de hexametáfosfato de sodio (40 g /litro) y se mezclan hasta que todo el suelo esté completamente humedecido dejándolo en remojo durante un mínimo de 16 horas.

10.3 Finalizado el período de remojo se trasvasa cuidadosamente la muestra del vaso de precipitado al vaso de dispersión, usando para arrastrar todo residuo, un chorro dirigido de agua (véase A.6), agregando la cantidad necesaria para que la suspensión ocupe un volumen un poco mayor a la mitad del vaso de dispersión. Se agita luego mecánicamente durante un

minuto.

10.4 Como alternativa se puede usar el agitador de la Figura N° 3 sacando la tapa superior y conectando el vaso a una fuente de aire comprimido por medio de un tubo de goma. Se coloca un manómetro o regulador de aire en la línea entre la tapa y la válvula de control. Se abre la válvula de control hasta que el manómetro indique 7 kPa (véase A.7). Se transfiere el suelo con agua, del vaso de precipitado al vaso de dispersión por chorro de aire, lavando con agua destilada o desmineralizada. Si es necesario se añade agua sin que el volumen total en el vaso de dispersión exceda los 250 mL.

10.5 Se coloca la tapa sobre el vaso de dispersión y se abre la válvula de control de aire hasta que la presión sea de 140 kPa (1,4 kg/cm²) dispersando los suelos en tiempos distintos, de acuerdo a lo siguiente:

Indice de plasticidad	Dispersión en minutos
< 5	5
6 a 20	10
> 20	15

Los suelos con gran contenido de mica sólo necesitan 1 min de dispersión.

10.6 Luego del periodo de dispersión se reduce la presión a 7 kPa (70 g/cm²) antes de transferir la suspensión a la probeta de sedimentación.

11. ENSAYO DE DENSÍMETRO

11.1 Cualquiera sea el agitador utilizado, luego de transferir la suspensión a la probeta de sedimentación, se completa con agua hasta un volumen total de 1000 mL.

11.2 Colocando la palma de la mano (o un tapón de jebe) sobre el extremo superior de la probeta, se agita la suspensión con un movimiento de rotación hacia abajo y hacia arriba durante 1 min hasta completar la agitación del suelo (véase A.8). Se coloca la probeta en una ubicación conveniente y se toman lecturas con el densímetro a los siguientes intervalos (medidos desde el comienzo de la sedimentación): 2, 5, 15, 30, 60, 250 y 1440 minutos. Si se utiliza un baño, como el indicado en 4.7, la probeta de sedimentación debe colocarse entre las lecturas de 2 y 5 minutos.

11.3 El densímetro se coloca en la probeta con cuidado, a una profundidad aproximada a la que tendrá cuando se haga la lectura con unos 20 s a 25 s de antelación.

11.4 Efectuada la lectura, se saca el densímetro con cuidado, se ubica con un movimiento de rotación, en otra probeta similar conteniendo igual volumen de solución de hexametáfosfato de sodio y se toma la temperatura de la suspensión con el termómetro indicado en 4.5 (véase A.9).

12. ANÁLISIS POR TAMIZADO

Luego de la lectura final del densímetro y del termómetro, se transfiere la suspensión a un tamiz 75µm (N° 200) y se lava con agua corriente hasta que el agua del lavado sea clara. Se transfiere el material retenido en el tamiz a un vaso de precipitado u otro recipiente adecuado y se seca en horno a $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ efectuándose un análisis por tamizado de la porción retenida.

CÁLCULOS Y REPORTE

13. CÁLCULOS PARA LA PORCIÓN DE MATERIAL MÁS GRUESO QUE EL TAMIZ 2,00 mm (N°10)

13.1 Calcular el porcentaje que pasa el tamiz N° 10 dividiendo la masa que pasa el tamiz N° 10, por la masa de suelo inicial, y multiplicar el resultado por 100. La masa que pasa el tamiz N° 10 es igual a la masa inicial menos lo retenido en dicho tamiz.

13.2 Para determinar la masa acumulada del suelo que pasa el tamiz 4,75 mm. (N° 4), se añade a la masa acumulada del suelo que pasa el tamiz 2,00 mm (N°10), la masa de la fracción que pasa el tamiz 4,75 mm (N°4) y queda retenida sobre el tamiz 2,00 mm (N° 10). Para determinar la masa acumulada del suelo que pasa el tamiz 9,5 mm. (3/8 pulg), se añade a la masa acumulada del suelo que pasa el tamiz 4,75 mm (N° 4), la masa de la fracción que pasa el tamiz 9,5 mm (3/8 pulg) y queda retenida sobre el tamiz 4,75 mm (N° 4). Para los tamices mayores se efectúa el cálculo en la misma forma.

13.3 Para determinar el porcentaje acumulado que pasa por cada tamiz se divide la masa total que pasa el tamiz respectivo, por la masa total de la muestra y el resultado se multiplica por 100.

14. CÁLCULO PARA DETERMINAR EL FACTOR DE CORRECCIÓN POR HUMEDAD HIGROSCÓPICA

El factor de corrección por humedad higroscópica es la relación entre la masa de suelo seco al horno y la masa de suelo seco al aire. Es un número menor que uno, excepto cuando no hay humedad higroscópica.

15. CÁLCULO PARA DETERMINAR EL PORCENTAJE DE SUELO EN SUSPENSIÓN

15.1 Se calcula la masa del suelo seco al horno usado en el análisis del densímetro, multiplicando la masa del suelo seco al aire por el factor de corrección por humedad higroscópica.

15.2 Se calcula la masa de una muestra total representada por la masa de suelo usada en el ensayo de densímetro, dividiendo la masa secada al horno por el porcentaje que pasa el tamiz 2,00 mm (Nº10) y multiplicando el resultado por 100. Este valor es el peso W en la ecuación para el porcentaje remanente en suspensión.

15.3 El porcentaje de suelo que queda en suspensión, al nivel al cual el densímetro mide la densidad de la suspensión se calcula con la siguiente ecuación:

- a) Para densímetros graduados en densidades relativas (ASTM 151H)

$$P = \left[\left(\frac{100000}{W} \right) \times G / (G - G_1) \right] (R - G_1)$$

La porción encerrada entre corchetes es constante para la serie de lecturas del densímetro 1514, pudiendo calcularse primero y luego multiplicarse por la porción que queda entre paréntesis.

- b) Para densímetros graduados en gramos por litros de suspensión (ASTM 152 H):

Siendo:

$$P = \left(\frac{Ra}{W} \right) \times 100$$

- a = factor de corrección a ser aplicado en la lectura del densímetro graduado en gramos por litro de suspensión (ASTM 152 H). Los valores de la escala están calibrados para una gravedad específica de 2,65 (véase Tabla 1)
- P = Porcentaje de suelo que queda en suspensión al nivel al cual el densímetro mide la densidad de la suspensión.
- R = lectura del densímetro en la solución de agua, suelo, defloculante, aplicadas las correcciones (véase Sección 8)
- W = masa de suelo secado al horno en una muestra total de ensayo representada por la masa del suelo dispersado (véase 15.2), en gramos.
- G = gravedad específica de las partículas sólidas
- G₁ = gravedad específica del agua con defloculante en el cual las partículas del suelo están suspendidas. Se usa un valor numérico igual a 1.

TABLA 1

Gravedad específica	Factor de corrección ^A
2,95	0,94
2,90	0,95
2,85	0,96
2,80	0,97
2,75	0,98
2,70	0,99
2,65	1,00
2,60	1,01
2,55	1,02
2,50	1,03
2,45	1,05

16. CÁLCULO PARA DETERMINAR EL DIÁMETRO DE LAS PARTÍCULAS DEL SUELO

16.1 El diámetro de una partícula correspondiente al porcentaje indicado por una lectura del densímetro se calcula de acuerdo a la Ley de Stokes (Véase A.10), sobre la hipótesis de que una partícula de este diámetro estaba en la superficie de la suspensión al comienzo de la sedimentación y ha sedimentado al nivel al cual el densímetro mide la

A : Para usar en la ecuación para el porcentaje de suelo remanente en suspensión cuando se emplea el densímetro 152 H.

densidad de la suspensión. De acuerdo con la ley de Stokes:

$$D = \sqrt{\frac{30 \eta}{980 (G - G_1)}} \times \frac{L}{T}$$

Siendo:

- D = diámetro de las partículas, en milímetros
- η = coeficiente de viscosidad del medio de suspensión (en este caso agua) medido en poises (varía con el cambio de temperatura del medio de suspensión)
- L = altura en centímetros desde la superficie de la suspensión hasta el nivel al cual la densidad de la suspensión es medida (para un determinado densímetro y probeta de sedimentación, los valores varían de acuerdo con las lecturas del densímetro). Esta altura es conocida como profundidad efectiva (véase Tabla 2).
- T = tiempo, en minutos, desde el comienzo de la sedimentación hasta el instante de tomar la lectura.
- G = gravedad específica de las partículas de suelo
- G_1 = gravedad específica del medio en suspensión (puede tomarse como 1.000 para propósitos prácticos)

16.2 Para comodidad del cálculo la ecuación puede expresarse por la siguiente fórmula:

$$D = K \sqrt{\frac{L}{T}}$$

Siendo:

- K = constante que depende de la temperatura de la suspensión y de la gravedad específica de las partículas sólidas. En la Tabla 3 se proporcionan valores de K para un rango de temperaturas y gravedades específicas. Los valores de K no varían para una serie de lecturas que constituyen un ensayo, mientras que los valores de L y T varían.

17. CÁLCULO PARA DETERMINAR EL MATERIAL MÁS FINO QUE EL TAMIZ 2,00 (N°10)

17.1 El cálculo de los porcentajes que pasan los diversos tamices usados en el tamizado de la porción de muestra del ensayo del densímetro incluye varias etapas. La primera

es calcular la masa de la fracción que sería retenida sobre el tamiz 2,00 mm (N°10) que no ha sido eliminada. Esta masa es igual al porcentaje total retenido sobre el tamiz 2,00 mm (N°10) (100 menos el porcentaje total que pasa), multiplicado por la masa de la muestra total representada por la masa de suelo usada (calculado según 15.2) y el resultado dividido por 100.

17.2 Se calcula luego la masa total que pasa por el tamiz 75 μm (N°200). Se suman las masas de las fracciones retenidas en todos los tamices, incluyendo el tamiz 2,00 mm (N°10) y se resta esta suma de la masa de la muestra total (calculado según 15.2).

17.3 Se calculan las masas totales que pasan por los otros tamices en forma similar a la indicada en 13.2.

17.4 Se calculan finalmente los porcentajes totales que pasan dividiendo la masa de lo que pasa (calculado en 17.3) por la masa total de la muestra (calculada según 15.2) y se multiplica el resultado por 100.

18. GRÁFICOS

Cuando se ha hecho el análisis de sedimentación con el densímetro, puede trazarse un gráfico de los resultados de los ensayos, representando los diámetros de las partículas en escala logarítmica en las abscisas y los porcentajes más pequeños que los diámetros correspondientes, en escala aritmética en las ordenadas. La Figura 5 muestra un gráfico referencial.

19. INFORME

19.1 El informe incluirá lo siguiente:

19.1.1 Tamaño máximo de las partículas

19.1.2 Porcentaje que pasa (o retenido) sobre cada tamiz, que puede ser tabulado o representado gráficamente.

19.1.3 Inconvenientes en el proceso o cambio en el tipo y cantidad del agente dispersante.

19.2 Para materiales analizados para verificar el cumplimiento de especificaciones especiales, debe indicarse en el informe la fracción exigida por tales especificaciones. Las fracciones menores que el tamiz 2,00 mm (N°10) serán leídas del gráfico.

19.3 Para materiales no sujetos a especificaciones y cuando el suelo está compuesto casi totalmente por partículas menores que el tamiz 2,00 mm (N°10) los resultados leídos del gráfico pueden indicarse en la siguiente forma:

a) Grava, pasa tamiz 75 mm (3 pulg) y queda retenido en tamiz 4,75 mm (N°4)	%
b) Arena, pasa tamiz 4,75 mm (N°4) y queda retenido en tamiz 75 μ m (N°200)	%
- Arena gruesa, pasa tamiz 4,75 mm (N°4) y queda retenido en tamiz 2,00 mm (N°10)	%
- Arena media, pasa tamiz 2,00 mm (N°10) y queda retenido en tamiz 4,25 μ m (N°40)	%
- Arena fina, pasa tamiz 4,25 μ m (N°40) y queda retenido en tamiz 75 μ m (N°200)	%
c) Tamaño limo, de 0,075 mm a 0,005 mm	%
d) Tamaño arcilla, menor que 0,005 mm	%
e) Tamaño coloidal menor que 0,001 mm	%

19.4 Para materiales en los que no se exige el cumplimiento de especificaciones y cuando el suelo contiene suficiente material retenido sobre el tamiz 4,75 mm (N° 4) como para hacer un análisis de esta porción, los resultados se informan de la siguiente manera:

Análisis por tamizado	
Tamiz (ASTM)	PORCENTAJE QUE PASA
75 mm (3 pulg)	---
50 mm (2 pulg)	---
37.5 mm (1 ½ pulg)	---
25 mm (1 pulg)	---
19 mm (¾ pulg)	---
9,5 mm (3/8 pulg)	---
4,75 mm (N° 4)	---
2,00 mm (N°10)	---
425 μ m (N° 40)	---
75 μ m (N°200)	---

Análisis por Sedimentación	
Partículas menores	Porcentaje
de 75 μm	---
5 μm	---
1 μm	---

TABLA 2 - Valores de la profundidad efectiva basados sobre densímetros y probetas de sedimentación de medida determinadas

DENSÍMETROS GRADUADOS EN GRAVEDADES ESPECIFICAS (ASTM 151 H)		DENSÍMETROS GRADUADOS EN GRAMOS POR LITRO DE SUSPENSION (ASTM 152 H)	
Lecturas en el Densímetro	Profundidad efectiva, L, cm	Lecturas en El Densímetro	Profundidad efectiva, L, cm
1,000	16,3	0	16,3
1,001	16,0	1	16,1
1,002	15,8	2	16,0
1,003	15,5	3	15,8
1,004	15,2	4	15,6
1,005	15,0	5	15,5
1,006	14,7	6	15,3
1,007	14,4	7	15,2
1,008	14,2	8	15,0
1,009	13,9	9	14,8
1,010	13,7	10	14,7
1,011	13,4	11	14,5
1,012	13,1	12	14,3
1,013	12,9	13	14,2
1,014	12,6	14	14,0
1,015	12,3	15	13,8
1,016	12,1	16	13,7
1,017	11,8	17	13,5
1,018	11,5	18	13,3
1,019	11,3	19	13,2
1,020	11,0	20	13,0
1,021	10,7	21	12,9
1,022	10,5	22	12,7
1,023	10,2	23	12,5
1,024	10,0	24	12,4
1,025	9,7	25	12,2
1,026	9,4	26	12,0
1,027	9,2	27	11,9
1,028	8,9	28	11,7
1,029	8,6	29	11,5
1,030	8,4	30	11,4

HIDROMETROS GRADUADOS EN GRAVEDADES ESPECIFICAS (ASTM 151 H)		HIDROMETROS GRADUADOS EN GRAMOS POR LITRO DE SUSPENSION (ASTM 152 H)	
Lecturas en el	Espesor efectivo en cm	Lecturas en	Espesor efectivo en cm

NORMA TECNICA
PERUANA

NTP 339.128
16 de 23

Densimetro		el Densimetro	
1,031	8,1	31	11,2
1,032	7,8	32	11,1
1,033	7,6	33	10,9
1,034	7,3	34	10,7
1,035	7,0	35	10,6
1,036	6,8	36	10,4
1,037	6,5	37	10,2
1,038	6,2	38	10,1
		39	9,9
		40	9,7
		41	9,6
		42	9,4
		43	9,2
		44	9,1
		45	8,9
		46	8,8
		47	8,6
		48	8,4
		49	8,3
		50	8,1
		51	7,9
		52	7,8
		53	7,6
		54	7,4
		55	7,3
		56	7,1
		57	7,0
		58	6,8
		59	6,6
		60	6,5

ANEXO A (NORMATIVO)

A.1 La separación puede ser hecha en el tamiz 4,75 mm (N° 4), 425 μm (N° 40), 75 μm (N° 200) en lugar del N° 10. Cualquiera que sea el tamiz usado deberá indicarse en el reporte

A.2 Se sugieren dos tipos de dispositivos de dispersión: (1) un agitador mecánico de alta velocidad, y (2) dispersión por aire.

A.3 La cantidad de aire requerido por un vaso de dispersión por inyección de aire está en el orden de 2 pie³/minutos; algunas pequeñas compresoras de aire no son capaces de abastecer suficiente aire para operar una copa.

A.4 Las soluciones de esta sal, si son ácidas, deberán lentamente revertirse o deshidrolizarse a la forma de ortofosfato con un decremento resultante en la acción dispersiva. Las soluciones deben prepararse frecuentemente (al menos una vez al mes) o ajustadas a un pH de 8 ó 9 por medio de carbonato de sodio. Las botellas que contienen soluciones deben presentar la fecha de preparación.

A.5 Debe asegurarse los valores de las masas y la completa pulverización de los grumos pesando la porción que pasa el tamiz 2,00 mm. (N° 10) y añadir este valor a la masa de la porción lavada y seca al horno retenida en dicho tamiz.

A.6 Se recomienda el empleo de un recipiente de lavado de mayor tamaño para la manipulación del agua en la operación de lavado. Otros dispositivos incluyen la botella de lavado de agua y una manguera con una válvula conectada a un tanque de agua destilada presurizado.

A.7 Se requiere la presión de aire inicial de 7 kPa, para prevenir el ingreso de la mezcla agua-suclo a la celda de inyección de aire cuando la mezcla sea transferida al vaso de dispersión.

A.8 Deben aplicarse aproximadamente 60 movimientos de rotación durante un minuto, contando cada movimiento hacia arriba y de regreso como dos.

A.9 Es importante remover el densímetro inmediatamente después de cada lectura. Las lecturas deben tomarse en el tope del menisco formado por la suspensión alrededor del cuerpo, ya que no es posible tomar lecturas seguras en la base del menisco.

A.10 Desde que la Ley de Stokes considera la velocidad terminal de una esfera simple que cae en una infinidad de líquido, los tamaños calculados representan el diámetro de las esferas que caerían a la misma velocidad que las partículas de suelo.

NORMA TECNICA
PERUANA

NTP 339.128
20 de 23

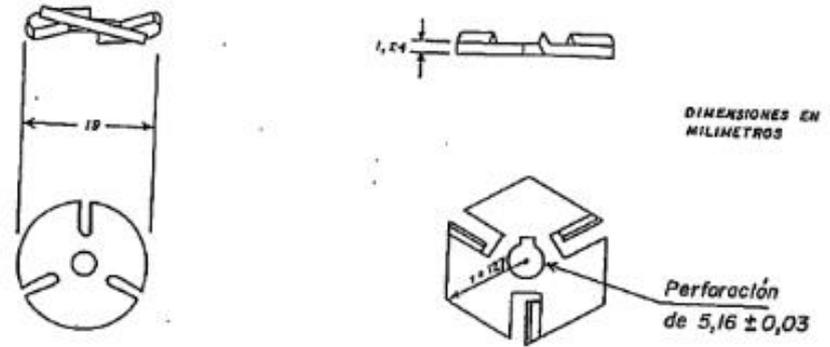
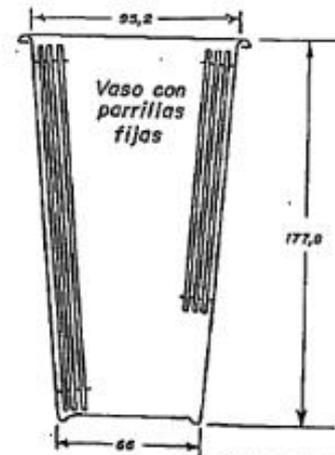


