



UNIVERSIDAD CÉSAR VALLEJO

FACULTAD DE INGENIERÍA

ESCUELA ACADÉMICO PROFESIONAL DE INGENIERÍA CIVIL

“Optimización de la estabilización de suelos arcillosos en el sector Curva del Sun – Campiña de Moche, con concreto reciclado para pavimentación, provincia de Trujillo, La Libertad– 2017”

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

AUTOR:

Yorka Antonelly Del Río Huamán

ASESOR:

Ing. Elena Charo Quevedo Haro

LÍNEA DE INVESTIGACIÓN

Administración y seguridad en la construcción

NUEVO CHIMBOTE- PERÚ

2017

PÁGINA DE JURADO

PÁGINA DE JURADO

Los miembros del Jurado:

En cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo damos conformidad para la sustentación de la Tesis titulada: "Optimización de la estabilización de suelos arcillosos en el sector Curva del Sun – Campiña de Moche, con concreto reciclado para pavimentación, provincia de Trujillo, La Libertad- 2017", la misma que debe ser defendida por la tesista: **Yorka Antonelly Del Río Huamán**, aspirante a obtener el título Profesional de Ingeniero Civil.

Nuevo Chimbote, 10 Julio del 2017



Mg. Mozo Castañeda Erika Magaly
PRESIDENTE



Ing. Quevedo Haro Elena Charo
SECRETARIO



Mg. Sotelo Urbano Johanna Del Carmen
VOCAL

DEDICATORIA

A Dios, porque con su gracia y bondad
guía cada paso que doy y está conmigo
en cada momento de mi vida.

A mi madre amada Zaida Huamán
Ramírez, por ser la persona que me ha
acompañado y respaldado durante
todo mi proyecto estudiantil y de vida.

A mi padre Antonio del Río Vega que a
través de sus sabios consejos me ha guiado
por el buen camino para culminar mi carrera
profesional.

La autora

AGRADECIMIENTO

A Dios, porque gracias a su infinito amor verdadero que a través de mis oraciones me ha escuchado me ha permitido lograr cada meta que me he trazado y me ha enseñado a levantarme de todos los obstáculos que se me presentaron durante toda mi formación de mi carrera profesional.

A mis progenitores por ser la base primordial de mi formación; por ser el ejemplo que me inspirara a seguir adelante, por inculcarme valores y enseñanzas fundamentales para la vida.

Esta tesis se logró gracias al apoyo de mi asesor temático la Ing. Elena Charo Haro Quevedo y mi asesor metodológico Ing. Erika Mozo Castañeda que gracias a sus experiencias y enseñanzas se logre con bien esta tesis.

La autora

DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD


DECLARATORIA DE AUTENTICIDAD

Yo, Yorka Antonelly Del Río Huamán con DNI N° 76439033, a efecto de cumplir con las disposiciones vigentes consideradas en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad Cesar Vallejo, Facultad de Ingeniería, Escuela Académico Profesional de Ingeniería Civil, declaro bajo juramento que toda la documentación que acompaño son verídicas.

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

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

Nuevo Chimbote, 22 de mayo del 2017


YORKA ANTONELLY DEL RÍO HUAMÁN
D.N.I. N°76439033

PRESENTACIÓN

Señores Miembros del Jurado, en cumplimiento del Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad César Vallejo presento ante ustedes la siguiente tesis titulada “Optimización de la estabilización de suelos arcillosos en el sector Curva del Sun – Campiña de Moche, con concreto reciclado para pavimentación, provincia de Trujillo, La Libertad– 2017”, con el propósito de determinar el índice CBR del suelo arcilloso a través de la adición del concreto reciclado.

En primer lugar se desarrolla la introducción, la cual da a conocer la realidad problemática, los trabajos previos, teorías relacionadas al tema, formulación del problema, justificación, hipótesis y objetivos de la presente tesis.

Así mismo se desarrolla la metodología, la cual abarca el diseño de investigación, las variables y su Operacionalización, la población, la muestra, la técnica, instrumentos de recolección de datos y también su validez y confiabilidad.

Seguidamente se realizó el análisis y el desarrollo de los objetivos para representarlo en los resultados.

Posteriormente se realizó la discusión de los resultados obtenidos para así relacionarlo con la teoría y antecedentes presentada en la introducción.

Posteriormente se finalizó a través de las conclusiones y recomendaciones de la investigación que someto a vuestra consideración y espero que cumpla con los requisitos de aprobación para obtener el título profesional de Ingeniero Civil.

La autora

ÍNDICE

	Pág.
Página del jurado	ii
Dedicatoria.....	iii
Agradecimiento.....	iv
Declaratoria de autenticidad.....	v
Presentación.....	vi
Resumen	ix
Abstract	x
I.INTRODUCCIÓN.....	11
II. METODOLOGÍA	
2.1 Diseño de investigación.....	22
2.2 Operacionalización de variables.....	23
2.3 Población y Muestra	24
2.4 Técnicas e instrumentos y recolección de datos, validez y confiabilidad....	25
2.5 Métodos de análisis de datos.....	25
2.6 Aspectos éticos.....	26
III. RESULTADOS.....	27
IV. DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	34
V. CONCLUSIONES.....	36
VI. RECOMENDACIONES.....	37
VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	38
VIII. ANEXOS.....	40

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA N° 1: Operacionalización de variables.....	23
TABLA N°2: Granulometría del concreto reciclado.....	28
TABLA N°3: Propiedades físicas del suelo arcilloso.....	30
TABLA N°4: Proctor modificado de la muestra con diferentes porcentajes de concreto reciclado.....	31
TABLA N°5: CBR de la muestra con diferentes porcentajes de concreto reciclado.....	33

ÍNDICE DE GRÁFICOS

GRÁFICA 1: Nivel de optimización de la estabilización de suelos arcillosos con concreto reciclado para fines de pavimentación.....	27
GRÁFICA 2: C.B.R. para suelos arcillosos con diferentes porcentajes de concreto reciclado con fines de pavimentación.....	33

RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo principal el determinar el nivel de optimización de la estabilización de suelos arcillosos con concreto reciclado para fines de pavimentación en el sector Curva del Sun, Moche, Trujillo – La Libertad.

Para cumplir con ese objetivo se obtuvieron muestras a las cuales se les realizó una caracterización física. De igual manera se procedió con el concreto reciclado, el cual luego de ser molido se procedió caracterizar.

Se adicionó porcentajes de 11, 13 y 15% de concreto reciclado a los suelos arcillosos, de esta manera se compararon los resultados y se evaluó la influencia del porcentaje de concreto reciclado sobre el índice CBR de los suelos

Finalmente se contrastó los resultados con los indicado en la norma CE 010 Pavimentos Urbanos y con el Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotécnica y Pavimentos del Ministerio de Transportes y Comunicaciones

Palabras Claves: estabilización, concreto reciclado, suelo arcilloso

ABSTRACT

The present research had like main aim the determine the level of optimization of the stabilization of clay soils with concrete recycled for ends of paving in the sector Curve of the Sun, Moche, Trujillo – La Libertad.

To fulfill with this aim obtained samples to which realized them a physical characterization. Of equal way proceeded with the recycled concrete, which afterwards to be grinded then proceeded to characterize.

Added percentages of 11, 13 and 15% of concrete recycled to the clay soils, of this way compared the results and evaluated the influence of the percentage of concrete recycled on the CBR index of the floors

Finally contrast the results with the indicated in norm CE 010 Urban Pavings and with the Manual of Roads: Floors, Geology, Geotecnic and Pavings of the Ministry of Transports and Communications.

Key words: stabilization, recycled concrete, clay soil

I. INTRODUCCIÓN

La presente investigación se designa “Optimización de la estabilización de suelos arcillosos en el sector Curva del Sun – Campiña de Moche, con concreto reciclado para pavimentación, provincia de Trujillo, La Libertad– 2017”. De esto se inicia la demanda de la realidad problemática, la cual permitirá fortalecer la investigación. Lo cual deducimos que existen grandes problemas a nivel mundial como por ejemplo es el qué hacer con los residuos sólidos generados por la industria de la construcción, es así que según (Eurostats, 2016) a nivel internacional, nos dice “por ejemplo en Europa, en el año 2012, la construcción y la demolición contribuyeron con un 33% del total (821 millones de toneladas de residuos) siendo países como Luxemburgo, Estonia o Rumania los que poseen mayor volumen de actividades de construcción y demolición llegando a generar 3 toneladas de residuos por estas actividades de un total de 3,2 toneladas por habitante, lo que equivale al 93,5% del total de residuos generados” (Eurostats, 2016), todo este problema se agrava debido a que no es sólo la generación de estos residuos, sino al que no se sabe qué hacer con ellos, se puede deducir que en su mayoría se emplean para material de relleno, así también para nivelación de terrenos y taludes . sin embargo no tienen una política de tratamiento, de reciclaje y reutilización para darles un valor agregado, así también a nivel nacional mediante el Decreto Supremo N° 003-2013-VIVIENDA, el Perú no ajeno a esta problemática mundial, y es por esto que el año 2013 aprueban el Reglamento para la Gestión y Manejo de los Residuos de las Actividades de la Construcción y Demolición, siendo lo más notable lo considerado en el Capítulo V, artículo 28.- Reciclaje de concreto de demolición, donde se consideran los procesos y características que deben tener estos concretos reciclados para poder ser usados nuevamente como agregados en la fabricación de nuevos concretos y reutilizándolos en las mismas construcciones reemplazando a los componentes frescos, usarlos para pavimentación. Por lo tanto nos favorecen ya que se reducirían costos en la obra. Para la presente investigación realizada se basó en trabajos previos de diversos autores a nivel internacional, nacional y local. Seguidamente se describen algunos antecedentes ,iniciando con los

antecedentes internacionales, tenemos a (Martínez Santos Juan ,2012) en su tesis para obtener el título de Ing. Civil en la Universidad Veracruzana (México) el cual realizó la tesis “Evaluación del mejoramiento de suelos arcillosos empleando materiales cementantes” (México – 2012) donde “buscó caracterizar y evaluar las propiedades físicas y mecánicas de la modificación del suelo de la zona de estudio situada en el norte de la ciudad de Xalapa, empleando adiciones de cal y cemento en diferentes porcentajes, luego se caracterizaron los materiales a emplear, así como los suelos a estabilizar, y luego de esto se procedieron a estabilizar los estratos, con cemento y con cal, se realizaron ensayos de límites líquido e índice de plasticidad, compactación , teniendo como conclusión que los porcentajes de estabilizantes adicionados cumplen con la mayoría de indicadores considerados en la norma técnica mexicana” (Repositorio Institucional Universidad Veracruzana, 2016). Por otro lado, los autores Pérez Colmenárez, Anabel y Torres Martínez, Leonardo José, en su tesis para obtener el título de Ingeniero Civil en la Universidad Rafael Urdaneta (Venezuela – 2007) en su tesis “Análisis costo-beneficio de las estabilizaciones suelo cemento y suelo-agregado para su uso en vialidad y la construcción de pavimentos” (Venezuela – 2007) “analizaron la relación costo-beneficio de las estabilizaciones suelo - cemento y suelo - agregado para su uso en vialidad y la construcción de pavimentos, para los cuales se extrajeron dos muestras mediante el método de calicatas, a estas muestras se realizaron estudios completos de suelo para calcular su CBR y luego ser estabilizados con cemento y agregado, el siguiente paso fue el de hacer el análisis económico de ambas propuestas para obtener la relación costo-beneficio de estas, concluyendo que en general, la estabilización con agregado, para ambos tipos de suelo, se aprecia un aumento en los costos, con respecto a los suelos sin estabilizar y a los suelos estabilizados con cemento, siendo más específicos la muestra del suelo (S-01) que posee el menor CBR, el costo de diseño del pavimento es mayor que el de los otros suelos, ya que sus capas son de mayor espesor, mientras que la muestra del suelo(S-02) en comparación con la muestra del suelo (S-01) es de menor costo ya que su CBR es un poco mayor” (Pérez y Torres, 2012, p. 93). Así también tenemos a Rojas Gonzales, Hialmar Ivan, Barrera García, John Henry y Picaron Sánchez, Carlos Mauricio, en su tesis para obtener el título de Ingeniero Civil en la Universidad de La Salle (Colombia – 2007) en la tesis “Análisis comparativo de la estabilización de una base granular,

a través de dos elementos químicos como el multienzemático PERMA ZYME 11X y cemento en un suelo de Bogotá D.C.” (Colombia – 2007). “Buscaron establecer comparativamente las propiedades físico-mecánicas del multienzemático (Perma Zyme 11X) y el cemento, en la estabilización de una base granular de la localidad 11 de Bogotá, mediante los respectivos ensayos de laboratorio, los ensayos se realizaron en la Universidad de la Salle, siendo los siguientes sometidas con agentes estabilizantes, lo cual tenemos el ensayo de contenido de materia orgánica del material de base granular por lo tanto el ensayo de azul de metileno, así también el ensayo de análisis granulométrico por tamizado, límites de Atterberg, proctor modificado, CBR y resistencia a la compresión incofinada; luego se realizaron los análisis paralelos de los resultados del material estabilizado y sin estabilizar con Perma Zyme 11X y cemento y como conclusión obtuvieron que al incluir el cemento y perma zyme 11X como agentes estabilizantes y al analizar cada una de sus propiedades físico mecánicas mediante los respectivos ensayos de laboratorio hechos a una base granular, el material estabilizado con el 7% de cemento alcanza una resistencia de 25.35kg/cm² y con perma zyme 11X de 15.78kg/cm² claramente que es mucho mayor la resistencia del material estabilizado con el 7% de cemento, lo que indica que es mejor estabilizar con cemento que con perma zyme 11X dicha base granular, sin embargo la resistencia adquirida con perma zyme 11X es mayor que la resistencia del material natural” (Rojas, Barrera y Picaron, 2007, p. 146). En el caso de investigaciones a nivel nacional tenemos a Atamara – Mondragón, Edson quien para obtener el título de Ingeniero Civil en la Universidad de Piura en su tesis titulada “Evaluación de la transitabilidad para caminos de bajo tránsito estabilizados con aditivo PROES” (2015) donde “verificó la mejora de las propiedades físicas y mecánicas en un camino mediante la estabilización de suelos utilizando el aditivo químico PROES, para esto se evaluó una carretera tanto funcional como estructuralmente mediante ensayos de laboratorio con base a las normas técnicas peruanas”. Es por ello que según (Atamara, 2015, p. 6).nos dice que para la evaluación funcional se midió el Índice Internacional de Rugosidad (IRI),nos sirve para determinar la rugosidad sobre la superficie de rodadura y para la evaluación estructural, se midió las deflexiones sobre la base estabilizada y por medio del retrocálculo se calculó el número estructural de la base, al final se demostró que “el uso de la tecnología PROES mejora la

capacidad de soporte del suelo, uniformiza las características físicas y mecánicas del suelo en general y garantiza un correcto desempeño en términos de niveles de servicio” (Atamara, 2015, p. 6). Así también tenemos a Angulo Trelles, Rommel Fernando para obtener su título de Ingeniero Civil en la Universidad de Piura elaboró una tesis titulada “Estabilización de subrasantes con cal” (2004) quién “buscó mostrar las mejoras del comportamiento de un suelo arcilloso de mala calidad al incorporarle varios porcentajes de cal”. La tesis se realizó en tres etapas, la primera fue la recolección de información, la segunda la fase de laboratorio, se llevaron a cabo los ensayos Proctor, CBR, límite líquido, límite plástico, granulometría y absorción por capilaridad, y finalmente la tercera fase es el análisis de resultado, de esta manera (Angulo, 2004, p. 4) concluye diciendo que “los porcentajes de cal disminuyeron la plasticidad, aumentaron su valor soporte y crearon una capa protectora contra el agua que sube por capilaridad”, es decir, pasa de ser un suelo baja a uno de buena calidad como subrasante. (Angulo, 2004, p. 4) y para finalizar con la revisión de trabajos previos se recurrió también a fuentes locales como por ejemplo León Ulloa, Dennys Michelangelo y Peña Armas, Elmer Adán, en su proyecto en la Universidad Nacional del Santa en su tesis “Estabilización de la sub rasante mediante el uso de escoria de hornos eléctricos en la pavimentación del Jr. Bolognesi del PP. JJ Dos de Mayo - Chimbote” (2012) fijo “como objetivo el determinar el uso de escoria de horno eléctrica generada por Sider Perú en la estabilización de la sub rasante y propuesta de diseño de pavimento flexible del Jirón Bolognesi del PP.JJ Dos de Mayo – Chimbote. Se efectuó la caracterización del material granular, terreno de fundación y el material de desperdicio (escoria), posteriormente se efectuó “la determinación de los porcentajes óptimos de humedad y capacidad de soporte (CBR) del terreno natural y mezclado con escoria, así como el desarrollo del método AASHTO 93” , de estos datos empleamos para el diseño de espesores en un pavimento flexible, finalmente se demuestra que el uso de escoria como estabilizante de suelos mejora la capacidad de soporte CBR de estos” (Repositorio Universidad Nacional del Santa, 2016) y por último tenemos a Lizárraga Ávalos, Erwin Humberto y Saéz Regalado, Christian David para obtener el título de Ing. Civil en la Universidad Nacional del Santa con el título denominado “Evaluación de la estabilización e impermeabilización de suelos mediante el uso de aditivos de alta tecnología en el tramo Km 71+200 al Km 73+900 de la

carretera Hornillos - Pamparomas” (2011) “evaluó el uso de los aditivos del Sistema Consolid en el tramo Km 71+200 al Km 73+900 de la carretera Hornillos – Pamparomas”. Se estudió y analizó la muestra (diferentes puntos del tramo) tanto en estado natural como modificados mediante ensayos de laboratorio de Mecánica de Suelos (Proctor modificado, CBR e impermeabilización) permitiendo evaluar el uso de los Aditivos del Sistema Consolid en dicho tramo. Al final se confirmó que el sistema puede ser usado en dicho tramo”(Repositorio Universidad Nacional del Santa, 2016).

Así mismo para fortalecer la siguiente investigación realizada se ha tenido en cuenta sustentar la primera variable que es la estabilización de suelos arcillosos en la cual según el autor de esta investigación contribuye en su definición deduciendo que son mejoras que se le pueden hacer a un suelo arcilloso mediante un agente estabilizante.

Según (Ministerio de transportes y comunicaciones, 2014, p. 93) lo define como el “mejoramiento de las propiedades físicas de un suelo a través de procedimientos mecánicos y adición de productos químicos como también naturales y sintéticos”, de esta manera también detalla a este procedimiento los cuales se realizan en los suelos de sub rasante. Por lo tanto deducimos que cuando se estabiliza una base granular, debemos realizar el procedimiento correspondiente a la norma para que de esta manera se pueda obtener un material de mejor calidad el cual se denomina como subbase o base granular tratada ya sea con cemento o con cal o con asfalto”(Ministerio de transportes y comunicaciones, 2014, p. 93).

Por otra parte el (Instituto Español del Cemento y sus Aplicaciones, 2013, p. 3), nos dice que “dentro de las limitaciones más significativas están relacionadas con elevados contenidos en los suelos de sulfatos solubles y en materia orgánica; en el primer caso, la formación de ettringita, muy expansiva, puede llegar a romper las capas ya extendidas y compactadas cuando el contenido de sulfatos solubles es superior al 1%”, de ello deducimos que la materia orgánica puede inhibir el fraguado y endurecimiento de la mezcla. Asimismo el (Instituto Español del Cemento y sus Aplicaciones, 2013, p. 3) nos dice también que debemos tener en cuenta que “Otros compuestos del suelo, poco frecuentes, como son los fosfatos, nitratos y cloruros puede afectar al fraguado del cemento”. Así también nos dice que “Un tipo de estabilización es el formado con el cemento, el material llamado

suelo-cemento se obtiene por la mezcla íntima de un suelo suficientemente disgregado con cemento, agua y otras eventuales adiciones, seguida de una buena compactación y un curado adecuado. Para ello el ministerio de transportes y comunicaciones nos dice que “De esta forma, el material suelto se convierte en otro endurecido, mucho más resistente. A diferencia del concreto, sin embargo, los granos de los suelos no están envueltos en pasta de cemento endurecido, sino que están puntualmente unidos entre sí. Por ello, el suelo-cemento tiene una resistencia inferior y un módulo de elasticidad más bajo que el concreto” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014, p. 102). De esta manera también desarrollaremos, “El contenido óptimo de agua que se determina por el ensayo proctor como en la compactación de suelos, dentro de las propiedades del suelo-cemento dependen del tipo y cantidad de suelo, cemento y agua, ejecución, edad de la mezcla compactada y tipo de curado” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014, p. 103). La resistencia del suelo-cemento aumenta con el contenido de cemento y la edad de la mezcla. A nivel de sub rasante, se exige un grado de compactación mínimo de 95% según AASHTO T180 en la capa de afirmado el mínimo es de 100%” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014, p. 103). Por otro lado nos dice que “En el caso del tipo de suelo a usar será un suelo arcilloso, en la mecánica de suelos se define como “arcilla a las partículas de cualquier sustancia inorgánica menores a 0,02 mm., tamaño para el cual empiezan a tener influencia las acciones fisicoquímicas”.asi mismo la (Universidad de Mendoza, 2016, p.56) nos dice que “los terrenos arcillosos son en principio, los más peligrosos para cimentar”. En ellos se pueden ejecutar grandes asientos ya sea en un periodo de largo plazo de tiempo, y es en los que el conocimiento de su comportamiento bajo cargas ha progresado más en los últimos años (Universidad de Mendoza, 2016, p.56). La presente evaluación nos dice como ejemplo que “otro edificio conocido que ha sufrido el mismo fenómeno es la célebre Torre de Pisa, que recientemente ha sido consolidada y reforzada en su cimentación”, de ello deducimos que “en este tipo de terrenos las pruebas de carga son innecesarias ya que no nos da a conocer su comportamiento, en cambio lo más resaltante de ello es en la duración del asentamiento lo cual se permite a través del contenido de agua del estrato y su permeabilidad, así como la del terreno adyacente, pues si una arcilla con un elevado contenido de agua es sometida a una carga, su asentamiento instantáneo

es casi nulo, ya que el agua es incomprensible es quien soporta la carga(Universidad de Mendoza, 2016,p. 59). Seguidamente detalla que “la presión hace que el agua trate de fluir desocupando los huecos que ocupa la arcilla, pero este fluir es lento y dificultado cuanto más impermeable es el estrato, por lo que se entiende que en terrenos de arcilla de gran espesor, el equilibrio demore muchos años en ser alcanzado”. (Universidad de Mendoza, 2016). De lo dicho deducimos que puede cimentarse en terrenos arcillosos, pero cuidando que las cargas estén uniformemente repartidas en la planta del edificio, dando a las bases las dimensiones necesarias para que la carga por unidad de superficie sea la misma, Así mismo se ha planteado las siguientes propiedades de las cuales podemos mencionar según (García y Suarez, 2016,p.11) , tenemos “la capacidad de absorción, la cual está directamente relacionada con las características texturales es decir la superficie específica y la porosidad y se puede hablar de dos tipos de procesos que difícilmente se dan de forma aislada en la cual detallaremos la absorción que se lleva a cabo cuando se trata fundamentalmente de procesos físicos como la retención por capilaridad y la adsorción cuando existe una interacción de tipo químico entre el adsorbente, en este caso la arcilla, y el líquido o gas adsorbido, denominado adsorbato”.(García y Suarez, 2016). Así también nos dice que debemos tener en cuenta ya que “las arcillas son eminentemente plásticas” (García y Suarez, 2016,p.78), lo cual es determinado por su misma propiedad lo cual crea una envuelta haciendo un efecto lubricante para así originar un mayor desplazamiento y deslizamiento de ellas. A continuación también hablaremos de una importante definición según el (Ministerio de transportes y comunicaciones, 2014, p.24) “Un pavimento es una estructura de varias capas construida sobre la sub rasante del camino para resistir y distribuir esfuerzos originados por los vehículos y mejorar las condiciones de seguridad y comodidad para el tránsito” (Ministerio de transportes y comunicaciones, 2014, p.24). También nos dice que “por lo general está conformada por las siguientes capas: Capa de rodadura que es la parte superior de un pavimento, que puede ser de tipo bituminoso (flexible) o de concreto de cemento Portland (rígido) o de adoquines, cuya función es sostener directamente el tránsito así mismo la Base que es la capa inferior a la capa de rodadura, que tiene como principal función de sostener, distribuir y transmitir las cargas ocasionadas por el tránsito, seguidamente la siguiente capa será de material

granular drenante ($CBR \geq 80\%$) o será tratada con asfalto, cal o cemento. Subbase: es una capa de material especificado y con un espesor de diseño, el cual soporta a la base y a la carpeta.” (Ministerio de Transportes y Comunicaciones, 2014, p. 24). Por ende hablaremos acerca del ensayo bandera que permitirá obtener la capacidad de soporte del suelo arcilloso a trabajar el cual se denomina “Ensayo CBR (California Bearing Ratio: Ensayo de Relación de Soporte de California)”, el cual mide la resistencia al esfuerzo cortante de un suelo, este ensayo se basa que debemos realizar ensayos previos antes de este ensayo es decir que existen dos tipos de ensayos antes del ensayo de CBR el cual será realizado bajo las condiciones del contenido óptimo de humedad y la densidad en seco, este procedimiento se basa a que la muestra será sumergida en agua durante 4 días luego con la sobrecarga inicial , luego de los cuatro días que se ha sumergido la muestra, se vuelve a medir el hinchamiento para posteriormente se lleva el molde a la prensa CBR el cual se coloca el dial y se le aplica la carga necesaria. Como segunda variable tenemos el porcentaje de concreto reciclado, esto se define a la cantidad concreto reciclado que se usará como material estabilizante en un suelo arcilloso, buscando mejorar su índice CBR y ser usado como pavimento rural , por otra parte (Pasquel, 1998, p. 11) nos dice que el concreto es el “material contenido por la mezcla en ciertas proporciones de cemento, agua, agregados y opcionalmente aditivos, que inicialmente presenta una estructura plástica y moldeable, y que posteriormente adquiere una consistencia rígida y dura con propiedades aislantes y resistentes, lo que lo hace un material ideal para la construcción” (Pasquel, 1998, p. 11). También el (Consejo Mundial empresarial para el Desarrollo Sostenible, 2009, p. 7) nos dice que “el reciclaje de concreto es una industria bien establecida en muchos países y la mayoría del concreto puede ser triturado y reutilizado como agregado. La tecnología existente para el reciclaje por medio de la trituración mecánica ya está disponible y es relativamente económica. Puede implementarse tanto en países desarrollados como en vía de desarrollo” (Consejo Mundial empresarial para el Desarrollo Sostenible, 2009, p. 7). Seguidamente tenemos algunos beneficios claves del concreto reciclado que incluyen en la reducción de desechos en botaderos de basura y degradación asociada de la tierra, la sustitución de recursos vírgenes y reducción de los costos ambientales asociados a la explotación de recursos naturales, así mismo la reducción de los

costos de transporte. De esta manera podemos decir que a menudo el concreto puede ser reciclado en los sitios de construcción y demolición, o cerca a las áreas urbanas donde será reutilizado. Según (Consejo Mundial Empresarial para el Desarrollo Sostenible, 2009, p. 26) nos dice que “la mayoría del concreto reciclado se utiliza como agregado para subbases viables, normalmente en su forma granulada dependiendo de la calidad del agregado producido y de la calidad del material original y del grado de procesamiento del material y separación de estos”. Así mismo incluye un factor muy importante el cual el (Consejo Mundial Empresarial para el Desarrollo Sostenible, 2009, p. 24) nos dice que “la contaminación con otros materiales también afecta la calidad, aunque los agregados más refinados pueden producir un producto de mayor valor, su producción y también puede tener un mayor impacto sobre el medio ambiente” Por otra parte se deduce que “una percepción equivocada muy común es que los agregados a partir de concreto reciclado no deberían ser utilizados en concreto estructural. Los lineamientos y regulaciones a menudo consideran las limitaciones físicas de los agregados a partir de concreto reciclado, pero idealmente deberían promover su uso. Un estudio realizado por la National Ready Mixed Concrete Association (NRMCA) en los Estados Unidos concluyó que los agregados de concreto reciclado son sustitutos aptos en reemplazo de materiales vírgenes hasta en un 10% para la mayoría de aplicaciones del concreto, incluso concreto estructural. Investigaciones en el Reino Unido indican que se puede utilizar hasta un 20% de agregados de concreto reciclado en la mayoría de aplicaciones (también concreto estructural). Los lineamientos del gobierno Austriaco indican que se puede utilizar hasta un 30% de agregados reciclados en concreto estructural sin que esto implique algún detrimento en su fuerza y maleabilidad en comparación con los agregados vírgenes. Los lineamientos en Alemania permiten que bajo ciertas circunstancias los agregados de concreto reciclado sean hasta el 45% del total de los agregados utilizados dependiendo del tipo de exposición del concreto. Como el concreto reciclado contiene cemento, cuando se reutiliza en concreto tiende a absorber más agua y ser menos fuerte que los agregados vírgenes. En algunos casos se necesita agregar más cemento” (Consejo Mundial Empresarial para el Desarrollo Sostenible, 2009, p. 27). Así mismo también detallaremos que “los agregados de concreto reciclado tienden a ser utilizados en concreto premezclado cuando se utilizan en concreto. Los agregados finos

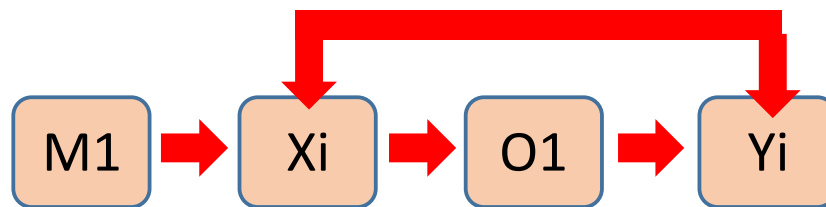
pueden ser utilizados en lugar de arena natural. No obstante, el contenido de mortero puede afectar la plasticidad, fuerza y contracción debido a la alta absorción de agua, lo que podría incrementar el riesgo de asentamiento y fracturas por contracción durante el secado. Podemos decir que los agregados finos hablamos de arena fina los cuales suelen contener en su mayoría yeso de residuos de construcción y demolición, lo cual es más alterable en el costo económico de igual manera afectando al medio ambiente, considerándose así que estos pueden servir como un buen relleno para corregir la subrasante, ya que actúan como agente secante cuando se mezclan con la tierra en la subbase. Dado el impacto de la extracción de arena de ríos y mares, las fuentes alternativas son de creciente importancia y su uso puede aumentar como resultado de esto” (Consejo Mundial Empresarial para el Desarrollo Sostenible, 2009, p. 28). Luego de revisar los antecedentes y la bibliografía se planteó el siguiente problema de investigación, ¿Cómo influye el concreto reciclado en la optimización de la estabilización de suelos arcillosos en el Sector Curva del Sun – Campiña de Moche – La Libertad para pavimentación? Así mismo la presente investigación se justifica por la necesidad de los pobladores de zonas rurales de contar con pavimentos de adecuadas propiedades de resistencia, es decir firmes, que no sufran daño debido a las lluvias extremas y que mejor forma de lograr estos pavimentos si es con la estabilización mediante la aplicación de un material considerado de “desecho” como es el concreto reciclado, es decir el concreto obtenido del desmonte, de los residuos sólidos de la construcción, podemos decir que esta investigación cuenta con un orden social, ambiental y económico, social, debido a que al tener caminos pavimentados, se logrará mejorar la comunicación entre pueblos, entre personas, el transporte se realizará de una manera más rápida; es ambiental debido a que se utilizará un material considerado de desecho, como es el desmonte, para poder elaborar pavimentos de buena resistencia, y por último es económico, ya que al usar el material de desecho, el costo disminuirá y a la vez ya que se mejorará el transporte, los tiempos y los costos se reducirán. A su vez se planteó una hipótesis, que al aumentar la cantidad de concreto reciclado agregado, la estabilización de suelos arcillosos en el Sector Curva del Sun – Campiña de Moche para pavimentos mejora. De esta manera inspeccionaremos para un correcto desarrollo de la investigación la cual se planteó como objetivo general, el determinar el nivel de optimización de la

estabilización de suelos arcillosos con concreto reciclado para fines de pavimentación y como objetivos específicos el caracterizar físicamente al concreto reciclado, caracterizar físicamente el suelo arcilloso a trabajar, determinar la humedad óptima de compactación y la densidad máxima seca de un suelo arcilloso y por último determinar el porcentaje de concreto reciclado ideal que mejore el CBR de suelos arcillosos para ser usados en pavimentación.

II. MÉTODO

2.1 Diseño de investigación

Hernández (2007, pag. 63) “nos dice que la investigación de tipo no experimental – correlacional, es la que su propósito principal es evaluar la relación que existe entre dos o más variables”, y en este caso se buscó evaluar la correlación de dos variables: porcentaje de concreto reciclado y la optimización de la estabilización de suelos arcillosos para pavimentación, la investigación se realizó ingresando adrede una variable que no existe normalmente en los suelos (porcentaje de concreto reciclado).