FIGURA 1 – Detalle de la aleta



Vista de planos diferentes

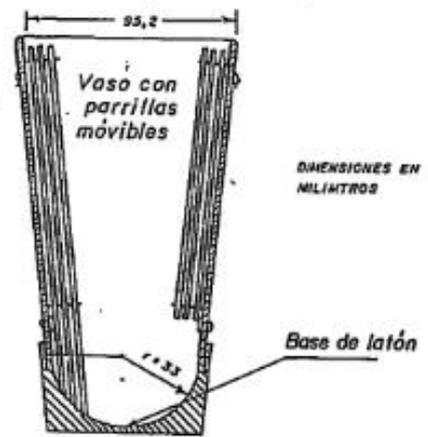


FIGURA 2 – Vaso de dispersión con las parrillas



FIGURA 2a - Plano de ubicación de las parrillas

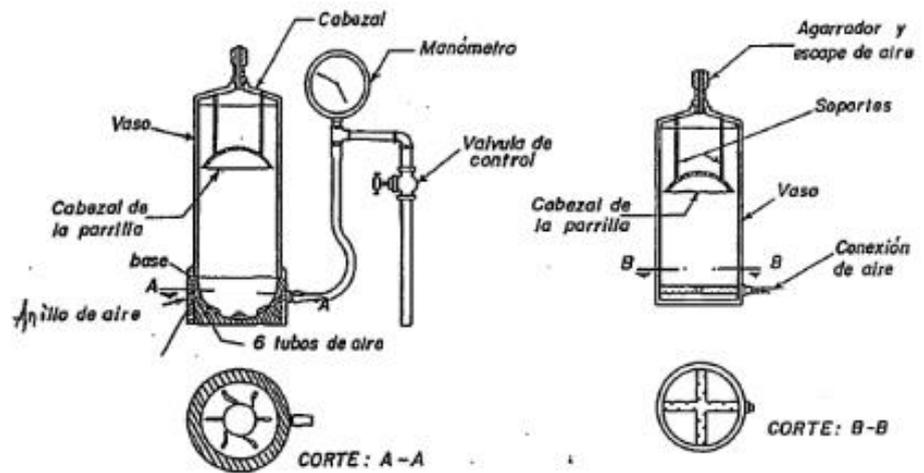


FIGURA 3 - Vaso de dispersión por chorro de aire

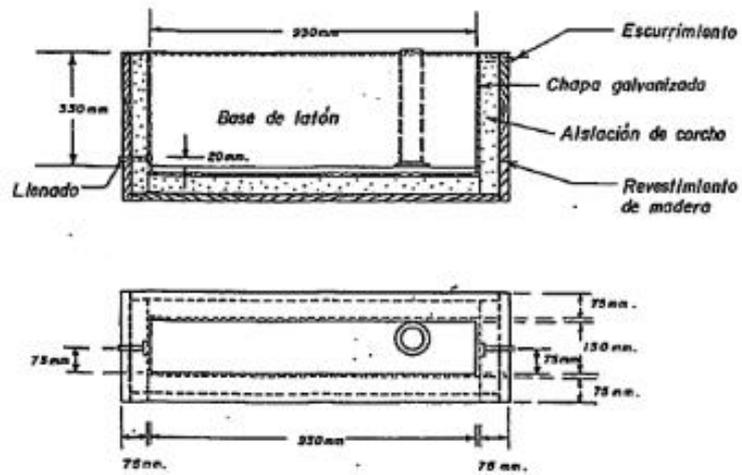


FIGURA 4 - Baño de paredes aisladas para probetas

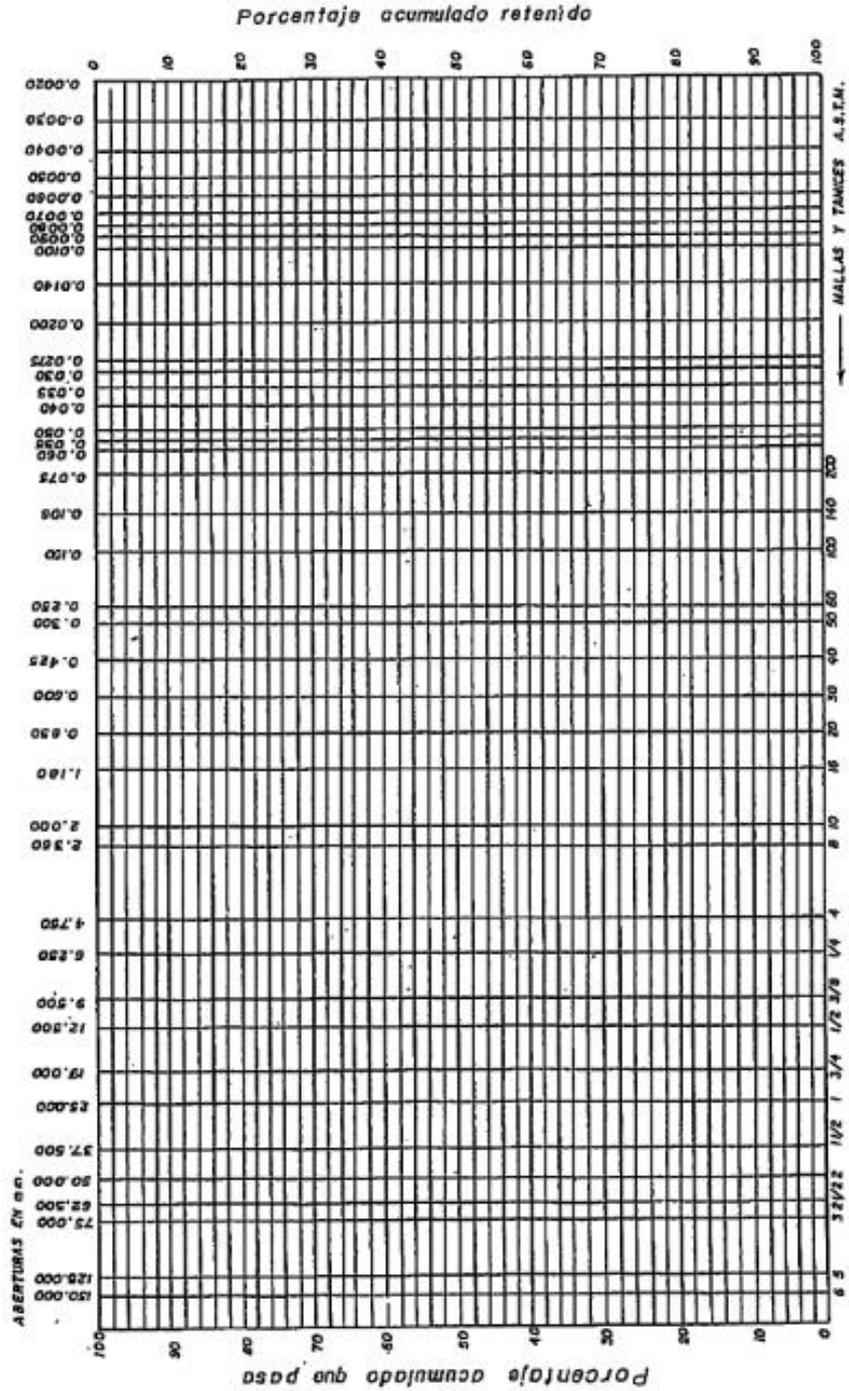


FIGURA 5 - Análisis Granulométrico

ANEXO 4-C

NTP. 339.129: SUELOS. Metodo de ensayo para determinar el limite liquido, limite plástico, e índice de plasticidad de suelos.



NORMA TÉCNICA
PERUANA

NTP 339.129
1999

Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales-INDECOPI
Calle De la Prosa 138, San Borja (Lima 41) Apartado 145

Lima, Perú

indecopi

Norma Técnica
Peruana

SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico, e índice de plasticidad de suelos

1. OBJETO

Esta Norma Técnica Peruana establece los métodos de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico, e índice de plasticidad de una muestra de suelo, como se definen en la Sección 3.

2. REFERENCIAS NORMATIVAS

Las siguientes normas contienen disposiciones que al ser citadas en este texto, constituyen requisitos de esta Norma Técnica Peruana. Las ediciones indicadas estaban en vigencia en el momento de esta publicación. Como toda Norma está sujeta a revisión, se recomienda a aquellos que realicen acuerdos en base a ellas, que analicen la conveniencia de usar las ediciones recientes de las normas citadas seguidamente. El Organismo Peruano de Normalización posee la información de las Normas Técnicas Peruanas en vigencia en todo momento.

2.1 Normas Técnicas Peruanas

- | | | |
|-------|-------------------------|---|
| 2.1.1 | NTP 339.089:1998 | SUELOS. Obtención en laboratorio de muestras representativas (cuarteo) |
| 2.1.2 | NTP 339.090:1998 | SUELOS. Preparación en seco de muestras para el análisis granulométrico y determinación de las constantes del suelo |
| 2.1.3 | NTP 339.127:1998 | SUELOS. Método de ensayo para determinar el contenido de humedad |

2.1.4	NTP 339.134:1999	SUELOS. Método para la clasificación de suelos con propósitos de ingeniería SUCS
2.1.5	NTP 339.135:1999	SUELOS. Clasificación de suelos para uso en vías de transporte
2.1.6	NTP 339.136:1999	SUELOS. Símbolos unidades, terminología y definiciones
2.2	Normas Técnicas de Asociaciones	
2.2.1	ASTM C670:1996	Practice for Preparing Precision and Bias Statements for Test Methods for Construction Materials
2.2.2	ASTM D75:1997	Practice for Sampling Aggregates
2.2.3	ASTM D420:1993	Practice for Investigating and Sampling Soil and Rock for Engineering Purposes
2.2.4	ASTM D1241:1994	Specification for Materials for Soil-Aggregate Subbase, Base, and Surface Courses
2.2.5	ASTM D2488:1993	Practice for Description and Identification of Soils (Visual-Manual Procedure)
2.2.6	ASTM D4753:1992	Specification for Evaluating, Selecting, and Specifying Balances and Scales for Use in Soil and Rock Testing

3. DEFINICIONES

Para los propósitos de esta Norma Técnica Peruana se aplican las siguientes definiciones:

3.1 **límite de Atterberg:** Originalmente Albert Atterberg definió seis "límites de consistencia" de suelos de grano fino: el límite superior de flujo viscoso, el límite líquido, el límite de pegajosidad, el límite de cohesión, el límite plástico, y el límite de contracción. En ingeniería se usan frecuentemente el límite líquido, el límite plástico, y en algunas referencias el límite de contracción.

3.2 **consistencia:** Es la relativa facilidad con la cual un suelo puede ser deformado.

3.3 **límite líquido (LL):** 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).

3.4 **límite plástico (LP):** Es el contenido de humedad, expresado en porcentaje, para el cual el suelo se halla en el límite entre los estados plástico y semisólido. Arbitrariamente se designa como el contenido de humedad más bajo al cual el suelo puede ser rolando en hilos de 3,2 mm. (1/8 pulg) sin que se rompan en pedazos.

3.5 **suelo plástico:** Es un suelo que tiene un rango de contenido de humedad sobre el cual exhibe plasticidad y sobre el cual mantendrá su forma bajo secado.

3.6 **índice de plasticidad (IP):** Es el rango de contenido de humedad sobre el cual un suelo se comporta plásticamente. Numéricamente es la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico.

3.7 **índice de liquidez:** Es la relación, expresada como porcentaje (1) del contenido de humedad natural de un suelo menos su límite plástico, a (2) su índice de plasticidad.

3.8 **número de actividad (A):** La relación del (1) índice de plasticidad de un suelo al (2) porcentaje en peso de las partículas que tengan un diámetro equivalente menor de 0,002 mm.

4. RESUMEN DEL MÉTODO DE ENSAYO

4.1 A la muestra se le remueve cualquier material retenido en el tamiz 425 μm . (N° 40). El límite líquido se determina realizando pruebas en las cuales se esparce una porción de la muestra en una copa de bronce, dividida en dos por un ranurador, y luego permitiendo que fluya debido a los impactos causados por las repetidas caídas de la copa en un dispositivo mecánico estándar. Se requiere realizar tres o más pruebas sobre un rango de contenidos de humedad y graficar o calcular la información de las pruebas para establecer una relación a partir de la cual se determine el límite líquido.

4.2 El límite plástico se determina presionando y enrollando alternadamente a un hilo de 3,2 mm. de diámetro (1/4 pulg), una porción pequeña de suelo plástico hasta que su contenido de humedad se reduzca hasta el punto en que el hilo se quiebre y no pueda ser más presionado y re enrollado. El contenido de humedad del suelo en este punto se reporta como el límite plástico.

4.3 El índice de plasticidad se calcula como la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico.

5. SIGNIFICADO Y USO

5.1 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 NTP 339.134 y NTP 339.135) y para especificar la fracción de grano fino de materiales de construcción (véase especificación ASTM D1241). El límite líquido, el límite plástico, y el

índice de plasticidad de suelos son 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.

5.2 Los límites líquido y plástico de un suelo pueden utilizarse con el contenido de humedad natural de un suelo para expresar su consistencia relativa o índice de liquidez y puede ser usado con el porcentaje más fino que 2 μm para determinar su número de actividad

5.3 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 líquidos de estos materiales tienden a incrementarse. La magnitud del incremento se considera ser una medida de la susceptibilidad de las lutitas a la intemperización.

5.4 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.

6. APARATOS

6.1 **Dispositivo de Límite Líquido:** Es un dispositivo mecánico consistente de una copa de bronce suspendida de un soporte diseñado para controlar su caída sobre una base de caucho duro. La Figura 1 muestra los rasgos esenciales y las dimensiones críticas del dispositivo. El dispositivo puede ser operado tanto manualmente como con un motor eléctrico.

6.1.1 **Base:** Es una base de caucho duro que tenga una dureza D del Durómetro de 80 a 90, y una resiliencia tal que una bola de acero pulida de diámetro de 8 mm (5/16 pulg), cuando es soltada desde una altura de 25 cm (9,84 pulg) tenga un rebote promedio no menor de 80 % y no mayor de 90 %. Realizar los ensayos de resiliencia sobre la base terminada apoyada sobre sus patas. En el Anexo A se muestran los detalles para la medición de la resiliencia de la base.

6.1.2 Bases de caucho, que soportan la base, y están diseñadas para proporcionar aislamiento a la base de la superficie de trabajo, y con una dureza A del Durómetro no mayor de 60, medida sobre las bases terminadas sujetas a la base.

6.1.3 Copa de bronce, con un peso, incluido el manubrio, entre 185 g y 215 g.

6.1.4 Leva, diseñada para levantar la copa suave y continuamente hasta su máxima altura, sobre una distancia de por lo menos 180° de rotación de leva, sin desarrollar una velocidad hacia arriba o hacia abajo de la copa cuando el manubrio de leva se desprenda de la leva. (El movimiento preferido de leva es una curva de levante uniformemente acelerada).

Nota 1.- El diseño de la leva y el manubrio de la Fig. 1 es para movimiento uniformemente acelerado (parabólico) luego del contacto y asegura que la copa no tenga velocidad en la caída. Otros diseños de leva tienen también esta característica y pueden emplearse. Sin embargo, si el modelo de levante del manubrio es desconocido, la velocidad cero de la caída puede asegurarse rellenando o puliendo la leva y el manubrio tal que la altura de la copa permanezca constante sobre los últimos 20 a 45° de rotación de la leva.

6.1.5 Soporte, construido de forma tal que permita un ajuste conveniente y seguro de la altura de caída de la copa hasta 10 mm (0,394 pulg), y diseñada de forma tal que el ensamblaje de la copa y el manubrio esté sujeto al soporte únicamente por medio de un pasador removible.

6.1.6 **Motor (opcional):** Se emplea como una alternativa al manubrio mostrado en la Figura 1, el dispositivo puede ser equipado con un motor que permita la rotación de la leva. El motor debe girar el manubrio a $2 \pm 0,1$ revoluciones por segundo y debe estar aislado del resto del dispositivo por montantes de caucho o en alguna otra forma que prevenga que la vibración del motor se transmita al resto del aparato. Debe estar equipado con un interruptor de encendido-apagado y medios para posicionar convenientemente la leva para los ajustes de la altura de caída. Los resultados que se obtengan por medio de un dispositivo a motor no deben diferir de aquellos que usen un dispositivo operado manualmente.

6.2 **Acanalador:** Es una herramienta hecha de plástico o metal no corrosible que tenga las dimensiones mostradas en la Figura 2. El diseño de la herramienta puede variar mientras se mantengan las dimensiones esenciales. La herramienta puede, pero no necesariamente, incorporar el calibre para ajustar la altura de caída del dispositivo de límite

líquido.

Nota 2.- Antes de la adopción de este método de ensayo, se especificaba una herramienta de ranuración curvada como parte del aparato para realizar el ensayo de límite líquido. La herramienta curvada no se considera tan precisa como la herramienta plana descrita en 6.2 desde que no controla la profundidad del suelo en la copa de límite líquido. Sin embargo, existe información que indica que el límite líquido se incrementa ligeramente típicamente cuando se usa la herramienta plana en lugar de la herramienta curvada.

6.3 Calibre: Es un bloque metálico de calibración para ajustar la altura de caída de la copa, con las dimensiones mostradas en la Figura 3. El diseño de la herramienta puede variar dado que el calibre descansará sobre la base con seguridad sin ser susceptible de balanceo, y el borde que contacta la copa durante el ajuste es derecho, al menos en un ancho de 10 mm (3/8 pulg), y sin bisel o radio.

6.4 Contenedores, resistentes a la corrosión con tapas de cierre hermético para especímenes de contenido de humedad. Son apropiados recipientes de aluminio de 2,5 cm. (1 pulg) de alto por 5 cm. (2 pulg) de diámetro.

6.5 Balanza, con una aproximación de 0,01 g.

6.6 Contenedor para almacenaje: Para almacenar el espécimen de suelo preparado, y para prevenir la pérdida de humedad. Es adecuado un plato de porcelana, vidrio o plástico de 11,4 cm (4 ½ pulg) de diámetro y una bolsa plástica lo suficientemente grande para envolver el plato y ser doblada.

6.7 Placa de vidrio pulido: Una placa de vidrio pulido cuadrada de 30 cm (12 pulg) de lado, 1 cm (3/8 pulg) de espesor para enrollar los hilos de límite plástico.

6.8 Espátula, con hoja flexible y dimensiones aproximadas de 2 cm (3/4") de ancho y de 10 cm a 13 cm (3 pulg a 4 pulg) de longitud.

6.9 Tamiz: De 20.3 cm (8 pulg) de diámetro, 425 µm (Nº 40) conforme a los requerimientos de la NTP 350.001, con una altura no menor de 5 cm (2 pulg) sobre la malla.

NORMA TÉCNICA
PERUANA

NTP 339.129
8 de 27

Puede necesitarse también una malla de 2 mm (N° 10) de acuerdo a los mismos requerimientos.

6.10 Frasco de lavado, o contenedor similar para añadir cantidades controladas de agua al suelo y lavar los finos de las partículas gruesas.

6.11 Horno, controlado termostáticamente, preferiblemente del tipo tiro forzado, capaz de mantener continuamente una temperatura de 110 ± 5 °C (230 ± 9 °F) a través de la celda de ensayo.

6.12 Recipiente de lavado, circular, de base plana, de por lo menos 7,6 cm (3 pulg) de profundidad, y un diámetro ligeramente mayor en la base que un tamiz de 20,3 cm (8 pulg).

7. MATERIALES Y REACTIVOS

Pureza del agua: Cuando en este método de ensayo sea referida agua destilada, puede emplearse agua destilada o agua desmineralizada.

8. MUESTREO

8.1 Las muestras pueden tomarse de alguna ubicación que satisfaga las necesidades del ensayo. Sin embargo, deberían usarse los Métodos NTP 339.123, y las Prácticas ASTM D 75, y ASTM D 420 como guías para la selección y preservación de muestras de diversos tipos de operaciones de muestreo. Las muestras que serán preparadas usando el procedimiento de preparación húmeda (10.1) deben mantenerse a su contenido de humedad natural anterior a la preparación.

8.2 Cuando las operaciones de muestreo hayan preservado la estratificación natural de una muestra, deben mantenerse separados los diversos estratos y realizarse los ensayos en los estratos de particular interés con la menor contaminación posible de otros estratos. Cuando se use en construcción una mezcla de materiales, deberán combinarse los diversos

f

componentes en tal proporción que la muestra resultante represente el caso de construcción real.

8.3 Cuando la información de este método de ensayo se use para su correlación con otra información de campo o laboratorio, deberá emplearse el mismo material usado para estos ensayos tanto como sea posible.

8.4 Se obtiene una porción representativa de la muestra total suficiente para proporcionar 150 g a 200 g de material pasante del tamiz 425 μm (Nº40). 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.

9. CALIBRACIÓN DEL APARATO

9.1 Inspección de Desgaste

9.1.1 **Dispositivo de límite líquido:** Determinar que el dispositivo de límite líquido se encuentre limpio y en buenas condiciones de trabajo. Verificar específicamente los siguientes puntos:

9.1.1.1 **Desgaste de la base:** La huella sobre la base donde hace contacto la copa debería tener no más de 10 mm (3/8 pulg) de diámetro. Si la huella es mayor, la base puede ser pulida para remover la huella del uso dado que esta operación no adelgazará la base más de lo especificado en 6.1 y las otras relaciones dimensionales se mantienen.

9.1.1.2 **Desgaste de la copa:** Reemplazar la copa cuando el ranurador ha originado en la copa una depresión de 0,1 mm (0,004 pulg) de profundidad o cuando la copa se haya reducido a la mitad de su espesor original.

9.1.1.3 **Desgaste del sujetador de la Copa:** Verificar que el pivote del sujetador de

la copa no se trabe y que no se haya desgastado en una extensión tal que permita un movimiento de lado a lado de más de 3 mm (1/8") desde el punto más bajo de la copa.

9.1.1.4 Desgaste de la leva: La leva no se desgastará en una extensión tal que la copa caiga antes que el sujetador de la copa (manubrio de leva) pierda contacto con la leva.

9.1.2 Herramientas de ranuración: Se inspeccionarán con cierta frecuencia las herramientas de ranuración. La rapidez del desgaste depende del material del cual está hecha la herramienta y los tipos de suelo ensayados. Los suelos que contienen una gran proporción de partículas de arena puede causar el desgaste rápido de las herramientas de ranuración; por consiguiente, cuando se ensayen estos materiales, las herramientas deberán ser inspeccionadas más frecuentemente que para otros suelos.

Nota 3.- El ancho de la punta de las herramientas de ranuración se verifica convenientemente usando un magnificador de medición tamaño bolsillo equipado con una escala milimétrica. Los magnificadores de este tipo están disponibles en la mayoría de compañías proveedoras de laboratorios. La profundidad de la punta de las herramientas de ranuración puede ser verificada usando el dispositivo de medición de profundidad de los calibres vernier.

9.2 Ajuste de la altura de caída: Ajustar la altura de caída de la copa tal que la punta de la copa en contacto con la base se eleve a una altura de $10 \text{ mm} \pm 0,2 \text{ mm}$. Véase la Figura 4 para la ubicación apropiada del dial relativa a la copa durante el ajuste.

Nota 4.- El siguiente es un procedimiento conveniente para ajustar la altura de caída: colocar un pedazo de cinta engomada a través de la base exterior de la copa paralela al eje del pivote sujetador de la copa. El borde de la cinta alejada del sujetador de la copa debería bisecar la huella sobre la copa en contacto con la base. Para nuevas copas, colocar un pedazo de papel carbón sobre la base y permitir que la copa caiga varias veces de manera que se marque la huella de contacto. Sujetar la copa al dispositivo y girar el manubrio hasta que la copa se levante a su altura máxima. Deslizar el calibre de altura por debajo de la copa desde el frente, y observar si el calibre contacta la copa o la cinta. (véase Fig. 4). Si la cinta y la copa están en contacto, la altura de caída es aproximadamente correcta. Si no, se ajustará la copa hasta que se produzca el contacto simultáneo. Se verificará el ajuste girando el manubrio a 2 revoluciones por segundo mientras se mantiene el calibre en posición contra la cinta y la copa. Si se escucha un sonido tenue sin que la copa se eleve del calibre, el ajuste es correcto. Si no se escucha ruido alguno o si la copa se eleva del calibre, la altura de caída deberá reajustarse. Si la copa se mueve sobre el calibre durante esta verificación, el pivote del manubrio de leva se desgasta excesivamente y las partes desgastadas deben ser reemplazadas. Remover siempre la cinta luego de completar la operación de ajuste.