Donde:

- M1 = Muestra
- Xi = Porcentaje de concreto reciclado (0%, 11%, 13% y 15%)
- O1 = Resultados
- Yi = Estabilización de suelos arcillosos

2.2 Variables, operacionalización

Se usaron dos variables, una dependiente y una independiente, la dependiente: estabilización de suelos arcillosos y la variable independiente: porcentaje de concreto reciclado

La operacionalización fue:

TABLA N° 1: OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Variable	Definición conceptual	Definición Operacional	Dimensión	Indicadores	Escala de Medición
Porcentaje de concreto reciclado	Cantidad de concreto reciclado que se usará como material estabilizante en un suelo arcilloso, buscando mejorar su índice CBR y ser usado como pavimento rural. (Autor, 2016)	Se molerá el concreto reciclado, se procederá a caracterizarlo físicamente (porcentajes de componentes y granulometría), luego de esto se procederá a su mezclado con el suelo arcilloso para su estabilización agregando. Para esto se usarán los siguientes porcentajes de concreto reciclado: 0, 11, 13 y 15%	Cantidad de concreto reciclado.	Porcentaje en peso adicionado	De razón
Estabilización de suelos arcillosos	Mejoras que se le pueden hacer a un suelo arcilloso mediante un agente estabilizante (Autor, 2016)	Luego de la estabilización de la muestra de suelo arcilloso, se procederá a medir su densidad seca y su índice CBR	Propiedades del suelo	Granulometría (tamices e hidrómetro) Límite Líquido Límite plástico Densidad en seco Índice de CBR	De intervalo

2.3. Población y muestra

- **Población:** La población estuvo conformada por el total de probetas para ensayo CBR, con muestra de suelo proveniente de las vías no pavimentadas del Sector Curva del Sun, Campiña de Moche, Moche, Provincia de Trujillo - La Libertad, la cual comprende un aproximado de 8 Km, estas vías son las correspondientes a pequeños Pasajes y Calles ubicadas en la entrada a la Campiña de Moche y tiene un ancho aproximado de 3 metros cada una (estas son las vías no pavimentadas en el sector Curva del Sun, debido a que las demás vías están asfaltadas o afirmadas), las probetas incluirán suelo estabilizado y sin estabilizar.
- **Muestra:** Para la obtención de la muestra se realizó una calicata por cada kilómetro de estudio tal como indica el (Ministerio de Transportes y Comunicaciones en su Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotécnica y Pavimentos, p. 25), es decir se hicieron 8 calicatas de donde se procedió a obtener el suelo con el cual se elaborarán las probetas.

La muestra estuvo conformada por el número de probetas a estabilizar con concreto reciclado en los siguientes porcentajes, según la normativa técnica peruana.

- 0% de concreto reciclado - 5 probetas
- 11% de concreto reciclado - 5 probetas
- 13% de concreto reciclado - 5 probetas
- 15% de concreto reciclado - 5 probetas

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

2.4.1. Técnicas

La técnica usada para la investigación fue la observación ya que mediante los ensayos se genera información que el investigador recogerá, procesará e interpretará basándose en el marco teórico.

La observación es un recurso que utilizamos constantemente en nuestra vida cotidiana para adquirir conocimientos. Continuamente observamos, pero rara vez lo hacemos metódica y premeditadamente. Como afirma Ander-Egg, la observación es el procedimiento empírico por excelencia. Todo conocimiento científico proviene de la observación, ya sea directa o indirecta. (Ander-Egg, 2012, pág. 1).

2.4.2. Instrumentos

Los instrumentos usados fueron fichas de recolección de datos formatos establecidos bajo las normas técnicas peruanas, para los resultados iniciales de caracterización y demás ensayos se usaron las siguientes normas: MTC E107-2000 (granulometría), MTC E109-2000 (hidrómetro), MTC E110-2000 (límite líquido), MTC E111-2000 (límite plástico e índice de plasticidad), MTC E115-2000 (Proctor modificado) y para los resultados finales se aplicó el ensayo CBR bajo norma MTC E132 – 2000, de esta manera la toma de datos fueron proporcionados por el laboratorio donde se realizaron los análisis y ensayos, los cuales fueron elaborados bajo las normas correspondientes.

2.5 Métodos de análisis de datos

Luego de obtenidos la muestra de suelo de cada calicata se procedió a su respectiva caracterización física mediante granulometría tanto por tamizado como por hidrometría, límites líquidos y plástico para la obtención del respectivo índice de plasticidad.

Se realizó una estabilización mecánica de los suelos mediante la adición de arena.

Se procedió a moler el desmonte para la obtención de un polvo fino, el cual se caracterizó físicamente: granulometría y densidad. Luego de caracterizados los materiales, se procedió a estabilizar químicamente el suelo arcilloso con concreto reciclado en diferentes porcentajes, buscando mejorar el índice CBR para poder ser usado como pavimento.

Se sometió a las muestras al ensayo Proctor modificado, obteniéndose la densidad en seco y luego de esto se midió el índice CBR.

Para obtener el porcentaje de concreto reciclado a adicionar se tomó el peso de la muestra y a este se le sacó el 11, 13 y 15%, de esta manera se le adicionó cada porcentaje mencionado.

2.6 Aspectos éticos

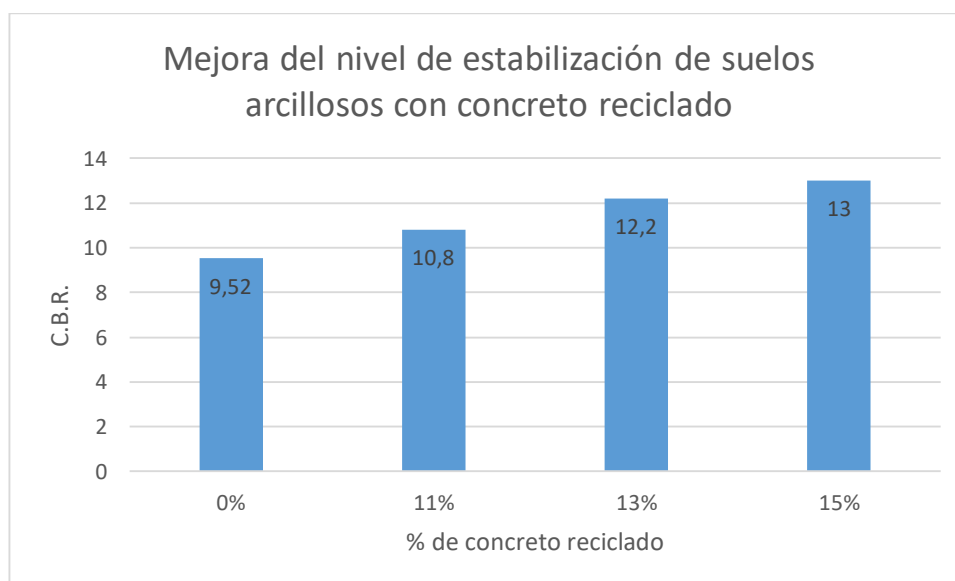
El investigador está comprometido que está bajo su responsabilidad la veracidad de los resultados que se obtuvieron en la siguiente investigación, confiándose del procesamiento de los datos en el software Excel, así como los ensayos de laboratorio.

III. RESULTADOS

A continuación se presentan los datos obtenidos mediante la aplicación de los diversos ensayos como fueron granulometría, límite líquido y límite plástico, Proctor modificado y C.B.R., los datos fueron anotados en formatos brindados por el laboratorio donde se realizaron los ensayos y se evaluaron las variables estabilización de suelos arcillosos y porcentaje de concreto reciclado analizando la influencia de una en otra.

3.1 Nivel de optimización de la estabilización de suelos arcillosos con concreto reciclado para fines de pavimentación

Para poder medir el nivel de estabilización de los suelos arcillosos con concreto reciclado se tuvieron que realizar una serie de ensayos previos, tanto al material virgen (suelo) como al concreto reciclado (material estabilizante), estos ensayos incluyen la caracterización física mediante granulometría, límite líquido y límite plástico, el ensayo Proctor modificado para poder medida la humedad óptima de compactación y densidad máxima seca, los cuales nos servirán para poder encontrar el índice C.B.R. que es una medida de la capacidad portante que tienen los suelos para fines de pavimentación.



GRÁFICA 1: Nivel de optimización de la estabilización de suelos arcillosos con concreto reciclado para fines de pavimentación.

En la gráfica - 1 Se puede observar que a medida que aumenta el nivel de porcentaje de concreto reciclado adicionado al suelo arcilloso, este logra una mayor estabilidad, mejorando el índice C.B.R. y por ende la capacidad portante del suelo con fines de pavimentación siendo el mayor índice obtenido el 13, que corresponde a un suelo con 15% de concreto reciclado en comparación con el suelo que no tiene nada de concreto adicionado que sólo llega a un 9.52, como se menciona el índice CBR aumenta conforme aumenta el porcentaje de concreto reciclado.

3.2 Caracterización física del concreto reciclado

En el caso del concreto primero se molió con ayuda de una comba y luego se utilizó la norma del Ministerio de Transportes y Comunicaciones E – 107 donde primero se ha tenido que hacer un cuarteo del suelo con la finalidad de poder tomar una muestra representativa, se pesaron los tamices sin muestra y luego se procedió a verter la muestra sobre los tamices y agitarlos, finalmente se tomaran los pesos de los tamices con muestra retenida en el tamiz N°200, con estos datos se podrán calcular los pesos retenidos, el retenido acumulado y finalmente el porcentaje que pasa por cada tamiz para poder elaborar la curva granulométrica respectiva.

TABLA N° 2 - GRANULOMETRÍA DEL CONCRETO RECICLADO

GRANULOMETRÍA CONCRETO RECICLADO (MTC E 107 - 2000)		
TAMIZ ASTM	ABERTURA (mm)	% PASA
		M1
N° 80	0.177	100.00
N° 100	0.149	92.40
N° 200	0.075	80.60
-200		
CLASIFICACIÓN ASSHTO		A-7-6
CLASIFICACIÓN SUCS		MH
Suelo Limoso Arcilloso		

El material a ser usado como estabilizante es el concreto reciclado, para ser más exacto el cemento que compone a este concreto, es por eso que se realizó un análisis granulométrico para caracterizarlo teniendo como resultado que se trata de un polvo fino con la granulometría de un suelo limoso arcilloso (ASSHTO A -7 -6, SUCS MH).

3.3 Caracterización física del suelo arcilloso

Para caracterizar y clasificar el tipo de suelo que tenemos se realizaron tres ensayos: granulometría, límite líquido y límite plástico. Iniciamos con el ensayo de granulometría por tamices, siguiendo la norma del Ministerio de Transportes y Comunicaciones E – 107, donde primero se tuvo que hacer un cuarteo del suelo para de esta manera poder tomar una muestra representativa, se pesaron los tamices sin muestra y luego se procedió a verter la muestra sobre los tamices y agitarlos, finalmente se tomaran los pesos de los tamices con muestra retenida, con estos datos se podrán calcular los pesos retenidos, el retenido acumulado y finalmente el porcentaje que pasa por cada tamiz para poder elaborar la curva granulométrica respectiva.

En el caso del límite líquido se procedió según indica la norma del Ministerio de Transportes y Comunicaciones E – 110, se preparó la muestra mezclándola con agua, luego con ayuda de una espátula se coloca en la cuchara casa grande y se procede a hacer una ranura en el medio, la idea es dar vuelta a la manivela para que así la cuchara vaya golpeando contra su base y cerrando la ranura, lo ideal es que la ranura cierre a los 25 golpes, si no cierra a los 25 golpes se prepara otra muestra con más o menos agua, de esta forma se puede colocar los puntos en la gráfica y luego intersectar la humedad para los 25 golpes, la cual es el límite líquido (antes de colocar los datos en la gráfica se tiene que pesar la muestra en húmedo, llevar a la estufa y luego pesar la muestra en seco para de esta forma sacar la humedad respectiva).

El límite plástico se obtiene realizando rollitos de muestra mezclada con agua según la norma del Ministerio de Transportes y Comunicaciones E – 111, ayudados de la mano vamos haciendo rollitos sobre una superficie lisa (no absorbente), el rollito debe resquebrajarse exactamente cuando tenga el diámetro de 1/8”, si se resquebraja antes es que está muy seco, si pasa el octavo de pulgada es que está muy seco y hay que corregir la humedad, luego se procede de igual manera que en el límite líquido para medir la humedad.

El índice de plasticidad se obtiene restando el límite líquido menos el límite plástico (ambos son contenidos de humedad).

Todos los datos encontrados con anterioridad nos permitirán definir qué tipo de suelo tenemos, ya sea por el método ASSHTO o el SUCS.

TABLA N° 3 PROPIEDADES FÍSICAS DEL SUELO ARCILLOSO

GRANULOMETRÍA CALICATAS CURVA DEL SUN - MOCHE - LA LIBERTAD (MTC E 107 - 2000)						
TAMIZ ASTM	ABERTURA (mm)	% PASA				
		M1	M2	M3	M4	M5
N° 4	4.760	100.00	100.00	100.00	100.00	100.00
N° 8	2.360	98.60	98.40	98.40	98.10	98.50
N° 10	2.000	94.90	95.80	97.10	97.60	97.70
N° 16	1.190	92.60	92.10	95.60	95.90	96.40
N° 20	0.834	91.60	91.80	94.70	93.90	94.60
N° 30	0.600	90.20	90.10	89.00	87.60	88.80
N° 40	0.420	89.10	88.70	80.20	80.90	81.00
N° 50	0.300	86.10	85.30	68.60	67.60	68.90
N° 80	0.177	64.90	64.50	46.80	45.90	46.80
N° 100	0.149	49.10	48.60	43.40	43.10	42.70
N° 200	0.075	43.20	43.70	38.30	39.00	39.00
-200						
LÍMITE LÍQUIDO		33.76	32.67	26.30	26.79	27.45
LÍMITE PLÁSTICO		16.55	16.38	15.65	15.51	15.91
ÍNDICE DE PLASTICIDAD		17.21	16.29	10.65	11.28	11.54
CLASIFICACIÓN ASSHTO		A-6(3)	A-6(3)	A-6(1)	A-6(1)	A-6(1)
CLASIFICACIÓN SUCS		SC	SC	SC	SC	SC
		Arena Arcillosa	Arena Arcillosa	Arena Arcillosa	Arena Arcillosa	Arena Arcillosa

Se realizaron los ensayos de granulometría (norma del Ministerio de Transportes y Comunicaciones E 107 - 2000), límite líquido (norma del Ministerio de Transportes y Comunicaciones E110-2000) y límite plástico (norma del Ministerio de Transportes y Comunicaciones E111-2000) a las muestras obtenidas de las calicatas, esto con el fin de caracterizar el tipo de suelo a trabajar, el resultado final en las 5 muestras es que según ASSHTO es un suelo A-6, y según SUCS es un suelo SC correspondiente a un suelo del tipo ARENA ARCILLOSA.

3.4 Humedad óptima de compactación y densidad máxima seca

En el caso del ensayo Proctor se utilizó la norma del Ministerio de Transportes y Comunicaciones E – 115, que se refiere al ensayo Proctor Modificado, para este ensayo se utilizó el método A, es decir un molde de 4”, con 5 capas compactadas y 25 golpes por capa, con este ensayo podemos obtener los valores de Óptimo Contenido de Agua y Máximo Peso Unitario Seco mediante la curva de compactación que se obtiene de preparar varias muestras con diversos contenidos de agua (humedad) de esta manera se obtienen valores de Peso Unitario Seco y Contenido de Agua del Suelo (todo esto para armar la curva de compactación).

TABLA N°4 PROCTOR MODIFICADO DE LA MUESTRA CON DIFERENTES PORCENTAJES DE CONCRETO RECICLADO

PROCTOR PARA MUESTRA CON 0% CONCRETO RECICLADO					
	M1	M2	M3	M4	M5
DENSIDAD SECA (gr/cc)	1.799	1.785	1.756	1.805	1.803
ÓPTIMO HUMEDAD (%)	17.28	17.39	16.91	16.28	16.68

PROCTOR PARA MUESTRA CON 11% CONCRETO RECICLADO					
	M1	M2	M3	M4	M5
DENSIDAD SECA (gr/cc)	1.608	1.619	1.62	1.675	1.604
ÓPTIMO HUMEDAD (%)	20.34	20.46	20.23	20.01	20.53

PROCTOR PARA MUESTRA CON 13% CONCRETO RECICLADO					
	M1	M2	M3	M4	M5
DENSIDAD SECA (gr/cc)	1.597	1.557	1.536	1.567	1.589
ÓPTIMO HUMEDAD (%)	21.25	20.97	21.52	21.31	21.22

PROCTOR PARA MUESTRA CON 15% CONCRETO RECICLADO					
	M1	M2	M3	M4	M5
DENSIDAD SECA (gr/cc)	1.513	1.525	1.501	1.514	1.491
ÓPTIMO HUMEDAD (%)	22	21.91	21.79	21.67	21.71

Lo que se puede observar en esta tabla es que a medida que aumenta el contenido de concreto reciclado (porcentaje), la densidad seca va disminuyendo mientras que el contenido óptimo de humedad aumenta.

Estos datos son de suma importancia debido a que nos ayudaran a obtener el índice CBR ya que la gráfica para el ensayo CBR justamente se basa en el CBR vs la densidad seca.

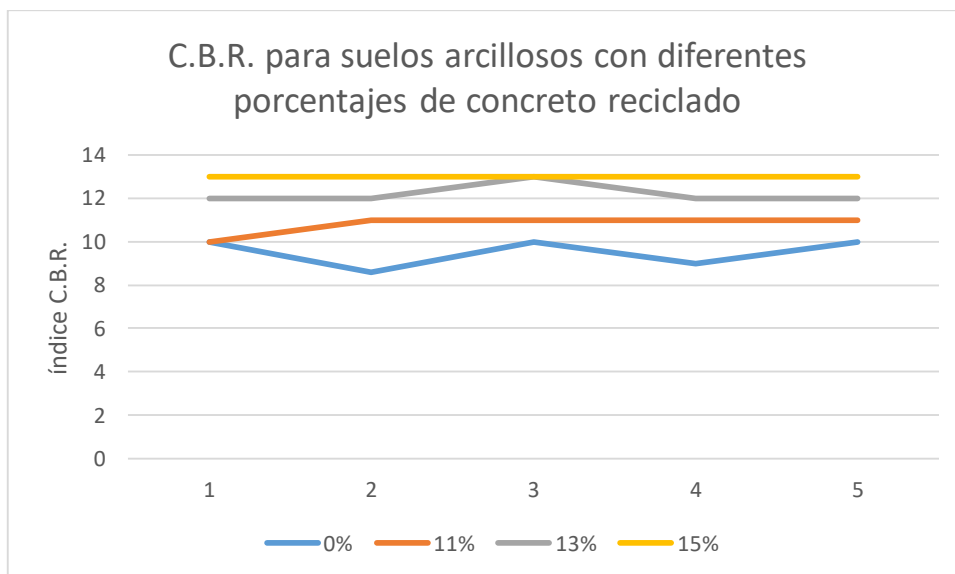
3.5 Porcentaje de concreto para mejora de C.B.R.

Para el ensayo CBR se empleó la norma del Ministerio de Transportes y Comunicaciones E – 132, en la cual se debe tener los datos obtenidos del ensayo Proctor, a la vez se realiza la compactación de material de igual manera que en el ensayo Proctor, luego la muestra es medida y sumergida en agua por 4 días con la sobrecarga inicial puesta, luego de los cuatro

días se vuelve a medir el hinchamiento, luego de esto se lleva el molde a la prensa CBR; se coloca el dial y se aplica la carga necesaria.

TABLA N°5 CBR DE LA MUESTRA CON DIFERENTES PORCENTAJES DE CONCRETO RECICLADO

CBR PARA MUESTRA CON 0% CONCRETO RECICLADO					
	M1	M2	M3	M4	M5
CBR AL 100% (0.2")	10	8.6	10	9	10
CBR PARA MUESTRA CON 11% CONCRETO RECICLADO					
	M1	M2	M3	M4	M5
CBR AL 100% (0.2")	10	11	11	11	11
CBR PARA MUESTRA CON 13% CONCRETO RECICLADO					
	M1	M2	M3	M4	M5
CBR AL 100% (0.2")	12	12	13	12	12
CBR PARA MUESTRA CON 15% CONCRETO RECICLADO					
	M1	M2	M3	M4	M5
CBR AL 100% (0.2")	13	13	13	13	13



GRÁFICA 2: C.B.R. para suelos arcillosos con diferentes porcentajes de concreto reciclado con fines de pavimentación

En el caso del C.B.R. el porcentaje de concreto reciclado con el que se obtendrá mejores resultados es el 15%, se puede observar en la gráfica 3.5 que con el 15% de concreto reciclado existe un comportamiento lineal del índice C.B.R. manteniéndose este en un valor de 13, mientras que con los otros porcentajes se muestra un comportamiento errático.

IV. DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Al no encontrar antecedentes directos para poder relacionarlos con la investigación realizada se ha tenido que basar en la normativa vigente en cuanto a estabilización de suelos para pavimentación “(Norma del Ministerio de Transportes y Comunicaciones CE.10 del Reglamento Nacional de Edificaciones y en el Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotécnica y Pavimentos del Ministerio de Transportes y Comunicaciones”, a su vez en las normas del para estudios de suelos y las normas ASSHTO y SUCS.

De la gráfica N°1 respecto a la mejora del nivel de estabilización de suelos arcillosos con concreto reciclado con respecto al índice CBR, se logró verificar que el índice CBR aumenta cada vez que aumenta el porcentaje de concreto reciclado, obteniendo el mayor valor de 13 del índice del CBR. De acuerdo a la norma CE 10 del Reglamento Nacional de Edificaciones indica que el mínimo CBR para ser usado como sub base es de 40 el cual no cumple los requisitos establecidos con el índice CBR para pavimentos flexibles.

De la tabla N°1 respecto a la caracterización física del suelo arcilloso, basándonos en el material a ser usado como estabilizante denominado concreto reciclado y para ser más exacto es el cemento que compone a este concreto, es por eso que se realizó un análisis granulométrico para caracterizarlo teniendo como resultado que se trata de un polvo fino con la granulometría de un suelo limoso arcilloso (ASSHTO A -7 -6, SUCS MH).

Según el Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotécnica y Pavimentos del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, indica que el material llamado suelo-cemento tiene una resistencia inferior y un módulo de elasticidad más bajo que el concreto de acuerdo a ello nos basamos que el concreto reciclado si cumple con la relación suelo- cemento para estabilizar.

En la tabla N°2 respecto a la caracterización física del suelo arcilloso, según el Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotécnica y

Pavimentos del Ministerio de Transportes y Comunicaciones, indica que los suelos más adecuados para estabilizar con cemento son aquellos suelos con un Límite Líquido menor a 40 y un Índice de Plasticidad menor a 18, por lo tanto se cumple con estos requisitos ya que el promedio del Límite Líquido es de 29.4 y un índice de Plasticidad de 13.4 en promedio, es por esta razón que se decidió estabilizar el suelo caracterizado, que es un suelo A-6, a pesar que la misma norma indica que los suelos más adecuados para estabilizar con cemento son los granulares tipo A-1, A-2 y A-3.

En la tabla N°3 respecto a la Humedad óptima de compactación y densidad máxima seca, basándonos en los resultados nos dice que a medida que aumenta el contenido de concreto reciclado (porcentaje), la densidad seca va disminuyendo mientras que el contenido óptimo de humedad aumenta, y de acuerdo a la norma del Ministerio de Transportes y Comunicaciones E – 132, nos dice que este ensayo está basado en los datos obtenidos del ensayo Proctor, y por lo tanto estos datos son de suma importancia debido a que nos ayudaran a obtener el índice CBR ya que la gráfica para el ensayo CBR justamente se basa en el CBR vs la densidad seca.

En la tabla N°4 respecto al porcentaje de concreto para mejora de C.B.R. indica que se obtendrá mejores resultados con la adición del 15% de concreto reciclado de igual manera en la gráfica N°2 se puede observar que con el 15% de concreto reciclado existe un comportamiento lineal del índice C.B.R. manteniéndose este en un valor de 13, mientras que con los otros porcentajes se muestra un comportamiento errático, de esta manera se logró verificar que conforme incrementa el porcentaje de concreto reciclado de la misma manera aumenta el índice CBR es decir va mejorando la resistencia al esfuerzo cortante del suelo, pero de acuerdo a la norma CE 10 del Reglamento Nacional de Edificaciones indica que el mínimo CBR para ser usado como sub base es de 40 el cual no cumple los requisitos establecidos con el índice CBR para pavimentos flexibles.

V. CONCLUSIONES

1. Se determinó el nivel de optimización de la estabilización de suelos arcillosos con concreto reciclado para fines de pavimentación teniendo como resultados que la adición de concreto reciclado a suelos arcillosos logra aumentar el índice CBR desde un promedio de 9.52 para el suelo sin adición de concreto reciclado, pasando por 10.8 para un 11% de concreto adicionado, 12.2 para un 13%, llegando a un índice CBR de 13 para un 15% de concreto reciclado.
2. Se caracterizó físicamente el concreto reciclado, el cual se le sometió a este a un ensayo granulométrico cumpliendo con la norma del ministerio de transportes y comunicaciones E-107, concluyendo que según la clasificación ASSHTO se tiene un suelo A-7-6 y según la clasificación SUCS un suelo MH, es decir un suelo limoso arcilloso.
3. La caracterización del suelo arcilloso bajo las normas del ministerio de transportes y comunicaciones E-107 (granulometría), E-110 (límite líquido) y E-111 (límite plástico) se obtuvieron resultados promedio del Límite Líquido el cual es de 29.4, Límite Plástico con un valor de 16 y un índice de Plasticidad de 13.4 concluyendo que bajo el Manual de Carreteras: Suelos, Geología, Geotécnica y Pavimentos del Ministerio de Transportes y Comunicaciones es un material óptimo para realizar una estabilización con material cementante.
4. La densidad seca disminuyó conforme aumentaba el porcentaje de concreto reciclado adicionado, obteniendo con el 15% de concreto reciclado un valor de 1.491, mientras que el contenido óptimo de humedad aumentaba conforme incrementaba el porcentaje de concreto reciclado que se agregó para estabilizar el suelo arcilloso obteniendo con el 15% un valor de 21.71.
5. Se determinó el porcentaje de concreto reciclado ideal para mejorar el CBR de suelos arcillosos para ser usados para pavimentación no se tomará ninguno, ya que si bien los porcentajes usados (11, 13 y 15%) logran aumentar el índice CBR, pero ninguno de ellos cumple con el mínimo exigido en la normativa vigente. Llegando a obtener un valor de 13 con el 15% de concreto reciclado y según la norma CE 10 del Reglamento Nacional de Edificaciones indica que el mínimo CBR para ser usado como sub base es de 40 el cual no cumple los requisitos establecidos con el índice CBR para pavimentos flexibles.

VI. RECOMENDACIONES

- A futuros investigadores seguir con la investigación con porcentajes mayores de concreto reciclado para la estabilización de suelos arcillosos con los cuales se pueda lograr el mínimo exigido en la norma para el caso de pavimentos flexibles.
- A futuros investigadores continuar con el estudio del concreto reciclado como material estabilizador de suelos, pero esta vez cambiar el tipo de suelo por uno de textura más gruesa, por ejemplo un suelo gravoso.
- Al alcalde del Distrito de Moche el cual es uno de los once distritos de la Provincia de Trujillo, ubicada en el Departamento de La Libertad, bajo la administración del Gobierno regional de La Libertad, tomar en cuenta las investigaciones realizadas para lograr su pavimentación en el sector curva del Sun – Campiña de Moche ya que estas zonas rurales requieren de ellas para mejorar ornato de la ciudad y sobre todo la comunicación entre pueblos.
- A los pobladores del sector Curva del Sun- Campiña de Moche aceptar el ingreso a los estudiantes futuros y considerarles el permiso para las actividades en campo como calicatas para la extracción de la muestra del suelo y evitar posibles conflictos con los estudiantes futuros ya que buscamos mejorar la problemática que existe en dicha zona.

VII. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BUSTILLO, Manuel. Materiales de Construcción. Madrid: Fuego ed., 2005. 450 p. ISBN: 978-8492-312-887.
- CIMENTACIONES [en línea] Universidad de Mendoza [Fecha de consulta: 03.10.2016]. Disponible en: <http://www.um.edu.ar/um/fau/estructura5anterior/CIMENTACIONES.htm>
- Consejo Mundial Empresarial para el Desarrollo Sostenible. Reciclando Concreto. Washington: WBCSD., 2009. 66 p. ISBN: 978-3-940388-50-6
- Diario Oficial EL PERUANO; Lima, viernes 8 de febrero de 2013.
- ENSAYO CBR [en línea] CONSTRUCMÁTICA. Metaportal de arquitectura, ingeniería y construcción [Fecha de consulta: 30 de 09 de 2016] Disponible en: http://www.construmatica.com/construpedia/Ensayo_CBR
- ESTADÍSTICAS sobre residuos [en línea] EUROSTAT Statistics Explained [Fecha de consulta: 10 de 09 de 2016] Disponible en: http://ec.europa.eu/eurostat/statisticsexplained/index.php/Waste_statistics/es
- GUTIÉRREZ DE LÓPEZ, Libia. El concreto y otros materiales para la construcción. 2da ed. Manizales: Universidad Nacional de Colombia, 2003. 227 p. ISBN: 958-9322-82-4

- Instituto Español del Cemento y sus Aplicaciones. Manual de estabilización de suelos con cemento o cal. IECA. Madrid. 217 p. ISBN: 978-84-89702-23-3

- JUÁREZ, Eulalio. Mecánica de suelos. Tomo I. 2da edición. Limunsa ed. Madrid, 2005. 644 p. ISBN: 968-18-0069-9

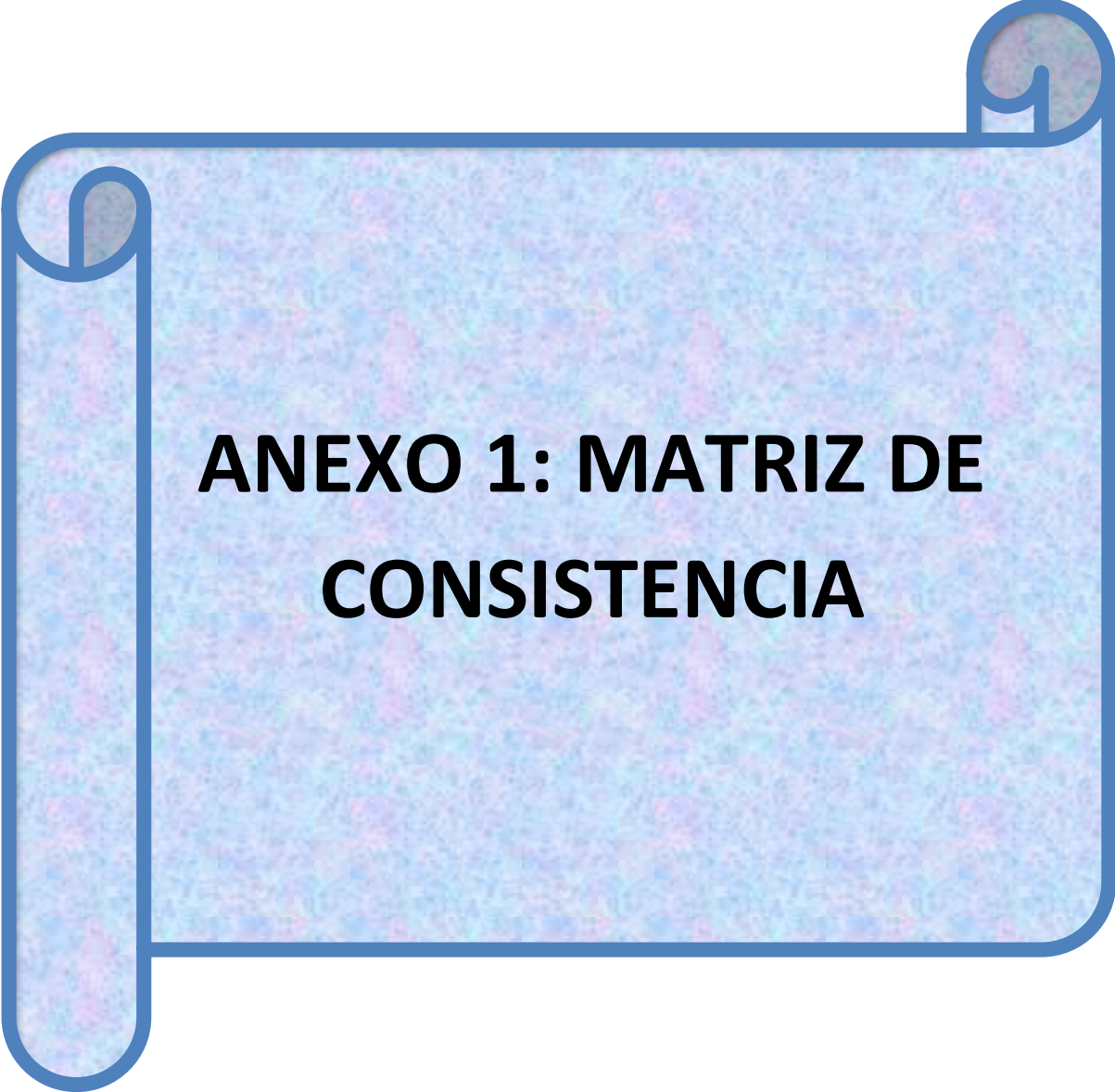
- LAS ARCILLAS: PROPIEDADES Y USOS [en línea] Universidad de Salamanca [Fecha de consulta: 03 de 10 de 2016] Disponible en: <http://www.uclm.es/users/higuera/yymm/Arcillas.htm#propfq>

- Ministerio de Transportes y Comunicaciones. Manual de carreteras: Suelos, geología, geotecnia y pavimentos. Lima, 2014. 302 p.