10. PREPARACIÓN DE ESPECIMENES DE ENSAYO

10.1 Preparación húmeda: Excepto cuando se especifique el método seco de preparación de espécimen, los especímenes de ensayo se prepararán conforme se describe en las siguientes secciones.

10.1.1 Muestras que pasan el tamiz de 425 μm (N° 40):

Cuando se determine por procedimiento visual o manual que la muestra tiene poco o no tiene material retenido en el tamiz de 425 μm (N° 40), preparar un espécimen de 150 g a 200 g mezclándolo con agua destilada o desmineralizada sobre la placa de vidrio usando la espátula. Si se desea, sumergir el suelo en un plato de mezclado con una pequeña cantidad de agua para suavizar el suelo antes de comenzar el mezclado. Ajustar el contenido de agua del suelo para llevarlo a una consistencia que requiera de 25 a 35 golpes en el dispositivo de límite líquido para cerrar la ranura (Nota 5).

Si, durante el mezclado, se encuentra un pequeño porcentaje de material que sería retenido en el tamiz de 425 μm (N° 40), remover las partículas a mano (si es posible). Si no es práctico retirar el material grueso a mano, retirar pequeños porcentajes (menos del 15 %) de material grueso pasando el espécimen a través del tamiz de 425 μm usando un pedazo de caucho, o un sujetador de caucho, u otro dispositivo conveniente cuidando que la operación no deteriore el tamiz o degrade material que sería retenido si se empleara el método de lavado descrito en 10.1.2. Cuando las partículas gruesas encontradas durante el mezclado sean concreciones, conchas, u otras partículas frágiles, estas partículas no se triturarán para hacerlas pasar a través del tamiz de 425 μm , pero serán removidas a mano o por lavado.

Colocar el suelo mezclado en el plato de mezclado, cubrirlo para prevenir la pérdida de humedad, y permitirle reposar por lo menos 16 horas (toda la noche). Después del periodo de reposo e inmediatamente antes de empezar el ensayo, remezclar totalmente el suelo.

Nota 5.- El tiempo necesario para mezclar adecuadamente un suelo varía grandemente, dependiendo de su plasticidad y contenido de humedad inicial. Pueden necesitarse más de 30 minutos para mezclar arcillas rígidas o grasas.

10.1.2 Muestras que contienen material retenido en el tamiz 425 μm (N°40):

10.1.2.1 Seleccionar una cantidad suficiente de suelo a un contenido de humedad natural para obtener 150 g a 200 g de material que pase el tamiz 425 μm (N°40). Colocarlo en un recipiente o plato y añadir suficiente agua para cubrir el suelo. Dejarlo sumergido hasta que todos los grumos se hayan suavizado y los finos no se adhieran a las superficies de las partículas gruesas (Nota 6).

Nota 6.- En algunos casos, los cationes de sales presentes el agua potable se intercambian con los cationes naturales en el suelo y alteran significativamente los resultados de ensayos, si se usa agua potable en las operaciones de remojo y lavado.

10.1.2.2 Cuando la muestra contiene un elevado porcentaje de material retenido en el tamiz 425 μm (N° 40), realizar la siguiente operación de lavado por incrementos, lavando no más de 0.5 kg (1 lb) de material a la vez. Colocar el tamiz 425 μm (N° 40) en la base del recipiente limpio. Vaciar la mezcla suelo-agua en el tamiz. Si existen partículas de grava o arena gruesa, enjuagarlas tanto como sea posible, con pequeñas cantidades de agua usando un frasco de lavado, y descartarlas. Alternativamente, vaciar la mezcla suelo-agua en un tamiz de 2.00 mm (N° 10) colocado sobre un tamiz de 425 μm (N° 40), enjuagar el material fino y remover el tamiz de 2.00 mm .

Después de lavar y remover tanto material grueso como sea posible, añadir suficiente agua al recipiente para elevar el nivel 13 mm por encima de la superficie del tamiz 425 μm (N° 40). Agitar la mezcla revolviéndola con los dedos mientras se eleva y desciende el tamiz en el recipiente permitiendo que el material fino sea lavado de las partículas más gruesas. Disgregar los terrones de suelo fino que no se hayan desintegrado frotándolos suavemente sobre el tamiz con la yema de los dedos. Completar la operación de lavado elevando el tamiz sobre la superficie del agua y enjuagando el material retenido con una pequeña cantidad de agua limpia. Descartar el material retenido en el tamiz de 425 μm .

10.1.2.3 Reducir el contenido de agua del material que pasa el tamiz de 425 μm (N° 40) hasta que se aproxime al límite líquido. La reducción del contenido de agua puede estar acompañada por uno o una combinación de los siguientes métodos: (a) exposición a corrientes de aire a temperatura ambiente, (b) exposición a corrientes cálidas de aire desde una fuente tal como un secador de pelo eléctrico, o (c) decantando el agua clara de la superficie de la suspensión. Durante la evaporación y el enfriamiento, se agitará la muestra lo suficientemente frecuente para evitar el sobrecado de los bordes y pináculos de suelo sobre la superficie de

la mezcla. Para las muestras de suelo que contengan sales solubles, se usará un método de reducción de agua (*a* ó *b*) que no elimine las sales solubles del espécimen de ensayo.

10.1.2.4 Mezclar totalmente el material que pasa el tamiz de 425 μm sobre la placa de vidrio usando la espátula. Ajustar el contenido de agua de la mezcla, si es necesario, añadiendo pequeños incrementos de agua destilada o desmineralizada o permitiendo que la mezcla se seque a temperatura ambiente mientras se mezcla sobre la placa de vidrio. El suelo debiera estar a un contenido de agua que resulte en el cierre de la ranura de 25 a 35 golpes. Colocar el suelo mezclado en el plato de mezclado, cubrirlo para prevenir la pérdida de humedad, y permitirlo reposar por 16 horas. Luego del período de reposo o inmediatamente antes de iniciar el ensayo, remezclar totalmente el suelo.

10.2 Preparación Seca:

10.2.1 Seleccionar suficiente suelo para obtener de 150 g a 200 g de material que pase el tamiz de 425 μm (N° 40) después de procesado. Secar la muestra a temperatura ambiente o en un horno a una temperatura que no exceda 60 °C hasta que los terrones de suelo se pulvericen con facilidad. La muestra se disgrega fácilmente si no se permite el secado total. Sin embargo, el suelo debiera tener una apariencia seca cuando se pulveriza.

10.2.2 Pulverizar la muestra en un mortero con un mazo con punta de caucho o en alguna otra forma que no cause la ruptura de los granos individuales. Cuando las partículas gruesas encontradas durante la pulverización sean concreciones, conchas, u otras partículas frágiles, no se triturarán para hacerlas pasar el tamiz de 425 μm (N° 40), sino que serán removidas manualmente o por otro medio, como el lavado.

10.2.3 Separar la muestra por un tamiz de 425 μm (N° 40), agitando el tamiz con la mano para asegurar toda la separación de la fracción más fina. Regresar el material retenido en el tamiz de 425 μm (N° 40) al aparato de pulverización y repetir las operaciones de pulverización y tamizado las veces que sean necesarias para asegurar que todo el material fino ha sido disgregado y que el material retenido en el tamiz de 425 μm (N° 40) consiste solo de granos de arena o grava individuales.

10.2.4 Colocar el material remanente en el tamiz de 425 μm (N° 40) luego de las operaciones de pulverización final en un plato y sumergir en una pequeña cantidad de agua.

Agitar la mezcla suelo agua y vaciar sobre un tamiz de 425 μm (N° 40), recibiendo el agua y los finos suspendidos en un recipiente de lavado. Vaciar esta suspensión en un plato que contenga el suelo seco tamizado previamente por el tamiz de 425 μm (N° 40). Descartar el material retenido en el tamiz de 425 μm .

10.2.5 Proceder como se describe en 10.1.2.3 y 10.1.2.4.

LÍMITE LÍQUIDO (MÉTODO MULTIPUNTO)

11. PROCEDIMIENTO

11.1 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 de suelo, formando 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.

11.2 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 herramienta perpendicular a la superficie de la copa en todo su movimiento. Véase Fig. 5. 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 el acanalador las dimensiones finales de la ranura.

11.3 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). Véase Fig. 6.

Nota 7.- Se recomienda el uso de una regla graduada para verificar que la ranura se cerró 13 mm (1/2 pulg).

11.4 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 11.1 a 11.3. Si el suelo se desliza sobre la superficie de la copa, repetir de 11.1 a 11.3 a un contenido de humedad 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 líquido no pudo determinarse, y se reportará al suelo como no plástico sin realizar el ensayo de límite plástico.

11.5 Registrar el número de golpes, N , necesarios para cerrar la ranura. Tomar una tajada de suelo de aproximadamente el 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.

11.6 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.

11.7 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 11.1 a 11.6 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.

11.8 Determinar el contenido de humedad, W^m , 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.

12. CÁLCULOS

12.1 Representar la relación entre el contenido de humedad, W° , y el número de golpes correspondiente, 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 o más puntos graficados.

12.2 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.

LÍMITE PLÁSTICO

13. PREPARACIÓN DEL ESPÉCIMEN DE ENSAYO

Seleccionar una porción de 20 g de suelo del material preparado para el ensayo de límite líquido, tanto después del segundo mezclado antes del ensayo, o del suelo remanente al terminar el ensayo. Reducir el contenido de humedad del suelo a una consistencia a la cual pueda enrollarse sin que se pegue a las manos esparciéndolo o mezclándolo continuamente sobre la placa de vidrio o en el plato de mezclado. El proceso de secado puede acelerarse exponiendo el suelo a la corriente de aire de un ventilador eléctrico, o secándolo con papel que no añada fibras al suelo, como papel de filtro de alta resistencia al humedecimiento.

14. PROCEDIMIENTO

14.1 De la masa de 20 g, tomar una porción de 1,5 g a 2,0 g. Formar una masa elipsoidal con el espécimen de ensayo. Enrollar la masa entre la palma o los dedos y la placa de vidrio con la presión necesaria para enrollar la masa en un hilo de diámetro uniforme en toda su longitud (Nota 9). El hilo debe ser deformado en cada movimiento hasta que su diámetro sea de 3,2 mm (1/8 pulg), en no más de 2 minutos (Nota 10). La magnitud de la presión de la mano o de los dedos necesaria variará grandemente, de acuerdo al suelo. Los

suelos frágiles de baja plasticidad se enrollan mejor bajo el borde exterior de la palma o en la base del pulgar.

Nota 8.- La velocidad normal de enrollado para la mayoría de suelos debe estar entre 80 y 90 pasadas por minuto, contando una pasada como un movimiento completo de la mano hacia delante y de regreso a la posición inicial. Esta velocidad de enrollado puede tener que ser reducida para suelos muy frágiles.

Nota 9.- Es útil contar con una varilla o tubo de 3,2 mm de diámetro para realizar comparaciones frecuentes con el hilo de suelo para asegurar en que momento se ha alcanzado el diámetro establecido.

14.1.1 Cuando el diámetro del hilo alcanza 3,2 mm, romper el hilo en varios pedazos. Se reúnen los pedazos en una sola porción y se moldean los pedazos entre los dedos pulgares y demás dedos de ambas manos, en una masa uniforme elipsoidal y se le enrolla nuevamente. Se continúa este enrollado alternado cuantas veces sea necesario, hasta que el suelo se desmenuce o presente signos de fisuras cuando es llevado a hilos de 3,2 mm. de diámetro (véase Figura 7). No tiene importancia si el hilo se rompe en hilos de longitud más corta. Cada uno de los hilos más cortos deberán enrollarse hasta llegar a 3,2 mm. de diámetro. El único requisito para continuar el ensayo es que sea posible llevarlos nuevamente a la forma de una masa elipsoidal y enrollarlos otra vez.

El operador no debe intentar que la falla se produzca exactamente al llegar a 3,2 mm, permitiendo que el hilo alcance 3,2 mm, reduciendo la velocidad de enrollado, o la presión de la mano, o ambos, mientras se continúa el enrollado sin mayor deformación hasta que el hilo se separe. Se permite, sin embargo, reducir la cantidad total de deformación en suelos plásticos débiles haciendo que el diámetro inicial de la masa elipsoidal sea cercano al diámetro final de 3,2 mm. Si el agrietamiento se presenta cuando el hilo tiene un diámetro mayor a 3,2 mm, éste debe considerarse como un punto final satisfactorio, dado que el suelo fue enrollado previamente a 3,2 mm de diámetro. El agrietamiento del hilo se manifiesta de diferentes formas en los diversos tipos de suelo. Algunos suelos se separan en numerosos pequeños conjuntos de partículas, otros pueden formar una capa tubular exterior que comience a dividirse en ambos extremos. La separación comienza hacia la mitad, y finalmente, el hilo se separa en varias partículas laminadas. Los suelos arcillosos grasos requieren mucha presión para deformar el hilo, particularmente cuando se acercan al límite plástico. Con estos suelos, el hilo se separa en una serie de segmentos en forma de barril en una longitud de 3,2 mm a 9,5 mm (1/8 pulg a 3/8 pulg).

14.2 Reunir las porciones del hilo agrietado y colocarlas en un recipiente de peso conocido. Cubrir inmediatamente el recipiente.

14.3 Seleccionar una porción de 1,5 g a 2,0 g de suelo del espécimen original de 20 g y repetir las operaciones descritas en 14.1 y 14.2 hasta que el recipiente tenga no menos de 6 g.

14.4 Repetir de 14.1 a 14.3 para tener otro recipiente de no menos de 6 g de suelo. Determinar el contenido de humedad del suelo contenido en los recipientes de acuerdo al método de ensayo NTP 339.127.

15. CÁLCULOS

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

TABLA 1 - Tabla de Estimados de Precisión

Índice de precisión y tipo de ensayo	Desviación Estándar ^a	Rango Aceptable de dos resultados ^b
Precisión de un operador simple:		
Límite líquido	0,8	2,4
Límite plástico	0,9	2,6
Precisión Multilaboratorio:		
Límite líquido	3,5	9,9
Límite plástico	3,7	10,6

ÍNDICE PLÁSTICO

16. CÁLCULOS

Se calcula el índice de plasticidad de la siguiente forma:

$$IP = LL - LP$$

donde:

IP = índice de plasticidad
LL = límite líquido
LP = límite plástico

Tanto el límite líquido como el límite plástico son números enteros. Si no puede determinarse uno de ellos, o si el límite plástico es igual o mayor que el límite líquido, se reportará al suelo como no plástico, NP.

17. REPORTE

Se reportará la siguiente información:

17.1 Información para la identificación de la muestra

17.2 El proceso de selección utilizado, como la remoción de lentes de arena de muestra inalterada.

17.3 Reportar la muestra como seca al aire si la muestra se secó al aire antes o durante la preparación.

17.4 El límite líquido, el límite plástico y el índice de plasticidad con aproximación al entero más cercano, omitiendo el símbolo de porcentaje. Si no se pudieron realizar los ensayos de límite líquido o de límite plástico, o si el límite plástico es igual o mayor que el límite líquido, se reportará al suelo como no plástico, NP.

17.5 Estimar el porcentaje de muestra retenida en el tamiz de 425 μm (Nº 40), y

17.1.6 El procedimiento utilizado para realizar el ensayo de límite líquido, si difiere

del método multipunto.

18. PRECISIÓN Y EXACTITUD

18.1 Precisión: El criterio para aceptar la aceptación de los resultados de los ensayos de límite líquido y límite plástico obtenidos por este método de ensayo se da en la Tabla 1.

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

19. ANTECEDENTE

ASTM 4318-93 Standard Test Method for Liquid Limit, Plastic Limit,
and Plasticity Index of Soils

ANEXO A

DETERMINACIÓN DEL LIMITE LIQUIDO POR EL
METODO DE UN PUNTO

A.1 APARATOS: Los mismos que se han descrito en la presente Norma (Sección 6).

A.2 PREPARACIÓN DEL ESPECIMEN DE ENSAYO

Preparar el espécimen en la misma forma como se describió en la Sección 10, excepto que en el mezclado, el contenido de humedad se ajusta a una consistencia que requiera de 20 a 30 golpes de la copa de límite líquido para cerrar la ranura.

A.3 PROCEDIMIENTO

- a) El ensayo se efectúa en la misma forma que para el método descrito en 11.1 a 11.5, con la diferencia que el contenido de humedad de la muestra se debe tomar cuando el número de golpes requerido para cerrar la ranura esté comprendido entre 20 y 30. Si se requieren menos de 20 o más de 30 golpes, se ajustará el contenido de humedad del suelo y se repetirá el procedimiento.
- b) Inmediatamente después de remover un espécimen para contenido de humedad como se describe en 11.5, formar nuevamente el suelo en la copa, añadiendo una pequeña cantidad de suelo para reponer la pérdida debida a la ranuración y las orientaciones de muestreo para contenido de humedad. Repetir de 11.2 a 11.5, y si el segundo cierre de la ranura requiere el mismo número de golpes o no más de dos golpes de diferencia, tomar otro espécimen para contenido de humedad. De otro modo, mezclar de nuevo todo el espécimen y repetir.

Nota A.1.- El excesivo secado o inadecuado mezclado puede causar variación en el número de golpes.

A.4 CÁLCULOS

A.4.1 Determinar el límite líquido para cada espécimen para contenido de humedad usando una de las siguientes ecuaciones:

$$LL = W^k \left(\frac{N}{25}\right)^{0.123}$$

o:

$$LL = k W^k$$

donde:

N = Números de golpes requeridos para cerrar la ranura para el contenido de humedad,

W^k = Contenido de humedad del suelo,

k = factor dado en la Tabla A.1

El límite líquido es el promedio de los valores de dos pruebas de límite líquido. Si la diferencia entre las dos pruebas es mayor de uno el ensayo debe ser repetido.

TABLA A-1

N (Número 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

16

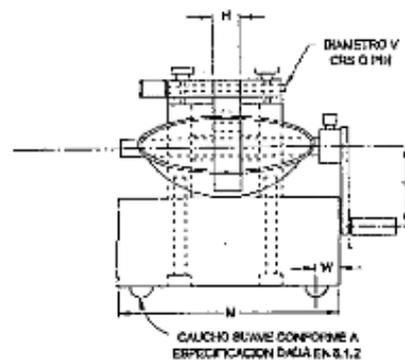
NORMA TÉCNICA
PERUANA

NTP 339.129
23 de 27

DIMENSIONES

LETRA	A ^a	B ^a	C ^a	E ^a	F	G	H	L ^a	R ^a	E ^b	M ^b
MM	54	2	27	88	32	10	18	60	50	150	125
	± 0,5	± 0,1	± 0,5	± 2,0				± 2,0	± 2,0	± 2,0	± 2,0
LETRA	N	P	R	T	U ^a	V	W	Z			
MM	24	28	24	45	47	3,6	13	8,5			
					± 1,0						

^a DIMENSIONES ESPECIALES



ANGULO DE LEVA GRADOS	RADIO DE LEVA
0	0,742 R
30	0,733 R
60	0,704 R
90	0,773 R
120	0,784 R
150	0,796 R
180	0,818 R
210	0,854 R
240	0,891 R
270	0,945 R
300	0,974 R
330	0,995 R
360	1,000 R

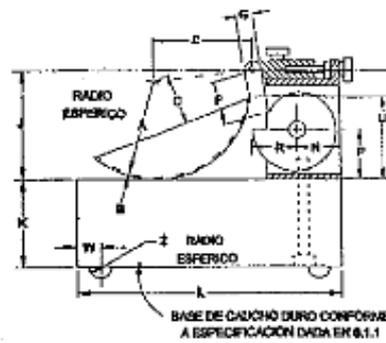


FIGURA 1 - Dispositivo manual para limite liquido

DIMENSIONES

LETRA	A ^Δ	B ^Δ	C ^Δ	D ^Δ	E ^Δ	F ^Δ
MM	2 ±0.1	11 ±0.2	40 ±0.5	8 ±0.1	50 ±0.5	2 ±0.1
LETRA	Q	H	J	K ^Δ	L ^Δ	N
MM	10 MINIMO	13	60	10 ±0.05	60 DEG ±1 DEG	20

^Δ DIMENSIONES ESSENCIALES

[□] AL DORSO POR LO MENOS A 15MM DE LA PUNTA

NOTA: La dimensión A debe estar de 1,9 - 2,0 y la dimensión D debería ser 8,0 - 8,1 cuando este nueva para permitir un servicio adecuado.