- PASQUEL, Enrique. Tópicos de Tecnología del concreto en el Perú. 2da ed. Lima: CIP, 1998. 399 p.



ANEXOS



**ANEXO 1: MATRIZ DE
CONSISTENCIA**

ANEXO 01: MATRIZ DE CONSISTENCIA

TÍTULO:

OPTIMIZACIÓN DE LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS EN EL SECTOR CURVA DEL SUN – CAMPIÑA DE MOCHE, CON CONCRETO RECICLADO PARA PAVIMENTACIÓN, PROVINCIA DE TRUJILLO, LA LIBERTAD– 2017

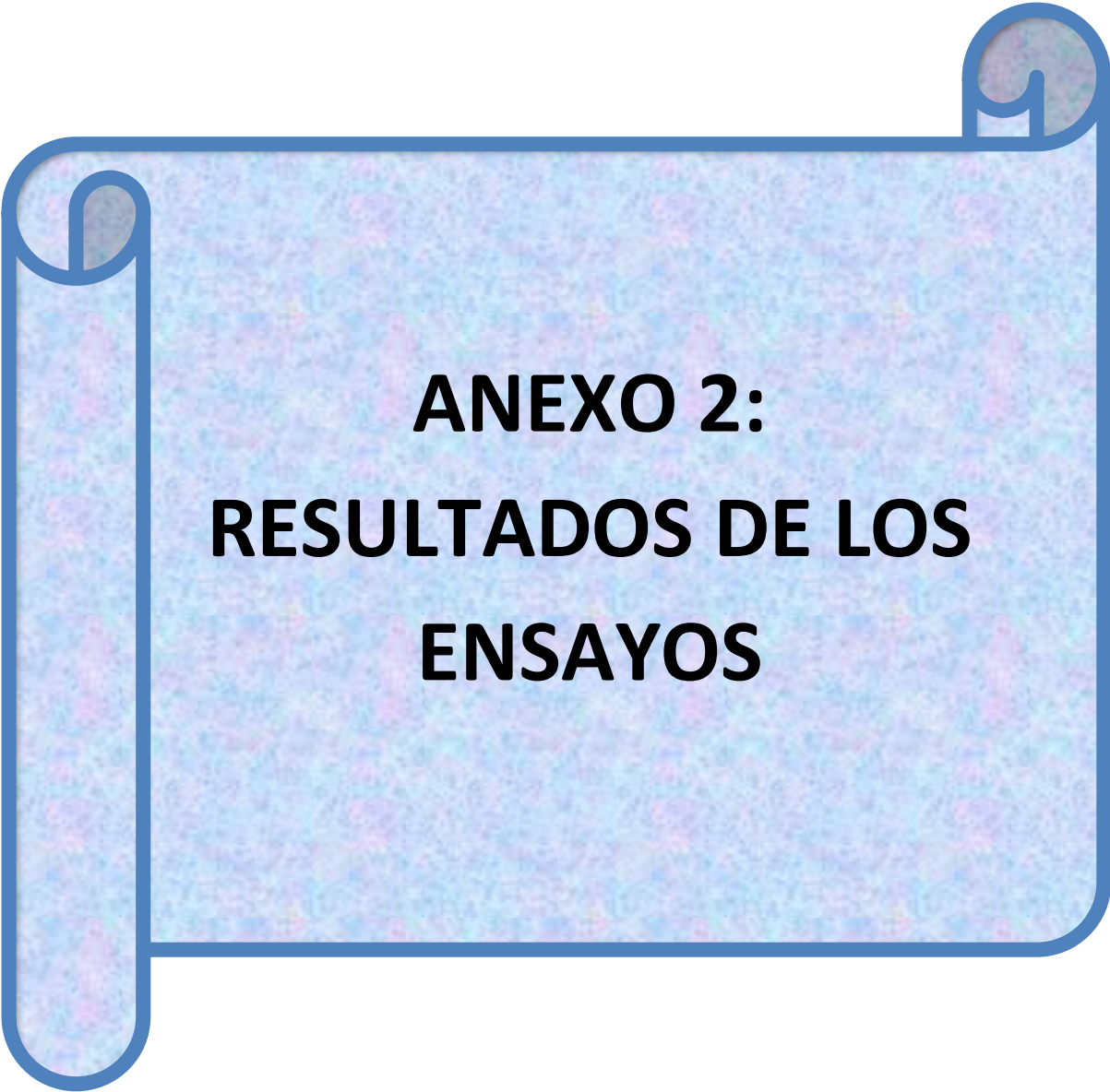
LÍNEA DE INVESTIGACIÓN:

Administración y seguridad en la construcción

DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA:

La falta de vías de acceso (pistas) en un estado idóneo en algunas zonas de Moche (Trujillo – La Libertad) y a la vez la acumulación de residuos de construcción (desmonte) en diversas zonas de la ciudad generó la presente investigación, la cual busca el estabilizar un suelo arcilloso con concreto reciclado y de esta manera ser usado como pavimento en determinadas zonas del distrito de Moche.

FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPÓTESIS	JUSTIFICACIÓN	DIMENSIONES	INDICADORES
<p>¿Cómo influye el concreto reciclado en la optimización de la estabilización de suelos arcillosos en el Sector Curva del Sun – Campiña de Moche-Trujillo – La Libertad para pavimentación?</p>	<p>General: Determinar el nivel de optimización de la estabilización de suelos arcillosos en el sector curva del Sun – campiña de Moche, con concreto reciclado para pavimentación, provincia de Trujillo, La Libertad.</p> <p>Específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Caracterizar físicamente al concreto reciclado • Caracterizar físicamente el suelo arcilloso a trabajar • Determinar la humedad óptima de compactación y la densidad máxima seca de un suelo arcilloso • Determinar el porcentaje de concreto reciclado ideal que mejore el CBR de suelos arcillosos para ser usados en pavimentación 	<p>Al aumentar la cantidad de concreto reciclado agregado, la estabilización de suelos arcillosos en el Sector Curva del Sun – Campiña de Moche para pavimentos mejora el índice CBR</p>	<p>La presente investigación se justifica debido a la necesidad de los pobladores de zonas rurales de contar con pavimentos de adecuadas propiedades de resistencia, es decir firmes, que no sufran daño debido a las lluvias extremas y que mejor forma de lograr estos pavimentos si es con la estabilización mediante la aplicación de un material considerado de “desecho” como es el concreto reciclado, es decir el concreto obtenido del desmonte, de los residuos sólidos de la construcción.</p>	<p>Cantidad de concreto reciclado</p> <p>Propiedades del suelo</p>	<p>Porcentaje en peso adicionado</p> <p>Límite líquido</p> <p>Límite plástico</p> <p>Densidad en seco</p> <p>Índice de CBR</p>



**ANEXO 2:
RESULTADOS DE LOS
ENSAYOS**

INGENIERIA QUALITY CONTROL S.A.C.

TECNOLOGIA, EXCELENCIA Y EXPERIENCIA A SU SERVICIO.

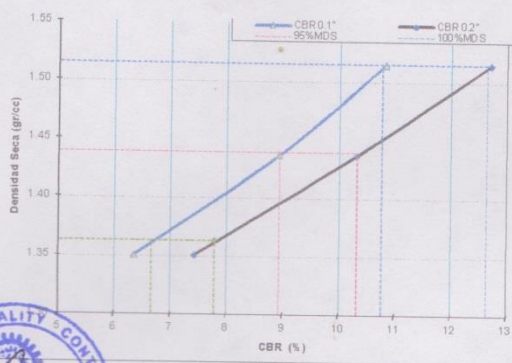


VALOR DE RELACION DE SOPORTE (C.B.R.) DE SUELOS (LABORATORIO)			
Proyecto: OPTIMIZACIÓN DE LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS PROVENIENTES DEL SECTOR CURVA DEL SUN - CAMPIÑA DE MOCHE, CON CONCRETO RECICLADO PARA PAVIMENTACIÓN, PROVINCIA DE			
Sub tramo:	MOCHE	Departamento:	LA LIBERTAD
Cliente:	DEL RIO HUAMÁN YORKA ANTONELLY	Fecha:	14/02/2017

(MTC E132 - 2000)

SECTOR : CURVA DE SUN - MOCHE	HECHO POR : E. CASTRO
LADO : DERECHO	REVISADO POR : E. GUZMAN
MUESTRA : M-1-15	APROBADO POR : ING F. CABRERA

GRAFICO DE PENETRACION DE CBR



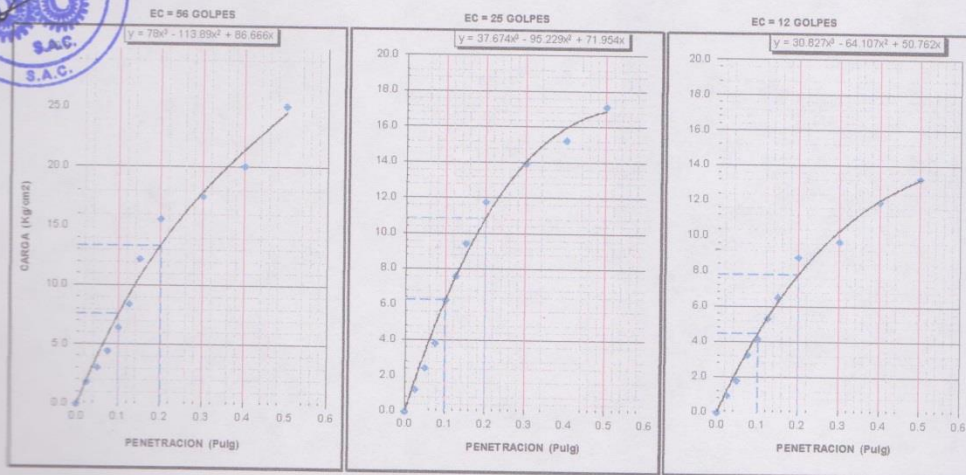
RESULTADOS:

CBR AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1": 10.8	0.2": 12.6
CBR AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1": 8.9	0.2": 10.3
CBR AL 90% DE M.D.S. (%)	0.1": 6.7	0.2": 7.8

Datos del Proctor

Densidad Seca	1.513	gr/cc
Optimo Humedad	22.00	%

OBSERVACIONES:





COMPACTACION DE SUELOS EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGIA MODIFICADA

Proyecto:	OPTIMIZACION DE LA ESTABILIZACION DE SUELOS ARCILLOSOS PROVENIENTES DEL SECTOR CURVA DEL SUN - CAMPIÑA DE MOCHE, CON CONCRETO RECICLADO PARA PAVIMENTACION, PROVINCIA DE TRUJILLO, LA LIBERTAD- 2017		
Sub tramo:	MOCHE	Departamento:	LA LIBERTAD
Cliente:	DEL RIO HUAMAN YORKA ANTONELLY	Fecha:	14/02/2017

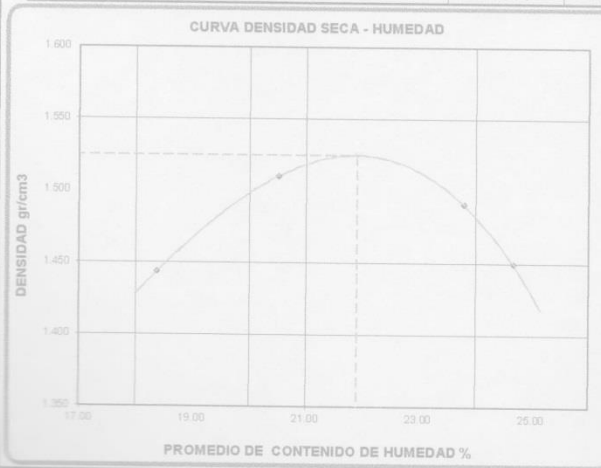
(MTC E 115 - 2000)

SECTOR : CURVA DE SUN - MOCHE
LADO : DERECHO

HECHO POR : E. CASTRO
REVISADO POR : E. GUZMAN
APROBADO POR : ING F. CABRERA

MUESTRA : M-2-15

Metodo de compactacion		A			
Numero de golpes		25			
Numero de capas		5			
CALCULO DE DENSIDAD HUMEDA					
1. Peso suelo humedo. + molde	gr	5012	5116	5140	5104
2. Peso del molde	gr	3412	3412	3412	3412
3. Volumen del molde	cc	936	936	936	936
4. Peso suelo humedo	gr	1600	1704	1728	1692
5. Densidad suelo humedo	gr/cc	1.709	1.821	1.846	1.808
CALCULO DE HUMEDAD					
6. Capsula N°		9	10	11	12
7. Peso del suelo humedo.+ capsula	gr	1422.7	1548.1	1510.4	1496.3
8. Peso del suelo seco+capsula	gr	1249.2	1337.4	1278.1	1261.2
9. Peso del agua	gr	173.5	210.7	232.3	235.1
10. Peso de la capsula	gr	305.0	310.0	302.0	308.0
11. Peso del suelo seco	gr	944.2	1027.4	976.1	953.2
12. Contenido de humedad	%	18.38	20.51	23.80	24.66
13. Promedio de cont. de humedad	%	18.38	20.51	23.80	24.66
CALCULO DE DENSIDAD SECA					
14. Densidad seca del suelo	gr/cc	1.444	1.511	1.491	1.450



DATOS DE LA GRANULOMETRIA	
Certificado:	
Finos < No 4	100.0 %
Gruesos > No 4, < 3/4"	0.0

RESULTADOS	
Humedad óptima (%)	21.91
Densidad Máxima (gr/cc)	1.525

Observaciones:



INGENIERIA QUALITY CONTROL S.A.C.

TECNOLOGIA, EXCELENCIA Y EXPERIENCIA A SU SERVICIO.



VALOR DE RELACION DE SOPORTE (C.B.R.) DE SUELOS (LABORATORIO)

Proyecto:	OPTIMIZACIÓN DE LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS PROVENIENTES DEL SECTOR CURVA DEL SUN - CAMPAÑA DE MOCHE, CON CONCRETO RECICLADO PARA PAVIMENTACIÓN, PROVINCIA DE TRUJILLO, LA LIBERTAD- 2017		
Sub tramo:	MOCHE	Departamento:	LA LIBERTAD
Cliente:	DEL RIO HUAMAN YORKA ANTONELLY	Fecha:	14/02/2017

SECTOR : CURVA DE SUN - MOCHE
LADO : DERECHO

HECHO POR : E. CASTRO
REVISADO POR : E. GUZMAN
APROBADO POR : ING F. CABRERA

MUESTRA : M-2-15

DATOS DEL PROCTOR

MAXIMA DENSIDAD SECA	:	1.626	gr/cc
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	:	21.91	%

CAPACIDAD:	2000	Lbs.
ANILLO	2	

(MTC E132 - 2000)

Molde Nº	4		5		6	
	56		25		12	
Cond. de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso molde + suelo humedo (gr)	11366	11388	11187	11179	10688	10691
Peso de molde (gr)	7373	7373	7428	7428	7292	7292
Peso del suelo humedo (gr)	3993	4015	3738	3751	3377	3400
Volumen del molde (cm ³)	2151	2151	2123	2123	2060	2060
Densidad húmeda (gr/cm ³)	1.856	1.867	1.761	1.767	1.647	1.658
Humedad (%)	21.93	22.10	22.06	22.17	22.12	22.30
Densidad seca (gr/cm ³)	1.622	1.529	1.443	1.446	1.349	1.356
Tarro Nº	7	8	9	10	11	12
Tarro + Suelo humedo (gr)	1488.20	1523.40	1471.10	1532.40	1529.90	1511.70
Tarro + Suelo seco (gr)	1275.00	1303.90	1260.70	1309.50	1308.40	1291.30
Peso del Agua (gr)	213.20	219.50	210.40	222.90	221.50	220.40
Peso del tarro (gr)	303.00	310.00	307.00	304.00	307.00	303.00
Peso del suelo seco (gr)	972.00	993.90	953.70	1005.50	1001.40	988.30
Humedad (%)	21.93	22.10	22.06	22.17	22.12	22.30

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
14/02/2017	10:00:00	0	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0
15/02/2017	10:00:00	24	4.00	0.1	0.1	7.00	0.2	0.2	10.00	0.3	0.2
16/02/2017	10:00:00	48	7.00	0.2	0.2	11.00	0.3	0.2	14.00	0.4	0.3
17/02/2017	10:00:00	72	11.00	0.3	0.2	14.00	0.4	0.3	17.00	0.4	0.4
18/02/2017	10:00:00	96	9.00	0.2	0.2	11.00	0.3	0.2	14.00	0.4	0.3

PENETRACION

PENETRACION	CARGA STAND.	MOLDE Nº 4				MOLDE Nº 5				MOLDE Nº 6			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (dlv)	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Dial (dlv)	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Dial (dlv)	kg/cm ²	kg/cm ²	%
0.000		0	0			0	0			0	0		
0.025		45	2			22	1			16	1		
0.050		61	3			50	2			38	1		
0.075		99	4			81	4			65	3		
0.100	70.3	130	6	7.0	10.0	134	6	6.12	6.7	90	4	4.04	5.7
0.125		185	8			165	7			108	5		
0.150		260	12			205	9			129	6		
0.200	105.5	347	15	13.1	12.4	279	12	10.71	10.2	184	8	7.25	6.9
0.300		391	17			320	14			211	9		
0.400		488	21			341	15			266	12		
0.500		566	25			405	18			314	14		





VALOR DE RELACION DE SOPORTE (C.B.R.) DE SUELOS (LABORATORIO)

Proyecto:	OPTIMIZACIÓN DE LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS PROVENIENTES DEL SECTOR CURVA DEL SUN - CAMPIÑA DE MOCHE, CON CONCRETO RECICLADO PARA PAVIMENTACIÓN, PROVINCIA DE		
Sub tramo:	MOCHE	Departamento :	LA LIBERTAD
Cliente:	DEL RÍO HUAMÁN YORKA ANTONELLY	Fecha :	14/02/2017

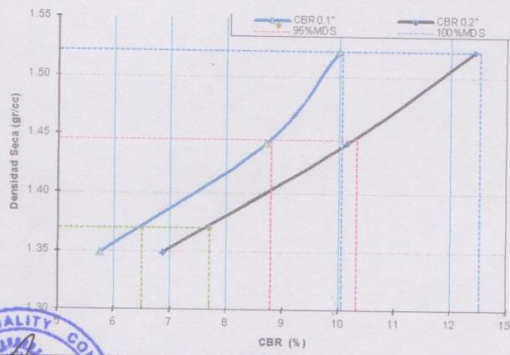
(MTC E132 - 2000)

SECTOR : CURVA DE SUN - MOCHE
LADO : DERECHO

HECHO POR : E. CASTRO
REVISADO POR : E. GUZMAN
APROBADO POR : ING F. CABRERA

MUESTRA : M-2-15

GRAFICO DE PENETRACION DE CBR



RESULTADOS:

C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1":	10.0	0.2":	12.5
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1":	8.8	0.2":	10.3
C.B.R. AL 90% DE M.D.S. (%)	0.1":	6.5	0.2":	7.7

Datos del Proctor

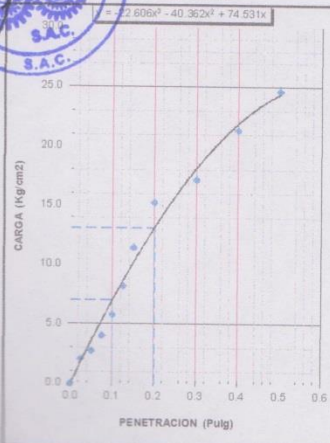
Densidad Seca	1.525	gr/cc
Optimo Humedad	21.91	%

OBSERVACIONES:



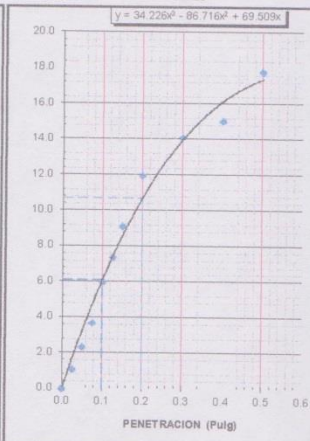
EC = 66 GOLPES

$$y = -2.806x^2 - 40.362x + 74.531x$$



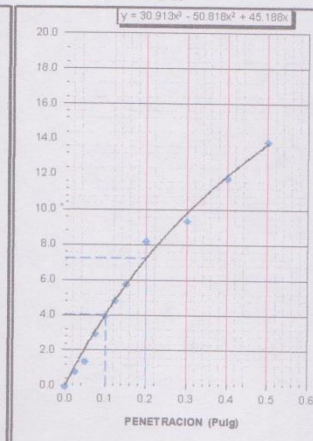
EC = 25 GOLPES

$$y = 34.226x^2 - 86.716x + 69.509x$$



EC = 12 GOLPES

$$y = 30.913x^2 - 50.816x + 45.198x$$



INGENIERIA QUALITY CONTROL S.A.C.

TECNOLOGIA, EXCELENCIA Y EXPERIENCIA A SU SERVICIO.



COMPACTACION DE SUELOS EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGIA MODIFICADA

Proyecto: OPTIMIZACIÓN DE LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS PROVENIENTES DEL SECTOR CURVA DEL SUN – CAMPIÑA DE MOCHE, CON CONCRETO RECICLADO PARA PAVIMENTACIÓN, PROVINCIA DE TRUJILLO, LA LIBERTAD- 2017

Sub tramo: MOCHE Departamento: LA LIBERTAD

Cliente: DEL RIO HUAMAN YORKA ANTONELLY Fecha: 21/02/2017

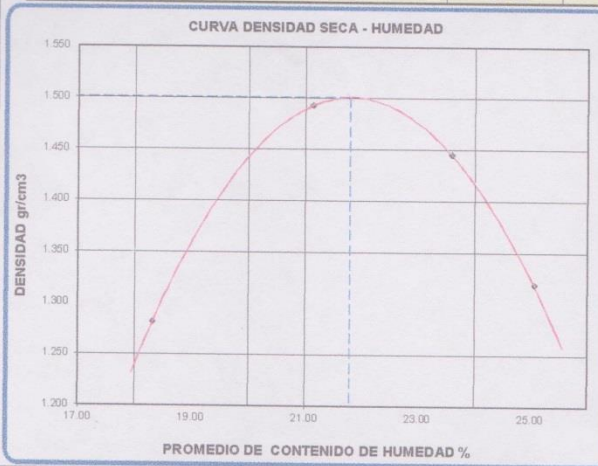
(MTC E 115 - 2000)

SECTOR : CURVA DE SUN - MOCHE
LADO : DERECHO

HECHO POR : E. CASTRO
REVISADO POR : E. GUZMAN
APROBADO POR : ING F. CABRERA

MUESTRA : M-3-15

Metodo de compactacion		A			
Numero de golpes		25			
Numero de capas		5			
CALCULO DE DENSIDAD HUMEDA					
1. Peso suelo humedo. + molde	gr	4700	4966	4946	4821
2. Peso del molde	gr	3320	3320	3320	3320
3. Volumen del molde	cc	910	910	910	910
4. Peso suelo humedo	gr	1380	1646	1626	1501
5. Densidad suelo humedo	gr/cc	1.516	1.809	1.787	1.649
CALCULO DE HUMEDAD					
6. Capsula N°		1	2	3	4
7. Peso del suelo humedo.+ capsula	gr	1388.1	1466.8	1515.7	1491.7
8. Peso del suelo seco+capsula	gr	1220.3	1264.3	1285.1	1255.1
9. Peso del agua	gr	167.8	202.5	230.6	236.6
10. Peso de la capsula	gr	304.0	306.0	308.0	311.0
11. Peso del suelo seco	gr	916.3	958.3	977.1	944.1
12. Contenido de humedad	%	18.31	21.13	23.60	25.06
13. Promedio de cont. de humedad	%	18.31	21.13	23.60	25.06
CALCULO DE DENSIDAD SECA					
14. Densidad seca del suelo	gr/cc	1.282	1.493	1.446	1.319



DATOS DE LA GRANULOMETRIA

Certificado:
Finos < No 4 100.0 %
Gruesos > No 4, < 3/4" 0.0

RESULTADOS

Humedad óptima (%) 21.79
Densidad Máxima (gr/cc) 1.501

Observaciones:



INGENIERIA QUALITY CONTROL S.A.C.

TECNOLOGIA, EXCELENCIA Y EXPERIENCIA A SU SERVICIO.



VALOR DE RELACION DE SOPORTE (C.B.R.) DE SUELOS (LABORATORIO)

Proyecto:	OPTIMIZACIÓN DE LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS PROVENIENTES DEL SECTOR CURVA DEL SUN - CAMPIÑA DE MOCHE, CON CONCRETO RECICLADO PARA PAVIMENTACIÓN, PROVINCIA DE TRUJILLO, LA LIBERTAD- 2017		
Sub tramo:	MOCHE	Departamento:	LA LIBERTAD
Cliente:	DEL RÍO HUAMÁN YORKA ANTONELLY	Fecha:	21/02/2017

SECTOR : CURVA DE SUN - MOCHE
LADO : DERECHO

HECHO POR : E. CASTRO
REVISADO POR : E. GUZMAN
APROBADO POR : ING. F. CABRERA

MUESTRA : M-3-15

DATOS DEL PROCTOR

MAXIMA DENSIDAD SECA	:	1.501	gr/cc
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	:	21.79	%

CAPACIDAD	2000	Lbs.
ANILLO	2	

(MTC E132 - 2000)

Cond. de la muestra	7		8		9	
	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Molde N°	7		8		9	
N° Capa	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Peso molde + suelo húmedo (gr)	10577	10595	10553	10978	11332	11350
Peso de molde (gr)	8667	8667	7302	7302	7869	7869
Peso del suelo húmedo (gr)	3910	3928	3651	3676	3463	3481
Volumen del molde (cm3)	2133	2133	2105	2105	2105	2105
Densidad húmeda (gr/cm3)	1.833	1.842	1.734	1.746	1.645	1.654
Humedad (%)	21.73	21.92	21.89	22.02	21.99	22.16
Densidad seca (gr/cm3)	1.506	1.511	1.423	1.431	1.348	1.354
Tarro N°	1	2	3	4	5	6
Tarro + Suelo húmedo (gr)	1384.50	1564.20	1612.10	1520.70	1481.80	1430.70
Tarro + Suelo seco (gr)	1194.50	1342.30	1380.20	1303.10	1255.80	1227.80
Peso del Agua (gr)	190.00	221.90	231.90	217.60	206.20	202.90
Peso del tarro (gr)	320.00	330.00	321.00	315.00	318.00	312.00
Peso del suelo seco (gr)	874.50	1012.30	1059.20	988.10	937.60	915.80
Humedad (%)	21.73	21.92	21.89	22.02	21.99	22.16

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
21/02/2017	11:00:00	0	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0
22/02/2017	11:00:00	24	5.00	0.1	0.1	8.00	0.2	0.2	11.00	0.3	0.2
23/02/2017	11:00:00	48	7.00	0.2	0.2	10.00	0.3	0.2	13.00	0.3	0.3
24/02/2017	11:00:00	72	10.00	0.3	0.2	13.00	0.3	0.3	17.00	0.4	0.4
25/02/2017	11:00:00	96	8.00	0.2	0.2	10.00	0.3	0.2	13.00	0.3	0.3

PENETRACION

PENETRACION pulg	CARGA STAND. kg/cm2	MOLDE N° 7				MOLDE N° 8				MOLDE N° 9			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%	Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%	Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%
0.000		0	0			0	0			0	0		
0.025		47	2			30	1			20	1		
0.050		69	3			55	3			36	2		
0.075		98	4			89	4			70	3		
0.100	70.3	145	6	7.5	10.7	146	7	6.82	9.4	99	4	4.49	6.4
0.125		190	8			180	8			120	5		
0.150		277	12			211	9			145	6		
0.200	105.5	362	16	13.7	13.0	299	13	11.44	10.6	201	9	7.99	7.6
0.300		495	18			331	15			228	10		
0.400		498	22			374	16			280	12		
0.500		581	25			446	20			314	14		



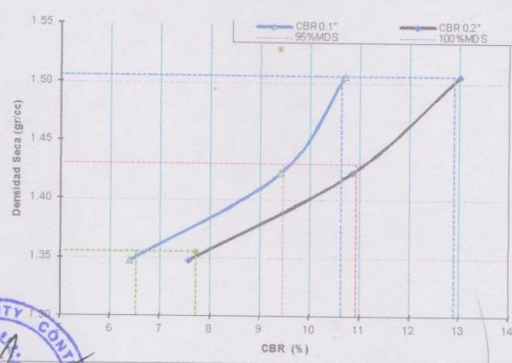


VALOR DE RELACION DE SOPORTE (C.B.R.) DE SUELOS (LABORATORIO)			
Proyecto:	OPTIMIZACIÓN DE LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS PROVENIENTES DEL SECTOR CURVA DEL SUN - CAMPIÑA DE MOCHE, CON CONCRETO RECICLADO PARA PAVIMENTACIÓN, PROVINCIA DE		
Sub tramo:	MOCHE	Departamento:	LA LIBERTAD
Cliente:	DEL RÍO HUAMÁN YORKA ANTONELLY	Fecha:	21/02/2017

(MTC E132 - 2000)

SECTOR : CURVA DE SUN - MOCHE	HECHO POR : E. CASTRO
LADO : DERECHO	REVISADO POR : E. GUZMAN
MUESTRA : M-3-15	APROBADO POR : ING F. CABRERA

GRAFICO DE PENETRACION DE CBR



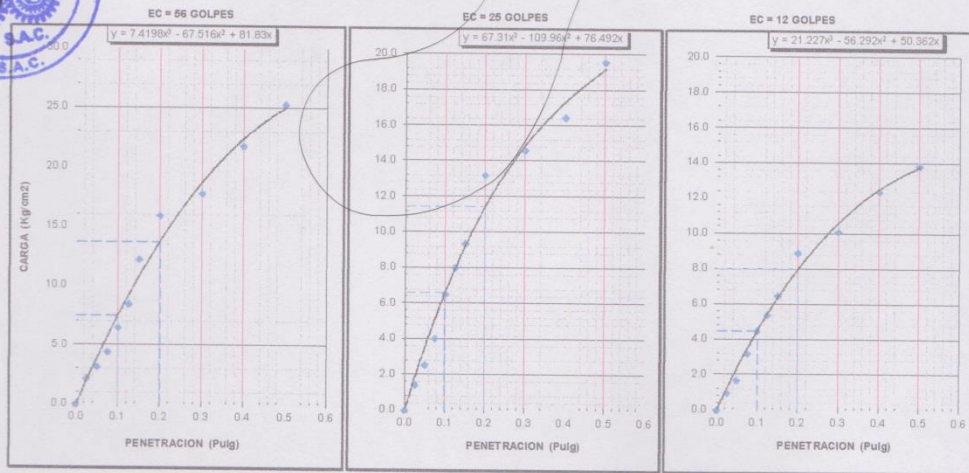
RESULTADOS:

C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1"	10.6	0.2"	12.9
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1"	9.5	0.2"	10.9
C.B.R. AL 90% DE M.D.S. (%)	0.1"	6.5	0.2"	7.7

Datos del Proctor

Densidad Seca	1.501	gr/cc
Optimo Humedad	27.79	%

OBSERVACIONES:



INGENIERIA QUALITY CONTROL S.A.C.

TECNOLOGIA, EXCELENCIA Y EXPERIENCIA A SU SERVICIO.