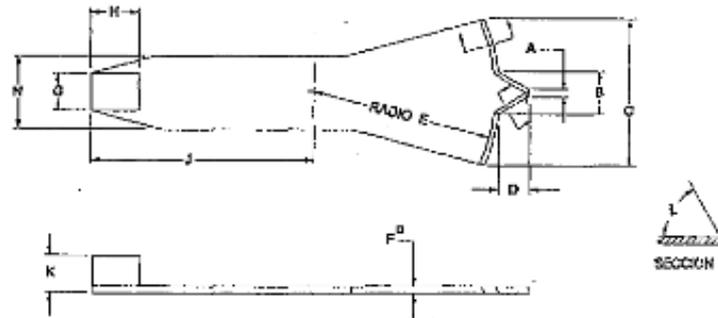


FIGURA 2 - Acanalador (Calibre opcional para altura de caída)



FIGURA 3 - Altura de caída del calibre

15

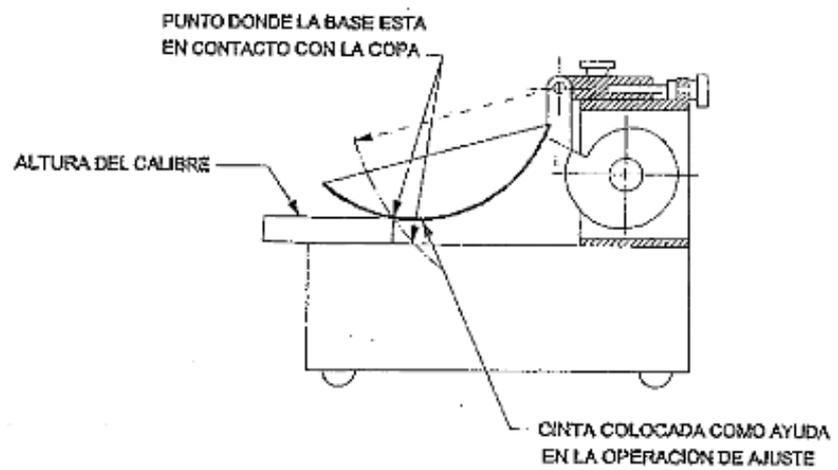


FIGURA 4 - Calibración para altura de caída

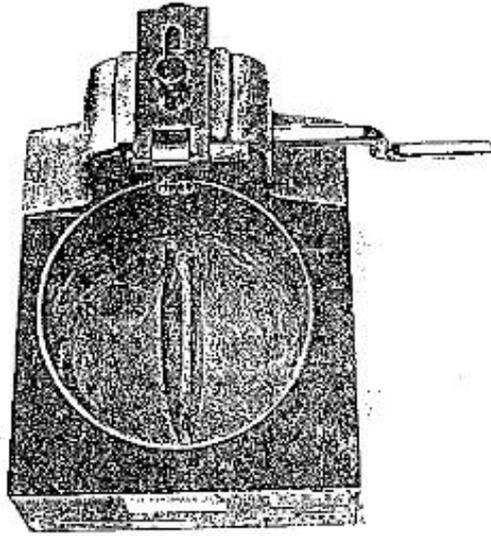


FIGURA 5 - Pasta de suelo ranurado en dispositivo de Límite Líquido

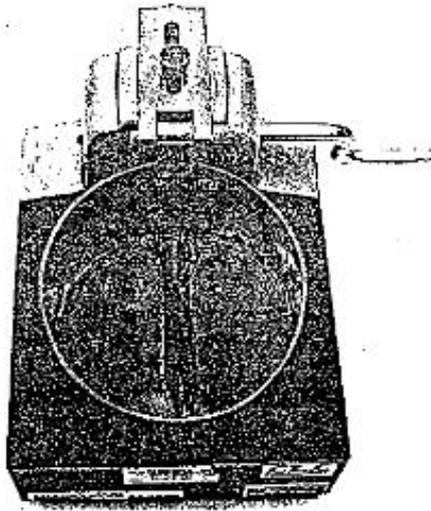


FIGURA 6 - Pasta de suelo después del cierre de la ranura



FIGURA 7 - Suelo arcilloso en el Límite Plástico

ANEXO 4-D

NTP. 339.141: SUELOS. Metodo de ensayo para la compactación del suelo en laboratorio utilizando una energía modificada (2700 Kn-m/m³ (56000 pie-lbf/pie³)).

NORMA TÉCNICA
PERUANA

NTP 339.141
1999

Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales-INDECOPI
Calle De La Prosa 138, San Borja (Lima 41) Apartado 145

Lima-Perú

SUELOS. Método de ensayo para la compactación del suelo en laboratorio utilizando una energía modificada (2,700 kN-m/m³ (56,000 pie-lbf/pie³))

SOILS. Test Method for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Modified Effort (56,000 ft-lb/ft³ (2,700 kN-m/m³))

1999-12-29
1ª Edición

R.0086-99/INDECOPI-CRT. Publicada el 2000-01-26

Precio basado en 30 páginas

I.C.S: 93.020

ESTA NORMA ES RECOMENDABLE

Descriptor: Suelos, métodos de ensayo, compactación del suelo, energía modificada

ÍNDICE

		Página
	ÍNDICE	i
	PREFACIO	iii
1.	OBJETO	1
2.	ALCANCE	1
3.	REFERENCIAS NORMATIVAS	4
4.	TERMINOLOGÍA	7
5.	RESUMEN DEL MÉTODO DE ENSAYO	8
6.	IMPORTANCIA Y USO	8
7.	APARATOS	9
8.	MUESTRA DEL ENSAYO	11
9.	PREPARACIÓN DEL APARATO	12
10.	CALIBRACIÓN	12
11.	PROCEDIMIENTOS	13
12.	CÁLCULOS	17
13.	INFORME	19
14.	PRECISIÓN Y CONFIABILIDAD	20
15.	PALABRAS CLAVES	20
16.	ANTECEDENTES	21
	ANEXO	22
	FIGURA 1	27
	FIGURA 2	27

FIGURA 3	29
TABLA 1	28
TABLA 2	28
TABLA A1	30

PREFACIO

A. RESEÑA HISTÓRICA

A.1 La presente Norma Técnica Peruana fue elaborada por el Comité Técnico de Normalización Permanente de Geotecnia, mediante el Sistema 2 u Ordinario, durante los meses de Abril de 1996 a Setiembre de 1999, utilizó como antecedente a la Norma ASTM D 1557-91, Test Method for Laboratory Compaction Characteristics of Soil Using Modified Effort (56,000 pie-lbf/pie³ (2,700 kN-m/m³)).

A.2 El Comité Técnico de Normalización de Geotecnia, presentó a la Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales –CRT, con fecha 1999-11-18, el PNTP 339.141:1999, para su revisión y aprobación, siendo sometida a etapa de Discusión Pública el 99-11-24. No habiéndose presentado ninguna observación, fue oficializado como Norma Técnica Peruana NTP 339.141:1999 SUELOS. **Método de ensayo para la compactación del suelo en laboratorio utilizando una energía modificada (2,700 kN-m/m³ (56,000 pie-lb/pie³))**, 1ª Edición el 26 de febrero del 2000.

A.3 Esta Norma Técnica Peruana presenta cambios editoriales referidos principalmente a terminología empleada propia del idioma español y ha sido estructurada de acuerdo a las Guías Peruanas GP 001:1995 y GP 002:1995.

B. INSTITUCIONES QUE PARTICIPARON EN LA ELABORACIÓN DE LA NORMA TÉCNICA PERUANA

Secretaría	Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción SENCICO
------------	---

Presidente	Ing. Mercedes Dongo Ismodes
------------	-----------------------------

Secretario	Ing. Alberto Concha-Fernández Benavides
------------	---

ENTIDAD	REPRESENTANTES
----------------	-----------------------

SENCICO	Mercedes Dongo Ismodes Alberto Concha-Fernández Benavides
---------	--

Universidad Nacional de Ingeniería	José Wilfredo Gutiérrez Lazares Luisa Esther Shuan Lucas
Universidad Ricardo Palma	Abel Ordoñez Huamán
Instituto para el desarrollo de los pavimentos en el Perú	Germán Vivar Romero
Alpha Consult	Genaro Humala Aybar
COSAPI S.A	Javier Martín Arranz
CICSA	Justo Kahatt Katan Jesús Arrué Morales
Ministerio de Transportes, Comunicaciones, Vivienda y Construcción (MTC)	Julio Manrique Pino
PAVCO DEL PERU S.A.	Néstor Sifuentes Boggio
ALBEN S.A	Luis Aparcana Anicama
CIDELSA	Miguel González Paniura
INGENIERIA DINAMICA	Lia Ricaldi
TECNOLOGIA DE MATERIALES	José Ferreyros Villacorta Augusto Alza Vilela

SUELOS. Método de ensayo para la compactación del suelo en laboratorio utilizando una energía modificada (2,700 kN-m/m³ (56,000 pie-lbf/pie³))

1. OBJETO

Esta Norma Técnica Peruana establece el método de ensayo para la compactación del suelo en laboratorio utilizando una energía modificada (2,700 kN-m/m³ (56,000 pie-lbf/pie³)).

2. ALCANCE

2.1 Este método de ensayo cubre los procedimientos de compactación en laboratorio que se utilizan para determinar las relaciones entre el contenido de agua y el peso unitario seco de los suelos (curva de compactación) compactada en un molde con un diámetro de 101,6 o 152,4 mm (4 ó 6 pulg) con un pisón de 44,5-N (10-lbf) que cae a una altura de 457 mm (18 pulg) produciendo un esfuerzo de compactación de (2,700 kN-m/m³ (56,000 pie-lbf/pie³)).

NOTAS:

1 - Las mezclas de suelos o de suelos agregados se les considera como suelos finos, o de grano grueso o compuestos o mezclas de suelos naturales, o mezclas de suelos naturales o procesados o agregados tal como el limo, grava, o piedra partida.

2 - El equipo y los procedimientos son los mismos que propuso la U.S. Corps of Engineers - el Cuerpo de Ingenieros de los Estados Unidos en 1945. La prueba de esfuerzo modificado (véase 4.2.2) también tiene el nombre de Prueba de Compactación de Proctor Modificado.

2.2 Este método de ensayo solo se utiliza con suelos que tienen el 30 % o menos en peso de sus partículas retenidas en el tamiz de 19,0 mm (¾ pulg).

Nota 3 - Para las relaciones entre los pesos unitarios y los contenidos de agua de los suelos con el 30% o menos en peso de las partículas retenidas en un tamiz de 19,0-mm (¾ pulg) a pesos unitarios y contenidos de agua de la fracción que pasa el tamiz de 19,0-mm (¾ pulg), véase la Práctica ASTM D 4718.

2.3 Existen tres procedimientos. El procedimiento que se utilizará deberá realizarse como se indica en la especificación para el material que se utilizará en el ensayo. Si no se indica ningún procedimiento, la elección del procedimiento se basará en la gradación del material.

2.3.1 Procedimiento A:

2.3.1.1 Molde de 101,6 mm (4 pulg.) de diámetro.

2.3.1.2 Material que pasa la malla N° 4 (4,75 mm).

2.3.1.3 Capas: Cinco.

2.3.1.4 Golpes por capas: 25.

2.3.1.5 Uso: Se utiliza, si la malla N° 4 (4,75-mm) retiene el 20 % o menos del peso del material.

2.3.1.6 Otros usos: Si no se indicase ningún procedimiento, los materiales que tengan estos requisitos de gradación, deberán ser ensayados de acuerdo a los procedimientos B o C.

2.3.2 Procedimiento B:

2.3.2.1 Molde: diámetro de 101,6 mm (4 pulg.)

2.3.2.2 Materiales: que pasan la malla 9,5 mm (3/8 pulg.)

2.3.2.3 Capas: Cinco.

2.3.2.4 Golpes por capas: 25.

2.3.2.5 Uso: Se utiliza, si el tamiz N°4 (4,75-mm) retiene más del 20 % en peso del material y el tamiz de 9,5 mm (3/8 pulg) retiene el 20 % o menos en peso del material.

2.3.2.6 Otros usos: Si no se indicase ningún procedimiento, los materiales que tengan estos requisitos de gradación, deberán ser ensayados de acuerdo al procedimiento C.

2.3.3 Procedimiento C:

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

2.3.3.2 Material: que pasa el tamiz de 19,0 mm (¾ pulg)

2.3.3.3 Capas: Cinco.

2.3.3.4 Golpes por capas: 56.

2.3.3.5 Uso: Se deberá utilizar si el tamiz 9,53 mm (3/8 pulg.) retiene más del 20 % en peso del material y el tamiz 19,0 mm (3/4 pulg.) retiene menos del 30 % en peso del material.

2.3.4 En el procedimiento A ó B no se utiliza el molde de diámetro de 6 pulg.

Nota 4 - Los resultados obtenidos varían ligeramente cuando un material se ensaya con el mismo esfuerzo de compactación en moldes de diferentes tamaños.

2.4 Si el espécimen ensayado contiene más del 5 % en peso de un tamaño mayor (fracción gruesa) y el material no se incluye en el ensayo, se deberá corregir el peso unitario y el contenido de agua del espécimen ensayado a la densidad de campo apropiada usando la práctica ASTM D4718.

2.5 Este método de ensayo generalmente produce un peso unitario seco máximo bien definido en los suelos que no drenan libremente. Si este método de ensayo se utiliza para suelos que drenan libremente, no se definirá bien el peso unitario máximo y puede ser menor del obtenido con el método de ensayo NTP 339.137.

2.6 Los valores de unidades de pulg-libras son estándar. Los valores establecidos por las unidades SI sólo son para información.

2.6.1 En ingeniería se acostumbra usar, indistintamente, unidades que representan masa y fuerza a menos que se realicen cálculos dinámicos ($F = Ma$). Tácitamente combina dos sistemas diferentes de unidades, es decir un sistema absoluto y uno gravimétrico. Científicamente no se desea combinar el uso de dos sistemas diferentes en uno estándar. Este método de ensayo se elaboró utilizando unidades pulg-libra (sistema gravimétrico) donde la libra (lbf.) representa una unidad de fuerza. El uso de masa (lb m) es por conveniencia de las unidades y no intenta establecer que su uso sea científicamente correcto. Las conversiones del sistema SI son de acuerdo a la práctica ASTM E380. El uso de balanzas que registran libras masa o registran la densidad en lbf/pie^3 no se debe considerar como si no concordase con esta NTP.

2.7 Esta NTP no hace referencia a todos los riesgos relacionados con este uso, si los hubiera. Es responsabilidad del usuario de esta NTP, establecer una seguridad apropiada, pruebas confiables y determinar la aplicabilidad de limitaciones regulatorias antes del uso.

3. REFERENCIAS NORMATIVAS

Las siguientes normas contienen disposiciones que al ser citadas en este texto, constituyen requisitos de esta Norma Técnica Peruana. Las ediciones indicadas estaban en vigencia en el momento de esta publicación. Como toda Norma está sujeta a revisión, se recomienda a aquellos que realicen acuerdos en base a ellos, que analicen la conveniencia de usar las ediciones recientes de las normas citadas seguidamente. El Organismo Peruano de Normalización posee la información de las Normas Técnicas Peruanas en vigencia en todo momento.

3.1	Normas Técnicas Peruanas	
3.1.1	NTP 339.127:1998	SUELOS. Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo
3.1.2	NTP 339.128:1999	SUELOS. Método de ensayo para el análisis granulométrico
3.1.3	NTP 339.131:1998	SUELOS. Método de ensayo para determinar el peso específico relativo de sólidos
3.1.4	NTP 339.134:1999	SUELOS. Método para la clasificación de suelos con propósitos de ingeniería SUCS
3.1.5	NTP 339.136:1999	SUELOS. Símbolos, unidades, terminologías y definiciones
3.1.6	NTP 339.137:1999	SUELOS. Métodos de ensayo estándar para la determinación del índice de densidad y peso unitario máximos de suelos utilizando una mesa vibratoria
3.1.7	NTP 339.142:1999	SUELOS. Método de ensayo para la compactación del suelo en laboratorio utilizando una energía estándar 600 kN-m/m ³ (12,400 pie-lbf/pie ³)
3.1.8	NTP 400.021:1979	AGREGADOS. Método de ensayo para la determinación del peso específico y absorción del agregado grueso

3.2 Normas Técnicas de Asociaciones

3.2.1	ASTM C136:1996	Method for Sieve Analysis of Fine and Coarse Aggregates
3.2.2	ASTM D 2168:1990	Test Methods for Calibration of Laboratory Mechanical-Rammer Soil Compactors
3.2.3	ASTM D 2488:1993	Practice for Description and Identification of Soils (Visual – Manual procedure)
3.2.4	ASTM D4220:1989	Practices for Preserving and Transporting Soil Samples
3.2.5	ASTM D4718:1994	Practice for Correction of Unit Weight and Water Content for Soils Containing Oversize Particles
3.2.6	ASTM 4753:1992	Specification for Evaluating, Selecting and Specifying Balances and Scales For Use in Soil and Rock Testing
3.2.7	ASTM E1:1998	Specification for ASTM Thermometers
3.2.8	ASTM E11:1995	Specification for Wire-Cloth Sieves for Testing Purposes
3.2.9	ASTM E319:1997	Practice for the Evaluation of Single-Pan Mechanical Balances

3.2.10 **ASTM E380:1993** Practice for Use of the International System of Units (SI)

4. **TERMINOLOGÍA**

4.1 **Definiciones:** Véase Terminología NTP 339.136 para definiciones generales.

4.2 Descripción de términos específicos relacionadas a esta NTP.

4.2.1 **Esfuerzo modificado:** Es el término aplicado para el esfuerzo de compactación de $2700 \text{ kN}\cdot\text{m}/\text{m}^3$ ($56000 \text{ pie}\cdot\text{lb}/\text{pie}^3$) aplicado por el equipo y procedimientos de este ensayo.

4.2.2 **Peso Unitario Seco Máximo modificado, $\gamma_{d\text{máx}}$ (kN/m^3 (lb/pie^3)):** Es el máximo valor definido por la curva de compactación del ensayo utilizando un esfuerzo modificado.

4.2.3 **Contenido de Agua Óptimo modificado, w_0 (%):** Es el contenido de agua al que el suelo será compactado al peso unitario seco máximo utilizando un esfuerzo de compactación modificado.

4.2.4 **Fracción de tamaño mayor (fracción gruesa), P_c (%):** Es la porción de la muestra total que no se utiliza en el ensayo de compactación; es la porción de la muestra total que retiene la malla N° 4 (4,75 mm), 9,5 mm (3/8 pulg) o 19,0 mm (¾ pulg).

4.2.5 **Fracción de ensayo (fracción más fina), P_f (%):** Es la porción de la muestra total utilizada en el ensayo de compactación; es la fracción que pasa la malla N° 4 (4,75 mm) en el procedimiento A, menor al tamiz de 9,5 mm (3/8 pulg) en el procedimiento B, o menor del tamiz de 19,0 mm (¾ pulg) del Procedimiento C.

5. RESUMEN DEL MÉTODO DE ENSAYO

Se coloca un suelo a un contenido de agua seleccionado en cinco capas dentro de un molde de dimensiones particulares, con cada capa compactada con 25 ó 56 golpes de un pisón de 44.5 N (10-lbf) que cae desde una distancia de 457 mm (18 pulg), sometiendo al suelo a un esfuerzo de compactación total de aproximadamente 2700 kN m/m³ (56 000 pie-lbf/pie³). Se determina el peso unitario seco resultante. El procedimiento se repite con un número suficiente de contenidos de agua para establecer una relación entre el peso unitario seco y el contenido de agua del suelo. Este dato, cuando se plotea, representa una relación curvilínea conocida como curva de compactación. Los valores del óptimo contenido de agua y el máximo peso unitario seco modificado se determinan en base a la curva de compactación.

6. IMPORTANCIA Y USO

6.1 El suelo tomado como relleno de ingeniería (terraplén, 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 o permeabilidad. También, los suelos de cimentación son compactados generalmente para mejorar sus propiedades de ingeniería. Los ensayos de compactación en laboratorio proporcionan las bases para determinar el porcentaje de compactación y el contenido de agua que se necesita 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.

6.2 Durante el diseño de los rellenos de ingeniería, se utilizan los ensayos de corte, consolidación, permeabilidad, u otros ensayos que requieren preparación de especímenes de ensayo compactando a algún contenido de agua para algún peso unitario. Es práctica común determinar primero el contenido de agua óptimo (w_0) y el peso unitario seco máximo ($\gamma_{dm\acute{a}x}$) mediante un ensayo de compactación. Los especímenes de ensayo son compactados a un contenido de agua seleccionado (w), sea del lado húmedo o seco del óptimo (w_0) o al óptimo (w_0), y a un peso unitario seco seleccionado relativo a un porcentaje del peso unitario seco máximo ($\gamma_{dm\acute{a}x}$). La selección del contenido de agua (w), sea del lado húmedo o seco del óptimo (w_0) o al óptimo (w_0) y el peso unitario seco ($\gamma_{dm\acute{a}x}$) se debe basar en experiencias pasadas, o se deberá investigar una serie de valores para determinar el porcentaje necesario de compactación.

7. APARATOS

7.1 Ensamblaje del molde: Los moldes deben ser cilíndricos, hechos de material rígido y con la capacidad y dimensiones que se indican en 7.1.1 ó 7.1.2 y Figuras. 1 y 2. Las paredes del molde deberán ser sólidas, partidas, o ahusadas. El tipo "partido" deberá tener dos medias secciones circulares, o una sección de tubo dividido a lo largo de un elemento, que se puede cerrar de forma segura formando un cilindro que reúna los requisitos de esta sección. El tipo "ahusado" debe tener un diámetro interno tipo tapa que sea uniforme y no mida más de 16,7 mm/m (0,200 pulg/pie) de la altura del molde. Cada molde tienen un plato base y un collar de extensión ensamblado, ambos de metal rígido y contruidos de modo que se puedan adherir de forma segura y fácil de desmoldar. El ensamblaje collar de extensión debe tener una altura que sobrepase la parte más alta del molde por lo menos 50,8 mm (2,0 pulg) con una sección superior que sobrepasa para formar un tubo con una sección cilíndrica recta de por lo menos 19,0 mm (0,75 pulg) por debajo de ésta.

El collar de extensión debe 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.

7.1.1 Molde de 4 pulg: Un molde que tenga un promedio de 101,6 mm \pm 0,4 mm (4,000 pulg \pm 0,016 pulg) de diámetro interior promedio, una altura de 116,4 mm \pm 0,5 mm (4,584 pulg \pm 0,018 pulg.) y un volumen de 944 cm³ \pm 14 cm³ (0,0333 pie³ \pm 0,0005 pie³). En la Figura 1 se muestra el ensamblaje del molde con los requisitos mínimos.

7.1.2 Molde de 6 pulg: Un molde que tenga un promedio de 152,4 mm \pm 0,7 mm (6,000 pulg \pm 0,026 pulg.) de diámetro interior promedio, una altura de 116,4 mm \pm 0,5 mm (4,584 pulg \pm 0,018 pulg.), y un volumen de 2124 cm³ \pm 25 cm³ (0,075 pie³ \pm 0,0009 pie³). En la Figura 2 se muestra el ensamblaje del molde con los requisitos mínimos.

7.2 Pisón: Un pisón, que también puede ser operado manualmente como se indica en 7.2.1 o mecánicamente como se indica en 7.2.2. El pisón debe caer libremente a una distancia de 1 457,2 mm \pm 1,6 mm (8 pulg \pm 0.05 pulg.) de la superficie del espécimen. La masa del pisón debe ser de 4,54 kg \pm 0.01 kg (10 lbm \pm 0.02 lbm), salvo que las masas de los pisones mecánicos se ajusten como se indica en el método de ensayo ASTM D 2168 (véase nota 5). La cara del pisón que golpea debe ser plana y circular, salvo como se indica en el 7.2.2.3, con un diámetro cuando sea nuevo de 50,80 mm \pm 0,13 mm (2,000 pulg \pm 0,005 pulg.). Se debe reemplazar el pisón si la cara que golpea se desgasta o se deforma al punto que el diámetro sobrepase los 50,80 mm \pm 0,25 mm (2,000 pulg \pm 0,01 pulg.)

NOTA 5 - Es una práctica común y aceptable en el sistema pulgada-libra asumir que la masa del pisón es igual a su masa determinada utilizando sea una balanza en kilogramo o libra y 1 lbf es igual a 1 lbm ó 0,4536 kg ó 1 N es igual a 0,2248 lbm o a 0,1020 kg.

7.2.1 Pisón Manual: El pisón debe equiparse con una guía que tenga suficiente juego de modo que la caída libre del pisón y la cabeza no sea restringida. La guía debe tener por lo menos cuatro orificios de ventilación en cada extremo (ocho huecos en total) localizados con centros de $19,0 \text{ mm} \pm 1,6 \text{ mm}$ ($\frac{3}{4}$ pulg $\pm 1/16$ pulg.) de cada extremo y espaciados a 90 grados. El diámetro mínimo de los orificios de ventilación debe ser de $9,5 \text{ mm}$ ($3/8$ pulg.) Se podrían añadir orificios adicionales o ranuras en el tubo guía.

7.2.2 Pisón mecánico circular: El pisón debe operar mecánicamente de manera que proporcione una cobertura uniforme y completa de la superficie del espécimen. Deberá haber una holgura de $2,5 \text{ mm} \pm 0,8 \text{ mm}$ entre el pisón y la superficie interior del molde en su diámetro más pequeño. El pisón mecánico debe reunir los requisitos de calibración del método de ensayo ASTM D 2168. El pisón mecánico debe ser equipado con medios mecánicos positivos para soportar el pisón cuando no se utilice.

7.2.2.3 Pisón mecánico: Cuando se utiliza un molde de $152,4 \text{ mm}$ ($6,0$ pulg), un sector de la cara del pisón se debe utilizar en lugar de la cara circular. La cara que contacta el espécimen debe tener la forma de un sector de un círculo de radio igual a $73,7 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$ ($2,90$ pulg $\pm 0,02$ pulg.). El pisón debe operar de modo que los orificios del sector se sitúen en el centro del espécimen.

7.3 Extractor de muestras (opcional): Puede ser un gato, estructura u otro aparato adaptado para extraer los especímenes compactados del molde.

7.4 Balanza: Una balanza tipo GP5 que reúna los requisitos de la especificación ASTM D 4753 para una aproximación de 1-g.

7.5 Horno de secado: Con control termostático, preferiblemente del tipo de ventilación forzada y con la capacidad de mantener una temperatura uniforme de $110\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$ ($230\text{ }^{\circ}\text{F} \pm 9\text{ }^{\circ}\text{F}$) a través de la cámara de secado.

7.6 Regla recta: Una regla recta de metal rígido de una longitud adecuada pero no menor de 254 mm (10 pulg.). La longitud total de la regla recta debe ajustarse directamente a una tolerancia de $\pm 0,1\text{ mm}$ (0,005 pulg.). El borde de arrastre debe ser biselado si es más grueso que 3 mm (1/8 pulg.)

7.7 Tamices: De 19,0 mm (¾ pulg.), 9,5 mm (3/8 pulg.) y N° 4 (4,75 mm) conforme a los requisitos de la especificación ASTM E11.

7.8 Diferentes Herramientas: Diversas herramientas tal como mortero, cucharas, paleta, espátula, botellas de spray, etc. o un aparato mecánico apropiado para la mezcla de muestras de suelo con incrementos de agua.

8. MUESTRA DEL ENSAYO

La masa de la muestra requerida para los procedimientos A y B es de aproximadamente 16 kg (35 lbm) y para el procedimiento C es aproximadamente de 29 kg (65 lbm) del suelo seco. Debido a esto, la muestra de campo debe tener una masa húmeda mínima de 23 kg (50 lbm) y 45 kg (100 lbm) respectivamente.

Determine adecuadamente el porcentaje del material retenido en el tamiz N° 4 (4,75 mm), 9,5 mm (3/8 pulg.) o 19,0 mm (¾ pulg.) para escoger el procedimiento A, B o C, separando una porción representativa de la muestra total y determinando los porcentajes que pasan las mallas de interés mediante el método de ensayo NTP 339.128 ó ASTM C 136. Sólo es necesario calcular los porcentajes para un tamiz o tamices de la información que se desea.

9. PREPARACIÓN DEL APARATO

9.1 Seleccione un molde de compactación apropiado que se va a utilizar de acuerdo con el procedimiento (A, B, o C). Determine y registre su masa con aproximación a 1 g. Ensamble el molde, base y collar de extensión. Revise el alineamiento de la pared interior y del molde y del collar de extensión del molde. Haga ajustes si es necesario.

9.2 Revise que el ensamblado del pisón trabaje en buenas condiciones y que sus partes no estén flojas o gastadas. Realice cualquier ajuste o reparación necesaria, si es así, el pisón deberá recalibrarse.

10. CALIBRACIÓN

Calibre: los siguientes aparatos antes del uso inicial, después de reparaciones u otras acciones que puedan afectar los resultados del ensayo, en intervalos que no excedan de 1000 muestras ensayadas, o anualmente, cualquiera que ocurra primero:

10.1 **Balanza:** Evalúe de acuerdo a la especificación ASTM D 4753.

10.2 **Moldes:** Determine el volumen como se describe en el Anexo A1.

10.3 **Pisón manual:** Verifique la distancia de la caída libre, masa del pisón, y la cara del pisón de acuerdo con 7.2. Verifique los requisitos de la guía de acuerdo con 7.2.1.

10.4 **Pisón Mecánico:** Calibre y ajuste el pisón mecánico de acuerdo al método de ensayo ASTM D 2168. Además, la holgura entre el pisón y la superficie interior del molde debe ser verificada de acuerdo a 6.2.2.

11. PROCEDIMIENTOS**11.1 Suelos:**

11.1.1 No vuelva a utilizar suelo que ha sido previamente compactado en laboratorio.

11.1.2 Utilice el método de preparación húmeda, 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 (véase 10.2).

11.1.3 Prepare los especímenes del suelo para el ensayo de acuerdo con 11.2 (de preferencia) o con 11.3.

11.2 Método de Preparación Húmeda (preferible): Sin secado previo de la muestra, páselo a través del tamiz N° 4 (4,75-mm), 9,5 mm (3/8 pulg.), o 19,0 mm. (¾ pulg.), en base al procedimiento (A, B, C) que se va a utilizar. Determine el contenido de agua del suelo procesado.

11.2.1 Prepare mínimo cuatro (preferible cinco) especímenes con contenidos de agua de modo que éstos tengan un contenido de agua lo más cerca al óptimo. Un espécimen que tiene un contenido de agua cerca al óptimo debe ser preparado primero, añadiendo al cálculo agua y mezcla (véase nota 6). Seleccione contenidos de agua para el resto de los especímenes que resulten por lo menos en 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 (véase 11.5). Algunos suelos con un contenido de agua óptimo muy alto o una curva de compactación relativamente plana requerirán grandes incrementos de contenido de agua para obtener un peso unitario seco máximo bien definido. Los incrementos de contenido de agua no deberán exceder al 4 %.

NOTA 6 - Con la práctica generalmente es posible juzgar visualmente un punto cerca al contenido de agua óptimo. Generalmente, un suelo en un contenido de agua óptimo puede formar un terrón que se mantiene unido cuando se libera la presión, pero puede quebrarse limpiamente en dos secciones cuando se dobla. En contenidos de agua del lado seco del óptimo, los suelos tienden a

desintegrarse; del lado húmedo óptimo, se mantienen unidos en una masa cohesiva pegajosa. Un contenido de agua óptimo es en general ligeramente menor que el límite plástico.

11.2.2 Utilice aproximadamente 2,3 kg (5 lbm) de suelo tamizado en cada espécimen que se compactará utilizando el procedimiento A ó B, ó 5,9 kg (13 lbm) cuando se utilice el procedimiento C. Para obtener los contenidos de agua del espécimen que se indica en el 11.2.1, añada o remueva las cantidades requeridas de agua de la siguiente manera: Añada poco a poco el agua al suelo durante la mezcla; para sacar el agua, deje que el suelo se seque en el aire a una temperatura de ambiente o en un aparato de secado de modo que la temperatura de la muestra no exceda de 60°C (140 °F). Mezcle continuamente el suelo durante el secado para mantener la distribución del contenido de agua. Mezcle minuciosamente cada espécimen para asegurar también la distribución del agua en todas partes y luego colóquelo aparte en un contenedor con tapa y ubíquelo de acuerdo con la Tabla 1 antes de la compactación. Para seleccionar un tiempo de espera, el suelo debe ser clasificado mediante el método de ensayo NTP 339.134, la Práctica ASTM D 2488 o los datos de otras muestras del mismo material. Para ensayos de determinación, la clasificación deberá realizarse mediante el método de ensayo NTP 339.134.

11.3 Método de Preparación en Seco: Si la muestra está muy húmeda, reduzca el contenido mediante el secado al aire. El secado deberá ser al aire o utilizando un aparato de secado de modo que la temperatura de la muestra no exceda de 60 °C (140 °F). Quiebre en muchas partes los agregados pero sin quebrar las partículas individuales. Pase el material a través de un tamiz apropiado: N° 4 (4,75 mm), 9,5 mm (3/8 pulg.), o 19,0 mm (¾ pulg.). Cuando prepare el material por el tamiz de ¾ pulg para la compactación en un molde de 6 pulg, quiebre los agregados de modo que pasen por el tamiz de 3/8 de pulg para que facilite la distribución del agua por todo el suelo en una próxima mezcla.

11.3.1 Prepare, mínimo cuatro (preferible cinco) especímenes de acuerdo al 11.2.1

11.3.2 Utilice aproximadamente 2,3 kg (5 lbm) del suelo tamizado para cada espécimen que será compactado con el procedimiento A o B, o 5,9 kg (13 lbm) utilizando el procedimiento C. Añada las cantidades requeridas de agua para que los contenidos de agua de los especímenes tengan los valores descritos en el 11.3.1. Siga con el procedimiento de preparación del espécimen descrito en el 11.2.2 para los suelos secos o añada agua en el suelo y cure cada muestra de ensayo.

11.4 Compactación: Después de la curación, si se requiere, cada espécimen se compactará de la siguiente manera:

11.4.1 Determine y registre la masa del molde o del molde y el plato base.

11.4.2 Ensamble y asegure el molde y el collar al plato base. El molde debe descansar en un cimiento rígido y uniforme que tenga un cilindro o cubo de concreto con una masa no menor a 91 kg (200 lbm). Asegure el plato base al cimiento rígido. El método de unión al cimiento rígido deberá permitir un desmolde fácil del molde ensamblado, el collar y el plato base después de que se concluya la compactación.

Compacte el espécimen en cinco capas. Después de la compactación, cada capa deberá tener casi el mismo grosor. Antes de la compactación, coloque el suelo desmenuzado en el molde y distribúyalo en una capa de espesor uniforme. Suavemente apisoné el suelo antes de la compactación hasta que no esté esponjoso ni suelto, utilizando el pisón de compactación manual o un cilindro de 5 mm de diámetro (2 pulg). Prosiga con la compactación de cada una de las cuatro primeras capas, cualquier suelo adyacente a las paredes del molde que no ha sido compactado o extendido en la superficie compactada debe ser recortados.

El suelo recortado debe incluirse con el suelo adicional para la siguiente capa. Se debe usar un cuchillo u otro aparato parecido. La cantidad total del suelo utilizado deberá ser tal que la quinta capa compactada se extienda ligeramente en el collar, pero que no exceda más de 6 mm (¼ pulg) de la parte superior del molde. Si la quinta capa sobrepasa la parte superior del molde más de 6 mm (¼ pulg), se debe desechar el espécimen. El espécimen debe ser descartado cuando el último golpe del pisón de la quinta capa resulta en la parte inferior del pisón por debajo de la parte superior del molde de compactación.

11.4.4 Compacte cada capa con 25 golpes para el molde de 101,6 mm (4 pulg) o con 56 golpes para un molde de 152,4 mm (6 pulg).

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.

11.4.5 Al operar el pisón manual, tenga cuidado de evitar la elevación de la guía mientras el pisón sube. Mantenga la guía firme y a 5° de la vertical. Aplique los golpes un nivel uniforme de 25 golpes/minuto aproximadamente de modo que se asegure una cobertura completa y uniforme de la superficie del espécimen.

11.4.6 Continúe con la compactación de la última capa, remueva el collar y el plato base del molde, excepto como se especifica en 11.4.7. Se debe utilizar un cuchillo para cortar el suelo adyacente del collar para soltar el suelo del collar antes de removerlo y evitar el desgarro del suelo bajo la parte superior del molde.

11.4.7 Corte cuidadosamente el espécimen compactado incluso en la parte superior e inferior del molde mediante una regla recta a través de la parte superior e inferior del molde para formar una superficie plana incluso 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. Rellene cualquier hueco en cada superficie con suelo cortado o no utilizado del espécimen, presiónelo con los dedos, y vuelva a raspar la regla recta a través de la parte superior e inferior del molde. Repita 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 secos, se perderá suelo o agua si el plato base se remueve. En esta situación, deje el plato base unido al molde. Cuando se deja unido al plato base, el volumen del molde debe ser calibrado con el plato base unido al molde o a un plato de plástico o de vidrio como se especifica en el Anexo A1 (A1.4.1).

11.4.8 Determine y registre la masa del espécimen con aproximación al gramo. Cuando se deja unido el plato base, determine y registre la masa del espécimen, molde y plato base con aproximación al gramo.

11.4.9 Remueva el material del molde. Obtenga un espécimen para el contenido de agua utilizando todo el espécimen (se prefiere éste método) o una porción representativa. Cuando se utiliza todo el espécimen, quíbrelo para facilitar el secado. De otra manera, obtenga una porción dividiendo el espécimen compactado axialmente a través del centro y removiendo 500 g. del material de los lados cortados. Obtenga el contenido de agua de acuerdo al método de ensayo NTP 339.127.

12. CÁLCULOS

12.1 Calcule el peso unitario seco y el contenido de agua de cada espécimen compactado como se explica en 12.3 y 12.4. Plotee los valores y dibuje la curva de compactación como una curva llana a través de los puntos (véase ejemplo, Fig. 3). Plotee el peso unitario seco con aproximación a $0,2 \text{ kN/m}^3$ ($0,1 \text{ lb/ft}^3$) y el contenido de agua lo más cerca al 0,1 %. En base a la curva de compactación, determine el contenido de agua óptimo y el peso unitario seco máximo. Si más del 5 % del peso del material de gran tamaño se remueve de la muestra, calcule el contenido de agua óptimo y el peso unitario seco máximo corregido del material total utilizando la Práctica ASTM D4718. Esta corrección debe hacerse en el espécimen de ensayo de densidad de campo, más que al espécimen de ensayo de laboratorio.

12.2 Plotee la curva del 100% de saturación. Los valores del contenido de agua para un 100% de saturación pueden ser calculados como se explica en 12.5 (véase ejemplo, Fig. 3).

NOTAS

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

9 - La curva de 100% de saturación se denomina a veces como curva de relación de vacíos cero o como curva de saturación completa.

12.3 Contenido de agua, w : Calcule de acuerdo al método de ensayo NTP 339.127.

12.4 Pesos Unitarios secos: Calcule la densidad húmeda (Ec.1), la densidad seca (Ec.2) y luego el peso unitario seco (Ec.3) como sigue:

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

donde:

ρ_m = densidad húmeda del espécimen compactado, Mg/m^3 .
 M_s = masa del espécimen húmedo y molde, kg.
 M_{molde} = Masa del molde compactado, kg, y
 V = volumen del molde de compactación, m^3 (ver Anexo A1).

$$\rho_d = \rho_m (1 + w/100) \quad (2)$$

donde:

ρ_d = densidad seca del espécimen compactado, Mg/m^3 y
 w = contenido de agua, %

$$\gamma_d = 62.43 \rho_d \text{ en lbf/ft}^3 \quad (3)$$

$$\gamma_d = 9.807 \rho_d \text{ en kN/m}^3$$

donde:

γ_d = peso unitario seco del espécimen compactado.

12.5 Para calcular los puntos para el ploteo de la curva del 100% de saturación o curva de relación de vacíos cero del peso unitario seco, seleccione los valores correspondientes del peso unitario seco, calcule los valores correspondientes de contenido de agua a la condición del 100% de saturación como sigue:

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

donde:

w_{sat} = contenido de agua para una completa saturación, %
 γ_w = peso unitario del agua, 62.43 lbf/pie³ (9.807 kN/m³)
 γ_d = peso unitario seco del suelo, y
 G_s = gravedad específica del suelo

NOTA 10 - Se debe calcular la gravedad específica de la muestra ensayada en base a los datos del ensayo de otras muestras de la misma clasificación de suelo y fuente. De otro modo sería necesario el ensayo de gravedad específica (Método de Ensayo NTP 339.131).

13. INFORME

13.1 Reporte de la siguiente información:

13.1.1 Procedimiento utilizado (A, B, ó C).

13.1.2 Método de preparación utilizado (húmedo o seco)

13.1.3 El contenido de agua recibido, si se determinó.

13.1.4 Contenido de agua óptimo modificado, con aproximación al 0,5 %.

13.1.5 Peso unitario seco máximo modificado, con aproximación a 0,5 lbf/pie³.

13.1.6 Descripción del pisón (manual o mecánico).

13.1.7 Datos del tamizado del suelo cuando se aplica en la determinación del procedimiento (A, B, ó C).

13.1.8 Descripción del material utilizado en el ensayo mediante la práctica ASTM D 2488 o clasificación mediante el método de ensayo NTP 339.134.

13.1.9 Gravedad específica y método de determinación.

13.1.10 Origen del material utilizado en el ensayo, por ejemplo, proyecto, lugar, profundidad, etc.

13.1.11 Ploteo de la curva de compactación mostrando los puntos de compactación utilizados para establecer la curva de compactación, y la curva de 100 % de saturación, punto del peso unitario seco máximo y el contenido de agua óptimo.

13.1.12 Datos de la corrección de sobredimensión, si se utiliza, incluyendo la fracción de sobredimensión (fraccionamiento grueso), P_c en %.

14. PRECISIÓN Y CONFIABILIDAD

14.1 Precisión: 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.

14.2 Confiabilidad: No es posible obtener información sobre la confiabilidad, ya que no existe otro método para determinar los valores del peso unitario seco máximo y el contenido de agua óptimo modificados.

15. PALABRAS CLAVES

Características de Compactación; densidad; compactación por impactos utilizando un esfuerzo modificado; ensayos de laboratorio; ensayo de proctor modificado; curvas de humedad – densidad; compactación de suelo.

NORMA TÉCNICA
PERUANA

NTP 339.141
21 de 30

16. ANTECEDENTES

ASTM D1557-91 Test Method for Laboratory Compaction Characteristics of Soils Using Modified Effort (2,700 kN-m/m³ (56,000 pie-lb/pie³))

ANEXO (Información obligatoria)

A1. VOLUMEN DEL MOLDE DE COMPACTACIÓN

A1.1 Alcance

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

A2.1.2 El volumen se determina mediante el método de llenado de agua y revisado mediante el método de la medición lineal.

A1.2 Aparatos

A1.2.1 Además del aparato que se indica en la Sección 6, se requiere lo siguiente:

A1.2.1.1 Vernier o Caliper de Dial, que tenga una rango de medición de por lo menos de 0 a 150 mm (0 a 6 pulg) y sensibilidad de 0,02 mm (0,001 pulg)

A1.2.1.2 Micrómetro interior.- que tenga una rango de medición de por lo menos de 50 a 300 mm (2 a 12 pulg) y sensibilidad de 0,02 mm (0,001 pulg).

A1.2.1.3 Platos plásticos o de vidrio.- Dos platos plásticos o de vidrio de aprox. 200 mm² por 6 mm de grosor (8 pulg² por ¼ pulg)

A1.2.1.4 Termómetro.- De 0 a 50 °C, de graduación de 0.5 °C conforme a los requisitos de la especificación ASTM E1.

A1.2.1.5 Llave de cierre engrasado o un sellador similar.

A1.2.1.6 Diferentes equipos.- jeringa bombilla, toallas, etc.

A1.3 Precauciones

Realice el procedimiento en una área aislada de la corriente de aire o de fluctuaciones de extrema temperatura.

A1.4 Procedimiento

A1.4.1 Método de Llenado de Agua:

A1.4.1.1 Engrase ligeramente la parte inferior del molde de compactación y colóquelo en uno de los platos plásticos o de vidrio. Engrase ligeramente la parte superior del molde. Tenga cuidado de no engrasar el interior del molde. Si es necesario utilizar el plato base, como se indica en el 11.4.7, coloque el molde engrasado en el plato base y asegúrelo con los pernos de cierre.