COMPACTACION DE SUELOS EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGIA MODIFICADA

Proyecto: OPTIMIZACIÓN DE LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS PROVENIENTES DEL SECTOR CURVA DEL SUN - CAMPIÑA DE MOCHE, CON CONCRETO RECICLADO PARA PAVIMENTACIÓN, PROVINCIA DE TRUJILLO, LA LIBERTAD- 2017

Sub tramo: MOCHE Departamento: LA LIBERTAD
 Cliente: DEL RIO HUAMÁN YORKA ANTONELLY Fecha: 21/02/2017

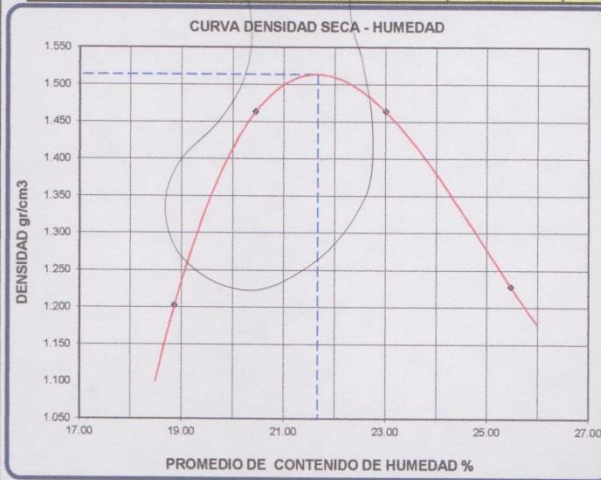
(MTC E 115 - 2000)

SECTOR : CURVA DE SUN - MOCHE
 LADO : DERECHO

HECHO POR : E. CASTRO
 REVISADO POR : E. GUZMAN
 APROBADO POR : ING F. CABRERA

MUESTRA : M-4-15

Metodo de compactacion		A			
Numero de golpes		25			
Numero de capas		5			
CALCULO DE DENSIDAD HUMEDA					
1. Peso suelo humedo. + molde	gr	4500	4799	4833	4600
2. Peso del molde	gr	3216	3216	3216	3216
3. Volumen del molde	cc	898	898	898	898
4. Peso suelo humedo	gr	1284	1583	1617	1384
5. Densidad suelo humedo	gr/cc	1.430	1.763	1.801	1.541
CALCULO DE HUMEDAD					
6. Capsula N°		5	6	7	8
7. Peso del suelo humedo.+ capsula	gr	1563.2	1450.8	1504.5	1488.0
8. Peso del suelo seco+capsula	gr	1365.4	1257.1	1279.6	1249.8
9. Peso del agua	gr	197.8	193.7	224.9	238.2
10. Peso de la capsula	gr	317.0	310.0	302.0	315.0
11. Peso del suelo seco	gr	1048.4	947.1	977.6	934.8
12. Contenido de humedad	%	18.87	20.45	23.01	25.48
13. Promedio de cont. de humedad	%	18.87	20.45	23.01	25.48
CALCULO DE DENSIDAD SECA					
14. Densidad seca del suelo	gr/cc	1.203	1.463	1.464	1.228



DATOS DE LA GRANULOMETRIA

Certificado:
 Finos < No 4 100.0 %
 Gruesos > No 4, < 3/4" 0.0

RESULTADOS

Humedad óptima (%) 21.67
 Densidad Máxima (gr/cc) 1.514

Observaciones:



INGENIERIA QUALITY CONTROL S.A.C.

TECNOLOGIA, EXCELENCIA Y EXPERIENCIA A SU SERVICIO.



VALOR DE RELACION DE SOPORTE (C.B.R.) DE SUELOS (LABORATORIO)			
Proyecto:	OPTIMIZACIÓN DE LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS PROVENIENTES DEL SECTOR CURVA DEL SUN – CAMPIÑA DE MOCHE, CON CONCRETO RECICLADO PARA PAVIMENTACIÓN, PROVINCIA DE TRUJILLO, LA LIBERTAD– 2017		
Sub tramo:	MOCHE	Departamento:	LA LIBERTAD
Ciente:	DEL RÍO HUAMÁN YORKA ANTONELLY	Fecha:	21/02/2017

SECTOR : CURVA DE SUN - MOCHE	HECHO POR : E. CASTRO
LADO : DERECHO	REVISADO POR : E. GUZMAN
MUESTRA : M-4-15	APROBADO POR : ING F. CABRERA

DATOS DEL PROCTOR		CAPACIDAD : 2000 Lbs.	
MAXIMA DENSIDAD SECA	: 1.514 gr/cc	ANILLO	: 2
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	: 21.67 %		

(MTC E132 - 2000)

Cond. de la muestra	10		11		12	
	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Molde N°	10	11	11	12	12	12
N° Capa	5	5	5	5	5	5
Golpes por capa N°	56	26	26	26	26	26
Peso molde + suelo húmedo (gr)	11842	11866	10828	10850	10588	10612
Peso de molde (gr)	7957	7957	7106	7106	7057	7057
Peso del suelo húmedo (gr)	3885	3909	3720	3744	3531	3555
Volumen del molde (cm3)	2105	2105	2133	2133	2133	2133
Densidad húmeda (gr/cm3)	1.846	1.857	1.744	1.755	1.656	1.667
Humedad (%)	21.64	21.80	21.77	21.96	21.92	22.06
Densidad seca (gr/cm3)	1.518	1.525	1.432	1.439	1.358	1.366
Tarro N°	7	8	9	10	11	12
Tarro + Suelo húmedo (gr)	1588.10	1530.40	1462.70	1429.80	1511.10	1470.60
Tarro + Suelo seco (gr)	1359.50	1312.00	1272.50	1227.10	1294.60	1259.60
Peso del Agua (gr)	228.60	218.40	210.20	202.70	216.50	211.00
Peso del tarro (gr)	303.00	310.00	307.00	304.00	307.00	303.00
Peso del suelo seco (gr)	1056.50	1002.00	965.50	923.10	987.60	956.60
Humedad (%)	21.64	21.80	21.77	21.96	21.92	22.06

FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION							
				EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
21/02/2017	12:00:00	0	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0
22/02/2017	12:00:00	24	3.00	0.1	0.1	7.00	0.2	0.2	10.00	0.3	0.2
23/02/2017	12:00:00	48	8.00	0.2	0.2	11.00	0.3	0.2	14.00	0.4	0.3
24/02/2017	12:00:00	72	11.00	0.3	0.2	14.00	0.4	0.3	17.00	0.4	0.4
25/02/2017	12:00:00	96	9.00	0.2	0.2	12.00	0.3	0.3	14.00	0.4	0.3

PENETRACION pulg	CARGA STAND. kg/cm2	PENETRACION											
		MOLDE N° 10				MOLDE N° 11				MOLDE N° 12			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
0.000		Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%	Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%	Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%
0.025		0	0			0	0			0	0		
0.050		42	2			33	2			21	1		
0.075		66	3			51	2			39	2		
0.100	70.3	91	4			80	4			75	3		
0.125		156	7	7.8	11.0	136	6	6.24	8.9	105	5	4.89	7.0
0.150		203	9			182	8			130	6		
0.200	105.5	289	13			291	9			164	7		
0.300		360	16	13.9	13.2	289	13	11.23	10.7	213	9	8.54	8.1
0.400		411	18			322	14			240	11		
0.500		490	21			384	17			290	13		
0.500		590	26			415	18			326	14		





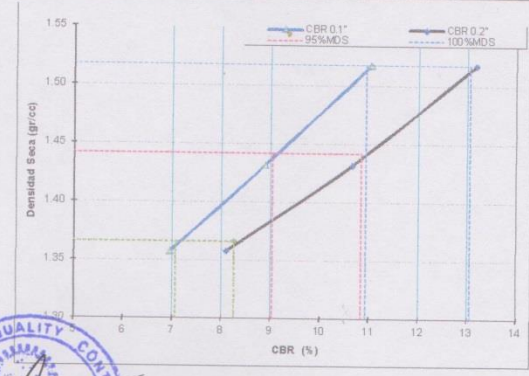
VALOR DE RELACION DE SOPORTE (C.B.R.) DE SUELOS (LABORATORIO)

Proyecto:	OPTIMIZACIÓN DE LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS PROVENIENTES DEL SECTOR CURVA DEL SUN – CAMPIÑA DE MOCHE, CON CONCRETO RECICLADO PARA PAVIMENTACIÓN, PROVINCIA DE		
Sub tramo:	MOCHE	Departamento :	LA LIBERTAD
Ciente	DEL RIO HUAMAN YORKA ANTONELLY	Fecha :	21/02/2017

(MTC E132 - 2000)

SECTOR : CURVA DE SUN - MOCHE	HECHO POR : E. CASTRO
LADO : DERECHO	REVISADO POR : E. GUZMAN
MUESTRA : M-4-15	APROBADO POR : ING F. CABRERA

GRAFICO DE PENETRACION DE CBR



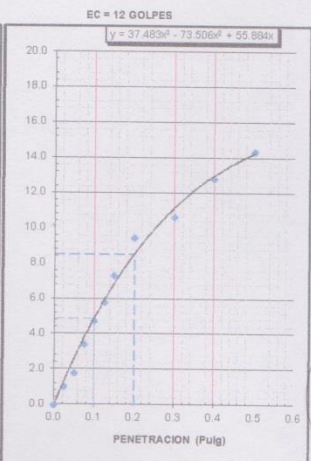
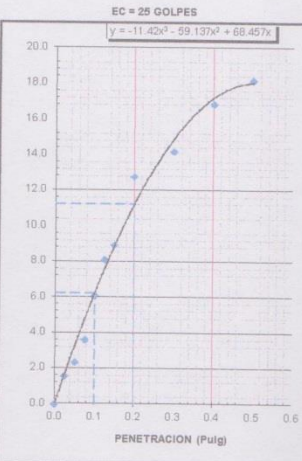
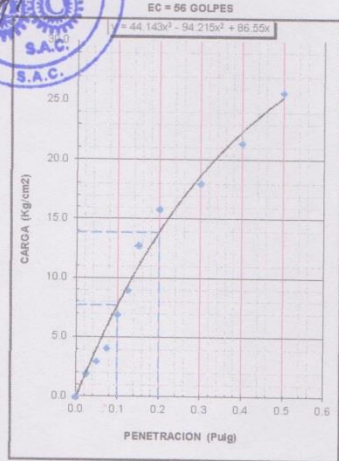
RESULTADOS:

C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1":	10.9	0.2":	13.1
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1":	9.0	0.2":	10.8
C.B.R. AL 90% DE M.D.S. (%)	0.1":	7.1	0.2":	8.3

Datos del Proctor

Densidad Seca	1.514	gr/cc
Optimo Humedad	21.67	%

OBSERVACIONES:



INGENIERIA QUALITY CONTROL S.A.C.

TECNOLOGIA, EXCELENCIA Y EXPERIENCIA A SU SERVICIO.



COMPACTACION DE SUELOS EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGIA MODIFICADA

Proyecto:	OPTIMIZACION DE LA ESTABILIZACION DE SUELOS ARCILLOSOS PROVENIENTES DEL SECTOR CURVA DEL SUN - CAMPIÑA DE MOCHE, CON CONCRETO RECICLADO PARA PAVIMENTACION, PROVINCIA DE TRUJILLO, LA LIBERTAD- 2017		
Sub tramo:	MOCHE	Departamento:	LA LIBERTAD
Cliente:	DEL RIO HUAMAN YORKA ANTONELLY	Fecha:	21/02/2017

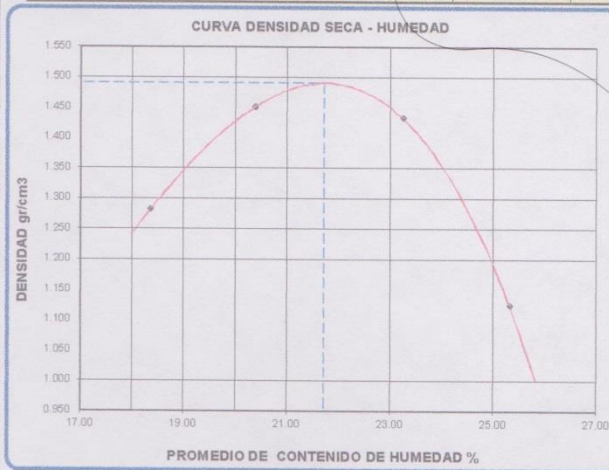
(MTC E 115 - 2000)

SECTOR : CURVA DE SUN - MOCHE
LADO : DERECHO

HECHO POR : E. CASTRO
REVISADO POR : E. GUZMAN
APROBADO POR : ING F. CABRERA

MUESTRA : M-5-15

Metodo de compactacion		A			
Numero de golpes		25			
Numero de capas		5			
CALCULO DE DENSIDAD HUMEDA					
1. Peso suelo humedo. + molde	gr	4912	5123	5141	4812
2. Peso del molde	gr	3512	3512	3512	3512
3. Volumen del molde	cc	922	922	922	922
4. Peso suelo humedo	gr	1400	1611	1629	1300
5. Densidad suelo humedo	gr/cc	1.518	1.747	1.767	1.410
CALCULO DE HUMEDAD					
6. Capsula N°		9	10	11	12
7. Peso del suelo humedo.+ capsula	gr	1477.1	1430.8	1564.8	1507.7
8. Peso del suelo seco+capsula	gr	1295.3	1241.1	1326.6	1265.3
9. Peso del agua	gr	181.8	189.7	238.2	242.4
10. Peso de la capsula	gr	305.0	310.0	302.0	308.0
11. Peso del suelo seco	gr	990.3	931.1	1024.6	957.3
12. Contenido de humedad	%	18.36	20.37	23.25	25.32
13. Promedio de cont. de humedad	%	18.36	20.37	23.25	25.32
CALCULO DE DENSIDAD SECA					
14. Densidad seca del suelo	gr/cc	1.283	1.452	1.434	1.125



DATOS DE LA GRANULOMETRIA

Certificado:	
Finos < No 4	100.0 %
Gruesos > No 4, < 3/4"	0.0

RESULTADOS

Humedad óptima (%)	21.71
Densidad Máxima (gr/cc)	1.491

Observaciones:



INGENIERIA QUALITY CONTROL S.A.C.

TECNOLOGIA, EXCELENCIA Y EXPERIENCIA A SU SERVICIO.



VALOR DE RELACION DE SOPORTE (C.B.R.) DE SUELOS (LABORATORIO)

Proyecto:	OPTIMIZACIÓN DE LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS PROVENIENTES DEL SECTOR CURVA DEL SUN - CAMPIÑA DE MOCHE, CON CONCRETO RECICLADO PARA PAVIMENTACIÓN, PROVINCIA DE TRUJILLO, LA LIBERTAD- 2017		
Sub tramo:	MOCHE	Departamento:	LA LIBERTAD
Cliete:	DEL RIO HUAMAN YORKA ANTONELLY	Fecha:	21/02/2017

SECTOR : CURVA DE SUN - MOCHE
LADO : DERECHO

HECHO POR : E. CASTRO
REVISADO POR : E. GUZMAN
APROBADO POR : ING. F. CABRERA

MUESTRA : M-5-15

DATOS DEL PROCTOR

MAXIMA DENSIDAD SECA	:	1.491	gr/cc
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	:	21.71	%

CAPACIDAD	2000	Lbs.
ANILLO	2	

(MTC E132 - 2000)

Cond. de la muestra	13		14		15	
	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Molde Nº	13		14		15	
Nº Capa	5		5		5	
Golpes por capa Nº	56		25		12	
Peso molde + suelo húmedo (gr)	10510	10536	10975	10998	10581	10588
Peso de molde (gr)	6647	6647	7366	7366	7131	7131
Peso del suelo húmedo (gr)	3863	3889	3609	3632	3450	3457
Volumen del molde (cm3)	2133	2133	2105	2105	2123	2123
Densidad húmeda (gr/cm3)	1.811	1.824	1.714	1.725	1.615	1.628
Humedad (%)	21.67	21.83	21.81	22.02	21.97	22.08
Densidad seca (gr/cm3)	1.488	1.497	1.407	1.414	1.324	1.334
Tarro Nº	1	2	3	4	5	6
Tarro + Suelo húmedo (gr)	1498.10	1511.10	1526.70	1503.60	1492.70	1546.80
Tarro + Suelo seco (gr)	1268.30	1299.50	1310.90	1359.90	1281.10	1323.50
Peso del Agua (gr)	209.80	211.60	215.80	229.80	211.60	223.30
Peso del tarro (gr)	320.00	330.00	321.00	315.00	318.00	312.00
Peso del suelo seco (gr)	968.30	969.50	989.80	1043.90	963.10	1011.50
Humedad (%)	21.67	21.83	21.81	22.02	21.97	22.08

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
21/02/2017	10:00:00	0	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0
22/02/2017	10:00:00	24	4.00	0.1	0.1	7.00	0.2	0.2	11.00	0.3	0.2
23/02/2017	10:00:00	48	7.00	0.2	0.2	10.00	0.3	0.2	13.00	0.3	0.3
24/02/2017	10:00:00	72	11.00	0.3	0.2	14.00	0.4	0.3	17.00	0.4	0.4
25/02/2017	10:00:00	96	8.00	0.2	0.2	11.00	0.3	0.2	13.00	0.3	0.3

PENETRACION

PENETRACION psi/g	CARGA STAND. kg/cm2	MOLDE Nº 13				MOLDE Nº 14				MOLDE Nº 15			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%	Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%	Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%
0.000		0	0			0	0			0	0		
0.025		36	2			28	1			18	1		
0.050		58	3			48	2			34	2		
0.075		87	4			76	3			65	3		
0.100	70.3	142	6	7.3	10.4	125	6	5.76	8.2	96	4	4.52	6.4
0.125		193	9			172	8			122	5		
0.150		277	12			192	9			160	7		
0.200	105.5	355	16	13.5	12.8	259	11	10.64	10.1	202	9	8.25	7.8
0.300		402	18			315	14			241	11		
0.400		485	21			377	17			288	13		
0.500		577	25			481	18			316	14		



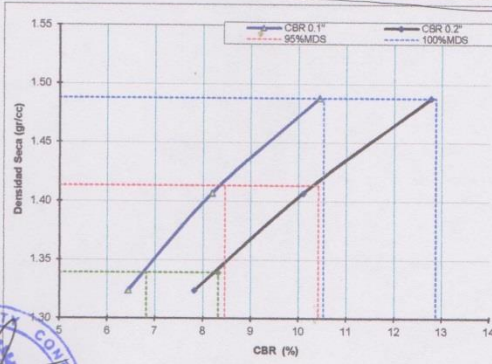


VALOR DE RELACION DE SOPORTE (C.B.R.) DE SUELOS (LABORATORIO)	
Proyecto:	OPTIMIZACIÓN DE LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS PROVENIENTES DEL SECTOR CURVA DEL SUN - CAMPIÑA DE MOCHE, CON CONCRETO RECICLADO PARA PAVIMENTACIÓN, PROVINCIA DE MOCHE
Sub tramo:	MOCHE
Departamento:	LA LIBERTAD
Ciente:	DEL RÍO HUAMÁN YORKA ANTONELLY
Fecha:	21/02/2017

(MTC E132 - 2000)

SECTOR : CURVA DE SUN - MOCHE	HECHO POR : E. CASTRO
LADO : DERECHO	REVISADO POR : E. GUZMAN
MUESTRA : M-5-15	APROBADO POR : ING F. CABRERA

GRAFICO DE PENETRACION DE CBR

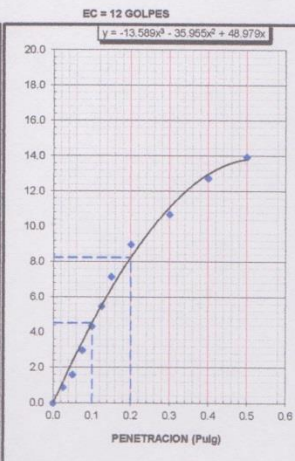
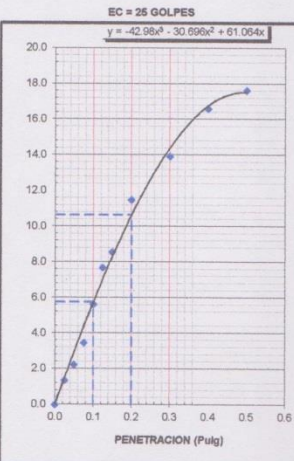
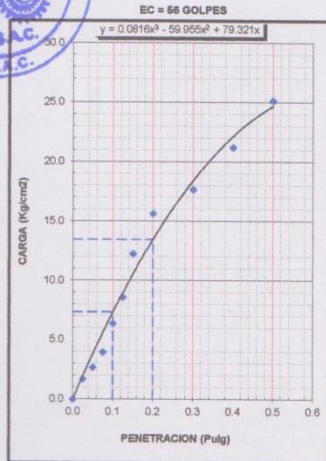


RESULTADOS:

C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1": 10.5	0.2": 12.9
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1": 8.5	0.2": 10.4
C.B.R. AL 90% DE M.D.S. (%)	0.1": 6.6	0.2": 8.3

Datos del Proctor		
Densidad Seca	1.491	gr/cc
Optimo Humedad	21.71	%

OBSERVACIONES:



INGENIERIA QUALITY CONTROL S.A.C.

TECNOLOGIA, EXCELENCIA Y EXPERIENCIA A SU SERVICIO.



ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

Proyecto :	OPTIMIZACIÓN DE LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS PROVENIENTES DEL SECTOR CURVA DEL SUN - CAMPIÑA DE MOCHE, CON CONCRETO RECICLADO PARA PAVIMENTACIÓN, PROVINCIA DE TRUJILLO, LA LIBERTAD- 2017		
Sub tramo :	MOCHE	Departamento :	LA LIBERTAD
Cliente :	DEL RÍO HUAMÁN YORKA ANTONELLY	Fecha :	10/01/2017

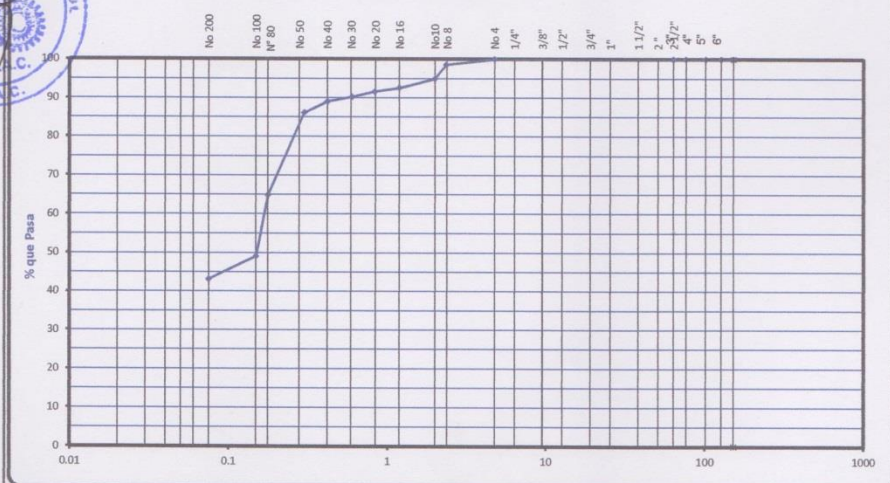
MTC E 107 - 2000

SECTOR : CURVA DE SUN - MOCHE	HECHO POR : E. CASTRO
LADO : DERECHO	REVISADO POR : E. GUZMAN
MUESTRA : M - 1	APROBADO POR : ING F. CABRERA

Tamiz ASTM	Abertura (mm.)	Peso Retenido	% Retenido		% que Pasa	Especificaciones Obra	Descripción de Muestra
			Parcial	Acumulado			
6	152.400						Material : PLATAFORMA Muestreo : M - 1 Profundidad : 1.50 m. Piedra > a 3" : Humedad Natural : 9.3 % Limite Líquido : 33.76 Limite Plástico : 16.55 Indice de Plasticidad : 17.21 CLASIFICACION AASHTO: A-6(3) CLASIFICACION SUCS: SC - Arena Arcillosa Peso Inicial (gr) : 1262.3 Peso Fracción (gr) : Observaciones:
5"	127.000						
4"	101.600						
3"	76.200						
2 1/2"	63.500						
2"	50.800						
1 1/2"	38.100						
1"	25.400						
3/4"	19.050						
1/2"	12.700						
3/8"	9.525						
1/4"	6.350						
No. 4	4.760				100.0		
No. 8	2.360	18.2	1.4	1.4	98.6		
No. 10	2.000	48.0	3.6	5.1	94.9		
No. 16	1.190	29.3	2.3	7.4	92.6		
No. 20	0.834	12.4	1.0	8.4	91.6		
No. 30	0.600	17.6	1.4	9.8	90.2		
No. 40	0.420	14.7	1.2	10.9	89.1		
No. 50	0.300	36.8	2.9	13.9	86.1		
No. 60	0.250						
No. 80	0.177	288.6	21.3	35.1	64.9		
No. 100	0.149	199.3	15.8	50.9	49.1		
No. 200	0.075	74.4	5.9	56.8	43.2		
No. 200		545.0	43.2	100.0			



CURVA GRANULOMETRICA



OBS. :

INGENIERIA QUALITY CONTROL S.A.C.

TECNOLOGIA, EXCELENCIA Y EXPERIENCIA A SU SERVICIO.



DETERMINACION DE LOS LIMITES DE CONSISTENCIA Y HUMEDAD NATURAL

Proyecto :	OPTIMIZACIÓN DE LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS PROVENIENTES DEL SECTOR CURVA DEL SUN – CAMPIÑA DE MOCHE, CON CONCRETO RECICLADO PARA PAVIMENTACIÓN, PROVINCIA DE TRUJILLO, LA LIBERTAD- 2017		
Sub Tramo :	MOCHE	Departamento :	LA LIBERTAD
Cliente :	DEL RÍO HUAMÁN YORKA ANTONELLY	Fecha :	10/01/2017

SECTOR : CURVA DE SUN - MOCHE
LADO : DERECHO
MUESTRA : M - 1

HECHO POR : E. CASTRO
REVISADO POR : E. GLIZMAN
APROBADO POR : ING F. CABRERA

LIMITE PLASTICO (MTC E 111 - 2000)

Capsula Nro	42	43	PROMEDIO
Peso de la Capsula (gr)	8.04	6.65	
Peso de la Capsula+Suelo Humedo (gr)	17.63	16.36	
Peso de la Capsula+Suelo Seco (gr)	16.25	15.00	
Peso del Agua (gr)	1.38	1.36	
Peso del Suelo Seco (gr)	8.21	8.35	
Contenido de Humedad (%)	16.81	16.29	16.55

HUMEDAD NATURAL (MTC E 108 - 2000)

	67	68	PROMEDIO
	319.0	314.0	
	1191.2	1152.2	
	1123.9	1074.9	
	67.3	77.3	
	804.9	760.9	
	8.36	10.16	9.26

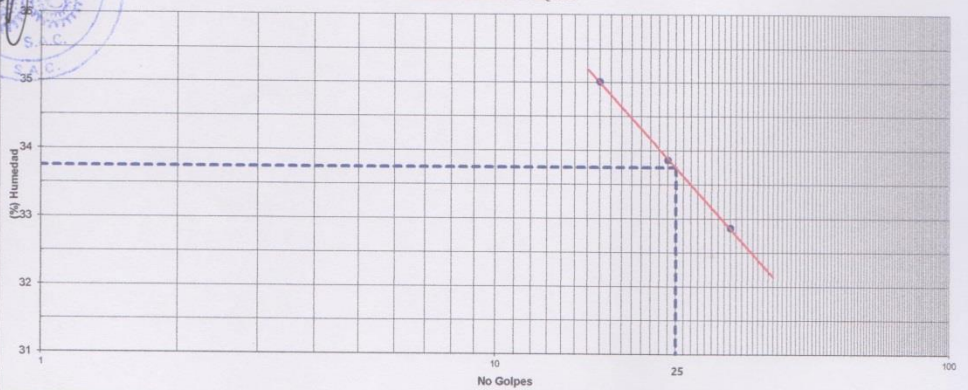
LIMITE LIQUIDO (MTC E 110 - 2000) Método "A"

Capsula Nro	50	26	27
Peso de la Capsula (gr)	13.92	12.56	16.52
Peso de la Capsula+Suelo Humedo (gr)	39.29	38.45	45.02
Peso de la Capsula+Suelo Seco (gr)	32.71	31.90	37.97
Numero de Golpes	17	24	33
Peso del agua (g)	6.58	6.55	7.05
Peso del Suelo Seco (gr)	18.79	19.34	21.45
Contenido de Humedad (%)	35.02	33.87	32.87

RESULTADOS ESPECIFICADO

	RESULTADOS	ESPECIFICADO
L.L. :	33.76	-----
L.P. :	16.55	-----
I.P. :	17.21	-----

GRAFICO DE LIMITE LIQUIDO



OBSERVACIONES:

INGENIERIA QUALITY CONTROL S.A.C.

TECNOLOGIA, EXCELENCIA Y EXPERIENCIA A SU SERVICIO.

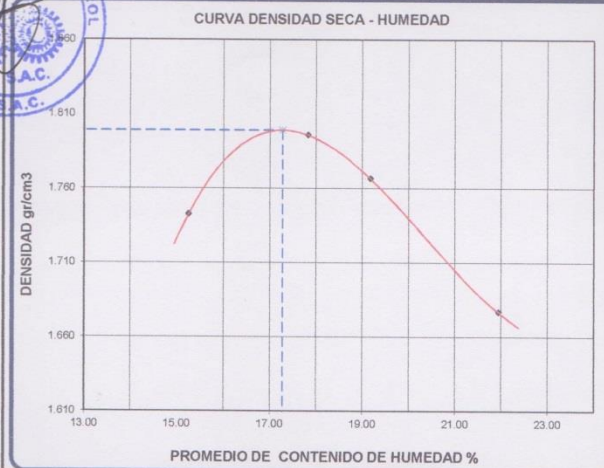


COMPACTACION DE SUELOS EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGIA MODIFICADA			
Proyecto :	OPTIMIZACIÓN DE LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS PROVENIENTES DEL SECTOR CURVA DEL SUN – CAMPIÑA DE MOCHE, CON CONCRETO RECICLADO PARA PAVIMENTACIÓN, PROVINCIA DE TRUJILLO, LA LIBERTAD- 2017		
Sub tramo :	MOCHE	Departamento :	LA LIBERTAD
Cliente :	DEL RÍO HUAMÁN YORKA ANTONELLY	Fecha :	10/01/2017

(MTC E 115 - 2000)

SECTOR : CURVA DE SUN - MOCHE	HECHO POR : E. CASTRO
LADO : DERECHO	REVISADO POR : E. GUZMAN
MUESTRA : M - 1	APROBADO POR : ING F. CABRERA

Metodo de compactacion		A			
Numero de golpes		25			
Numero de capas		5			
CALCULO DE DENSIDAD HUMEDA					
1. Peso suelo humedo. + molde	gr	6012	6113	6103	6046
2. Peso del molde	gr	4126	4126	4126	4126
3. Volumen del molde	cc	939	939	939	939
4. Peso suelo humedo	gr	1886	1987	1977	1920
5. Densidad suelo humedo	gr/cc	2.009	2.116	2.105	2.045
CALCULO DE HUMEDAD					
6. Capsula N°		71	72	73	74
7. Peso del suelo húmedo.+ capsula	gr	1356.4	1324.7	1384.1	1161.4
8. Peso del suelo seco+capsula	gr	1219.5	1172.4	1211.3	1010.7
9. Peso del agua	gr	136.9	152.3	172.8	150.7
10. Peso de la capsula	gr	322.0	318.0	310.0	324.0
11. Peso del suelo seco	gr	897.5	854.4	901.3	686.7
12. Contenido de humedad	%	15.25	17.83	19.17	21.95
13. Promedio de cont. de humedad	%	15.25	17.83	19.17	21.95
CALCULO DE DENSIDAD SECA					
14. Densidad seca del suelo	gr/cc	1.743	1.796	1.767	1.677



DATOS DE LA GRANULOMETRIA	
Certificado:	
Finos < No 4	100.0 %
Grosos > No 4, < 3/4"	0.0

RESULTADOS	
Humedad óptima (%)	17.28
Densidad Máxima (gr/cc)	1.799

Observaciones:

INGENIERIA QUALITY CONTROL S.A.C.

TECNOLOGIA, EXCELENCIA Y EXPERIENCIA A SU SERVICIO.