A1.4.1.2 Determine la masa del molde engrasado y de los platos de plástico y vidrio lo más cerca a 1 g (0,01 lbm) y regístrelo. Cuando se utiliza el plato base para unir el plástico inferior o el plato de vidrio, determine la masa del molde, el plato base y el plato simple de plástico o vidrio que se usará en la parte superior del molde lo más cerca a 1 g (0,01 lbm) y regístrelo.

A1.4.1.3 Coloque el molde y el plato inferior en una superficie nivelada, firme y llene el molde con agua ligeramente hasta sobre su borde.

A1.4.1.4 Deslice el segundo plato sobre la parte superior de la superficie del molde de manera que el molde quede completamente lleno con agua pero sin burbujas de aire. Añada o remueva agua si es necesario con la jeringa bombilla.

A1.4.1.5 Seque completamente cualquier exceso de agua de la parte exterior del molde y de los platos.

A1.4.1.6 Determine la masa del molde, platos y agua y regístrelo lo más cerca a 1 g (0,01 lbm).

A1.4.1.7 Determine la temperatura del agua en el molde lo más cerca a 1 °C y regístrelo. Determine y registre la densidad absoluta del agua de la Tabla A1.1.

A1.4.1.8 Calcule la masa del agua en el molde mediante la sustracción de la masa determinada en el A1.4.1.6

A1.4.1.9 Calcule el volumen del agua dividiendo la masa del agua por la densidad del agua y registrándola lo más cerca a 1 cm³ (0,0001 pie³).

A1.4.1.10 Cuando se utiliza el plato base para la calibración del volumen del molde repita los pasos del A1.4.1.3 al A1.4.1.9.

A1.4.2 Método de Medición Lineal:

A1.4.2.1 Utilice el caliper de vernier o el micrómetro interior, mida el diámetro del molde seis veces en la parte superior del molde y seis veces en la parte inferior del molde espaciando cada seis mediciones superiores e inferiores equitativamente alrededor de la circunferencia del molde. Registre los valores lo más cerca a 0,02 mm (0,001 pulg).

A1.4.2.2 Utilice el caliper de vernier, mida la altura interior del molde realizando tres mediciones iguales espaciadas alrededor de la circunferencia del molde. Registre los valores a 0,02 mm (0,001 pulg).

A1.4.2.3 Calcule el promedio del diámetro superior, promedio del diámetro inferior y el promedio de la altura.

A1.4.2.4 Calcule el volumen del molde y regístrelo lo más cerca a 1 cm³(0,0001 pie³) utilizando la Ec. A1a (para pulg-libra) ó A1b (para SI).

$$V = \frac{(\pi)(h)(d_i + d_b)^2}{(16)(1728)} \quad \text{A1a}$$

$$V = \frac{(\pi)(h)(d_i + d_b)^2}{(16)(10^3)} \quad \text{A1b}$$

donde:

V = volumen del molde, cm³ (pie³).
 h = promedio de altura, mm (pulg)
 d_i = promedio del diámetro superior, mm (pulg)
 d_b = promedio del diámetro inferior, mm (pulg)
 1/1728 = constante de conversión pulg³ a pie³ y
 1/10³ = constante de conversión mm³ a cm³.

A1.5 Comparación de resultados

A1.5.1 El volumen obtenido por ambos métodos deberá estar dentro de la tolerancia de los requisitos de 7.1.1 y 7.1.2.

A1.5.2 La diferencia entre los dos métodos no debe exceder del 0,5% del volumen nominal del molde.

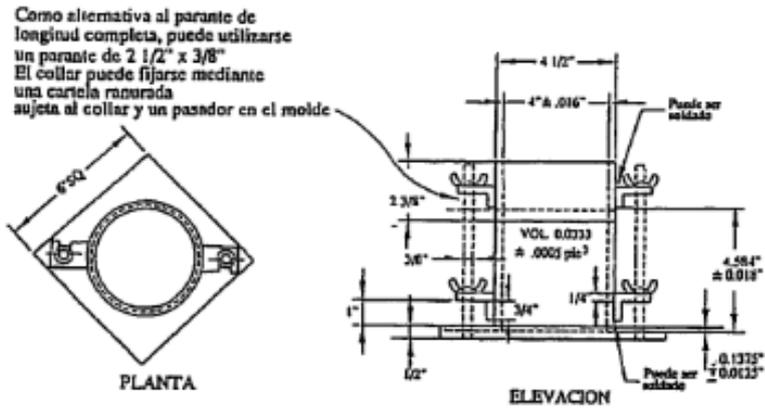
A1.5.3 Repita la determinación del volumen si no se consigue cumplir con los requisitos.

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 deforma demasiado y debe ser reemplazado.

NORMA TÉCNICA
PERUANA

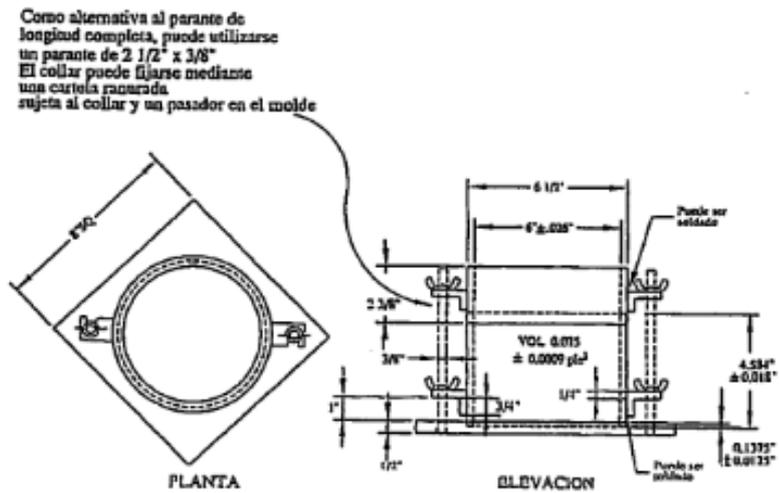
NTP 339.141
26 de 30

A1.5.5 Utilice el volumen del molde determinado usando el método de llenado de agua como el valor de volumen asignado para los cálculos de la densidad húmeda y seca (véase 12.4)



VER TABLA 2 PARA EQUIVALENTES METRICOS

FIGURA 1. Molde cilíndrico. 4,0 pulg



Ver Tabla 2 para equivalentes métricos

Figura 2. Molde cilíndrico, 6,0 pulg**TABLA 1. Tiempo de permanencia requerido de especímenes en saturación**

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

TABLA 2. Equivalentes métricos para las Fig. 1 y 2

Pulgadas	mm
0.016	0.41
0.026	0.66
0.032	0.81
½	12.70
2 ½	63.50
2 5/8	66.70
4	101.60
4 ½	114.30
4.584	116.43
4 ¾	120.60
6	152.40
6 ½	165.10
6 5/8	168.30
6 ¾	171.40
8 ¼	208.60
Pic ³	cm ³
1/30 (0.0333)	943
0.05	14
1/13.333 (0.0750)	2,124
0.0011	31

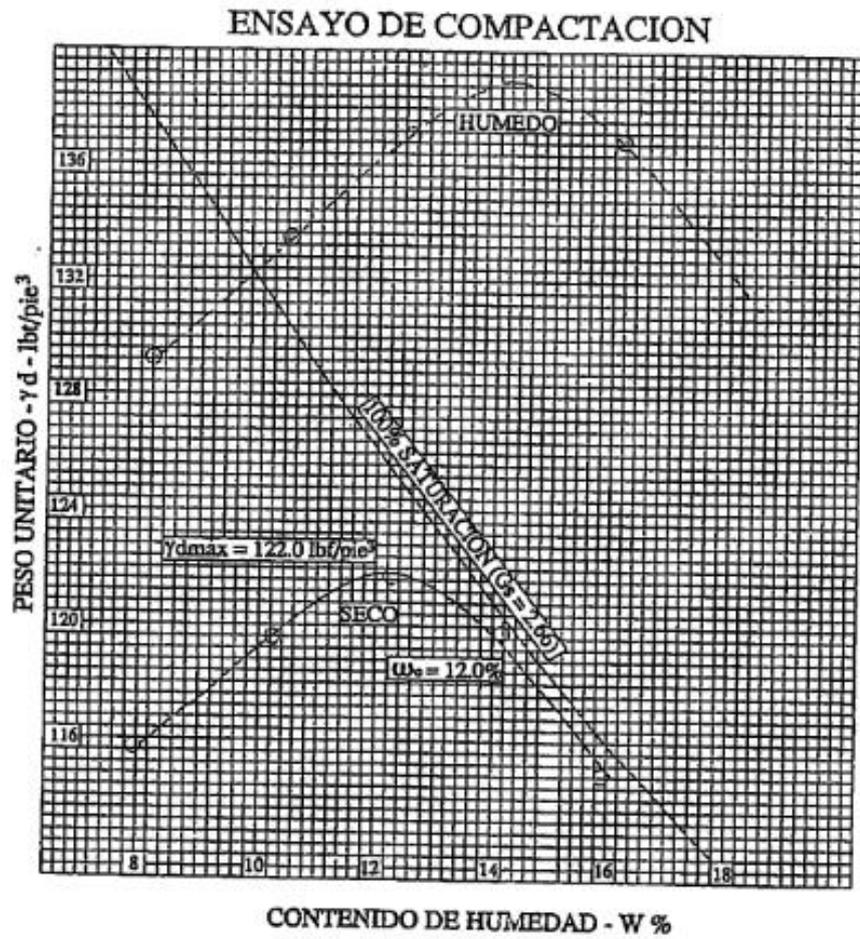


FIGURA 3 – Ejemplo de gráfico de curva de compactación

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)	0,99456
24 (75,2)	0,99733
25 (77,0)	0,99707
26 (78,8)	0,99681

ANEXO 4-E

NTP. 339.145: SUELOS. Metodo de ensayo de CBR (Relacion de Soporte de California) de suelos compactados en laboratorio.

**NORMA TÉCNICA
PERUANA**

**NTP 339.145
1999**

Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales-INDECOPI
Calle De La Prosa 138, San Borja (Lima 41) Apartado 145

Lima-Perú

SUELOS. Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio

SOILS. Standard Test Method for CBR (California Bearing Ratio) of Laboratory-Compacted Soils

1999-12-29

1ª Edición

COPIA CONTROLADA

FECHA: 14/12/09

VISTO: [Firma]

Construcción e Comercio Camargo Correa S.A.

RD: 1700/00/001246-09

R.0086-99/INDECOPI-CRT.PUBLICADA EL 2000-01-26

Precio basado en 18 páginas

I.C.S: 93.020

ESTA NORMA ES RECOMENDABLE

Descriptor: Descriptores: Relación de Soporte de California, Subrasante, Sub-base, Base, Resistencia del suelo, Diseño de Pavimento, Ensayos de aceptación, capacidad de soporte, evaluación de materiales, Valor Relativo de Soporte, Curva

ESTRUCTURA
0401

CONCRETO ARMADO
ARMAZONES

ÍNDICE

	Página
ÍNDICE	i
PREFACIO	ii
1. OBJETO	1
2. ALCANCE	1
3. REFERENCIAS NORMATIVAS	2
4. RESUMEN DEL MÉTODO DE ENSAYO	4
5. SIGNIFICADO Y USO	5
6. APARATO	6
7. MUESTRA	7
8. ESPECÍMENES DE ENSAYO	8
9. PROCEDIMIENTO PARA PRUEBA DE SOPORTE	11
10. CÁLCULOS	13
11. INFORME	14
12. ANTECEDENTES	15
FIGURA 1	16
FIGURA 2	17
FIGURA 3	17
FIGURA 4	18

RD:
 FIGURA 1
 FIGURA 2

COPIA CONTROLADA
 FECHA: _____
 VISTO: _____
 Controlador y Gerente Técnico: _____

PREFACIO

A. RESEÑA HISTÓRICA

A.1 La presente Norma Técnica Peruana fue elaborada por el Comité Técnico de Normalización Permanente de Geotecnia, mediante el Sistema 2 u Ordinario, durante los meses de Abril de 1996 a Noviembre de 1999, utilizó como antecedente a la Norma ASTM D 1883-99, Standard Test Method for CBR (California Bearing Ratio) of Laboratory-Compacted Soils

A.2 El Comité Técnico de Normalización de Geotecnia, presentó a la Comisión de Reglamentos Técnicos y Comerciales -CRT, con fecha 1999-11-18, el PNTP 339.145:1999, para su revisión y aprobación, siendo sometida a etapa de Discusión Pública el 99-11-24. No habiéndose presentado ninguna observación, fue oficializado como Norma Técnica Peruana NTP 339.145:1999 SUELOS. Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio. 1ª Edición, el 26 de enero de 2000.

A.3 Esta Norma Técnica Peruana presenta cambios editoriales referidos principalmente a terminología empleada propia del idioma español y ha sido estructurada de acuerdo a las Guías Peruanas GP 001:1995 Y GP 002:1995.

B. INSTITUCIONES QUE PARTICIPARON EN LA ELABORACIÓN DE LA NORMA TÉCNICA PERUANA

Secretaría	Servicio Nacional de Capacitación para la Industria de la Construcción SENCICO
------------	---

Presidente	Ing. Mercedes Dongo Ismodes
------------	-----------------------------

Secretario	Ing. Alberto Concha-Fernández Benavides
------------	---

ENTIDAD	REPRESENTANTES
---------	----------------

SENCICO	Mercedes Dongo Ismodes
---------	------------------------

	Alberto Concha-Fernández Benavides
Universidad Nacional de Ingeniería	José Wilfredo Gutiérrez Lazares Luisa Esther Shuan Lucas
Universidad Ricardo Palma	Abel Ordoñez Huamán
Instituto para el desarrollo de los pavimentos en el Perú	Germán Vivar Romero
Alpha Consult	Genaro Humala Aybar
COSAPI S.A.	Javier Martín Arranz
CICSA	Justo Kahatt Katan Jesús Arrué Morales
Ministerio de Transportes, Comunicaciones, Vivienda y Construcción (MTC)	Julio Manrique Pino
PAVCO DEL PERU S.A.	Néstor Sifuentes Boggio
ALBEN S.A.	Luis Aparcana Anicama
CIDELSA	Miguel Gonzalez Paniura
INGENIERIA DINAMICA	Lia Ricaldi
TECNOLOGIA DE MATERIALES	José Ferreyros Villacorta Augusto Alza Vilela

SUELOS. Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio

1. OBJETO

Esta Norma Técnica Peruana establece el Método de ensayo de CBR (Relación de Soporte de California) de suelos compactados en el laboratorio.

2. ALCANCE

2.1 Este método de ensayo comprende la determinación del CBR (Relación de Soporte de California) de subrasante de pavimentos, sub-base, base y materiales granulares de especímenes compactados en el laboratorio. El método de ensayo es para evaluar principalmente la resistencia de materiales cohesivos, de tamaño máximo de partículas menores a 19,0 mm (3/4 de pulg), sin embargo no se encuentra limitado a ello.

NOTA 1- La agencia que realice este ensayo puede ser evaluada de acuerdo a la Práctica D3740.

2.2 Cuando se ensayen materiales que tengan partículas de tamaño máximo mayores a 19 mm (3/4 de pulg), este método de ensayo proporciona la modificación de la graduación del material de manera que todo el material utilizado pase el tamiz de 19 mm (3/4 de pulg), mientras que toda la fracción de grava (+ N° 4 a 3 pulg) del suelo permanece igual. Ya que este método de preparación de la muestra ha sido usado tradicionalmente, para evitar el error inherente al ensayar materiales que contengan grandes partículas en el equipo de CBR, el material modificado puede tener propiedades de resistencia significativamente diferentes a las del material original. Sin embargo, mucha experiencia se ha desarrollado usando este método de ensayo con materiales cuya graduación ha sido modificada, estando en uso métodos de diseño satisfactorios que se basan en los resultados de ensayos de acuerdo a este procedimiento.

2.3 La experiencia ha mostrado que los resultados de CBR para aquellos materiales que tienen porcentajes substanciales de partículas retenidas en el tamiz N°4 son

más variables respecto a los materiales más finos. En consecuencia, muchos ensayos pueden ser necesarios para estos materiales para establecer un CBR confiable.

2.4 Este método de ensayo se encarga de determinar el CBR de un material con un óptimo contenido de agua o un rango de contenidos de agua a partir de una prueba de compactación o un peso unitario seco especificado. El peso unitario seco se presenta generalmente como un porcentaje del máximo peso unitario seco de las pruebas de compactación de los métodos de ensayo NTP 339.141 ó NTP 339.142.

2.5 La entidad que solicita la prueba especificará el contenido de agua o el rango de ésta y el peso unitario seco para el cual se desea el CBR.

2.6 A menos que sea especificada de otra manera por la entidad solicitante, o a menos que haya sido mostrado, que no existe efecto en los resultados del ensayo para el material ensayado, todos los especímenes deberán humedecerse antes de realizar la penetración.

2.7 Para determinar el CBR de los materiales compactados en el campo, véase el método de ensayo ASTM D 4429.

2.8 Los valores mencionados en unidades del SI serán considerados como norma. Los equivalentes en pulgada-libra mostrados en paréntesis pueden ser aproximados.

2.9 Esta norma no hace referencia a todos los riesgos relacionados con su uso, si los hubiera. Es responsabilidad del usuario de esta norma, establecer seguridad y prácticas saludables apropiadas y determinar la aplicabilidad de limitaciones regulatorias antes de su uso.

3. REFERENCIAS NORMATIVAS

Las siguientes normas contienen disposiciones que al ser citadas en este texto, constituyen requisitos de esta Norma Técnica Peruana. Las ediciones indicadas estaban en vigencia en el momento de esta publicación. Como toda Norma está sujeta a revisión, se recomienda a aquellos que realicen acuerdos en base a ellas, que analicen la conveniencia de usar las ediciones recientes de las normas citadas seguidamente. El Organismo Peruano de Normalización posee la información de las Normas Técnicas Peruanas en vigencia en todo momento.

3.1 Normas Técnicas Peruanas

- | | | |
|-------|-------------------------|--|
| 3.1.1 | NTP 339.127:1998 | SUELOS. Método de ensayo para determinar el contenido de humedad de un suelo |
| 3.1.2 | NTP 339.128:1999 | SUELOS. Método de ensayo para el análisis granulométrico |
| 3.1.3 | NTP 339.129:1999 | SUELOS. Método de ensayo para determinar el límite líquido, límite plástico, e índice de plasticidad de suelos |
| 3.1.4 | NTP 339.134:1999 | SUELOS. Método para la clasificación de suelos con propósitos de ingeniería SUCS |
| 3.1.5 | NTP 339.136:1999 | SUELOS. Símbolos, unidades, terminologías y definiciones. |
| 3.1.6 | NTP 339.141:1999 | SUELOS. Método de ensayo para la compactación en laboratorio de las características del suelo utilizando una energía modificada (56,000 pie-lbf/pie ³ (2,700 kN-m/m ³)) |
| 3.1.7 | NTP 339.142:1999 | SUELOS. Método de ensayo para la compactación en laboratorio de las características del suelo utilizando una energía estándar (12,400 pie-lbf/pie ³ (600 kN-m/m ³)). |

3.2 Normas Técnicas de Asociaciones

3.2.1	ASTM D 2168:1990	Test Methods for Calibration of Laboratory Mechanical-Rammer Soil Compactors
3.2.2	ASTM D 2488:1993	Practice for Description and Identification of Soils (Visual – Manual procedure)
3.2.3	ASTM D3740:1994	Practice for Evaluation of Agencies Engaged In the Testing and/or Inspection of Soil and Rock As Used In Engineering Design and Construction
3.2.4	ASTM D4429:1993	Test Method for Bearing Ratio of Soils In Place

4. RESUMEN DEL MÉTODO DE ENSAYO

4.1 Para ensayos realizados sobre materiales compactados a un contenido de agua se preparan tres especímenes. Los especímenes se compactan usando tres diferentes esfuerzos de compactación para obtener pesos unitarios, tanto por encima como por debajo del peso unitario deseado. Después de permitir que los especímenes se cubran de agua para humedecerse, u otro tratamiento específico como curado, cada espécimen estará sujeto a la penetración por un vástago cilíndrico. Los resultados del esfuerzo (carga) versus la profundidad de penetración se plotean para determinar el CBR de cada espécimen. El CBR a la densidad especificada se determina con un gráfico de CBR versus el peso unitario seco.

4.2 Para pruebas en las cuales el resultado se determina para un rango de contenido de agua, una serie de especímenes con cada uno de los tres esfuerzos de compactación son preparados sobre el rango de contenido de agua de interés. Los esfuerzos de compactación se seleccionan para producir pesos unitarios superiores e inferiores al peso unitario deseado. Después de permitir que los especímenes se humedezcan, u otro tratamiento específico como curado, cada espécimen es penetrado. Los resultados se grafican para obtener el CBR para cada espécimen. Una gráfica de los valores de CBR versus el peso

unitario para cada contenido de agua se realiza para determinar el mínimo CBR para el rango de contenido de agua.

5. SIGNIFICADO Y USO

5.1 Este método de ensayo se usa para evaluar la resistencia potencial de subrasante, sub-base y material de base, incluyendo materiales reciclados para usar en pavimentos de vías y de campos de aterrizaje. El valor del CBR obtenido en esta prueba forma una parte integral de varios métodos de diseño de pavimento flexible.

5.2 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.

5.3 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.

5.4 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.

6. APARATOS

6.1 **Máquina de carga.**- Una máquina de carga equipada con un cabezal móvil o base que corre a una velocidad uniforme de 1,27 mm/min (0,05 pulg/min) (sin vibrar) para ser utilizado en la penetración del pistón en espécimen. La máquina deberá equiparse con un

dispositivo indicando la carga que pueda leerse hasta 44 N (10 lbf) o menos. La capacidad mínima de la máquina de carga estará basada en los requisitos indicados en la Tabla 1.