VALOR DE RELACION DE SOPORTE (C.B.R.) DE SUELOS (LABORATORIO)			
Proyecto :	OPTIMIZACIÓN DE LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS PROVENIENTES DEL SECTOR CURVA DEL SUN – CAMPIÑA DE MOCHE, CON CONCRETO RECICLADO PARA PAVIMENTACIÓN, PROVINCIA DE TRUJILLO, LA LIBERTAD–2017		
Sub tramo :	MOCHE	Departamento :	LA LIBERTAD
Ciente :	DEL RÍO HUAMÁN YORKA ANTONELLY	Fecha :	10/01/2017

SECTOR : CURVA DE SUN - MOCHE	HECHO POR : E. CASTRO
LADO : DERECHO	REVISADO POR : E. GUZMAN
MUESTRA : M - 1	APROBADO POR : ING F. CABRERA

DATOS DEL PROCTOR			
MAXIMA DENSIDAD SECA	:	1.799	gr/cc
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	:	17.28	%
		CAPACIDAD :	2000 Lbs.
		ANILLO :	2

(MTC E132 - 2000)

Molde N°	12		13		14	
	56		25		12	
N° Capa	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Cond. de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso molde + suelo húmedo (gr)	11560	11570	10950	11020	11350	11380
Peso de molde (gr)	7057	7057	6647	6647	7366	7366
Peso del suelo húmedo (gr)	4503	4513	4303	4373	3984	4014
Volumen del molde (cm3)	2133	2133	2133	2133	2105	2105
Densidad húmeda (gr/cm3)	2.111	2.116	2.018	2.051	1.893	1.907
Humedad (%)	17.29	17.44	17.42	17.52	17.48	17.61
Densidad seca (gr/cm3)	1.800	1.802	1.719	1.745	1.611	1.621
Tarro N°	63	64	65	66	67	68
Tarro + Suelo húmedo (gr)	1132.50	1196.00	1302.00	1335.50	1284.70	1269.00
Tarro + Suelo seco (gr)	1012.00	1065.00	1156.00	1185.00	1141.00	1126.00
Peso del Agua (gr)	120.50	131.00	146.00	150.50	143.70	143.00
Peso del tarro (gr)	315.00	314.00	318.00	326.00	319.00	314.00
Peso del suelo seco (gr)	697.00	751.00	838.00	859.00	822.00	812.00
Humedad (%)	17.29	17.44	17.42	17.52	17.48	17.61



	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION							
				EXPANSION		EXPANSION		EXPANSION			
				mm	%	DIAL	mm	%	DIAL	mm	%
9/01/2017	10:15:00	0	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0
11/01/2017	10:15:00	24	6.00	0.2	0.1	9.00	0.2	0.2	12.00	0.3	0.3
12/01/2017	10:15:00	48	9.00	0.2	0.2	12.00	0.3	0.3	16.00	0.4	0.4
13/01/2017	10:15:00	72	12.00	0.3	0.3	15.00	0.4	0.3	18.00	0.5	0.4
14/01/2017	10:15:00	96	7.00	0.2	0.2	9.00	0.2	0.2	11.00	0.3	0.2

PENETRACION pulg	CARGA STAND. kg/cm2	PENETRACION											
		MOLDE N° 12				MOLDE N° 13				MOLDE N° 14			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%	Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%	Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%
0.000		0	0			0	0			0	0		
0.025		17	1			13	1			10	1		
0.050		58	3			45	2			35	2		
0.075		92	4			72	3			56	3		
0.100	70.3	124	6	5.5	7.9	97	4	4.32	6.1	75	3	3.38	4.8
0.125		157	7			122	6			96	4		
0.150		178	8			139	6			108	5		
0.200	105.5	240	11	10.4	9.9	187	8	8.24	7.8	146	7	6.56	6.2
0.300		325	14			260	12			212	9		
0.400		388	17			312	14			251	11		
0.500		430	19			342	15			278	12		

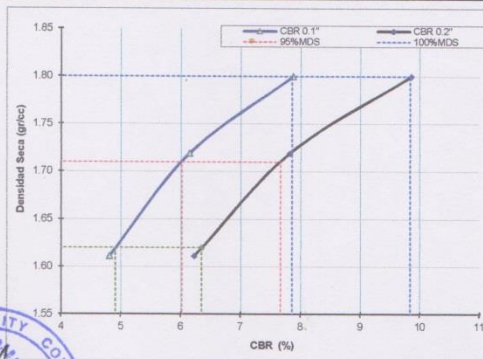


VALOR DE RELACION DE SOPORTE (C.B.R.) DE SUELOS (LABORATORIO)	
Proyecto :	OPTIMIZACIÓN DE LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS PROVENIENTES DEL SECTOR CURVA DEL SUN - CAMPIÑA DE MOCHE, CON CONCRETO RECICLADO PARA PAVIMENTACIÓN, PROVINCIA DE TRUJILLO, LA LIBERTAD- 2017
Sub tramo :	MOCHE
Departamento :	LA LIBERTAD
Cliente :	DEL RIO HUAMÁN YORKA ANTONELLY
Fecha :	10/01/2017

(MTC E132 - 2000)

SECTOR : CURVA DE SUN - MOCHE	HECHO POR : E. CASTRO
LADO : DERECHO	REVISADO POR : E. GUZMAN
MUESTRA : M - 1	APROBADO POR : ING F. CABRERA

GRAFICO DE PENETRACION DE CBR



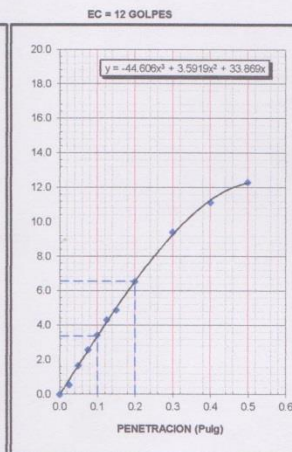
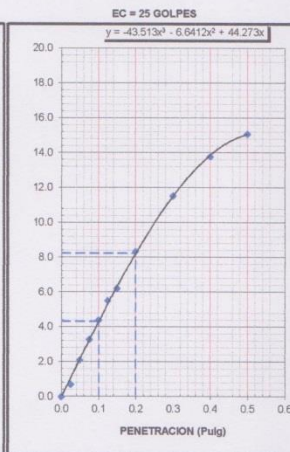
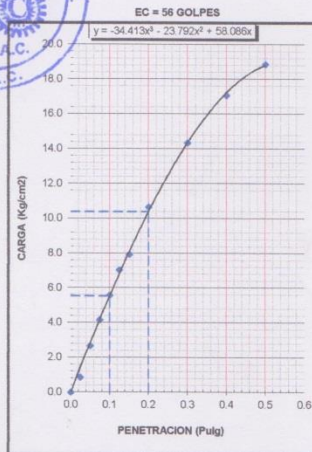
RESULTADOS:

C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1":	7.9	0.2":	9.8
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1":	6.0	0.2":	7.7
C.B.R. AL 90% DE M.D.S. (%)	0.1":	4.9	0.2":	6.3

Datos del Proctor

Densidad Seca	1.799	gr/cc
Optimo Humedad	17.28	%

OBSERVACIONES:



INGENIERIA QUALITY CONTROL S.A.C.

TECNOLOGIA, EXCELENCIA Y EXPERIENCIA A SU SERVICIO.



ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

Proyecto : OPTIMIZACIÓN DE LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS PROVENIENTES DEL SECTOR CURVA DEL SUN – CAMPIÑA DE MOCHE, CON CONCRETO RECICLADO PARA PAVIMENTACIÓN, PROVINCIA DE TRUJILLO, LA LIBERTAD- 2017

Sub tramo : MOCHE Departamento : LA LIBERTAD

Cliente : DEL RÍO HUAMÁN YORKA ANTONELLY Fecha : 10/01/2017

MTC E 107 - 2000

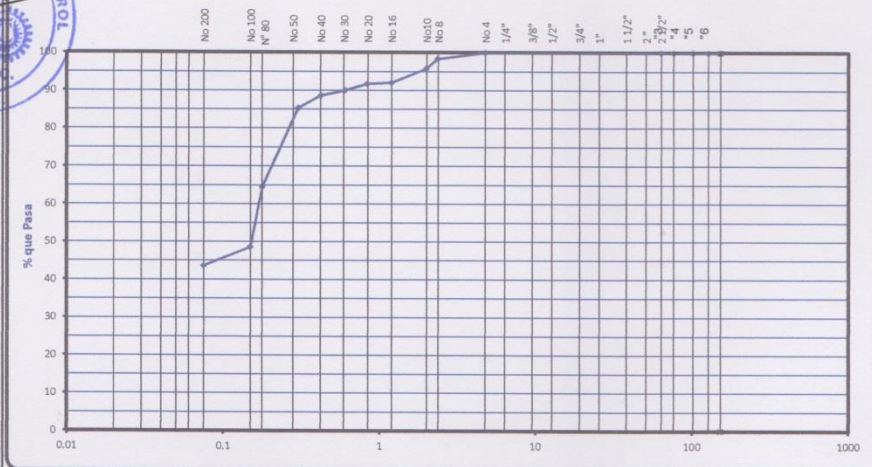
SECTOR : CURVA DE SUN - MOCHE
LADO : DERECHO
MUESTRA : M - 2

HECHO POR : E. CASTRO
REVISADO POR : E. GUZMAN
APROBADO POR : ING F. CABRERA

Tamiz ASTM	Abertura (mm.)	Peso Retenido	% Retenido		% que Pasa	Especificaciones Obra	Descripción de Muestra
			Parcial	Acumulado			
6	152.400						Material : PLATAFORMA Muestreo : M - 2 Profundidad : 1.50 m. Piedra > a 3" : Humedad Natural : 9.8 % Limite Liquido : 32.67 Limite Plástico : 16.38 Indice de Plasticidad : 16.29 CLASIFICACION AASHTO: A-6(3) CLASIFICACION SUCS: SC - Arena Arcillosa Peso Inicial (gr) : 1257.0 Peso Fracción (gr) : Observaciones:
5"	127.000						
4"	101.600						
3"	76.200						
2 1/2"	63.500						
2"	50.800						
1 1/2"	38.100						
1"	25.400						
3/4"	19.050						
1/2"	12.700						
3/8"	9.525						
1/4"	6.350						
No. 4	4.760				100.0		
No. 8	2.380	20.1	1.6	1.6	98.4		
No. 10	2.000	32.7	2.6	4.2	95.8		
No. 16	1.190	46.5	3.7	7.9	92.1		
No. 20	0.834	3.8	0.3	8.2	91.8		
No. 30	0.600	21.4	1.7	9.9	90.1		
No. 40	0.420	17.6	1.4	11.3	88.7		
No. 50	0.300	42.7	3.4	14.7	85.3		
No. 60	0.250						
No. 80	0.177	261.5	20.8	35.5	64.5		
No. 100	0.149	199.9	15.9	51.4	48.6		
No. 200	0.075	61.6	4.9	56.3	43.7		
-200		549.2	43.7	100.0			



CURVA GRANULOMETRICA



OBS. :



DETERMINACION DE LOS LIMITES DE CONSISTENCIA Y HUMEDAD NATURAL

Proyecto :	OPTIMIZACIÓN DE LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS PROVENIENTES DEL SECTOR CURVA DEL SUN - CAMPIÑA DE MOCHE, CON CONCRETO RECICLADO PARA PAVIMENTACIÓN, PROVINCIA DE TRUJILLO, LA LIBERTAD- 2017		
Sub tramo :	MOCHE	Departamento :	LA LIBERTAD
Cliente :	DEL RÍO HUAMÁN YORKA ANTONELLY	Fecha :	10/01/2017

SECTOR : CURVA DE SUN - MOCHE
LADO : DERECHO
MUESTRA : M - 2

HECHO POR : E. CASTRO
REVISADO POR : E. GUZMAN
APROBADO POR : ING F. CABRERA

LIMITE PLASTICO (MTC E 111 - 2000)

Capsula Nro	26	27	PROMEDIO
Peso de la Capsula (gr)	5.12	6.42	
Peso de la Capsula+Suelo Humedo (gr)	15.85	15.63	
Peso de la Capsula+Suelo Seco (gr)	14.38	14.30	
Peso del Agua (gr)	1.47	1.33	
Peso del Suelo Seco (gr)	9.26	7.88	
Contenido de Humedad (%)	15.87	16.88	16.38

HUMEDAD NATURAL (MTC E 108 - 2000)

51	52	PROMEDIO
305.0	326.0	
1090.1	1370.2	
1016.0	1282.0	
74.1	88.2	
711.0	956.0	
10.42	9.23	9.82

LIMITE LIQUIDO (MTC E 110 - 2000) Método "A"

Capsula Nro	26	27	28
Peso de la Capsula (gr)	12.56	16.52	11.25
Peso de la Capsula+Suelo Humedo (gr)	36.01	40.52	38.01
Peso de la Capsula+Suelo Seco (gr)	29.95	34.56	31.57
Numero de Golpes	14	23	32
Peso del agua (g)	6.06	5.96	6.44
Peso del Suelo Seco (gr)	17.39	18.04	20.32
Contenido de Humedad (%)	34.85	33.04	31.69

RESULTADOS ESPECIFICADO

	RESULTADOS	ESPECIFICADO
L.L. :	32.67	-----
L.P. :	16.38	-----
I.P. :	16.29	-----



GRAFICO DE LIMITE LIQUIDO



OBSERVACIONES:

INGENIERIA QUALITY CONTROL S.A.C.

TECNOLOGIA, EXCELENCIA Y EXPERIENCIA A SU SERVICIO.



COMPACTACION DE SUELOS EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGIA MODIFICADA

Proyecto :	OPTIMIZACIÓN DE LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS PROVENIENTES DEL SECTOR CURVA DEL SUN - CAMPIÑA DE MOCHE, CON CONCRETO RECICLADO PARA PAVIMENTACIÓN, PROVINCIA DE TRUJILLO, LA LIBERTAD- 2017		
Sub tramo :	MOCHE	Departamento :	LA LIBERTAD
Cliente :	DEL RIO HUAMÁN YORKA ANTONELLY	Fecha :	10/01/2017

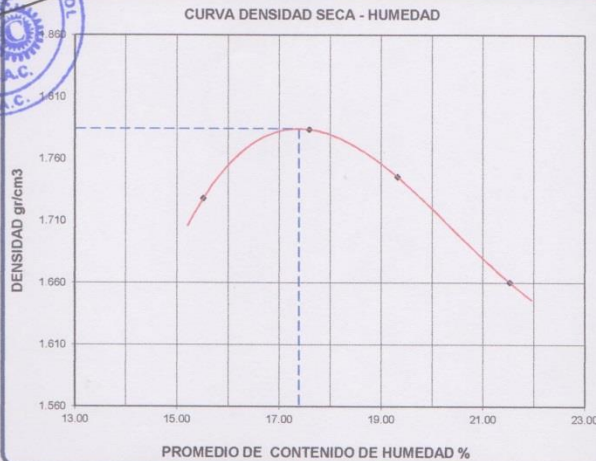
(MTC E 115 - 2000)

SECTOR : CURVA DE SUN - MOCHE
LADO : DERECHO

HECHO POR : E. CASTRO
REVISADO POR : E. GUZMAN
APROBADO POR : ING F. CABRERA

MUESTRA : M - 2

Metodo de compactacion	A				
Numero de golpes	25				
Numero de capas	5				
CALCULO DE DENSIDAD HUMEDA					
1. Peso suelo humedo. + molde	gr	6001	6096	6082	6021
2. Peso del molde	gr	4126	4126	4126	4126
3. Volumen del molde	cc	939	939	939	939
4. Peso suelo humedo	gr	1875	1970	1956	1895
5. Densidad suelo humedo	gr/cc	1.997	2.098	2.083	2.018
CALCULO DE HUMEDAD					
6. Capsula N°		67	68	69	70
7. Peso del suelo humedo.+ capsula	gr	1135.7	1133.6	1161.8	1149.0
8. Peso del suelo seco+capsula	gr	1026.0	1011.0	1025.0	1000.0
9. Peso del agua	gr	109.7	122.6	136.8	149.0
10. Peso de la capsula	gr	319.0	314.0	317.0	308.0
11. Peso del suelo seco	gr	707.0	697.0	708.0	692.0
12. Contenido de humedad	%	15.52	17.59	19.32	21.53
13. Promedio de cont. de humedad	%	15.52	17.59	19.32	21.53
CALCULO DE DENSIDAD SECA					
14. Densidad seca del suelo	gr/cc	1.729	1.784	1.746	1.661



DATOS DE LA GRANULOMETRIA

Certificado:
Finos < No 4 100.0 %
Gruesos > No 4, < 3/4" 0.0

RESULTADOS

Humedad óptima (%) 17.39
Densidad Máxima (gr/cc) 1.785

Observaciones:

INGENIERIA QUALITY CONTROL S.A.C.

TECNOLOGIA, EXCELENCIA Y EXPERIENCIA A SU SERVICIO.



VALOR DE RELACION DE SOPORTE (C.B.R.) DE SUELOS (LABORATORIO)

Proyecto :	OPTIMIZACIÓN DE LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS PROVENIENTES DEL SECTOR CURVA DEL SUN – CAMPIÑA DE MOCHE, CON CONCRETO RECICLADO PARA PAVIMENTACIÓN, PROVINCIA DE TRUJILLO, LA LIBERTAD– 2017		
Sub tramo :	MOCHE	Departamento :	LA LIBERTAD
Cliente :	DEL RÍO HUAMÁN YORKA ANTONELLY	Fecha :	10/01/2017

SECTOR : CURVA DE SUN - MOCHE
LADO : DERECHO

HECHO POR : E. CASTRO
REVISADO POR : E. GUZMAN
APROBADO POR : ING F. CABRERA

MUESTRA : M - 2

DATOS DEL PROCTOR

MAXIMA DENSIDAD SECA	:	1.785	gr/cc
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	:	17.39	%

CAPACIDAD :	2000	Lbs.
ANILLO :	2	

(MTC E132 - 2000)

		9		10		11	
		NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Molde N°		9		10		11	
N° Capa		5		5		5	
Golpes por capa N°		56		25		12	
Cond. de la muestra		NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso molde + suelo húmedo	(gr)	12281	12298	12146	12220	11050	11080
Peso de molde	(gr)	7869	7869	7957	7957	7106	7106
Peso del suelo húmedo	(gr)	4412	4429	4189	4263	3944	3974
Volumen del molde	(cm ³)	2105	2105	2105	2105	2133	2133
Densidad húmeda	(gr/cm ³)	2.096	2.104	1.990	2.025	1.849	1.863
Humedad	(%)	17.39	17.55	17.52	17.63	17.61	17.67
Densidad seca	(gr/cm ³)	1.786	1.790	1.693	1.721	1.572	1.583
Tarro N°		57	58	59	60	61	62
Tarro + Suelo húmedo	(gr)	1149.80	1186.90	1194.20	1191.20	1264.50	1286.20
Tarro + Suelo seco	(gr)	1026.00	1057.00	1064.00	1059.00	1124.00	1139.00
Peso del Agua	(gr)	123.80	129.90	130.20	132.20	140.50	147.20
Peso del tarro	(gr)	314.00	317.00	321.00	309.00	326.00	306.00
Peso del suelo seco	(gr)	712.00	740.00	743.00	750.00	798.00	833.00
Humedad	(%)	17.39	17.55	17.52	17.63	17.61	17.67

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
10/01/2017	09:35:00	0	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0
11/01/2017	09:35:00	24	6.00	0.2	0.1	9.00	0.2	0.2	13.00	0.3	0.3
12/01/2017	09:35:00	48	10.00	0.3	0.2	12.00	0.3	0.3	16.00	0.4	0.4
13/01/2017	09:35:00	72	15.00	0.4	0.3	16.00	0.4	0.4	18.00	0.5	0.4
14/01/2017	09:35:00	96	7.00	0.2	0.2	9.00	0.2	0.2	12.00	0.3	0.3

PENETRACION

PENETRACION mm	CARGA STAND. kg/cm ²	MOLDE N° 9				MOLDE N° 10				MOLDE N° 11			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Dial (div)	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Dial (div)	kg/cm ²	kg/cm ²	%
0.000		0	0			0	0			0	0		
0.025		20	1			16	1			13	1		
0.050		55	3			45	2			37	2		
0.075		94	4			77	4			63	3		
0.100	70.3	110	5	5.1	7.2	90	4	4.18	5.9	74	3	3.45	4.9
0.125		138	6			113	5			93	4		
0.150		160	7			131	6			107	5		
0.200	105.5	196	9	8.7	8.6	161	7	7.17	6.8	132	6	5.91	5.6
0.300		250	11			205	9			168	8		
0.400		292	13			239	11			196	9		
0.500		315	14			258	11			212	9		





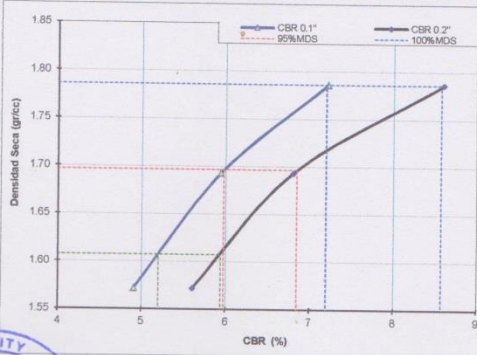
VALOR DE RELACION DE SOPORTE (C.B.R.) DE SUELOS (LABORATORIO)

Proyecto :	OPTIMIZACIÓN DE LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS PROVENIENTES DEL SECTOR CURVA DEL SUN - CAMPIÑA DE MOCHE, CON CONCRETO RECICLADO PARA PAVIMENTACIÓN, PROVINCIA DE TRUJILLO, LA LIBERTAD- 2017		
Sub tramo :	MOCHE	Departamento :	LA LIBERTAD
Ciente :	DEL RIO HUAMÁN YORKA ANTONELLY	Fecha :	10/01/2017

(MTC E132 - 2000)

SECTOR : CURVA DE SUN - MOCHE	HECHO POR : E. CASTRO
LADO : DERECHO	REVISADO POR : E. GUZMAN
MUESTRA : M - 2	APROBADO POR : ING F. CABRERA

GRAFICO DE PENETRACION DE CBR

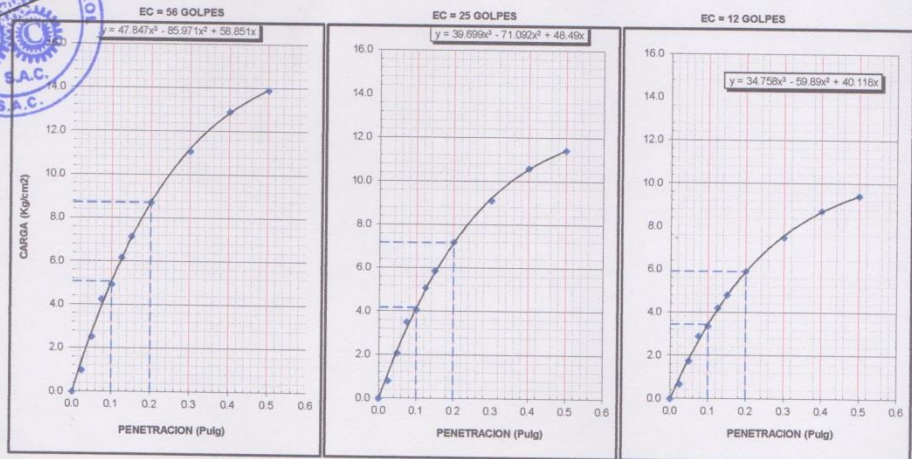


RESULTADOS:

C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1": 7.2	0.2": 8.6
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1": 6.0	0.2": 6.8
C.B.R. AL 90% DE M.D.S. (%)	0.1": 5.2	0.2": 5.9

Datos del Proctor		
Densidad Seca	1.785	gr/cc
Optimo Humedad	17.39	%

OBSERVACIONES:



INGENIERIA QUALITY CONTROL S.A.C.

TECNOLOGIA, EXCELENCIA Y EXPERIENCIA A SU SERVICIO.



ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

Proyecto : OPTIMIZACIÓN DE LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS PROVENIENTES DEL SECTOR CURVA DEL SUN - CAMPIÑA DE MOCHE, CON CONCRETO RECICLADO PARA PAVIMENTACIÓN, PROVINCIA DE TRUJILLO, LA LIBERTAD- 2017

Sub tramo : MOCHE Departamento : LA LIBERTAD
 Cliente : DEL RIO HUAMÁN YORKA ANTONELLY Fecha : 10/01/2017

MTC E 107 - 2000

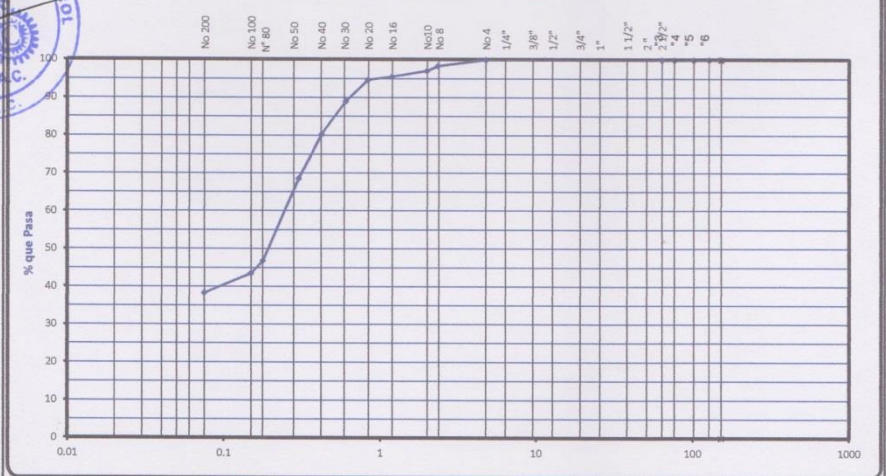
SECTOR : CURVA DE SUN - MOCHE
 LADO : DERECHO
 MUESTRA : M - 3

HECHO POR : E. CASTRO
 REVISADO POR : E. GUZMAN
 APROBADO POR : ING F. CABRERA

Tamiz ASTM	Abertura (mm.)	Peso Retenido	% Retenido		% que Pasa	Especificaciones Obra	Descripción de Muestra
			Parcial	Acumulado			
6	152.400						Material : PLATAFORMA Muestreo : M - 3 Profundidad : 1.50 m. Piedra > a 3" : Humedad Natural : 10.0 % Limite Líquido : 26.30 Limite Plástico : 15.65 Indice de Plasticidad : 10.65
5"	127.000						
4"	101.600						
3"	76.200						
2 1/2"	63.500						
2"	50.800						
1 1/2"	38.100						
1"	25.400						
3/4"	19.050						
1/2"	12.700						
3/8"	9.525						
1/4"	6.350						
No. 4	4.760				100.0	CLASIFICACION AASHTO: A-6(1)	
No. 8	2.360	13.7	1.6	1.6	98.4	CLASIFICACION SUCS: SC	
No. 10	2.000	11.6	1.4	2.9	97.1	- Arena Arcillosa	
No. 16	1.190	12.6	1.5	4.4	95.6	Peso Inicial (gr) : 858.2	
No. 20	0.834	7.7	0.9	5.3	94.7	Peso Fracción (gr) :	
No. 30	0.600	48.8	5.7	11.0	89.0	Observaciones:	
No. 40	0.420	75.3	8.8	19.8	80.2		
No. 50	0.300	99.8	11.6	31.4	68.6		
No. 60	0.250						
No. 80	0.177	187.1	21.8	53.2	46.8		
No. 100	0.149	28.8	3.4	56.6	43.4		
No. 200	0.075	43.8	5.1	61.7	38.3		
-200		329.0	38.3	100.0			



CURVA GRANULOMETRICA



OBS. :



DETERMINACION DE LOS LIMITES DE CONSISTENCIA Y HUMEDAD NATURAL

Proyecto :	OPTIMIZACIÓN DE LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS PROVENIENTES DEL SECTOR CURVA DEL SUN - CAMPIÑA DE MOCHE, CON CONCRETO RECICLADO PARA PAVIMENTACIÓN, PROVINCIA DE TRUJILLO, LA LIBERTAD- 2017		
Sub tramo :	MOCHE	Departamento :	LA LIBERTAD
Cliente :	DEL RÍO HUAMÁN YORKA ANTONELLY	Fecha :	10/01/2017

SECTOR : CURVA DE SUN - MOCHE
 LADO : DERECHO
 0 0-000
 MUESTRA : M - 3

HECHO POR : E. CASTRO
 REVISADO POR : E. GUZMAN
 APROBADO POR : ING F. CABRERA

LIMITE PLASTICO (MTC E 111 - 2000)

Capsula Nro	29	30	PROMEDIO
Peso de la Capsula (gr)	6.24	6.79	
Peso de la Capsula+Suelo Humedo (gr)	12.86	14.77	
Peso de la Capsula+Suelo Seco (gr)	11.94	13.72	
Peso del Agua (gr)	0.92	1.05	
Peso del Suelo Seco (gr)	5.70	6.93	
Contenido de Humedad (%)	16.14	15.15	15.65

HUMEDAD NATURAL (MTC E 108 - 2000)

	79	80	PROMEDIO
	312.0	325.0	
	998.1	1020.9	
	924.7	968.9	
	73.4	52.0	
	612.7	643.9	
	11.98	8.08	10.03

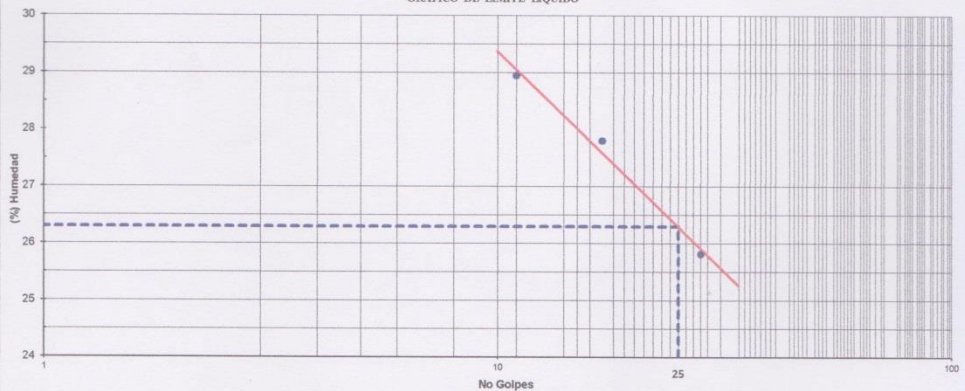
LIMITE LIQUIDO (MTC E 110 - 2000) Método "A"

Capsula Nro	43	44	45
Peso de la Capsula (gr)	12.84	14.56	10.48
Peso de la Capsula+Suelo Humedo (gr)	34.53	38.23	35.87
Peso de la Capsula+Suelo Seco (gr)	29.66	33.08	30.66
Numero de Golpes	11	17	28
Peso del agua (g)	4.87	5.15	5.21
Peso del Suelo Seco (gr)	16.82	18.52	20.18
Contenido de Humedad (%)	28.95	27.81	25.82

RESULTADOS ESPECIFICADO

L.L. :	26.30	-----
L.P. :	15.65	-----
I.P. :	10.65	-----

GRAFICO DE LIMITE LIQUIDO



OBSERVACIONES:



INGENIERIA QUALITY CONTROL S.A.C.

TECNOLOGIA, EXCELENCIA Y EXPERIENCIA A SU SERVICIO.

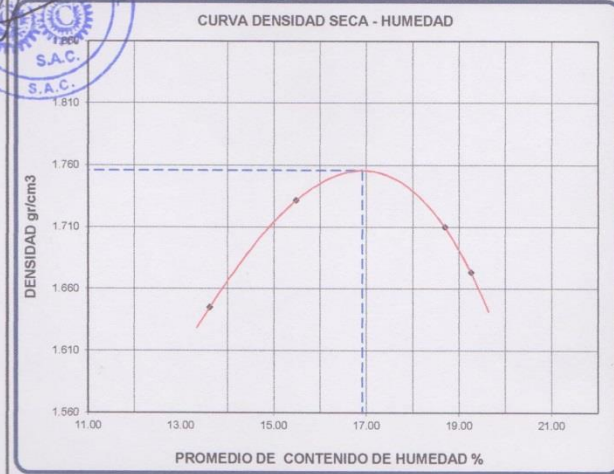


COMPACTACION DE SUELOS EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGIA MODIFICADA	
Proyecto : OPTIMIZACIÓN DE LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS PROVENIENTES DEL SECTOR CURVA DEL SUN – CAMPIÑA DE MOCHE, CON CONCRETO RECICLADO PARA PAVIMENTACIÓN, PROVINCIA DE TRUJILLO, LA LIBERTAD- 2017	
Sub tramo : MOCHE	Departamento : LA LIBERTAD
Ciente : DEL RÍO HUAMÁN YORKA ANTONELLY	Fecha : 10/01/2017

(MTC E 115 - 2000)

SECTOR : CURVA DE SUN - MOCHE	HECHO POR : E. CASTRO
LADO : DERECHO	REVISADO POR : E. GUZMAN
MUESTRA : M - 3	APROBADO POR : ING F. CABRERA

Metodo de compactacion		A			
Numero de golpes		25			
Numero de capas		5			
CALCULO DE DENSIDAD HUMEDA					
1. Peso suelo humedo. + molde	gr	5881	6004	6032	6000
2. Peso del molde	gr	4126	4126	4126	4126
3. Volumen del molde	cc	939	939	939	939
4. Peso suelo humedo	gr	1755	1878	1906	1874
5. Densidad suelo humedo	gr/cc	1.869	2.000	2.030	1.996
CALCULO DE HUMEDAD					
6. Capsula N°		55	56	57	58
7. Peso del suelo húmedo.+ capsula	gr	1304.6	1290.0	1307.9	1351.1
8. Peso del suelo seco+capsula	gr	1185.5	1159.4	1151.4	1184.1
9. Peso del agua	gr	119.1	130.6	156.5	167.0
10. Peso de la capsula	gr	311.0	316.0	314.0	317.0
11. Peso del suelo seco	gr	874.5	843.4	837.4	867.1
12. Contenido de humedad	%	13.62	15.48	18.69	19.26
13. Promedio de cont. de humedad	%	13.62	15.48	18.69	19.26
CALCULO DE DENSIDAD SECA					
14. Densidad seca del suelo	gr/cc	1.645	1.732	1.710	1.673



DATOS DE LA GRANULOMETRIA	
Certificado:	
Finos < No 4	100.0 %
Gruesos > No 4, < 3/4"	0.0

RESULTADOS	
Humedad óptima (%)	16.91
Densidad Máxima (gr/cc)	1.756

Observaciones:

INGENIERIA QUALITY CONTROL S.A.C.

TECNOLOGIA, EXCELENCIA Y EXPERIENCIA A SU SERVICIO.



VALOR DE RELACION DE SOPORTE (C.B.R.) DE SUELOS (LABORATORIO)			
Proyecto :	OPTIMIZACIÓN DE LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS PROVENIENTES DEL SECTOR CURVA DEL SUN – CAMPIÑA DE MOCHE, CON CONCRETO RECICLADO PARA PAVIMENTACIÓN, PROVINCIA DE TRUJILLO, LA LIBERTAD– 2017		
Sub tramo :	MOCHE	Departamento :	LA LIBERTAD
Cliente :	DEL RÍO HUAMÁN YORKA ANTONELLY	Fecha :	10/01/2017

SECTOR : CURVA DE SUN - MOCHE	HECHO POR : E. CASTRO
LADO : DERECHO	REVISADO POR : E. GUZMAN
MUESTRA : M - 3	APROBADO POR : ING F. CABRERA

DATOS DEL PROCTOR		CAPACIDAD : 2000 Lbs.	
MAXIMA DENSIDAD SECA :	1.756 gr/cc	ANILLO :	2
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD :	16.91 %		

(MTC E132 - 2000)

	9		10		11	
	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Molde N°	9		10		11	
N° Capa	5		5		5	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Cond. de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso molde + suelo húmedo (gr)	12193	12268	11997	12042	11025	11080
Peso de molde (gr)	7869	7869	7957	7957	7106	7106
Peso del suelo húmedo (gr)	4324	4399	4040	4085	3919	3974
Volumen del molde (cm3)	2105	2105	2105	2105	2133	2133
Densidad húmeda (gr/cm3)	2.054	2.090	1.919	1.941	1.838	1.863
Humedad (%)	16.92	17.83	17.59	18.41	18.18	19.34
Densidad seca (gr/cm3)	1.757	1.774	1.632	1.639	1.555	1.561
Tarro N°	57		59		61	
Tarro + Suelo húmedo (gr)	1148.80	1176.00	1199.40	1211.30	1197.00	1209.40
Tarro + Suelo seco (gr)	1028.00	1046.00	1068.00	1071.00	1063.00	1063.00
Peso del Agua (gr)	120.80	130.00	131.40	140.30	134.00	146.40
Peso del tarro (gr)	314.00	317.00	321.00	309.00	326.00	306.00
Peso del suelo seco (gr)	714.00	729.00	747.00	762.00	737.00	757.00
Humedad (%)	16.92	17.83	17.59	18.41	18.18	19.34

FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
10/01/2017	09:20:00	0	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0
11/01/2017	09:20:00	24	12.00	0.3	0.3	38.00	1.0	0.8	59.00	1.5	1.3
12/01/2017	09:20:00	48	39.00	1.0	0.9	52.00	1.3	1.1	80.00	2.0	1.8
13/01/2017	09:20:00	72	18.00	0.5	0.4	24.00	0.6	0.5	41.00	1.0	0.9
14/01/2017	09:20:00	96	9.00	0.2	0.2	15.00	0.4	0.3	27.00	0.7	0.6

PENETRACION pulg	CARGA STAND. kg/cm2	MOLDE N° 6				MOLDE N° 7				MOLDE N° 8			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%	Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%	Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%
0.000		0	0			0	0			0	0		
0.025		24	1			20	1			17	1		
0.050		73	3			60	3			50	2		
0.075		96	4			79	4			66	3		
0.100	70.3	132	6	6.0	8.5	108	5	4.94	7.0	90	4	4.10	5.8
0.125		165	7			135	6			112	5		
0.150		193	9			158	7			131	6		
0.200	105.5	248	11	10.8	10.2	203	9	8.87	8.4	168	8	7.46	7.1
0.300		328	14			271	12			229	10		
0.400		384	17			318	14			274	12		
0.500		436	19			365	16			312	14		





VALOR DE RELACION DE SOPORTE (C.B.R.) DE SUELOS (LABORATORIO)

Proyecto : OPTIMIZACIÓN DE LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS PROVENIENTES DEL SECTOR CURVA DEL SUN - CAMPIÑA DE MOCHE, CON CONCRETO RECICLADO PARA PAVIMENTACIÓN, PROVINCIA DE TRUJILLO, LA LIBERTAD- 2017

Sub tramo : MOCHE Departamento : LA LIBERTAD

Cliente : DEL RIO HUAMÁN YORKA ANTONELLY Fecha : 10/01/2017

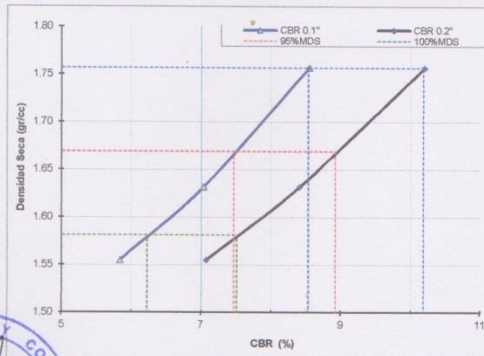
(MTC E132 - 2000)

SECTOR : CURVA DE SUN - MOCHE
LADO : DERECHO

HECHO POR : E. CASTRO
REVISADO POR : E. GUZMAN
APROBADO POR : ING F. CABRERA

MUESTRA : M - 3

GRAFICO DE PENETRACION DE CBR



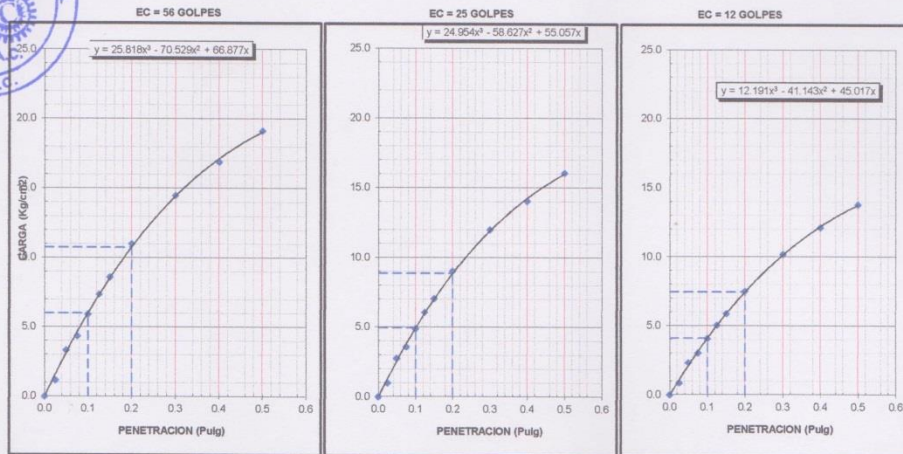
RESULTADOS:

C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1": 8.5	0.2": 10.2
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1": 7.5	0.2": 8.9
C.B.R. AL 90% DE M.D.S. (%)	0.1": 6.2	0.2": 7.5

Datos del Proctor

Densidad Seca	1.756	gr/cc
Optimo Humedad	16.91	%

OBSERVACIONES:



INGENIERIA QUALITY CONTROL S.A.C.

TECNOLOGIA, EXCELENCIA Y EXPERIENCIA A SU SERVICIO.



ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

Proyecto : OPTIMIZACIÓN DE LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS PROVENIENTES DEL SECTOR CURVA DEL SUN – CAMPIÑA DE MOCHE, CON CONCRETO RECICLADO PARA PAVIMENTACIÓN, PROVINCIA DE TRUJILLO, LA LIBERTAD-2017

Sub tramo : MOCHE Departamento : LA LIBERTAD
 Cliente : DEL RÍO HUAMÁN YORKA ANTONELLY Fecha : 17/01/2017

MTC E 107 - 2000

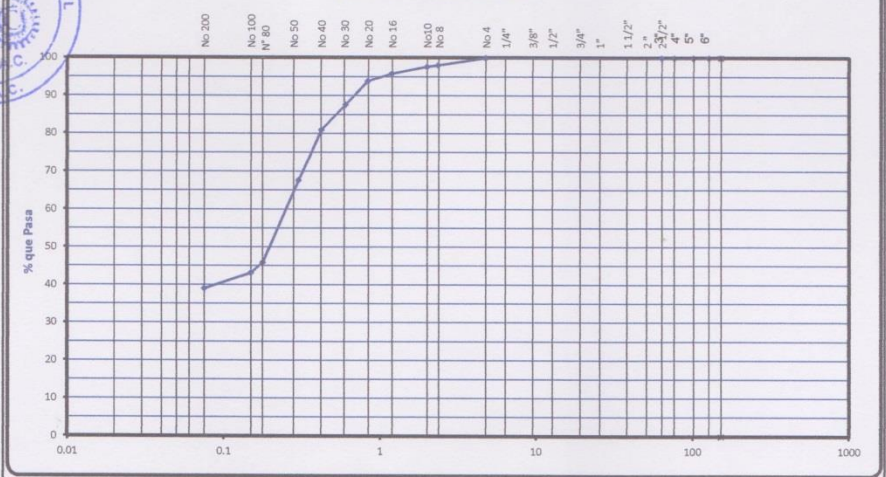
SECTOR : CURVA DE SUN - MOCHE
 LADO : DERECHO
 MUESTRA : M - 4

HECHO POR : E. CASTRO
 REVISADO POR : E. GUZMAN
 APROBADO POR : ING F. CABRERA

Tamiz ASTM	Abertura (mm.)	Peso Retenido	% Retenido		% que Pasa	Especificaciones Obra	Descripción de Muestra
			Parcial	Acumulado			
6	152.400						Material : PLATAFORMA Muestreo : M - 4 Profundidad : 1.50 m. Piedra > a 3" : Humedad Natural : 11.3 % Límite Líquido : 26.79 Límite Plástico : 15.51 Índice de Plasticidad : 11.28 CLASIFICACION AASHTO: A-6(1) CLASIFICACION SUCS: SC - Arena Arcillosa Peso Inicial (gr) : 815.7 Peso Fracción (gr) : Observaciones:
5"	127.000						
4"	101.600						
3"	76.200						
2 1/2"	63.500						
2"	50.800						
1 1/2"	38.100						
1"	25.400						
3/4"	19.050						
1/2"	12.700						
3/8"	9.525						
1/4"	6.350						
No. 4	4.760				100.0		
No. 8	2.360	15.6	1.9	1.9	98.1		
No. 10	2.000	3.7	0.5	2.4	97.6		
No. 16	1.190	14.4	1.8	4.1	95.9		
No. 20	0.834	16.2	2.0	6.1	93.9		
No. 30	0.600	51.2	6.3	12.4	87.6		
No. 40	0.420	54.7	6.7	19.1	80.9		
No. 50	0.300	108.2	13.3	32.4	67.6		
No. 60	0.250						
No. 80	0.177	176.9	21.7	54.1	45.9		
No. 100	0.149	23.1	2.8	56.9	43.1		
No. 200	0.075	33.7	4.1	61.0	39.0		
No. 300		318.0	39.0	100.0			



CURVA GRANULOMETRICA



OBS. :



DETERMINACION DE LOS LIMITES DE CONSISTENCIA Y HUMEDAD NATURAL

Proyecto :	OPTIMIZACIÓN DE LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS PROVENIENTES DEL SECTOR CURVA DEL SUN - CAMPIÑA DE MOCHE, CON CONCRETO RECICLADO PARA PAVIMENTACIÓN, PROVINCIA DE TRUJILLO, LA LIBERTAD- 2017		
Sub tramo :	MOCHE	Departamento :	LA LIBERTAD
Cliente :	DEL RÍO HUAMÁN YORKA ANTONELLY	Fecha :	17/01/2017

SECTOR : CURVA DE SUN - MOCHE
LADO : DERECHO
MUESTRA : M - 4

HECHO POR : E. CASTRO
REVISADO POR : E. GUZMAN
APROBADO POR : ING F. CABRERA

LIMITE PLASTICO (MTC E 111 - 2000)

Capsula Nro	45	46	PROMEDIO
Peso de la Capsula (gr)	7.08	7.69	
Peso de la Capsula+Suelo Humedo (gr)	16.95	14.25	
Peso de la Capsula+Suelo Seco (gr)	15.55	13.42	
Peso del Agua (gr)	1.40	0.83	
Peso del Suelo Seco (gr)	8.47	5.73	
Contenido de Humedad (%)	16.53	14.49	15.51

HUMEDAD NATURAL (MTC E 108 - 2000)

95	96	PROMEDIO
305.0	309.0	
1146.9	999.8	
1055.8	934.9	
91.1	64.9	
750.8	625.9	
12.13	10.37	11.25

LIMITE LIQUIDO (MTC E 110 - 2000) Método "A"

Capsula Nro	42	43	44
Peso de la Capsula (gr)	16.54	12.84	14.56
Peso de la Capsula+Suelo Humedo (gr)	38.47	36.42	39.64
Peso de la Capsula+Suelo Seco (gr)	33.45	31.24	34.40
Numero de Golpes	14	19	27
Peso del agua (g)	5.02	5.18	5.24
Peso del Suelo Seco (gr)	16.91	18.40	19.84
Contenido de Humedad (%)	29.69	28.15	26.41

RESULTADOS ESPECIFICADO

L.L. :	26.79	-----
L.P. :	15.51	-----
I.P. :	11.28	-----



GRAFICO DE LIMITE LIQUIDO



OBSERVACIONES:

INGENIERIA QUALITY CONTROL S.A.C.

TECNOLOGIA, EXCELENCIA Y EXPERIENCIA A SU SERVICIO.

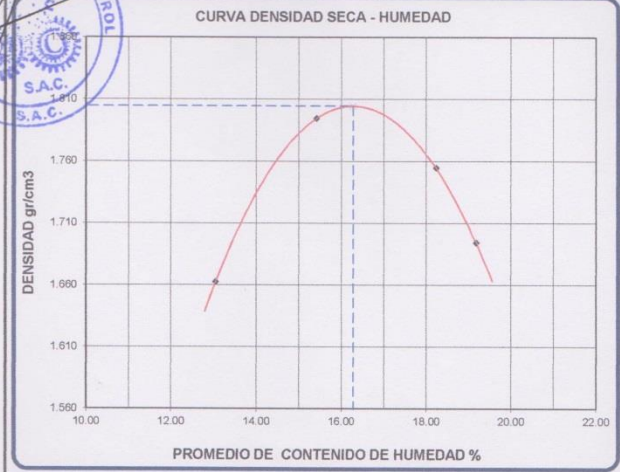


COMPACTACION DE SUELOS EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGIA MODIFICADA			
Proyecto :	OPTIMIZACIÓN DE LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS PROVENIENTES DEL SECTOR CURVA DEL SUN - CAMPIÑA DE MOCHE, CON CONCRETO RECICLADO PARA PAVIMENTACIÓN, PROVINCIA DE TRUJILLO, LA LIBERTAD- 2017		
Sub tramo :	MOCHE	Departamento :	LA LIBERTAD
Cliente :	DEL RÍO HUAMÁN YORKA ANTONELLY	Fecha :	17/01/2017

(MTC E 115 - 2000)

SECTOR : CURVA DE SUN - MOCHE	HECHO POR : E. CASTRO
LADO : DERECHO	REVISADO POR : E. GUZMAN
MUESTRA : M - 4	APROBADO POR : ING F. CABRERA

Metodo de compactacion		A			
Numero de golpes		25			
Numero de capas		5			
CALCULO DE DENSIDAD HUMEDA					
1. Peso suelo humedo. + molde	gr	5891	6071	6074	6022
2. Peso del molde	gr	4126	4126	4126	4126
3. Volumen del molde	cc	939	939	939	939
4. Peso suelo humedo	gr	1765	1945	1948	1896
5. Densidad suelo humedo	gr/cc	1.880	2.071	2.075	2.019
CALCULO DE HUMEDAD					
6. Capsula N°		59	60	61	62
7. Peso del suelo húmedo.+ capsula	gr	1371.2	1340.0	1341.0	1399.4
8. Peso del suelo seco+capsula	gr	1250.0	1202.3	1184.5	1223.4
9. Peso del agua	gr	121.2	137.7	156.5	176.0
10. Peso de la capsula	gr	321.0	309.0	326.0	306.0
11. Peso del suelo seco	gr	929.0	893.3	858.5	917.4
12. Contenido de humedad	%	13.05	15.41	18.23	19.18
13. Promedio de cont. de humedad	%	13.05	15.41	18.23	19.18
CALCULO DE DENSIDAD SECA					
14. Densidad seca del suelo	gr/cc	1.663	1.795	1.755	1.694



DATOS DE LA GRANULOMETRIA	
Certificado:	
Finos < No 4	100.0 %
Gruesos > No 4, < 3/4"	0.0

RESULTADOS	
Humedad óptima (%)	16.28
Densidad Máxima (gr/cc)	1.805

Observaciones:

INGENIERIA QUALITY CONTROL S.A.C.

TECNOLOGIA, EXCELENCIA Y EXPERIENCIA A SU SERVICIO.



VALOR DE RELACION DE SOPORTE (C.B.R.) DE SUELOS (LABORATORIO)

Proyecto :	OPTIMIZACIÓN DE LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS PROVENIENTES DEL SECTOR CURVA DEL SUN – CAMPIÑA DE MOCHE, CON CONCRETO RECICLADO PARA PAVIMENTACIÓN, PROVINCIA DE TRUJILLO, LA LIBERTAD- 2017		
Sub tramo :	MOCHE	Departamento :	LA LIBERTAD
Cliente :	DEL RÍO HUAMÁN YORKA ANTONELLY	Fecha :	17/01/2017

SECTOR : CURVA DE SUN - MOCHE
LADO : DERECHO

HECHO POR : E. CASTRO
REVISADO POR : E. GUZMAN
APROBADO POR : ING F. CABRERA

MUESTRA : M - 4

DATOS DEL PROCTOR

MAXIMA DENSIDAD SECA	: 1.805 gr/cc
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	: 16.28 %

CAPACIDAD :	2000	Lbs.
ANILLO :	2	

(MTC E132 - 2000)

Molde N°	12		13		14	
	5		5		5	
N° Capa	56		25		12	
Golpes por capa N°	56		25		12	
Cond. de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso molde + suelo húmedo (gr)	11531	11579	10846	10900	11291	11360
Peso de molde (gr)	7057	7057	6647	6647	7366	7368
Peso del suelo húmedo (gr)	4474	4522	4199	4253	3925	3994
Volumen del molde (cm3)	2133	2133	2133	2133	2105	2105
Densidad húmeda (gr/cm3)	2.098	2.120	1.969	1.994	1.865	1.897
Humedad (%)	16.28	17.10	17.05	17.60	17.31	18.35
Densidad seca (gr/cm3)	1.804	1.810	1.682	1.696	1.590	1.603
Tarro N°	63	64	65	66	67	68
Tarro + Suelo húmedo (gr)	1048.70	1082.20	1078.10	1140.60	1103.10	1154.90
Tarro + Suelo seco (gr)	948.00	970.00	967.40	1018.70	987.40	1024.50
Peso del Agua (gr)	102.70	112.20	110.70	121.90	115.70	130.40
Peso del tarro (gr)	315.00	314.00	318.00	326.00	319.00	314.00
Peso del suelo seco (gr)	631.00	656.00	649.40	692.70	668.40	710.50
Humedad (%)	16.28	17.10	17.05	17.60	17.31	18.35

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
17/01/2017	09:15:00	0	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0
18/01/2017	09:15:00	24	9.00	0.2	0.2	35.00	0.9	0.8	54.00	1.4	1.2
19/01/2017	09:15:00	48	38.00	0.9	0.8	50.00	1.3	1.1	78.00	2.0	1.7
20/01/2017	09:15:00	72	23.00	0.6	0.5	28.00	0.7	0.6	37.00	0.9	0.8
21/01/2017	09:15:00	96	12.00	0.3	0.3	17.00	0.4	0.4	26.00	0.7	0.6

PENETRACION

PENETRACION pulg	CARGA STAND. kg/cm2	MOLDE N° 12				MOLDE N° 13				MOLDE N° 14			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%	Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%	Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%
0.000		0	0			0	0			0	0		
0.025		20	1			17	1			14	1		
0.050		62	3			51	2			42	2		
0.075		94	4			78	4			64	3		
0.100	70.3	118	5	5.3	7.6	98	4	4.43	6.3	80	4	3.64	5.2
0.125		142	6			118	5			97	4		
0.150		172	8			143	6			117	5		
0.200	105.5	205	9	9.1	8.6	170	8	7.65	7.3	139	6	6.33	6.0
0.300		258	11			218	10			182	8		
0.400		302	13			257	11			215	10		
0.500		322	14			271	12			228	10		



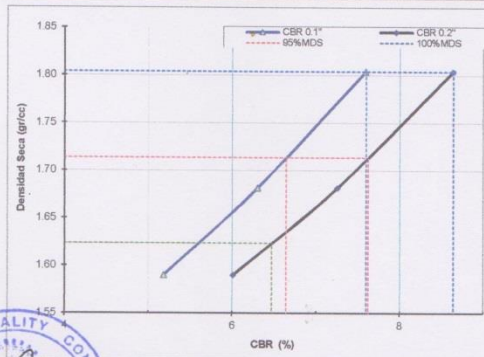


VALOR DE RELACION DE SOPORTE (C.B.R.) DE SUELOS (LABORATORIO)	
Proyecto :	OPTIMIZACIÓN DE LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS PROVENIENTES DEL SECTOR CURVA DEL SUN - CAMPIÑA DE MOCHE, CON CONCRETO RECICLADO PARA PAVIMENTACIÓN, PROVINCIA DE TRUJILLO, LA LIBERTAD- 2017
Sub tramo :	MOCHE
Departamento :	LA LIBERTAD
Ciente :	DEL RIO HUAMAN YORKA ANTONELLY
Fecha :	17/01/2017

(MTC E132 - 2000)

SECTOR : CURVA DE SUN - MOCHE	HECHO POR : E. CASTRO
LADO : DERECHO	REVISADO POR : E. GUZMAN
MUESTRA : M - 4	APROBADO POR : ING F. CABRERA

GRAFICO DE PENETRACION DE CBR

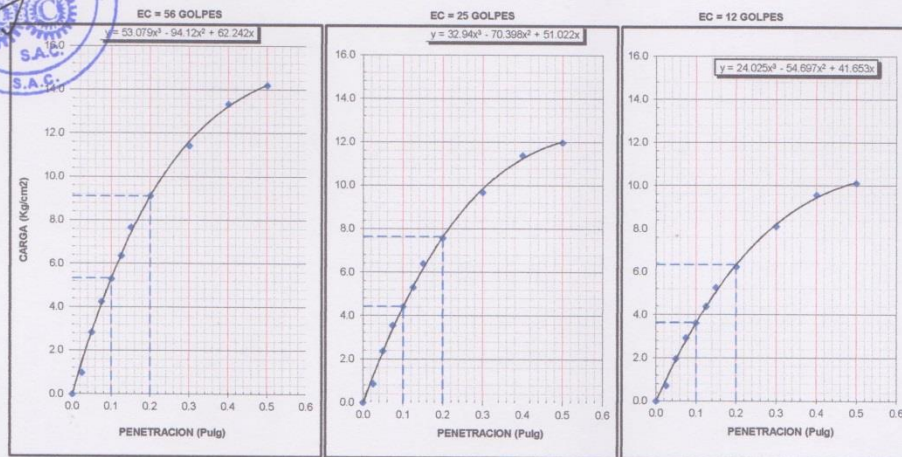


RESULTADOS:

C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1": 7.6	0.2": 8.6
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1": 6.6	0.2": 7.6
C.B.R. AL 90% DE M.D.S. (%)	0.1": 5.6	0.2": 6.5

Datos del Proctor		
Densidad Seca	1.805	gr/cc
Optimo Humedad	16.28	%

OBSERVACIONES:



INGENIERIA QUALITY CONTROL S.A.C.

TECNOLOGIA, EXCELENCIA Y EXPERIENCIA A SU SERVICIO.



ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

Proyecto : OPTIMIZACIÓN DE LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS PROVENIENTES DEL SECTOR CURVA DEL SUN – CAMPÍÑA DE MOCHE, CON CONCRETO RECICLADO PARA PAVIMENTACIÓN, PROVINCIA DE TRUJILLO, LA LIBERTAD-2017

Sub tramo : MOCHE Departamento : LA LIBERTAD

Cliente : DEL RÍO HUAMÁN YORKA ANTONELLY Fecha : 17/01/2017

MTC E 107 - 2000

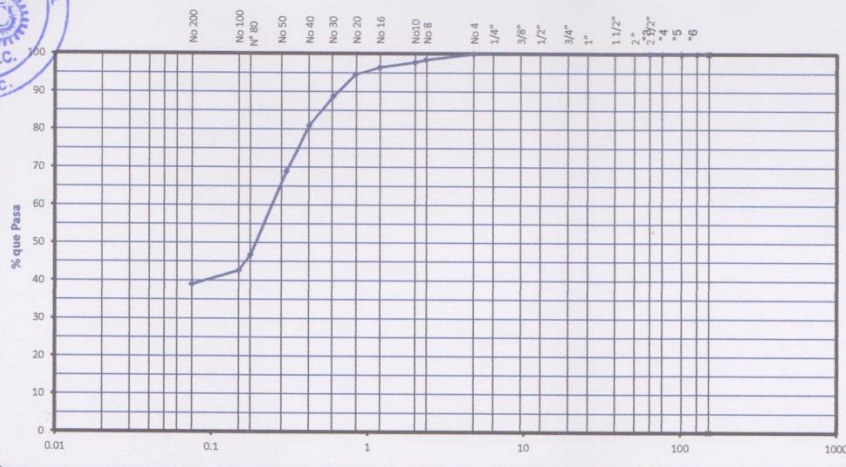
SECTOR : CURVA DE SUN - MOCHE
LADO : DERECHO
MUESTRA : M - 5

HECHO POR : E. CASTRO
REVISADO POR : E. GUZMAN
APROBADO POR : ING F. CABRERA

Tamiz ASTM	Abertura (mm.)	Peso Retenido	% Retenido		% que Pasa	Especificaciones Obra	Descripción de Muestra
			Parcial	Acumulado			
6	152.400						Material : PLATAFORMA Muestreo : M - 5 Profundidad : 1.50 m. Piedra > a 3" : Humedad Natural : 12.2 % Limite Liquido : 27.45 Limite Plástico : 15.91 Indice de Plasticidad : 11.54 CLASIFICACION AASHTO: A-6(1) CLASIFICACION SUCS: SC - Arena Arcillosa Peso Inicial (gr) : 965.2 Peso Fracción (gr) : Observaciones:
5"	127.000						
4"	101.600						
3"	76.200						
2 1/2"	63.500						
2"	50.800						
1 1/2"	38.100						
1"	25.400						
3/4"	19.050						
1/2"	12.700						
3/8"	9.525						
1/4"	6.350						
No. 4	4.760				100.0		
No. 8	2.380	14.8	1.5	1.5	98.5		
No. 10	2.000	7.0	0.7	2.3	97.7		
No. 16	1.190	13.2	1.4	3.6	96.4		
No. 20	0.834	17.2	1.8	5.4	94.6		
No. 30	0.600	56.1	5.8	11.2	88.8		
No. 40	0.420	75.0	7.8	19.0	81.0		
No. 50	0.300	116.9	12.1	31.1	68.9		
No. 60	0.250						
No. 80	0.177	213.5	22.1	53.2	46.8		
No. 100	0.149	39.4	4.1	57.3	42.7		
No. 200	0.075	35.6	3.7	61.0	39.0		
No. 300		376.5	39.0	100.0			



CURVA GRANULOMETRICA



OBS. :

INGENIERIA QUALITY CONTROL S.A.C.

TECNOLOGIA, EXCELENCIA Y EXPERIENCIA A SU SERVICIO.



DETERMINACION DE LOS LIMITES DE CONSISTENCIA Y HUMEDAD NATURAL

Proyecto :	OPTIMIZACIÓN DE LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS PROVENIENTES DEL SECTOR CURVA DEL SUN - CAMPIÑA DE MOCHE, CON CONCRETO RECICLADO PARA PAVIMENTACIÓN, PROVINCIA DE TRUJILLO, LA LIBERTAD- 2017		
Sub tramo :	MOCHE	Departamento :	LA LIBERTAD
Cliente :	DEL RÍO HUAMÁN YORKA ANTONELLY	Fecha :	17/01/2017

SECTOR : CURVA DE SUN - MOCHE
LADO : DERECHO
MUESTRA : M - 5

HECHO POR : E. CASTRO
REVISADO POR : E. GUZMAN
APROBADO POR : ING F. CABRERA

LIMITE PLASTICO (MTC E 111 - 2000)

Capsula Nro	36	37	PROMEDIO
Peso de la Capsula (gr)	6.29	6.51	
Peso de la Capsula+Suelo Humedo (gr)	14.93	12.37	
Peso de la Capsula+Suelo Seco (gr)	13.68	11.61	
Peso del Agua (gr)	1.25	0.76	
Peso del Suelo Seco (gr)	7.39	5.10	
Contenido de Humedad (%)	16.91	14.90	15.91

HUMEDAD NATURAL (MTC E 108 - 2000)

	61	62	PROMEDIO
	326.0	306.0	
	1028.1	1234.4	
	950.1	1135.6	
	78.0	98.8	
	624.1	829.6	
	12.50	11.91	12.20

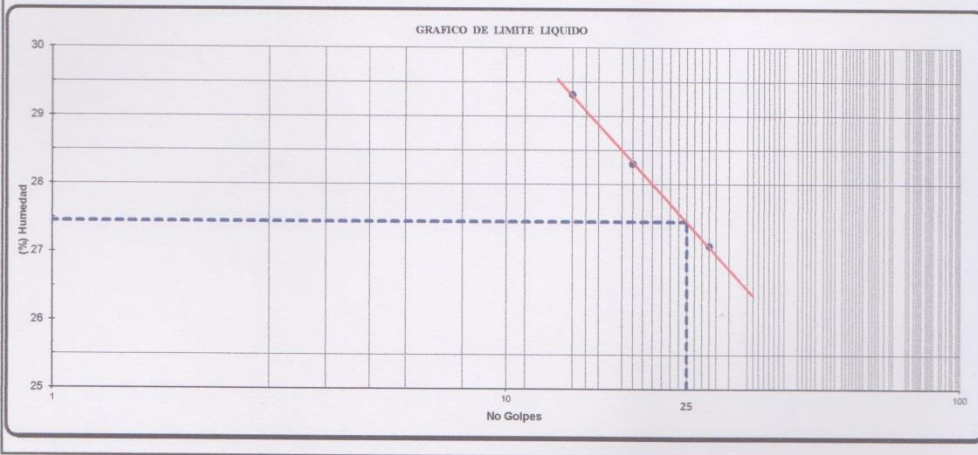
LIMITE LIQUIDO (MTC E 110 - 2000) Método "A"

Capsula Nro	41	42	43
Peso de la Capsula (gr)	15.23	16.54	12.84
Peso de la Capsula+Suelo Humedo (gr)	37.90	40.79	38.26
Peso de la Capsula+Suelo Seco (gr)	32.76	35.44	32.84
Número de Golpes	14	19	28
Peso del agua (g)	5.14	5.35	5.42
Peso del Suelo Seco (gr)	17.53	18.90	20.00
Contenido de Humedad (%)	29.32	28.31	27.10

RESULTADOS ESPECIFICADO

L.L. :	27.45	-----
L.P. :	15.91	-----
I.P. :	11.54	-----

GRAFICO DE LIMITE LIQUIDO



OBSERVACIONES:



INGENIERIA QUALITY CONTROL S.A.C.

TECNOLOGIA, EXCELENCIA Y EXPERIENCIA A SU SERVICIO.