6.2 Molde.- El molde deberá ser un cilindro metálico firme de un diámetro interno de 152,4 mm \pm 0,66 mm (6 pulg \pm 0,026 pulg) y una altura de 177,8 mm \pm 0,46 mm (7 pulg \pm 0,018 pulg). Deberá estar provisto de un collarín de extensión metálico de por lo menos 50,8 mm (2,0 pulg) de altura y una placa base de metal que tenga por lo menos 28 agujeros de diámetro de 1,59 mm (1/16 pulg) uniformemente espaciados en la placa dentro de la circunferencia interior del molde.

Cuando se ensamble con el disco espaciador en el fondo del molde, el molde deberá tener un volumen interno (excluyendo el collarín de extensión) de 2,124 cm \pm 25 cm (0,075 pies \pm 0,0009 pies). La Figura 1 muestra un diseño de molde satisfactorio. Debería usarse un procedimiento de calibración para confirmar el volumen real del molde con el disco espaciador insertado. Las calibraciones adecuadas están contenidas en los métodos de prueba NTP 339.142 y NTP 339.141.

6.3 Disco espaciador.- Un disco espaciador circular de metal (véase Fig. 1) que tiene un mínimo diámetro externo de 150,8 mm (5 15/16 pulg), pero no más grande tal que permita al espaciador deslizarse fácilmente en el molde. El disco espaciador deberá tener una altura de 61,37 mm \pm 0,127 mm (2,416 pulg \pm 0,005 pulg).

6.4 Apisonador.- Un apisonador tal como se determinó en los métodos de prueba NTP 339.141 o NTP 339.142 excepto que si se usa un apisonador mecánico, éste debe equiparse con un pie circular, y cuando esté equipado debe proporcionar medios para distribuir uniformemente los golpes del apisonador sobre la superficie del suelo cuando se compacte en un molde de diámetro de 152,4 mm (6 pulg). El apisonador mecánico debe calibrarse y ajustarse de acuerdo al método ASTM D2168.

6.5 Aparato para medir la expansión.- Un vástago de metal ajustable y perforado a una placa de metal, similar en configuración a lo mostrado en la Fig 1. La placa perforada debe ser de un diámetro de 149,23 mm a 150,81 mm (5 7/8 pulg a 5 15/16 pulg) y debe tener por lo menos cuarenta y dos agujeros de 1,59 mm (1/16 pulg) uniformemente espaciados en la placa. También es necesario un trípode metálico para apoyar el dial para medir la cantidad de hinchazón durante el remojo.

6.6 Pesas.- Una o dos pesas metálicas anulares que tengan una masa total de 4,54 kg \pm 0,02 kg y pesas metálicas ranuradas, cada una que tenga una masa de 2,27 kg \pm 0,02 kg. La pesa anular deberá tener un diámetro de 149,23 mm a 150,81 mm (5 7/8 pulg a 5 15/16 pulg) y deberá tener una abertura central de aproximadamente 53,98 mm (2 1/8 pulg).

6.7 Pistón de Penetración.- Pistón metálico de 49,63 mm \pm 0,13 mm (1,954 pulg \pm 0,005 pulg) y no menor de 101,6 mm (4 pulg) de largo (véase Fig.1). Si, desde el punto de vista operacional, es ventajoso utilizar un pistón de longitud más grande, puede usarse el pistón más largo.

6.8 Dial de Deformación.- Dos diales de deformación de lectura de 0,025 mm (0,001 pulg) con un rango mínimo de 0,200.

6.9 Diversos Aparatos.- Otros aparatos generales como un tazón de mezclado, escantillón, balanzas, depósito de remojo, horno, papel filtro resistente a la humedad de filtrado rápido, recipientes y tamices de 5,08 mm (2 pulg), 1,905 mm (3/4 pulg) y N° 4.

7. MUESTRA

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 152,4 mm (6 pulgadas) excepto por lo siguiente:

- Si todo el material pasa el tamiz de 19 mm (3/4 de pulgada), 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 de pulgada), 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.

8. ESPECÍMENES DE ENSAYO

8.1 Relación de Soporte para el óptimo contenido de humedad.- Usar material preparado según lo descrito en el punto 7.1, dirigir una prueba de control de compactación con un número suficiente de especímenes de prueba para establecer definitivamente el óptimo contenido de humedad para el suelo, usando el método de compactación especificado o métodos de prueba NTP 339.142 ó NTP 339.141. Una prueba de compactación previamente efectuada del mismo material puede sustituirse por la prueba de compactación ya descrita, con tal que la muestra contenga material retenido en el tamiz de 19 mm (3/4 de pulgada), se use suelo preparado tal como se describe en el punto 7.1. (Nota 1).

Nota 2 - El máximo peso unitario seco obtenido para una prueba de compactación efectuada en un molde de 101,6 mm de diámetro (4 pulgadas) puede ser ligeramente mayor que el máximo peso unitario seco obtenido por la compactación en el molde de 152,4 mm (6 pulgadas) o en el molde de CBR.

8.1.1 Para casos donde el CBR se necesite al 100 % del máximo peso unitario seco y al óptimo contenido de agua, compactar un espécimen usando el procedimiento de compactación especificado, métodos de prueba NTP 339.141 o NTP 339.142, a partir de un suelo preparado a más o menos 0,5 por ciento del óptimo contenido de agua.

Nota 3 - Si el máximo peso unitario seco se determinó a partir de la compactación en un molde de 101,6 mm (4 pulgadas), puede ser necesario compactar especímenes de acuerdo a lo descrito en el punto 8.3, usando 75 golpes por capa o algún otro valor suficiente para producir un espécimen que tenga igual o mayor densidad de lo deseado.

8.1.2 Si el CBR se necesita al óptimo contenido de agua y algún porcentaje del máximo peso unitario seco, compactar tres especímenes a partir del suelo preparado dentro del porcentaje del más o menos 0,5 % del óptimo contenido de agua y usar la compactación especificada pero utilizando un número diferente de golpes por capa para cada espécimen. El número de golpes por capa deberá ser variado necesariamente al preparar especímenes que tengan pesos unitarios superiores e inferiores al valor deseado. Típicamente, si el CBR deseado corresponde al 95% del peso unitario máximo seco, es satisfactorio usar especímenes compactados a 56, 25 y 10 golpes por capa. La penetración deberá ser realizada en cada uno de estos especímenes.

8.2 Relación de Soporte para un rango de contenido de humedad.- Prepare muestras de una manera similar a la descrita en el punto 8.1 excepto que cada muestra utilizada para desarrollar la curva de compactación será penetrada. Además, todo el contenido de agua y la relación del peso unitario para las compactaciones de 25 golpes y 10 golpes por capa deberá ser desarrolladas y cada espécimen de prueba compactado debe ser penetrado.

Efectuar toda la compactación en el molde CBR. En casos donde el peso unitario específico esté al 100% (o aproximadamente) del máximo peso unitario seco, deberá ser necesario incluir un esfuerzo de compactación mayor de 56 golpes por capa (Nota 3).

Nota 4 - Un gráfico semilogarítmico y logarítmico de peso unitario seco versus el esfuerzo de compactación, generalmente presentan una relación lineal cuando el esfuerzo de compactación en pie - cm/kg^3 es ploteado en la escala logarítmica. Este tipo de ploteo es útil para establecer el esfuerzo de compactación y el número de golpes por capa necesarios para cubrir el peso unitario seco especificado y un rango de contenido de agua.

8.2.1 Si la muestra está remojada, tomar una muestra representativa del material para determinar la humedad al inicio de la compactación y otra muestra del material restante después de la compactación. Usar el método NTP 339.127 para determinar el contenido de humedad. Si la muestra no está remojada, tomar una muestra de contenido de humedad según los métodos de prueba NTP 339.142 o los métodos de prueba NTP 339.141 si se requiere el promedio de contenido de humedad.

8.2.2 Fijar el molde (con el anillo de extensión unido) a la placa base con el agujero del mango de extracción resistiendo firmemente. Insertar el disco espaciador en la placa base y colocar un disco o papel filtro sobre la parte superior del disco espaciador. Compacte la mezcla de agua y suelo en el molde según el punto 8.1, 8.1.1. ó 8.1.2.

TABLA 1 - Capacidad de Carga Mínima

Máxima medición de CBR	Capacidad de Carga Mínima	
	(lbf)	(kN)
20	2500	11,2
50	5000	22,3
>50	10 000	44,5

TABLA 2 - Equivalentes métricos

Unidades Pulgada-Libra, pulg.	Equivalente métrico, mm.	Unidades Pulgada-Libra, pulg.	Equivalente métrico, mm.	Unidades Pulgada-Libra, pulg.	Equivalente métrico, mm.

NORMA TÉCNICA
PERUANA

NTP 339.145
10 de 18

0.003	0.076	19/32	15,08	3 1/8	88,90
0.005	0.127	5/8	15,88	3 1/4	95,25
0.135	3.43	1/4	19,10	4 1/4	108,0
0.201	5.11	15/16	23,81	4 1/2	114,3
0.4375	11.11	1	25,40	4 3/4	120,7
0.4378	11.12	1 1/8	28,58	5 1/8	149,2
0.510	12.95	1 1/4	31,8	5 15/16	150,8
0.633	16.08	1 3/8	34,9	6	152,0
1.370	34.60	1 1/2	38,10	6 7/32	158,0
1.375	34.93	1 5/8	44,5	6 1/2	165,1
1.954	49.63	1 13/16	46,04	7	177,8
2.416	61.37	1 15/16	49,21	7 1/2	190,1
1/16	1.59	2	50,80	8 3/8	212,7
7/32	5.56	2 1/8	53,98	8 1/2	215,9
1/4	6.35	2 1/5	55,9	9 3/8	238,1
3/8	9.53	2 1/4	57,2	14 1/4	362,0
7/16	11.11	2 1/2	63,50	18	457,2
15/32	11.91	2 3/4	69,85	32 1/4	719,2
1/2	12.70	2 11/32	75,41	36 5/8	930,3
17/32	13.49	3	76,20	39	990,6
Unidades		Equivalente métrico, kg.	Unidades	Equivalente métrico, Mpa	
Pulgada-Libra, lb.			Pulgada-Libra, psi		
0,04	0,02		200	1.4	
0,05	0,02		400	2.8	
0,12	0,05		600	4.1	
0,59	0,27		800	5.5	
0,71	0,32		1000	6.9	
0,75	0,34		1200	8.3	
3,20	1,45		1400	9.7	
5,00	2,27				
10,00	4,54				

8.2.3 Retirar el anillo de extensión y tallar cuidadosamente el suelo compactado al mismo nivel de la parte superior del molde por medio de una varilla. Resanar con poco material algunos agujeros que pueden haberse desarrollado en la superficie al retirar el material gravoso. Retirar la placa base perforada y el disco espaciador, pesar y registrar la masa del molde más el suelo compactado. Colocar un disco de papel filtro para grava en la placa base perforada, invertir el molde y el suelo compactado, y fijar la placa base perforada al molde con el suelo compactado en contacto con el papel filtro.

8.2.4 Colocar los pesos para sobrecarga en la placa perforada y el ensamblado del vástago que sea ajustable y disminuir cuidadosamente en el espécimen de suelo compactado en el molde. Aplicar un sobrepeso igual al peso del material base y pavimento de 2,27 kg (5 lb), sin embargo en ningún caso el peso total deberá ser menor de 4,54 kg (10 lb).

Si no se especifica el peso en el pavimento, usar 4,54 kg. Sumergir el molde y las pesas en agua que permita libre acceso de agua a la parte superior e inferior del espécimen. Tomar las medidas iniciales para la hinchazón y permitir que el espécimen se remoje 96 horas. Mantener un nivel constante de agua durante este periodo. Un breve periodo de inmersión es permisible para suelos de grano fino o granulares que absorben la humedad rápidamente, si es que las pruebas muestran que el breve periodo no afecta los resultados. Al finalizar las 96 horas, tome las medidas finales de hinchazón y calcular la hinchazón como porcentaje de la altura inicial del espécimen.

8.2.5 Retirar el agua y permitir al espécimen drenar durante 15 min. Tener cuidado de no alterar la superficie durante el traslado del agua. Puede ser necesario inclinar el espécimen para retirar el agua de la superficie. Retire las pesas, la placa perforada y papel filtro, determinar y registrar la masa.

9. PROCEDIMIENTO PARA PRUEBA DE SOPORTE

9.1 Colocar una sobrecarga de pesas en el espécimen, suficiente para que produzca una intensidad de igual carga al peso del material base. Si no se especifica el peso en el pavimento, utilizar 454 kg de masa. Si el espécimen ha sido remojado previamente, el sobrepeso debe ser igual al que se usó durante el periodo de remojo. Para prevenir el alzamiento del suelo en el agujero del peso para la sobrecarga, colocar la pesa anular de 2.27 kg sobre la superficie del suelo antes de fijar el pistón de penetración, después colocar el resto de las pesas para la sobrecarga.

9.2 Fijar el pistón de penetración con la mínima carga posible, pero de ninguna manera exceder 44 N (10 lbf). Establecer tanto las calibraciones del esfuerzo como las de penetración a cero. La carga inicial necesita asegurar la base del pistón y debe considerarse como carga cero cuando se determina la relación carga - penetración. Fijar la calibración de deformación hacia el dispositivo de medida de carga, si es posible; de ninguna manera unirlo a las máquinas de prueba que soporta las piezas metálicas.(brazos)

Nota 5 - Los brazos de soporte con cargas elevadas pueden producir torsión y afectar la lectura de la calibración de penetración. Verificar la profundidad de la penetración del pistón, lo cual constituye uno de los medios de verificar las indicaciones erróneas de deformación.

9.3 Aplique la carga sobre el pistón de penetración de manera que la velocidad de penetración sea aproximadamente 1,27 mm/min (0,05 pulg). Registrar las lecturas de carga

con penetraciones de 0,26 mm (0,025 pulg), 1,27 mm (0,050 pulg), 1,91 mm (0,075 pulg), 2,54 mm (0,100 pulg), 3,18 mm (0,125 pulg), 3,81 mm (0,150 pulg), 4,45 mm (0,175 pulg), 5,08 mm (0,200 pulg), 7,62 mm (0,300 pulg), 10,16 mm (0,400 pulg) y 12,70 mm (0,500 pulg). Anotar la máxima carga y penetración en caso de que ocurra una penetración menor de 12,70 mm (0,500 pulg)

Si son operados manualmente los dispositivos de carga, puede ser necesario tomar lecturas de carga con intervalos que controlen la velocidad de penetración. Medir la profundidad de la penetración del pistón en el suelo, para colocar la regla al momento de dentar y medir la diferencia de la parte superior del suelo hacia el fondo de la hendidura. Si la profundidad no se iguala exactamente a la profundidad de la calibración de penetración, determine la causa y pruebe una nueva muestra.

9.4 Retirar el suelo del molde y determinar el contenido de humedad de la capa superior de 25,4 mm (1 pulgada). Tomar la muestra de contenido de humedad según los métodos de prueba NTP 339.141 o ASTM 339.142, si se desea el contenido promedio de humedad. Cada muestra de contenido de humedad debe pesar no menos de 100 g para suelos de grano fino, ni menos de 500 g para suelos granulares.

Nota 6 - Las lecturas de carga con penetraciones mayores de 7,6 , (0,300 pulgadas) pueden omitirse, si la capacidad de la maquina para prueba ha sido alcanzada.

10. CÁLCULOS

10.1 **Curva de Penetración - Carga.-** Calcular el esfuerzo de penetración en megapascales o libras por pulgada cuadrada y plotear la curva de penetración - esfuerzo. En algunos casos, la curva de penetración - esfuerzo puede ser cóncava hacia arriba, debido a las irregularidades de superficie u otras causas, y en dichos casos el punto cero deberá ser ajustado según muestra la Figura 2.

Nota 7 - La Figura 2 deberá usarse como ejemplo de corrección únicamente para las curvas de penetración - carga. Esto no quiere decir que implique que la penetración de 5,08 mm (0,2 pulgadas) sea siempre mayor que la penetración de 2,54 mm (0,1 pulgadas).

10.2 Relación de soporte.- Usar valores corregidos del esfuerzo tomados de la curva de penetración - esfuerzo con penetraciones de 2,54 mm (0,100 pulg) y 5,08 mm (0,200 pulg), calcular las relaciones de soporte para cada uno al dividir los esfuerzos corregidos por los esfuerzos estándares de 6,9 MPa (1000 psi) y 10,3 Mpa (1500 psi) respectivamente, y multiplique por 100. Además, calcule las relaciones de soporte por el esfuerzo máximo, si la penetración es menor de 5,08 mm (0,200 pulg) interpolando el esfuerzo de penetración.

La relación de soporte presentada sobre el suelo es normalmente la única penetración de 2,54 mm (0,100 pulg). Cuando la relación de penetración es mayor a 5,08 mm (0,200 pulg), volver a repetir la prueba. Si la prueba de verificación presenta un resultado similar, use la relación de soporte con penetración de 5,08 mm (0,200 pulg)

Nota

8.- Si se requieren valores de relación de soporte con penetraciones de 7,62 mm (0,300), 10,16 mm (0,400) y 12,7 mm (0,500 pulgadas), los valores corregidos del esfuerzo de estas penetraciones deberán ser divididos por los esfuerzos estándares de 13,1 Mpa (1900 psi), 15,9 Mpa (2300 psi), 17,9 Mpa (2600 psi), respectivamente y multiplicados por 100.

10.3 CBR de diseño para un contenido de agua.- Usar los datos obtenidos de los tres especímenes, plotear el CBR versus la relación del peso unitario seco basándose en la Figura 4. Determinar el CBR de diseño a un porcentaje del máximo peso unitario seco requerido.

10.4 CBR de diseño para un rango de contenido de agua.- Graficar los datos de las pruebas a tres esfuerzos de compactación tal como muestra la Figura 4. Los datos ploteados según lo mostrado representan la reacción del suelo sobre el margen de contenido de agua especificado. Seleccionar el CBR para informar como el más bajo CBR en el margen especificado de contenido de agua que tiene un peso unitario seco entre el mínimo especificado y el peso unitario seco producido por la compactación en el rango de contenido de agua.

11. INFORME

11.1 El informe deberá incluir lo siguiente:

NORMA TÉCNICA
PERUANA

NTP 339.145
14 de 18

- 11.1.1 Método usado para la preparación y compactación del espécimen: Métodos de ensayo NTP 339.141 o Métodos de prueba NTP 339.142, u otros, con descripción.
- 11.1.2 Condición de la muestra (no remojada o remojada).
- 11.1.3 Densidad seca (Peso unitario) de la muestra antes de ser remojada, kg/m^3 (lb/pe^3).
- 11.1.4 Densidad seca (peso unitario) de la muestra antes de ser remojada, kg/m^3 (lb/pe^3).
- 11.1.5 Contenido de humedad de la muestra en porcentaje.
- 11.1.5.1 Antes de la compactación.
- 11.1.5.2 Después de la compactación.
- 11.1.5.3 Capa superior de 2,54 cm (1 pulg) antes de ser remojada.
- 11.1.5.4 Promedio después del remojo.
- 11.1.6 Hinchazón (porcentaje de la altura inicial)
- 11.1.7 Relación de soporte del porcentaje de muestra (no remojada o remojada)
- 11.1.8 Cantidad de sobrepeso
- 11.1.9 Alguna preparación especial de muestra y procedimientos de prueba (por ejemplo: sólo para materiales de cemento)
- 11.1.10 Identificación de la muestra (lugar, número de perforaciones, etc)

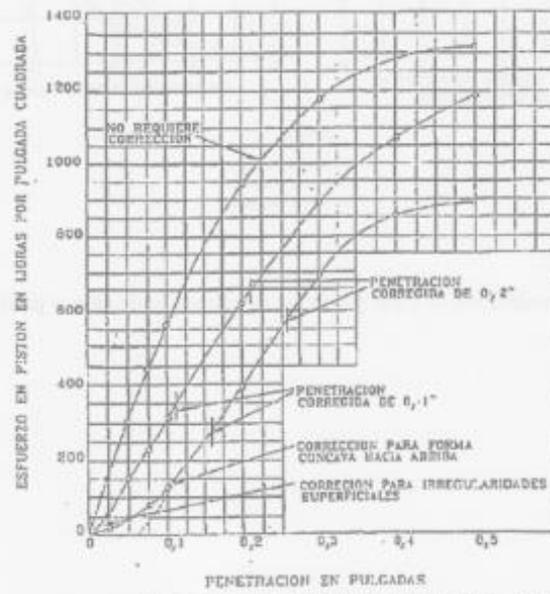
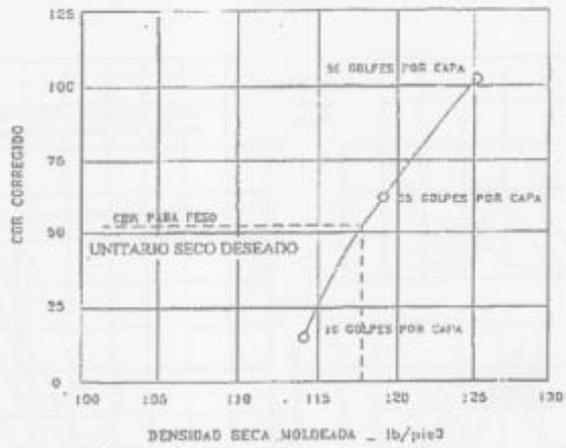
11.1.11 Algunas pruebas realizadas para identificar la muestra como: clasificaciones de suelo por método de ensayo NTP 339.134, método visual ASTM D2488, límites de Atterberg por método NTP 339.129, gradación por método NTP 339.128 etc.

11.1.12 El porcentaje del material retenido en el tamiz de 19 mm (3/4 de pulg) para esos casos donde se usa la mala ejecución del trabajo y el reemplazo.

12. ANTECEDENTES

ASTM D1883-99

Standard Test Method for CBR (California Bearing Ratio) of Laboratory-Compacted Soils



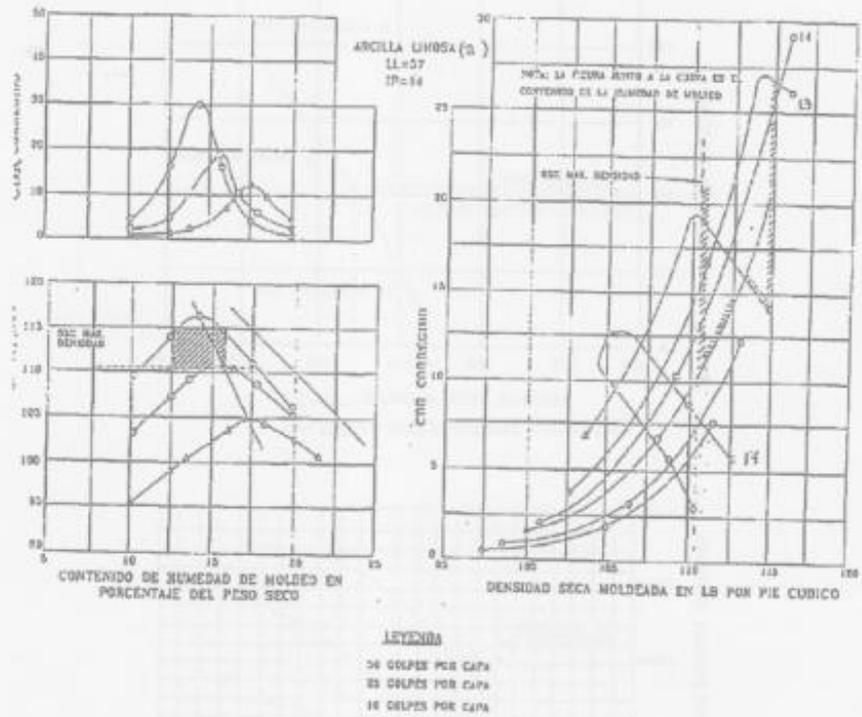


FIGURA 4 Determinación de CBR por rango de contenido de agua y peso unitario seco mínimo

ANEXO 05

**Manual de Ensayo de Materiales (EM 2000) –
Ministerio de Transportes y Comunicaciones
(MTC).**



GUÍA PARA MUESTREO DE SUELOS Y ROCAS

MTC E 101 – 2000

Este Modo Operativo está basado en la Norma ASTM D 420, la misma que se ha adaptado al nivel de implementación y a las condiciones propias de nuestra realidad. Cabe indicar que el mismo está sujeto a revisión y actualización continua, acorde con el avance tecnológico de aceptación internacional.

No proponen los requisitos concernientes a seguridad. Es responsabilidad del Usuario establecer las cláusulas de seguridad y salubridad correspondientes, y determinar además las obligaciones de su uso e interpretación.

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Este modo operativo proporciona métodos para el muestreo e investigación de suelos y rocas con base en procedimientos normales, mediante los cuales deben determinarse las condiciones del suelo, de la roca y del agua freática.

1.2 Los procedimientos, adecuados de muestreo del suelo y de la roca, permitirán la correlación de los respectivos datos con propiedades del suelo como plasticidad, permeabilidad, peso unitario, compresibilidad, resistencia y gradación; y de la roca como resistencia, estratigrafía, estructura y morfología.

2. APARATOS

2.1 El tipo de equipo requerido para una investigación subsuperficial depende de varios factores incluyendo el tipo de material de subsuperficie, profundidad de exploración, la naturaleza del terreno y de la utilización propuesta para los datos. Entre ellos se destacan:

- *Barrenos manuales*, para excavadoras, palas, depósitos superficiales de suelo. Hasta profundidades de 3-15 pies (1-5 m)
- *Equipos de percusión y lavado*.
- *Barrenos y taladros rotatorios motorizados*, con formas adecuadas, muestreadores y tubos sacanúcleos como los descritos en los métodos a que se hace referencia en el numeral 8.1, para la investigación y muestreo tanto de rocas como de suelos.
- Los aparatos geofísicos utilizados para la investigación subsuperficial pueden incluir:
 - *Instrumentos sísmicos*, con recepción simple o múltiple mediante geófonos, de señales originadas por golpes de martillo, explosivos u otras fuentes de energía.
 - *Aparato de resistividad de suelos*, para medir la resistencia del suelo o roca al paso de una corriente continua o alterna.
 - *Aparatos nucleares*, para medir humedad y peso unitario de suelos o rocas.
 - *Muestreadores de turba*, para investigar áreas compuestas por suelos orgánicos.



- *Herramientas manuales pequeñas*, tales como llaves de tubo y palas, constituyen parte del equipo necesario. Para determinados suelos finos plásticos de la selva, los denominados "posteadores".
- *Frascos de cierre hermético*, para humedad de muestras (aproximadamente de 4 a 8 onzas) de capacidad, de vidrio, metal o plástico, que puedan sellarse; además, recipientes herméticos o bolsas de tejido cerrado, libres de material contaminante, de manera que no haya pérdida de partículas finas y que tengan una capacidad de por lo menos 16 kg (35 lb); también cajas apropiadas para muestras de núcleos de roca. Una lona de 2 x 2 m (6' x 6'), puede usarse para transportar una muestra de suelo a granel para su examen en el laboratorio.
- Los siguientes accesorios son también necesarios: *brújulas, inclinómetro, nivel de mano*, libreta de campo, cámara fotográfica, estacas y una cinta métrica de 20 ó 30 metros.
- *Acido clorhídrico normal diluido* en un frasco de 1 onza con gotero, para la determinación de carbonatos al identificar minerales en rocas y suelos.
- *Instrumentación in situ*, para medir asentamientos y movimientos del terreno.

3. DETERMINACIÓN DEL PERFIL DE SUELOS

3.1 Un perfil detallado de suelos deberá desarrollarse únicamente donde la relación continua entre profundidades y datos de los diferentes tipos de suelo y roca, sea económicamente justificable para el proyecto en cuestión.

3.2 Pueden emplearse métodos geofísicos de exploración para complementar los datos de las perforaciones y afloramientos, y para interpolar entre los hoyos. Los métodos sísmicos y de resistividad eléctrica, pueden resultar particularmente valiosos cuando las diferencias nítidas en las propiedades de materiales subsuperficiales contiguas están indicadas.

El método de refracción sísmica es especialmente útil para determinar la profundidad a la cual se halla la roca o en sitios donde estratos sucesivamente mas densos son encontrados.

El método de resistividad eléctrica es igualmente útil para determinar la profundidad de la roca, evaluando formaciones estratificadas donde un estrato más denso descansa sobre uno menos denso, y en la investigación de canteras de arena-grava o de otros materiales de préstamo.

Las investigaciones geofísicas pueden ser una guía útil para programar los sitios de perforaciones y calicatas. En lo que sea posible, la interpretación de estudios geofísicos deberá ser verificada por perforaciones o excavaciones de prueba.



3.3 La profundidad de las calicatas o perforaciones para carreteras, aeropuertos, o áreas de estacionamiento, deberá ser al menos de 1.5 m (5 pies) por debajo del nivel proyectado para la subrasante, pero circunstancias especiales pueden aumentar o disminuir esa profundidad. Los sondeos para estructuras o terraplenes deberán llevarse por debajo del nivel de influencia de la carga propuesta, determinado mediante un análisis subsuperficial de transmisión de esfuerzos.

Donde el drenaje pueda ser afectado por materiales permeables, acuíferos o materiales impermeables que lo puedan obstaculizar, las perforaciones deberán prolongarse suficientemente dentro de estos materiales para determinar las propiedades hidrogeológicas y de ingeniería, relevantes para el diseño del proyecto.

En todas las zonas de préstamo, las perforaciones deberán ser suficientes en número y profundidad, para esforzar las cantidades requeridas de material que cumpla los requerimientos de calidad especificada.

3.4 Los registros de perforaciones deberán incluir:

- Descripción de cada sitio o área investigada, con cada hueco, sondeo o calicata, localizado claramente (horizontal y verticalmente) con referencia a algún sistema establecido de coordenadas o a algún sitio permanente.
- Un perfil estratigráfico de cada hueco, sondeo o calicata, o de una superficie de corte expuesta, en la cual se muestre claramente la descripción de campo y localización de cada material encontrado, mediante símbolos o palabras.
- Las fotografías en colores de núcleos de roca, muestras de suelos y estratos expuestos, pueden ser de gran utilidad para el ingeniero. Cada fotografía deberá identificarse con fecha y un número o símbolo específico, una fecha y escala de referencia.
- La identificación de todos los suelos deberá basarse en las presentes normas para la clasificación de los suelos y de los suelos-agregados para construcción de carreteras, en la norma sobre descripción mediante procedimientos manuales y visuales, o en la de identificación de rocas.
- Las áreas acuíferas, drenaje subterráneo y profundidad del nivel freático hallado en cada perforación, calicata o hueco.
- Los resultados de ensayos en sitio (*in situ*), donde se requieran, como los de penetración o los de veleta a que se hace referencia en el numeral 8.1 u otros ensayos para determinar propiedades de suelos o rocas.



5.3 Deberán tomarse muestras de suelo y agua para determinar la acidez, el pH y el contenido de compuestos metálicos del material, cuando pueda esperarse que causen un cambio inaceptable en su medio ambiente. El tamaño de la muestra no deberá ser menor de 2.5 kg.

6. PROCEDIMIENTO

6.1 Los procedimientos recomendados para el muestreo en el sitio, la identificación y los ensayos son los siguientes:

- Calicatas y trincheras: excavaciones a cielo abierto, hasta la profundidad deseada, tomando las precauciones necesarias para evitar el desprendimiento de material de las paredes que pueda afectar la seguridad del trabajador o contaminar la muestra que se espera obtener.
- Investigación y muestreo del suelo mediante barrenos y muestreadores. El procedimiento es útil para la determinación del nivel freático. La profundidad con esta clase de barreno está limitada por las condiciones agua-suelo, las características del suelo y el equipo empleado.
- Ensayo de penetración estándar (SPT) y muestreo de suelos. Describe un procedimiento para obtener muestras y medir la resistencia del suelo a la penetración de un muestreador normalizado, fundamentalmente para suelos no cohesivos, pudiendo ser usado en suelos cohesivos para recuperar muestras o para determinar un valor cualitativo de la resistencia.
- Método para muestreo de suelos con tubo de pared delgada, MTC E 120. Describe un procedimiento para recobrar muestras de suelo relativamente inalteradas, adecuadas para ensayos de laboratorio.
- Ensayo de corte con veleta en suelo cohesivo, MTC E 122, para medir *in situ* la resistencia al corte de suelos cohesivos blandos, mediante la rotación de una veleta de cuatro hojas en un plano horizontal.

6.2 La investigación del suelo y la roca comprenderá entre otras las acciones siguientes:

- Revisión de cualquier información disponible sobre la geología y la formación de la roca o del suelo, o de ambas, sobre las condiciones del nivel freático en el sitio y en las vecindades.
- Determinación del nivel freático y del material de fundación firme, bien sea roca o suelos de adecuada capacidad de soporte.



- Investigación en el sitio de los materiales superficiales y del subsuelo mediante perforaciones de percusión y lavado, rotación, barrenos manuales o mecánicos de espiral, calicatas y métodos geofísicos.
- Identificación del suelo y de los tipos de roca en el terreno con registros de la profundidad a la cual se presentan y de la localización de sus discontinuidades estructurales.
- La recuperación de muestras representativas inalteradas y remoldeadas para ensayos de caracterización del suelo o de la roca, y de los materiales para la construcción.
- Una evaluación del comportamiento de instalaciones existentes en la vecindad inmediata del sitio propuesto, con respecto al material de fundación y el medio ambiente.
- Instrumentación en el sitio para medir movimientos por medio de inclinómetro, placa de asentamiento, etc.

7. CLASIFICACIÓN DEL MATERIAL

7.1 Las muestras para ensayos de suelos y de rocas deberán enviarse al laboratorio para los ensayos de clasificación física y mecánica respectiva, de acuerdo con las instrucciones del consultor geotécnico.

7.2 Se deberán realizar como mínimo los siguientes ensayos de laboratorio para todos los materiales que se deban caracterizar:

- Análisis granulométrico por tamizado MTC E 107.
- Análisis granulométrico por hidrómetro MTC E 109
- Humedad natural MTC E 108
- Determinación del límite líquido MTC E 110
- Determinación del límite plástico MTC E 111
- Determinación del límite de contracción, si se encuentra alta actividad de los finos MTC E 112.
- Gravedad específica de los suelos MTC E 113.

7.3 Para los materiales que se van a usar en la construcción de terraplenes, se deberán realizar los siguientes ensayos:

- Los mencionados en el numeral 7.2 de esta norma.
- Relación humedad-densidad compactada a la energía Proctor Modificado MTC E 115.
- CBR de materiales compactados MTC E 132.
- Módulo resiliente sobre muestras compactadas a la energía Proctor Modificado MTC E 128.



- Compresión triaxial NO consolidada, no drenada (cu) y consolidada NO drenado con medida de presión de poros (MTC E 131), para materiales compactados a la energía Proctor Modificado, que se van a utilizar en terraplenes mayores de 7.00 m de altura.
- Consolidación unidimensional para materiales compactados para las mismas condiciones del ensayo anterior.

7.4 Para subrasantes en suelo e in situ se deberán realizar los siguientes ensayos:

- Los mencionado en el numeral 7.2 de esta norma.
 - Relación humedad- densidad compactada a la energía de Proctor Modificado MTC E 115.
 - CBR MTC E 132.
 - Módulo resiliente sobre muestras inalteradas MTC E 128.
- Nota: Si se ha realizado la determinación de CBR in-situ (MTC E 133) no se considerará necesario la ejecución de la prueba de laboratorio. Sólo se permitirá la prueba in situ cuando los suelos de subrasante tengan un tamaño máximo de 19,1 mm (3/4").

7.5 Para materiales granulares que van a usarse en capas de base y subbase, Los ensayos se deben realizar sobre materiales procesados. Bien sea en planta o en laboratorio.

- Los mencionados en el numeral 7.2 de esta norma, excepto limite de contracción.
- Relación humedad-densidad compactada a la energía Proctor modificado MTC E 115.
- CBR sobre muestras compactadas MTC E 132.
- Módulo resiliente MTC E 128.
- Determinación de equivalente de arena MTC E 114.
- Peso unitario y vacios MTC E 203.
- Gravedad específica y absorción de agregados finos y gruesos MTC E 205 y MTC E 206.
- Abrasión en la máquina de Los Angeles MTC E 207.
- Durabilidad en sulfato de sodio y en sulfato de magnesio MTC E 209.
- Porcentaje de caras fracturadas en los agregados MTC E 210.
- Índice de aplanamiento y de alargamiento de los agregados MTC E 221.
- Porcentaje de partículas livianas MTC E 211 (opcional).
- Arcilla en terrones y partículas desmenuzables MTC E 212.
- Contenido de Sales Totales MTC E 219.

7.6 Para los materiales que se van a usar en la evaluación de concretos hidráulicos se deberán efectuar los siguientes ensayos. Los ensayos deberán realizarse sobre materiales procesados, bien sea en planta ó en laboratorio.

- Análisis granulométrico por tamizado MTC E 107.
- Cantidad de material fino que pasa el tamiz 200 MTC E 202.



- Peso unitario y vacío de los agregados MTC E 203.
- Gravedad específica y absorción de los agregados MTC E 205 y MTC E 206.
- Abrasión en la máquina de Los Angeles MTC E 207.
- Durabilidad al sulfato de sodio y sulfato de Magnesio MTC E 209.
- Porcentaje de caras fracturadas MTC E 210.
- Partículas livianas en los agregados MTC E 211.
- Contenido de Sales MTC E 219.
- Arcilla de terrones y partículas desmenuzables MTC E 212.
- Impurezas orgánicas en el agregado fino MTC E 213.
- Índice de durabilidad en los agregados MTC E 214.
- Carbón y lignito en arenas MTC E 215.
- Determinación de la reactividad agregado / alcali MTC E 217.
- Determinación cuantitativa de los compuestos de azufre en los agregados MTC E 218.
- Índice de aplanamiento y de alargamiento de los agregados MTC E 221.
- Equivalente de Arena MTC E 114.

7.7 Para los materiales pétreos que se van a usar en la elaboración de concretos asfálticos se deberán realizar los siguientes ensayos: Los materiales deben estar debidamente procesados (chancados y clasificados) bien sea en planta o en chancadora de laboratorio.

- Petrografía, Difracción en rayos X y polaridad de los agregados (evaluación de petrografos) ⁽¹⁾.
- Análisis granulométrico por tamizado MTC E 107.
- Análisis por hidrómetro del relleno mineral (material que pasa la malla No. 200) MTC E 109 ⁽¹⁾.
- Peso unitario y vacíos de los agregados MTC E 203.
- Gravedad específica y absorción de los agregados MTC E 205 y MTC E 206.
- Abrasión en la máquina de Los Angeles MTC E 207.
- Durabilidad al sulfato de sodio y sulfato de magnesio MTC E 209.
- Porcentaje de caras fracturadas MTC E 210.
- Partículas livianas en los agregados MTC E 211. (1)
- Arcilla de terrones y partículas desmenuzables MTC E 212. (1)
- Impurezas orgánicas en el agregado fino MTC E 213. (1)
- Índice de durabilidad en los agregados MTC E 214. (1)
- Sales solubles MTC E 219. (1)
- Riedel Weber MTC E 220.
- Índice Plástico (por la malla N° 40 y N° 200).
- Equivalente de Arena MTC E 114.
- Adherencia agregado – bitumen MTC E 519.
- Índice de aplanamiento y de alargamiento de los agregados MTC E 221.



8. INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

8.1 La extrapolación de datos en áreas locales no investigadas puede hacerse de manera tentativa, únicamente cuando se conozca que existe geológicamente una disposición subsuperficial uniforme del suelo y de la roca siendo la interpretación de responsabilidad del especialista. Las propiedades de los suelos y rocas de proyectos importantes, no deberán predecirse solamente con base en la simple identificación o clasificación en el terreno, sino que deberán comprobarse mediante ensayos de laboratorio y de terreno, de acuerdo con los numerales 5.1 y 6.1.

8.2 Las recomendaciones de diseño deben ser formuladas únicamente por ingenieros especializados en geotecnia o por ingenieros de carreteras familiarizados con los problemas comunes en dichas áreas.

9. REFERENCIAS NORMATIVAS

ASTM	D 420
------	-------



ANEXO SÍMBOLOS GRÁFICOS PARA SUELOS

Tanto en los perfiles como en los registros estratigráficos se deberán usar los símbolos que se muestran a continuación.

	Grava bien medida arena, grava con poco o nada de material fino, variando en tamaño granular.	SM	Material fino en plasticidad o con plasticidad muy baja.
	Grava muy gruesa, matriz de arena-grava con poco todo de material fino.	SC	arenas arcillosas, matriz de arena-arcilla.
	Grava finísima matriz de grava arena finosa.	ML	Limas orgánicas y arenas muy finas, polvo de roca, arenas finas arcillosas o arcillosas o fines arcillosos con ligeros plásticos.
	Grava arcillosa, matriz de grava arena-arcilla grava con material fino cantidad apreciable de material fino.	CL	arcillas homogéneas de plasticidad baja o mediana, arcillas grava, arcillas arenosas, arenas limosas, arcillas negras.
	Arena bien graduada, arena con grava, poco o nada de material fino, arena ligera poco o nada, arena variando en tamaño granular y cantidad de partículas en tamaño intermedio.	OL	Limas orgánicas y arcillas limosas orgánicas, baja plasticidad.
	Arena muy gruesa con grava poco o nada de material fino. Un tamaño predominante o una serie de tamaños con cuantía de partículas iguales.	MH	Limas homogéneas suaves finas gruesas o limosas, micáceas o dilatativas, limas elásticas.

	Arcillas homogéneas de elevada plasticidad, arcilla gruesas.
	Arcillas orgánicas de mediana o elevada plasticidad, limas orgánicas.
	Turba, suaves considerablemente orgánicas.



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
Facultad de Ingeniería

PROGRAMA ACADÉMICO INGENIERIA CIVIL

**ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL
PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO (A) CIVIL**

En la ciudad de Huánuco, siendo las...11... horas del día...11... del mes de...Diciembre del año...2017 en el Auditorio de la Facultad de Ingeniería, en cumplimiento de lo señalado en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco, se reunieron los Jurados Calificadores Nombrados mediante la Resolución N°...799-2017-D-FI-UDH integrado por los docentes:

...Ing. Jerry M. Dávila Martel (Presidente)

...Ing. José L. Villanueva Quijano (Secretario)

...Ing. Juan A. Alvarado Romero (Vocal)

Para calificar el Trabajo de Suficiencia Profesional solicitado por el (la) Bachiller en Ingeniería Civil...Humberbo Marcelino Ortega Porta..., para optar el Título Profesional de Ingeniero (a) Civil.

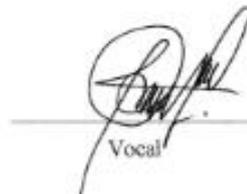
Dicho acto de sustentación se desarrolló en dos etapas: exposición y absolución de preguntas: precediéndose luego a la evaluación por parte de los miembros del Jurado.

Habiendo absuelto las objeciones que le fueron formuladas por los miembros del Jurado y de conformidad con las respectivas disposiciones reglamentarias, procedieron a deliberar y calificar, declarándolo (a)...Aprobado... por...Unanimidad con el calificativo cuantitativo de...14... y cualitativo de...Apto.

Siendo las...13... horas del día...11... del mes de...Diciembre del año...2017 los miembros del Jurado Calificador firman la presente Acta en señal de conformidad.


Presidente


Secretario


Vocal