COMPACTACION DE SUELOS EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGIA MODIFICADA

Proyecto :	OPTIMIZACIÓN DE LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS PROVENIENTES DEL SECTOR CURVA DEL SUN - CAMPIÑA DE MOCHE, CON CONCRETO RECICLADO PARA PAVIMENTACIÓN, PROVINCIA DE TRUJILLO, LA LIBERTAD- 2017		
Sub tramo :	MOCHE	Departamento :	LA LIBERTAD
Cliente :	DEL RÍO HUAMÁN YORKA ANTONELLY	Fecha :	17/01/2017

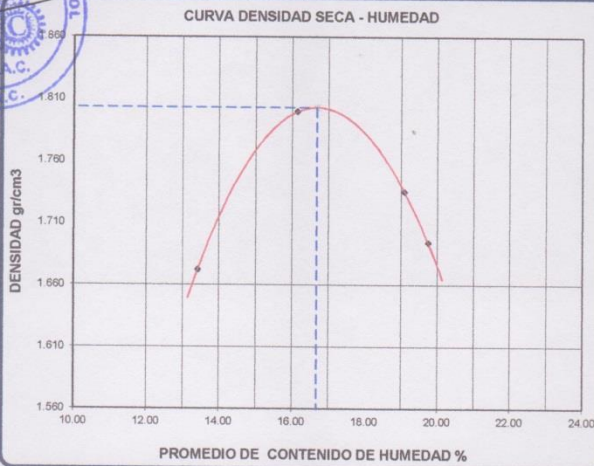
(MTC E 115 - 2000)

SECTOR : CURVA DE SUN - MOCHE
LADO : DERECHO

HECHO POR : E. CASTRO
REVISADO POR : E. GUZMAN
APROBADO POR : ING F. CABRERA

MUESTRA : M - 5

Metodo de compactacion		A			
Numero de golpes		25			
Numero de capas		5			
CALCULO DE DENSIDAD HUMEDA					
1. Peso suelo humedo. + molde	gr	5907	6089	6067	6031
2. Peso del molde	gr	4126	4126	4126	4126
3. Volumen del molde	cc	939	939	939	939
4. Peso suelo humedo	gr	1781	1963	1941	1905
5. Densidad suelo humedo	gr/cc	1.897	2.091	2.067	2.029
CALCULO DE HUMEDAD					
6. Capsula N°		63	64	65	66
7. Peso del suelo humedo.+ capsula	gr	1245.0	1264.1	1253.1	1377.4
8. Peso del suelo seco+capsula	gr	1135.0	1132.0	1103.2	1204.0
9. Peso del agua	gr	110.0	132.1	149.9	173.4
10. Peso de la capsula	gr	315.0	314.0	318.0	326.0
11. Peso del suelo seco	gr	820.0	818.0	785.2	878.0
12. Contenido de humedad	%	13.41	16.15	19.09	19.75
13. Promedio de cont. de humedad	%	13.41	16.15	19.09	19.75
CALCULO DE DENSIDAD SECA					
14. Densidad seca del suelo	gr/cc	1.672	1.800	1.736	1.694



DATOS DE LA GRANULOMETRIA

Certificado:	
Finos < No 4	100.0 %
Gruesos > No 4, < 3/4"	0.0

RESULTADOS

Humedad óptima (%)	16.88
Densidad Máxima (gr/cc)	1.803

Observaciones:

INGENIERIA QUALITY CONTROL S.A.C.

TECNOLOGIA, EXCELENCIA Y EXPERIENCIA A SU SERVICIO.



VALOR DE RELACION DE SOPORTE (C.B.R.) DE SUELOS (LABORATORIO)

Proyecto :	OPTIMIZACIÓN DE LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS PROVENIENTES DEL SECTOR CURVA DEL SUN – CAMPIÑA DE MOCHE, CON CONCRETO RECICLADO PARA PAVIMENTACIÓN, PROVINCIA DE TRUJILLO, LA LIBERTAD- 2017		
Sub tramo :	MOCHE	Departamento :	LA LIBERTAD
Cliente :	DEL RIO HUAMÁN YORKA ANTONELLY	Fecha :	17/01/2017

SECTOR : CURVA DE SUN - MOCHE
LADO : DERECHO

HECHO POR : E. CASTRO
REVISADO POR : E. GUZMAN
APROBADO POR : ING F. CABRERA

MUESTRA : M - 5

DATOS DEL PROCTOR

MAXIMA DENSIDAD SECA	:	1.803	gr/cc
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	:	16.68	%

CAPACIDAD :	2000	Lbs.
ANILLO :	2	

(MTC E132 - 2000)

Cond. de la muestra	16		17		18	
	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Molde N°	11601	11648	11752	11803	11350	11397
N° Capa	5	5	5	5	5	5
Golpes por capa N°	56	56	25	25	12	12
Peso molde + suelo húmedo (gr)	11601	11648	11752	11803	11350	11397
Peso de molde (gr)	7131	7131	7431	7431	7310	7310
Peso del suelo húmedo (gr)	4470	4517	4321	4372	4040	4087
Volumen del molde (cm3)	2123	2123	2133	2133	2105	2105
Densidad húmeda (gr/cm3)	2.105	2.127	2.028	2.050	1.919	1.942
Humedad (%)	16.68	17.58	17.51	18.20	17.91	18.92
Densidad seca (gr/cm3)	1.804	1.809	1.724	1.734	1.628	1.633
Tarro N°	69	70	71	72	73	74
Tarro + Suelo húmedo (gr)	1214.30	1221.60	1257.40	1272.70	1222.60	1283.10
Tarro + Suelo seco (gr)	1086.00	1085.00	1118.00	1125.70	1084.00	1130.50
Peso del Agua (gr)	128.30	136.60	139.40	147.00	138.60	152.60
Peso del tarro (gr)	317.00	308.00	322.00	318.00	310.00	324.00
Peso del suelo seco (gr)	769.00	777.00	796.00	807.70	774.00	806.50
Humedad (%)	16.68	17.58	17.51	18.20	17.91	18.92

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
17/01/2017	11:10:00	0	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0
18/01/2017	11:10:00	24	12.00	0.3	0.3	39.00	1.0	0.9	57.00	1.4	1.2
19/01/2017	11:10:00	48	43.00	1.1	0.9	51.00	1.3	1.1	74.00	1.9	1.6
20/01/2017	11:10:00	72	24.00	0.6	0.5	30.00	0.8	0.7	36.00	0.9	0.8
21/01/2017	11:10:00	96	13.00	0.3	0.3	20.00	0.5	0.4	28.00	0.7	0.6

PENETRACION

PENETRACION pulg	CARGA STAND. kg/cm2	MOLDE N° 15				MOLDE N° 17				MOLDE N° 18			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%	Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%	Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%
0.000		0	0			0	0			0	0		
0.025		12	1			10	1			8	0		
0.050		55	3			46	2			38	2		
0.075		87	4			72	3			60	3		
0.100	70.3	120	5	5.2	7.3	100	5	4.30	6.1	82	4	3.56	5.1
0.125		142	6			118	5			97	4		
0.150		168	8			139	6			116	5		
0.200	105.5	230	10	10.0	9.5	191	9	8.38	7.9	157	7	6.97	6.6
0.300		323	14			272	12			225	10		
0.400		392	17			328	14			274	12		
0.500		435	19			370	16			306	14		



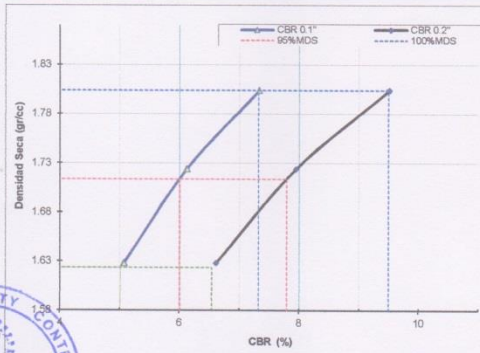
VALOR DE RELACION DE SOPORTE (C.B.R.) DE SUELOS (LABORATORIO)

Proyecto :	OPTIMIZACIÓN DE LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS PROVENIENTES DEL SECTOR CURVA DEL SUN - CAMPIÑA DE MOCHE, CON CONCRETO RECICLADO PARA PAVIMENTACIÓN, PROVINCIA DE TRUJILLO, LA LIBERTAD- 2017		
Sub tramo :	MOCHE	Departamento :	LA LIBERTAD
Cliente :	DEL RÍO HUAMÁN YORKA ANTONELLY	Fecha :	17/01/2017

(MTC E132 - 2000)

SECTOR : CURVA DE SUN - MOCHE	HECHO POR : E. CASTRO
LADO : DERECHO	REVISADO POR : E. GUZMAN
MUESTRA : M - 5	APROBADO POR : ING F. CABRERA

GRAFICO DE PENETRACION DE CBR



RESULTADOS:

C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1": 7.3	0.2": 9.5
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1": 6.0	0.2": 7.8
C.B.R. AL 90% DE M.D.S. (%)	0.1": 5.0	0.2": 6.5

Datos del Proctor

Densidad Seca	1.803	gr/cc
Optimo Humedad	16.68	%

OBSERVACIONES:



INGENIERIA QUALITY CONTROL S.A.C.

TECNOLOGIA, EXCELENCIA Y EXPERIENCIA A SU SERVICIO.



ANALISIS GRANULOMETRICO POR TAMIZADO

Proyecto :	OPTIMIZACIÓN DE LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS PROVENIENTES DEL SECTOR CURVA DEL SUN - CAMPIÑA DE MOCHE, CON CONCRETO RECICLADO PARA PAVIMENTACIÓN, PROVINCIA DE TRUJILLO, LA LIBERTAD- 2017		
Sub tramo :	MOCHE	Departamento :	LA LIBERTAD
Cliente :	DEL RIO HUAMÁN YORKA ANTONELLY	Fecha :	12/01/2017

MTC E 107 - 2000

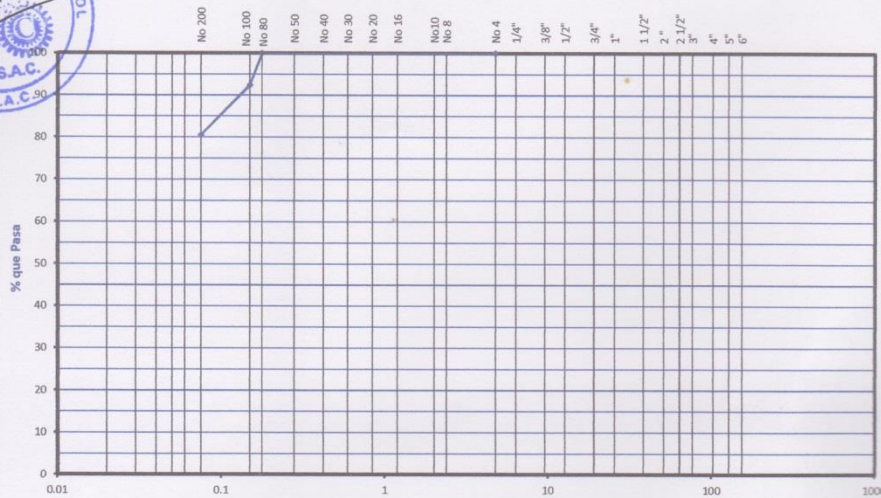
MUESTRA : CONCRETO

HECHO POR : E. CASTRO
 REVISADO POR : E. GUZMAN
 APROBADO POR : ING F. CABRERA

Tamiz ASTM	Abertura (mm.)	Peso Retenido	% Retenido		% que Pasa	Especificaciones Obra	Descripcion de Muestra
			Parcial	Acumulado			
3"	76.200						Material :
2 1/2"	63.500						Muestra : M - 1
2"	50.800						Profundidad :
1 1/2"	38.100						Piedra > a 3" :
1"	25.400						Humedad Natural :
3/4"	19.050						Limite Liquido (%) :
1/2"	12.700						Limite Plastico (%) :
3/8"	9.525						Indice de Plasticidad (%) :
1/4"	6.350						CLASIFICACION AASHTO: A-7-6
No. 4	4.760						CLASIFICACION SUCS: MH
No. 8	2.360						Suelo limoso arcilloso
No. 10	2.000						Peso Inicial (gr) : 5419.0
No. 16	1.190						Peso Fraccion (gr) : 1177.4
No. 20	0.834						Observaciones:
No. 30	0.600						
No. 40	0.420						
No. 50	0.300						
No. 60	0.250						
No. 80	0.177				100.0		
No. 100	0.149	89.0	7.6	7.6	92.4		
No. 200	0.075	140.0	11.9	19.4	80.6		
200		948.4	80.6	100.0			



CURVA GRANULOMETRICA



OBSERVACIONES: MATERIAL NATURAL

INGENIERIA QUALITY CONTROL S.A.C.

TECNOLOGIA, EXCELENCIA Y EXPERIENCIA A SU SERVICIO.



COMPACTACION DE SUELOS EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGIA MODIFICADA

Proyecto: OPTIMIZACIÓN DE LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS PROVENIENTES DEL SECTOR CURVA DEL SUN – CAMPIÑA DE MOCHE, CON CONCRETO RECICLADO PARA PAVIMENTACIÓN, PROVINCIA DE TRUJILLO, LA LIBERTAD- 2017

Sub tramo: MOCHE Departamento: LA LIBERTAD
 Cliente: DEL RÍO HUMÁN YORKA ANTONELLY Fecha: 24/01/2017

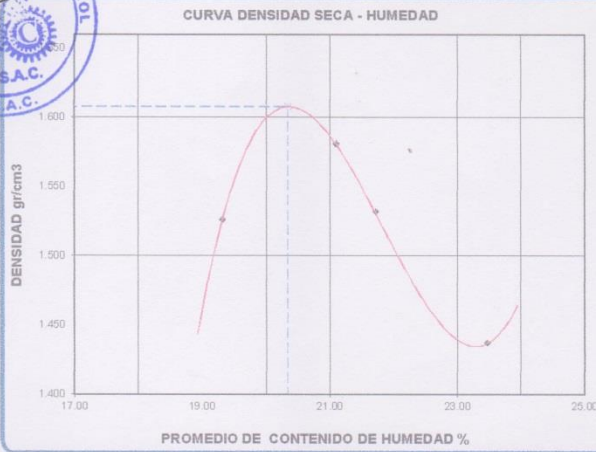
(MTC E 115 - 2000)

SECTOR : CURVA DE SUN - MOCHE
 LADO : DERECHO

HECHO POR : E. CASTRO
 REVISADO POR : E. GUZMAN
 APROBADO POR : ING F. CABRERA

MUESTRA : M-1-11

Metodo de compactacion					A
Numero de golpes					25
Numero de capas					5
CALCULO DE DENSIDAD HUMEDA					
1. Peso suelo humedo. + molde	gr	5760	5848	5801	5716
2. Peso del molde	gr	4050	4050	4050	4050
3. Volumen del molde	cc	939	939	939	939
4. Peso suelo humedo	gr	1710	1798	1751	1666
5. Densidad suelo humedo	gr/cc	1.821	1.915	1.865	1.775
CALCULO DE HUMEDAD					
6. Capsula N°		1	3	4	5
7. Peso del suelo húmedo.+ capsula	gr	1251.1	1278.2	1312.9	1241.8
8. Peso del suelo seco+capsula	gr	1097.8	1109.2	1134.2	1066.0
9. Peso del agua	gr	153.3	169.0	178.7	175.8
10. Peso de la capsula	gr	304.0	308.0	311.0	317.0
11. Peso del suelo seco	gr	793.8	801.2	823.2	749.0
12. Contenido de humedad	%	19.31	21.09	21.71	23.47
13. Promedio de cont. de humedad	%	19.31	21.09	21.71	23.47
CALCULO DE DENSIDAD SECA					
14. Densidad seca del suelo	gr/cc	1.526	1.581	1.532	1.437



DATOS DE LA GRANULOMETRIA	
Certificado:	
Finos < No 4	100.0 %
Gruesos > No 4, < 3/4"	0.0

RESULTADOS	
Humedad óptima (%)	20.34
Densidad Máxima (gr/cc)	1.608

Observaciones:

INGENIERIA QUALITY CONTROL S.A.C.

TECNOLOGIA, EXCELENCIA Y EXPERIENCIA A SU SERVICIO.



VALOR DE RELACION DE SOPORTE (C.B.R.) DE SUELOS (LABORATORIO)

Proyecto:	OPTIMIZACIÓN DE LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS PROVENIENTES DEL SECTOR CURVA DEL SUN - CAMPIÑA DE MOCHE, CON CONCRETO RECICLADO PARA PAVIMENTACIÓN, PROVINCIA DE TRUJILLO, LA LIBERTAD-2017		
Sub tramo:	MOCHE	Departamento:	LA LIBERTAD
Cliente:	DEL RÍO HUAMÁN YORKA ANTONELLY	Fecha:	24/01/2017

SECTOR : CURVA DE SUN - MOCHE
LADO : DERECHO
MUESTRA : M-1-11

HECHO POR : E. CASTRO
REVISADO POR : E. GUZMAN
APROBADO POR : ING F. CABRERA

DATOS DEL PROCTOR

MAXIMA DENSIDAD SECA	:	1.808	gr/cc
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	:	20.34	%

CAPACIDAD	2000	Lbs.
ANILLO	2	

(MTC E132 - 2000)

Molde Nº	1		2		3	
	5	6	5	6	5	6
Nº Capa	5		5		5	
Golpes por capa Nº	56		25		12	
Cond. de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso molde + suelo húmedo (gr)	11280	11280	12202	12250	10695	10700
Peso de molde (gr)	7113	7113	8257	8257	8822	8822
Peso del suelo húmedo (gr)	4167	4177	3945	3993	3863	3878
Volumen del molde (cm ³)	2151	2151	2151	2151	2265	2265
Densidad húmeda (gr/cm ³)	1.937	1.942	1.834	1.856	1.708	1.712
Humedad (%)	20.37	20.58	20.50	20.69	20.56	20.72
Densidad seca (gr/cm ³)	1.609	1.611	1.522	1.538	1.416	1.418
Tarro Nº	1	2	3	4	5	6
Tarro + Suelo húmedo (gr)	1215.30	1256.30	1214.30	1250.70	1302.40	1205.70
Tarro + Suelo seco (gr)	1063.80	1098.20	1062.30	1090.30	1134.50	1052.30
Peso del Agua (gr)	151.50	158.10	152.00	160.40	167.90	153.40
Peso del tarro (gr)	320.00	330.00	321.00	315.00	318.00	312.00
Peso del suelo seco (gr)	743.80	768.20	741.30	775.30	816.50	740.30
Humedad (%)	20.37	20.58	20.50	20.69	20.56	20.72

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
24/01/2017	11:00:00	0	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0
25/01/2017	11:00:00	24	5.00	0.1	0.1	9.00	0.2	0.2	11.00	0.3	0.2
26/01/2017	11:00:00	48	8.00	0.2	0.2	11.00	0.3	0.2	15.00	0.4	0.3
27/01/2017	11:00:00	72	11.00	0.3	0.2	13.00	0.3	0.3	17.00	0.4	0.4
28/01/2017	11:00:00	96	9.00	0.2	0.2	11.00	0.3	0.2	14.00	0.4	0.3

PENETRACION

PENETRACION pulg	CARGA STAND. kg/cm ²	MOLDE Nº 1				MOLDE Nº 2				MOLDE Nº 3			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (db)	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Dial (db)	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Dial (db)	kg/cm ²	kg/cm ²	%
0.000		0	0			0	0			0	0		
0.025		28	1			18	1			16	1		
0.050		63	3			55	3			48	2		
0.075		105	5			86	4			70	3		
0.100	70.3	135	6	6.0	8.6	108	5	4.95	7.0	86	4	4.05	5.8
0.125		165	7			131	6			108	5		
0.150		188	8			155	7			127	6		
0.200	105.5	260	12	11.0	10.4	211	9	8.74	8.3	171	8	7.08	6.7
0.300		336	15			250	11			201	9		
0.400		397	17			301	13			248	11		
0.500		441	19			321	14			261	12		





VALOR DE RELACION DE SOPORTE (C.B.R.) DE SUELOS (LABORATORIO)

Proyecto:	OPTIMIZACION DE LA ESTABILIZACION DE SUELOS ARCILLOSOS PROVENIENTES DEL SECTOR CURVA DEL SUN - CAMPIÑA DE MOCHE, CON CONCRETO RECICLADO PARA PAVIMENTACION, PROVINCIA DE TRUJILLO, LA LIBERTAD - 2017		
Sub tramo:	MOCHE	Departam	LA LIBERTAD
Cliente:	DEL RIO HUAMAN YORKA ANTONELLY	Fecha :	24/01/2017

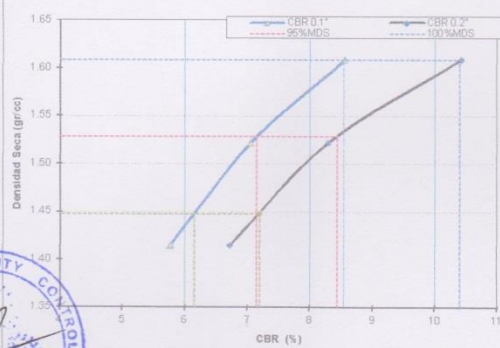
(MTC E132 - 2000)

SECTOR : CURVA DE SUN - MOCHE
LADO : DERECHO

HECHO POR : E. CASTRO
REVISADO POR : E. GUZMAN
APROBADO POR : ING F. CABRERA

MUESTRA : M-1-11

GRAFICO DE PENETRACION DE CBR



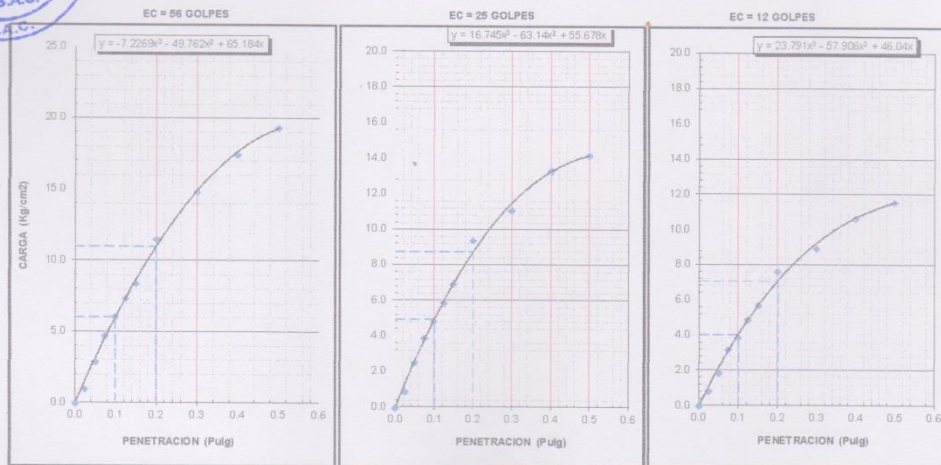
RESULTADOS:

C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1%:	8.5	0.2%:	10.4
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1%:	7.1	0.2%:	8.4
C.B.R. AL 90% DE M.D.S. (%)	0.1%:	6.1	0.2%:	7.2

Datos del Proctor

Densidad Seca	1.608	gr/cc
Optimo Humedad	20.34	%

OBSERVACIONES:



INGENIERIA QUALITY CONTROL S.A.C.

TECNOLOGIA, EXCELENCIA Y EXPERIENCIA A SU SERVICIO.



COMPACTACION DE SUELOS EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGIA MODIFICADA

Proyecto:	OPTIMIZACIÓN DE LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS PROVENIENTES DEL SECTOR CURVA DEL SUN – CAMPIÑA DE MOCHE, CON CONCRETO RECICLADO PARA PAVIMENTACIÓN, PROVINCIA DE TRUJILLO, LA LIBERTAD- 2017		
Sub tramo:	MOCHE	Departamento :	LA LIBERTAD
Ciente:	DEL RÍO HUMÁN YORKA ANTONELLY	Fecha :	24/01/2017

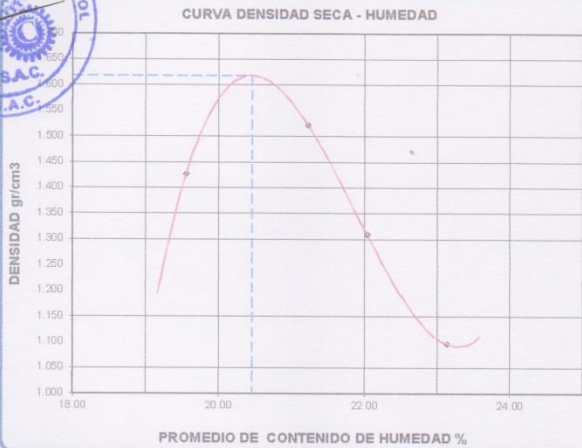
(MTC E 115 - 2000)

SECTOR : CURVA DE SUN -MOCHE
LADO : DERECHO

HECHO POR : E. CASTRO
REVISADO POR : E. GUZMAN
APROBADO POR : ING F. CABRERA

MUESTRA : M-2-11

Metodo de compactacion		A			
Numero de golpes		25			
Numero de capas		5			
CALCULO DE DENSIDAD HUMEDA					
1. Peso suelo humedo. + molde	gr	5512	5635	5418	5200
2. Peso del molde	gr	4012	4012	4012	4012
3. Volumen del molde	cc	879	879	879	879
4. Peso suelo humedo	gr	1500	1623	1406	1188
5. Densidad suelo humedo	gr/cc	1.706	1.846	1.600	1.352
CALCULO DE HUMEDAD					
6. Capsula N°		6	7	8	9
7. Peso del suelo humedo.+ capsula	gr	1342.2	1415.2	1356.3	1320.8
8. Peso del suelo seco+capsula	gr	1173.4	1220.3	1168.3	1130.0
9. Peso del agua	gr	168.8	194.9	188.0	190.8
10. Peso de la capsula	gr	310.0	302.0	315.0	305.0
11. Peso del suelo seco	gr	863.4	918.3	853.3	825.0
12. Contenido de humedad	%	19.55	21.22	22.03	23.13
13. Promedio de cont. de humedad	%	19.55	21.22	22.03	23.13
CALCULO DE DENSIDAD SECA					
14. Densidad seca del suelo	gr/cc	1.427	1.523	1.311	1.098



DATOS DE LA GRANULOMETRIA	
Certificado:	
Finos < No 4	100.0 %
Grosos > No 4, < 3/4"	0.0

RESULTADOS	
Humedad óptima (%)	20.46
Densidad Máxima (gr/cc)	1.619

Observaciones:

INGENIERIA QUALITY CONTROL S.A.C.

TECNOLOGIA, EXCELENCIA Y EXPERIENCIA A SU SERVICIO.



VALOR DE RELACION DE SOPORTE (C.B.R.) DE SUELOS (LABORATORIO)

Proyecto:	OPTIMIZACIÓN DE LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS PROVENIENTES DEL SECTOR CURVA DEL SUN - CAMPIÑA DE MOCHE, CON CONCRETO REICLADO PARA PAVIMENTACIÓN, PROVINCIA DE TRUJILLO, LA LIBERTAD- 2017		
Sub tramo:	MOCHE	Departamento:	LA LIBERTAD
Cliete:	DEL RÍO HUAMÁN YORKA ANTONELLY	Fecha:	24/01/2017

SECTOR : CURVA DE SUN - MOCHE
LADO : DERECHO

HECHO POR : E. CASTRO
REVISADO POR : E. GUZMAN
APROBADO POR : ING F. CABRERA

MUESTRA : M-2-11

DATOS DEL PROCTOR

MAXIMA DENSIDAD SECA	:	1.619	gr/cc
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	:	20.46	%

CAPACIDAD	:	2000	Lbs.
ANILLO	:	2	

(MTC E132 - 2000)

Molde Nº	4		5		6	
	5	6	5	6	5	6
Nº Capa	56		25		12	
Golpes por capa Nº	56		25		12	
Cond. de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso molde + suelo húmedo (gr)	11570	11583	11353	11371	10861	10879
Peso de molde (gr)	7373	7373	7426	7426	7282	7282
Peso del suelo húmedo (gr)	4197	4210	3925	3943	3579	3598
Volumen del molde (cm3)	2151	2151	2123	2123	2050	2050
Densidad húmeda (gr/cm3)	1.951	1.957	1.849	1.857	1.741	1.750
Humedad (%)	20.44	20.64	20.60	20.74	20.66	20.82
Densidad seca (gr/cm3)	1.620	1.622	1.533	1.538	1.443	1.448
Tarro Nº	7	8	9	10	11	12
Tarro + Suelo húmedo (gr)	1315.20	1307.20	1310.80	1322.10	1346.50	1304.10
Tarro + Suelo seco (gr)	1143.40	1136.80	1139.32	1147.20	1188.50	1131.80
Peso del Agua (gr)	171.80	170.80	171.48	174.90	178.00	172.50
Peso del tarro (gr)	303.00	310.00	307.00	304.00	307.00	303.00
Peso del suelo seco (gr)	840.40	826.80	832.32	843.20	881.50	828.80
Humedad (%)	20.44	20.64	20.60	20.74	20.66	20.82



EXPANSION

HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
			mm	%		mm	%		mm	%
10:00:00	0	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0
10:00:00	24	4.00	0.1	0.1	8.00	0.2	0.2	11.00	0.3	0.2
10:00:00	48	8.00	0.2	0.2	12.00	0.3	0.3	15.00	0.4	0.3
10:00:00	72	12.00	0.3	0.3	14.00	0.4	0.3	16.00	0.4	0.4
10:00:00	96	8.00	0.2	0.2	12.00	0.3	0.3	15.00	0.4	0.3

PENETRACION

PENETRACION pulg	CARGA STAND. kg/cm2	MOLDE Nº 4				MOLDE Nº 5				MOLDE Nº 6			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (db)	kg/cm2	kg/cm2	%	Dial (db)	kg/cm2	kg/cm2	%	Dial (db)	kg/cm2	kg/cm2	%
0.000		0	0			0	0			0	0		
0.025		16	1			14	1			11	1		
0.050		56	3			42	2			35	2		
0.075		100	5			75	3			49	2		
0.100	70.3	130	6	5.9	8.4	102	5	4.79	6.8	78	4	3.46	4.9
0.125		162	7			130	6			90	4		
0.150		195	9			160	7			116	5		
0.200	105.5	274	12	11.4	10.8	215	10	8.76	8.3	164	7	6.70	6.4
0.300		366	16			265	12			210	9		
0.400		436	19			316	14			255	11		
0.500		498	22			367	16			291	13		

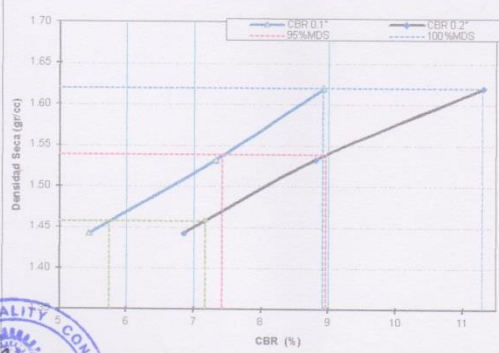


VALOR DE RELACION DE SOPORTE (C.B.R.) DE SUELOS (LABORATORIO)			
Proyecto:		OPTIMIZACIÓN DE LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS PROVENIENTES DEL SECTOR CURVA DEL SUN - CAMPIÑA DE MOCHE, CON CONCRETO RECICLADO PARA PAVIMENTACIÓN, PROVINCIA DE TRUJILLO, LA LIBERTAD- 2017	
Sub tramo:	MOCHE	Departamento :	LA LIBERTAD
Cliente	DEL RIO HUAMAN YORKA ANTONELLY	Fecha :	24/01/2017

(MTC E132 - 2000)

SECTOR : CURVA DE SUN - MOCHE	HECHO POR : E. CASTRO
LADO : DERECHO	REVISADO POR : E. GUZMAN
MUESTRA : M-2-11	APROBADO POR : ING F. CABRERA

GRAFICO DE PENETRACION DE CBR

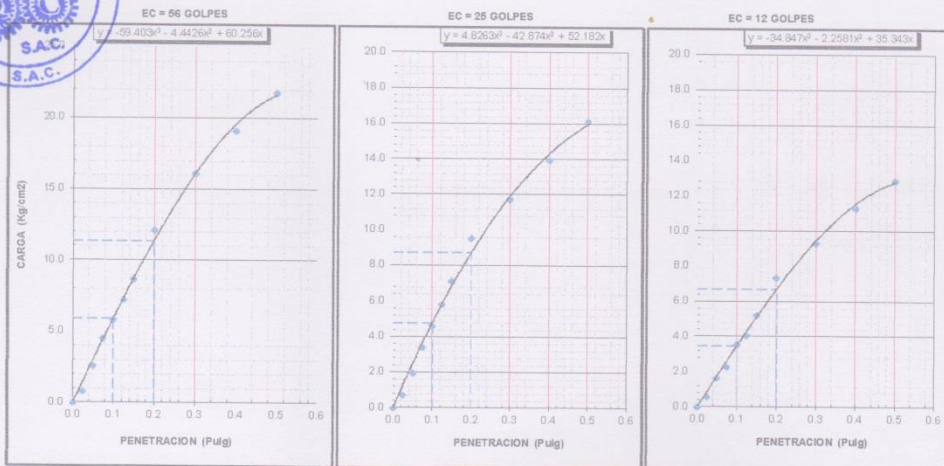


RESULTADOS:

C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1%:	8.4	0.2%:	10.8
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1%:	6.9	0.2%:	8.5
C.B.R. AL 90% DE M.D.S. (%)	0.1%:	5.2	0.2%:	6.7

Datos del Proctor		
Densidad Seca	1.619	gr/cc
Optimo Humedad	20.46	%

OBSERVACIONES:





COMPACTACION DE SUELOS EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGIA MODIFICADA

Proyecto:	OPTIMIZACION DE LA ESTABILIZACION DE SUELOS ARCILLOSOS PROVENIENTES DEL SECTOR CURVA DEL SUN – CAMPIÑA DE MOCHE, CON CONCRETO RECICLADO PARA PAVIMENTACIÓN, PROVINCIA DE TRUJILLO, LA LIBERTAD- 2017		
Sub tramo:	MOCHE	Departamento :	LA LIBERTAD
Ciente:	DEL RIO HUMÁN YORKA ANTONELLY	Fecha :	24/01/2017

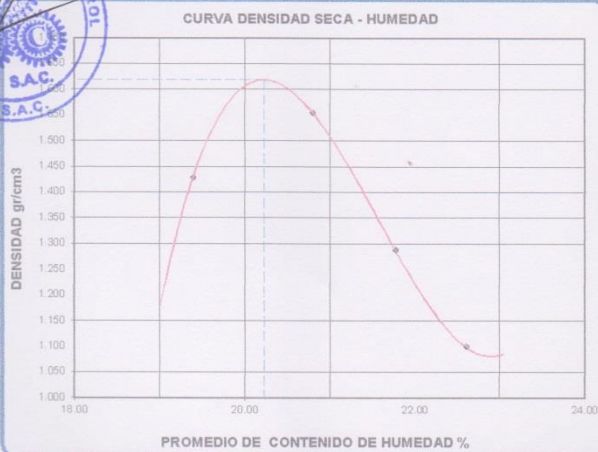
(MTC E 115 - 2000)

SECTOR : CURVA DE SUN - MOCHE
LADO : DERECHO

HECHO POR : E. CASTRO
REVISADO POR : E. GUZMAN
APROBADO POR : ING F. CABRERA

MUESTRA : M-3-11

Metodo de compactacion					A
Numero de golpes					25
Numero de capas					5
CALCULO DE DENSIDAD HUMEDA					
1. Peso suelo humedo. + molde	gr	5342	5482	5230	5052
2. Peso del molde	gr	3956	3956	3956	3956
3. Volumen del molde	cc	812	812	812	812
4. Peso suelo humedo	gr	1386	1526	1274	1096
5. Densidad suelo humedo	gr/cc	1.707	1.879	1.569	1.350
CALCULO DE HUMEDAD					
6. Capsula N°		2	10	11	12
7. Peso del suelo humedo.+ capsula	gr	1564.4	1549.9	1523.6	1542.8
8. Peso del suelo seco+capsula	gr	1360.0	1336.4	1305.2	1315.2
9. Peso del agua	gr	204.4	213.5	218.4	227.6
10. Peso de la capsula	gr	306.0	310.0	302.0	308.0
11. Peso del suelo seco	gr	1054.0	1026.4	1003.2	1007.2
12. Contenido de humedad	%	19.39	20.80	21.77	22.60
13. Promedio de cont. de humedad	%	19.39	20.80	21.77	22.60
CALCULO DE DENSIDAD SECA					
14. Densidad seca del suelo	gr/cc	1.430	1.556	1.288	1.101



DATOS DE LA GRANULOMETRIA	
Certificado:	
Finos < No 4	100.0 %
Gruesos > No 4, < 3/4"	0.0

RESULTADOS	
Humedad óptima (%)	20.23
Densidad Máxima (gr/cc)	1.620

Observaciones:

INGENIERIA QUALITY CONTROL S.A.C.

TECNOLOGIA, EXCELENCIA Y EXPERIENCIA A SU SERVICIO.



VALOR DE RELACION DE SOPORTE (C.B.R.) DE SUELOS (LABORATORIO)

Proyecto:	OPTIMIZACIÓN DE LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS PROVENIENTES DEL SECTOR CURVA DEL SUN - CAMPIÑA DE MOCHE, CON CONCRETO RECICLADO PARA PAVIMENTACIÓN, PROVINCIA DE TRUJILLO, LA LIBERTAD- 2017		
Sub tramo:	MOCHE	Departamento:	LA LIBERTAD
Ciente:	DEL RÍO HUAMÁN YORKA ANTONELLY	Fecha:	24/01/2017

SECTOR : CURVA DE SUN - MOCHE
LADO : DERECHO

HECHO POR : E. CASTRO
REVISADO POR : E. GUZMAN
APROBADO POR : ING F. CABRERA

MUESTRA : M-3-11

DATOS DEL PROCTOR

MAXIMA DENSIDAD SECA	:	1.820	gr/cc
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	:	20.23	%

CAPACIDAD	:	2000	Lbs.
ANILLO	:	2	

(MTC E132 - 2000)

Molde Nº	7		8		9	
	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Nº Capa	5	5	5	5	5	5
Golpes por capa Nº	56	56	25	25	12	12
Cond. de la muestra						
Peso molde + suelo húmedo (gr)	10812	10839	11123	11185	11485	11515
Peso de molde (gr)	8667	8667	7302	7302	7869	7869
Peso del suelo húmedo (gr)	4145	4172	3821	3883	3616	3646
Volumen del molde (cm ³)	2133	2133	2105	2105	2105	2105
Densidad húmeda (gr/cm ³)	1.943	1.956	1.815	1.835	1.718	1.732
Humedad (%)	20.20	20.68	20.80	20.81	20.76	20.88
Densidad seca (gr/cm ³)	1.616	1.621	1.505	1.519	1.423	1.433
Tarro Nº	1	2	3	4	5	6
Tarro + Suelo húmedo (gr)	1426.20	1405.50	1484.50	1425.50	1480.50	1418.70
Tarro + Suelo seco (gr)	1240.30	1221.20	1269.20	1234.20	1264.10	1227.50
Peso del Agua (gr)	185.90	184.30	195.30	191.30	196.40	191.20
Peso del tarro (gr)	320.00	330.00	321.00	315.00	318.00	312.00
Peso del suelo seco (gr)	920.30	891.20	948.20	919.20	946.10	915.50
Humedad (%)	20.20	20.68	20.60	20.81	20.76	20.88

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
24/01/2017	12:00:00	0	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0
25/01/2017	12:00:00	24	4.00	0.1	0.1	7.00	0.2	0.2	10.00	0.3	0.2
26/01/2017	12:00:00	48	7.00	0.2	0.2	11.00	0.2	0.2	14.00	0.4	0.3
27/01/2017	12:00:00	72	10.00	0.3	0.2	13.00	0.3	0.3	17.00	0.4	0.4
28/01/2017	12:00:00	96	9.00	0.2	0.2	11.00	0.3	0.2	14.00	0.4	0.3

PENETRACION

PENETRACION pulg	CARGA STAND. kg/cm ²	MOLDE Nº 7				MOLDE Nº 8				MOLDE Nº 9			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (dB)	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Dial (dB)	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Dial (dB)	kg/cm ²	kg/cm ²	%
0.000		0	0			0	0			0	0		
0.025		23	1			16	1			12	1		
0.050		65	3			48	2			32	2		
0.075		115	5			70	3			48	2		
0.100	70.3	145	6	6.6	9.3	91	4	4.63	6.6	75	3	3.53	5.0
0.125		185	8			128	6			92	4		
0.150		215	10			162	7			129	5		
0.200	105.5	265	12	11.6	11.0	206	9	8.69	8.2	174	8	6.66	6.5
0.300		345	15			270	12			216	10		
0.400		429	19			324	14			260	12		
0.500		490	21			371	16			297	13		



INGENIERIA QUALITY CONTROL S.A.C.

TECNOLOGIA, EXCELENCIA Y EXPERIENCIA A SU SERVICIO.



VALOR DE RELACION DE SOPORTE (C.B.R.) DE SUELOS (LABORATORIO)

Proyecto:	OPTIMIZACIÓN DE LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS PROVENIENTES DEL SECTOR CURVA DEL SUN - CAMPIÑA DE MOCHE, CON CONCRETO RECICLADO PARA PAVIMENTACIÓN, PROVINCIA DE		
Sub tramo:	MOCHE	Departamento :	LA LIBERTAD
Cliente	DEL RÍO HUAMÁN YORKA ANTONELLY	Fecha :	24/01/2017

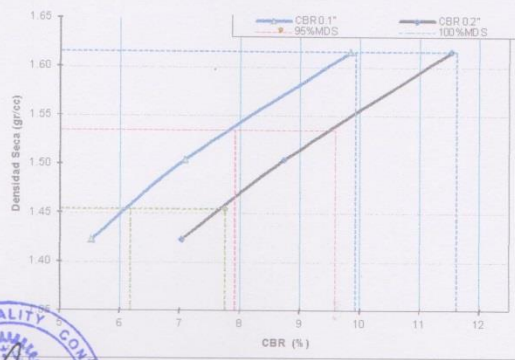
(MTC E132 - 2000)

SECTOR : CURVA DE SUN - MOCHE
LADO : DERECHO

HECHO POR : E. CASTRO
REVISADO POR : E. GUZMAN
APROBADO POR : ING F. CABRERA

MUESTRA : M-3-11

GRAFICO DE PENETRACION DE CBR



RESULTADOS:

C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1%:	9.4	0.2%:	11.1
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1%:	7.4	0.2%:	9.1
C.B.R. AL 90% DE M.D.S. (%)	0.1%:	5.7	0.2%:	7.3

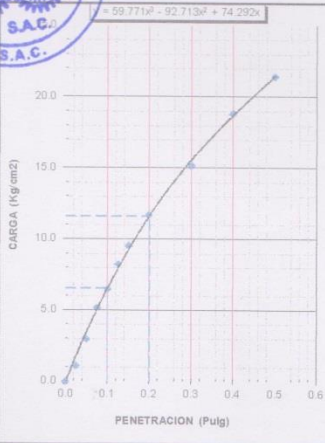
Datos del Proctor

Densidad Seca	1.620	gr/cc
Optimo Humedad	20.23	%

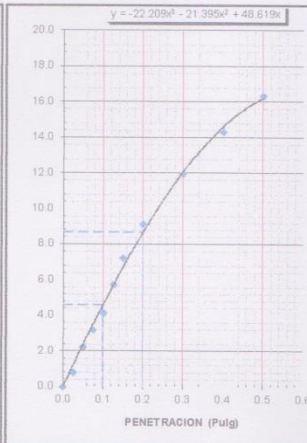
OBSERVACIONES:



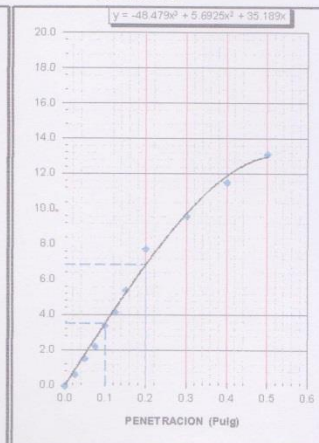
EC = 56 GOLPES



EC = 25 GOLPES



EC = 12 GOLPES





COMPACTACION DE SUELOS EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGIA MODIFICADA

Proyecto:	OPTIMIZACIÓN DE LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS PROVENIENTES DEL SECTOR CURVA DEL SUN - CAMPIÑA DE MOCHE, CON CONCRETO RECICLADO PARA PAVIMENTACIÓN, PROVINCIA DE TRUJILLO, LA LIBERTAD- 2017		
Sub tramo:	MOCHE	Departamento :	LA LIBERTAD
Cliente:	DEL RÍO HUMÁN YORKA ANTONELLY	Fecha :	31/01/2017

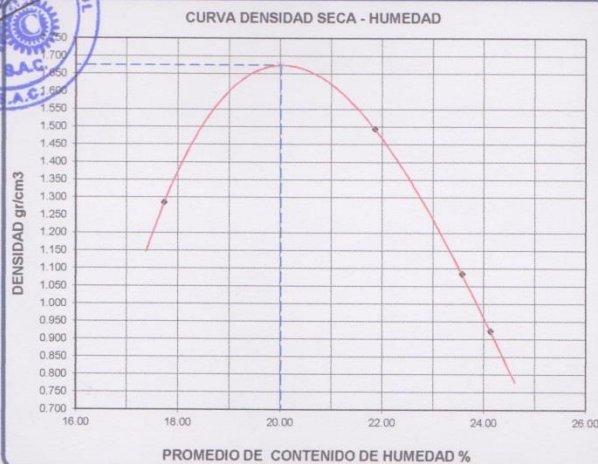
(MTC E 115 - 2000)

SECTOR : CURVA DE SUN - MOCHE
LADO : DERECHO

HECHO POR : E. CASTRO
REVISADO POR : E. GUZMAN
APROBADO POR : ING F. CABRERA

MUESTRA : M-4-11

Metodo de compactacion	A				
Numero de golpes	25				
Numero de capas	5				
CALCULO DE DENSIDAD HUMEDA					
1. Peso suelo humedo. + molde	gr	5389	5670	5230	5052
2. Peso del molde	gr	4003	4003	4003	4003
3. Volumen del molde	cc	915	915	915	915
4. Peso suelo humedo	gr	1386	1667	1227	1049
5. Densidad suelo humedo	gr/cc	1.515	1.822	1.341	1.146
CALCULO DE HUMEDAD					
6. Capsula N°		1	2	3	4
7. Peso del suelo húmedo. + capsula	gr	1346.2	1384.7	1391.5	1425.1
8. Peso del suelo seco+capsula	gr	1189.2	1191.2	1184.8	1208.5
9. Peso del agua	gr	157.0	193.5	206.7	216.6
10. Peso de la capsula	gr	304.0	306.0	308.0	311.0
11. Peso del suelo seco	gr	885.2	885.2	876.8	897.5
12. Contenido de humedad	%	17.74	21.86	23.57	24.13
13. Promedio de cont. de humedad	%	17.74	21.86	23.57	24.13
CALCULO DE DENSIDAD SECA					
14. Densidad seca del suelo	gr/cc	1.287	1.495	1.085	0.924



DATOS DE LA GRANULOMETRIA

Certificado:

Finos < No 4 100.0 %
Gruesos > No 4, < 3/4" 0.0

RESULTADOS

Humedad óptima (%)	20.01
Densidad Máxima (gr/cc)	1.675

Observaciones:

INGENIERIA QUALITY CONTROL S.A.C.

TECNOLOGIA, EXCELENCIA Y EXPERIENCIA A SU SERVICIO.



VALOR DE RELACION DE SOPORTE (C.B.R.) DE SUELOS (LABORATORIO)

Proyecto:	OPTIMIZACIÓN DE LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS PROVENIENTES DEL SECTOR CURVA DEL SUN - CAMPIÑA DE MOCHE, CON CONCRETO RECICLADO PARA PAVIMENTACIÓN, PROVINCIA DE TRUJILLO, LA LIBERTAD- 2017		
Sub tramo:	MOCHE	Departamento:	LA LIBERTAD
Cliente:	DEL RIO HUAMAN YORKA ANTONELLY	Fecha:	31/01/2017

SECTOR : CURVA DE SUN - MOCHE
LADO : DERECHO

HECHO POR : E. CASTRO
REVISADO POR : E. GUZMAN
APROBADO POR : ING. F. CABRERA

MUESTRA : M-4-11

DATOS DEL PROCTOR

MAXIMA DENSIDAD SECA	:	1.675	gr/cc
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	:	20.01	%

CAPACIDAD	:	2000	Lbs.
ANILLO	:	2	

(MTC E132 - 2000)

Molde Nº	10		11		12	
	56	26	56	26	56	26
Nº Capa	56		26		12	
Gólpes por capa Nº	56		26		12	
Cond. de la muestra	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Peso molde + suelo húmedo (gr)	12202	12216	11211	11250	10872	11002
Peso de molde (gr)	7957	7957	7106	7106	7057	7057
Peso del suelo húmedo (gr)	4245	4259	4105	4144	3815	3945
Volumen del molde (cm ³)	2105	2105	2133	2133	2133	2133
Densidad húmeda (gr/cm ³)	2.017	2.023	1.925	1.943	1.836	1.850
Humedad (%)	20.06	20.18	20.12	20.27	20.24	20.62
Densidad seca (gr/cm ³)	1.680	1.693	1.603	1.616	1.627	1.534
Tarro Nº	7	8	9	10	11	12
Tarro + Suelo húmedo (gr)	1526.70	1514.00	1506.80	1532.10	1510.20	1523.10
Tarro + Suelo seco (gr)	1322.20	1311.80	1305.80	1325.10	1307.70	1314.50
Peso del Agua (gr)	204.50	202.20	201.00	207.00	202.50	208.60
Peso del tarro (gr)	303.00	310.00	307.00	304.00	307.00	303.00
Peso del suelo seco (gr)	1019.20	1001.80	998.80	1021.10	1000.70	1011.50
Humedad (%)	20.06	20.18	20.12	20.27	20.24	20.62

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
31/01/2017	10:00:00	0	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0
01/02/2017	10:00:00	24	3.00	0.1	0.1	6.00	0.2	0.1	9.00	0.2	0.2
02/02/2017	10:00:00	48	7.00	0.2	0.2	10.00	0.3	0.2	13.00	0.3	0.3
03/02/2017	10:00:00	72	10.00	0.3	0.2	14.00	0.4	0.3	18.00	0.5	0.4
04/02/2017	10:00:00	96	9.00	0.2	0.2	10.00	0.3	0.2	14.00	0.4	0.3

PENETRACION

PENETRACION pulg	CARGA STAND. kg/cm ²	MOLDE Nº											
		10				11				12			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (db)	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Dial (db)	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Dial (db)	kg/cm ²	kg/cm ²	%
0.000		0	0			0	0			0	0		
0.025		20	1			14	1			11	1		
0.050		56	3			45	2			30	1		
0.075		120	5			65	3			40	2		
0.100	70.3	149	7	6.4	9.1	88	4	4.33	6.2	60	3	2.96	4.1
0.125		180	8			115	5			82	4		
0.150		203	9			153	7			106	5		
0.200	105.5	255	11	11.4	10.8	197	9	8.34	7.9	130	6	6.35	6.0
0.300		348	15			271	12			239	11		
0.400		415	18			326	14			261	12		
0.500		480	21			392	17			302	13		



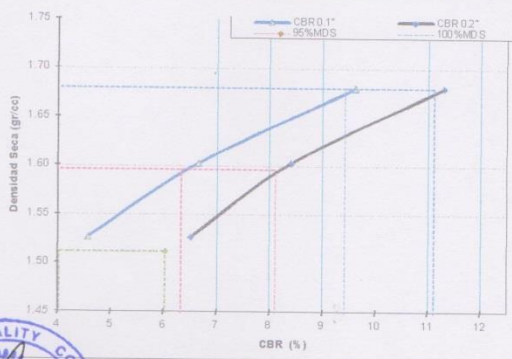


VALOR DE RELACION DE SOPORTE (C.B.R.) DE SUELOS (LABORATORIO)	
Proyecto:	OPTIMIZACIÓN DE LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS PROVENIENTES DEL SECTOR CURVA DEL SUN – CAMPIÑA DE MOCHE, CON CONCRETO RECICLADO PARA PAVIMENTACIÓN, PROVINCIA DE
Sub tramo:	MOCHE
Departamento:	LA LIBERTAD
Cliente:	DEL RÍO HUAMÁN YORKA ANTONELLY
Fecha:	31/01/2017

(MTC E132 - 2000)

SECTOR : CURVA DE SUN - MOCHE	HECHO POR : E. CASTRO
LADO : DERECHO	REVISADO POR : E. GUZMAN
MUESTRA : M-4-11	APROBADO POR : ING F. CABRERA

GRAFICO DE PENETRACION DE CBR

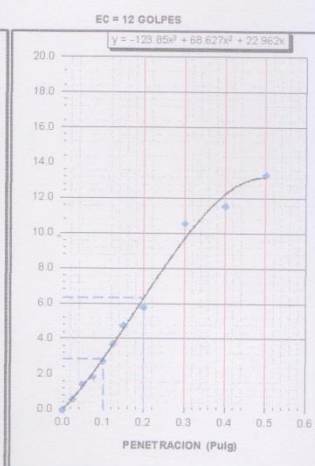
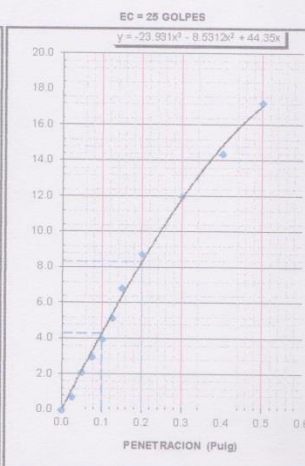
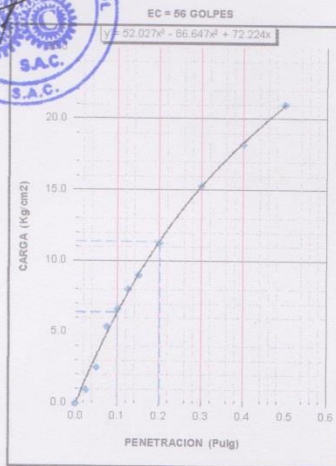


RESULTADOS:

C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1": 8.9	0.2": 10.6
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1": 5.8	0.2": 7.6
C.B.R. AL 90% DE M.D.S. (%)	0.1": 3.5	0.2": 5.5

Datos del Proctor		
Densidad Seca	1.675	gr/cc
Optimo Humedad	20.01	%

OBSERVACIONES:



INGENIERIA QUALITY CONTROL S.A.C.

TECNOLOGIA, EXCELENCIA Y EXPERIENCIA A SU SERVICIO.



COMPACTACION DE SUELOS EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGIA MODIFICADA

Proyecto:	OPTIMIZACIÓN DE LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS PROVENIENTES DEL SECTOR CURVA DEL SUN - CAMPIÑA DE MOCHE, CON CONCRETO RECICLADO PARA PAVIMENTACIÓN, PROVINCIA DE TRUJILLO, LA LIBERTAD- 2017		
Sub tramo:	MOCHE	Departamento :	LA LIBERTAD
Cliente:	DEL RIO HUMÁN YORKA ANTONELLY	Fecha :	31/01/2017

(MTC E 115 - 2000)

SECTOR : CURVA DE SUN - MOCHE
LADO : DERECHO

HECHO POR : E. CASTRO
REVISADO POR : E. GUZMAN
APROBADO POR : ING F. CABRERA

MUESTRA : M-5-11

Metodo de compactacion		A			
Numero de golpes		25			
Numero de capas		5			
CALCULO DE DENSIDAD HUMEDA					
1. Peso suelo humedo. + molde	gr	5784	6002	5712	5500
2. Peso del molde	gr	4215	4215	4215	4215
3. Volumen del molde	cc	935	935	935	935
4. Peso suelo humedo	gr	1569	1787	1497	1285
5. Densidad suelo humedo	gr/cc	1.678	1.911	1.601	1.374
CALCULO DE HUMEDAD					
6. Capsula N°		5	6	7	8
7. Peso del suelo humedo. + capsula	gr	1264.2	1278.1	1251.1	1246.2
8. Peso del suelo seco+capsula	gr	1108.7	1111.0	1080.0	1072.7
9. Peso del agua	gr	155.5	167.1	171.1	173.5
10. Peso de la capsula	gr	317.0	310.0	302.0	315.0
11. Peso del suelo seco	gr	791.7	801.0	778.0	757.7
12. Contenido de humedad	%	19.64	20.86	21.99	22.90
13. Promedio de cont. de humedad	%	19.64	20.86	21.99	22.90
CALCULO DE DENSIDAD SECA					
14. Densidad seca del suelo	gr/cc	1.403	1.581	1.312	1.118



DATOS DE LA GRANULOMETRIA	
Certificado:	
Finos < No 4	100.0 %
Grosos > No 4, < 3/4"	0.0

RESULTADOS	
Humedad óptima (%)	20.53
Densidad Máxima (gr/cc)	1.604

Observaciones:

INGENIERIA QUALITY CONTROL S.A.C.

TECNOLOGIA, EXCELENCIA Y EXPERIENCIA A SU SERVICIO.



VALOR DE RELACION DE SOPORTE (C.B.R.) DE SUELOS (LABORATORIO)

Proyecto:	OPTIMIZACIÓN DE LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS PROVENIENTES DEL SECTOR CURVA DEL SUN - CAMPINA DE MOCHE, CON CONCRETO RECICLADO PARA PAVIMENTACIÓN, PROVINCIA DE TRUJILLO, LA LIBERTAD- 2017		
Sub tramo:	MOCHE	Departamento:	LA LIBERTAD
Cliente:	DEL RÍO HUAMÁN YORKA ANTONELLY	Fecha:	31/01/2017

SECTOR : CURVA DE SUN - MOCHE
LADO : DERECHO

HECHO POR : E. CASTRO
REVISADO POR : E. GUZMAN
APROBADO POR : ING F. CABRERA

MUESTRA : M-5-11

DATOS DEL PROCTOR

MAXIMA DENSIDAD SECA	:	1.604	gr/cc
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	:	20.53	%

CAPACIDAD ANILLO	2000	Lbs.
	2	

(MTC E132 - 2000)

Cond. de la muestra	13		14		15	
	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Molde Nº	13		14		15	
Nº Capa	5		5		5	
Golpes por capa Nº	56		25		12	
Peso molde + suelo húmedo (gr)	10720	10811	11245	11290	10956	10877
Peso de molde (gr)	8647	8647	7366	7366	7131	7131
Peso del suelo húmedo (gr)	4193	4164	3879	3924	3725	3746
Volumen del molde (cm ³)	2133	2133	2105	2105	2129	2129
Densidad húmeda (gr/cm ³)	1.928	1.953	1.843	1.859	1.754	1.764
Humedad (%)	20.47	20.67	20.55	20.64	20.59	20.62
Densidad seca (gr/cm ³)	1.509	1.619	1.529	1.541	1.465	1.482
Tarro Nº	1	2	3	4	5	6
Tarro + Suelo húmedo (gr)	1478.50	1458.90	1405.70	1442.50	1409.90	1477.20
Tarro + Suelo seco (gr)	1238.50	1265.50	1220.80	1249.80	1229.50	1278.00
Peso del Agua (gr)	189.00	193.40	184.90	192.50	186.40	199.20
Peso del tarro (gr)	320.00	330.00	321.00	315.00	319.00	312.00
Peso del suelo seco (gr)	919.50	935.50	899.80	934.50	905.50	966.00
Humedad (%)	20.47	20.67	20.55	20.64	20.59	20.62

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
31/01/2017	10:00:00	0	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0
01/02/2017	10:00:00	24	4.00	0.1	0.1	7.00	0.2	0.2	12.00	0.3	0.3
02/02/2017	10:00:00	48	8.00	0.2	0.1	10.00	0.3	0.2	14.00	0.4	0.3
03/02/2017	10:00:00	72	9.00	0.2	0.2	12.00	0.3	0.3	16.00	0.4	0.4
04/02/2017	10:00:00	96	7.00	0.2	0.2	9.00	0.2	0.2	13.00	0.3	0.3

PENETRACION

PENETRACION psi/g	CARGA STAND. kg/cm ²	MOLDE Nº											
		13				14				15			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
Dial (dib)	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Dial (dib)	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Dial (dib)	kg/cm ²	kg/cm ²	%		
0.00		0	0			0	0			0	0		
0.025		18	1			13	1			10	1		
0.050		50	2			40	2			26	1		
0.075		125	6			60	3			35	2		
0.100	70.3	152	7	8.6	9.3	89	4	4.39	6.2	55	3	2.82	
0.125		182	8			120	5			80	4		
0.150		212	9			164	7			115	5		
0.200	105.5	266	12	11.7	11.1	201	9	8.58	9.1	145	6	6.59	
0.300		354	16			280	12			240	11		
0.400		422	19			339	15			294	13		
0.500		480	21			405	18			319	14		





VALOR DE RELACION DE SOPORTE (C.B.R.) DE SUELOS (LABORATORIO)

Proyecto:	OPTIMIZACIÓN DE LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS PROVENIENTES DEL SECTOR CURVA DEL SUN - CAMPIÑA DE MOCHE, CON CONCRETO RECICLADO PARA PAVIMENTACIÓN, PROVINCIA DE		
Sub tramo:	MOCHE	Departamento :	LA LIBERTAD
Cliente	DEL RIO HUAMÁN YORKA ANTONELLY	Fecha :	31/01/2017

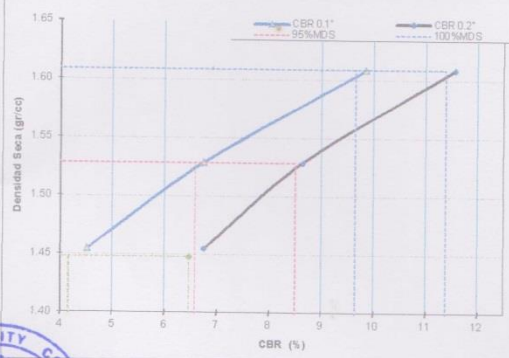
(MTC E132 - 2000)

SECTOR : CURVA DE SUN - MOCHE
LADO : DERECHO

HECHO POR : E. CASTRO
REVISADO POR : E. GUZMAN
APROBADO POR : ING F. CABRERA

MUESTRA : M-5-11

GRAFICO DE PENETRACION DE CBR



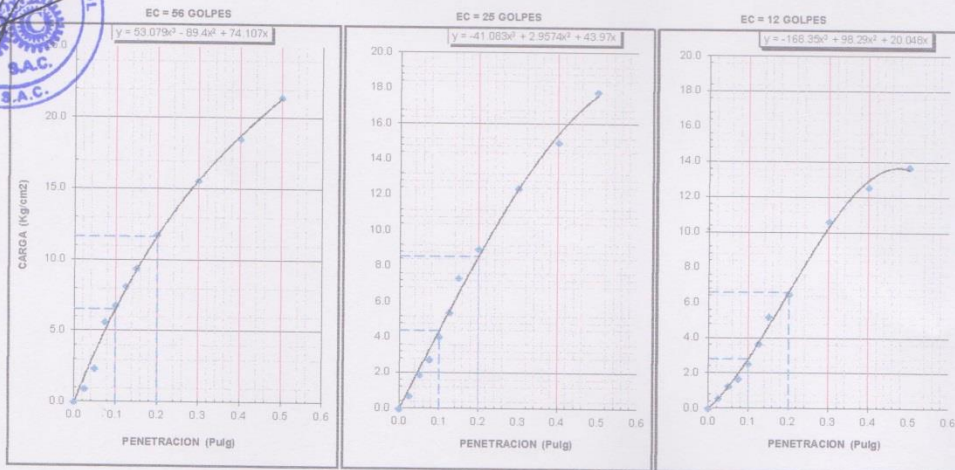
RESULTADOS:

C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1":	9.2	0.2":	10.9
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1":	6.1	0.2":	8.0
C.B.R. AL 90% DE M.D.S. (%)	0.1":	3.7	0.2":	6.0

Datos del Proctor

Densidad Seca	1.604	gr/cc
Optimo Humedad	20.53	%

OBSERVACIONES:





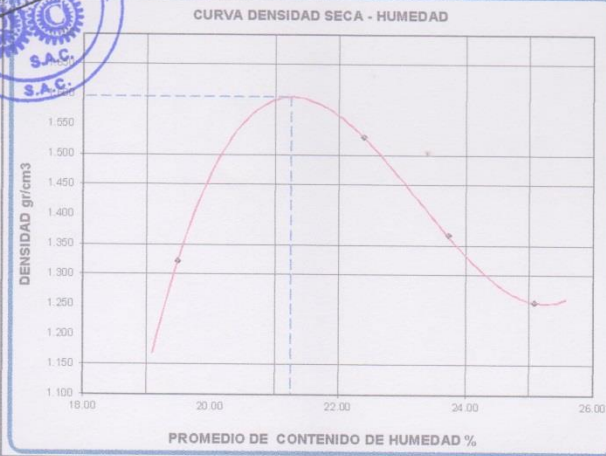
COMPACTACION DE SUELOS EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGIA MODIFICADA

Proyecto:	OPTIMIZACION DE LA ESTABILIZACION DE SUELOS ARCILLOSOS PROVENIENTES DEL SECTOR CURVA DEL SUN - CAMPIÑA DE MOCHE, CON CONCRETO RECICLADO PARA PAVIMENTACION, PROVINCIA DE TRUJILLO, LA LIBERTAD- 2017		
Sub tramo:	MOCHE	Departamento:	LA LIBERTAD
Cliente:	DEL RIO HUMÁN YORKA ANTONELLY	Fecha:	31/01/2017

(MTC E 115 - 2000)

SECTOR : CURVA DE SUN - MOCHE	HECHO POR : E. CASTRO
LADO : DERECHO	REVISADO POR : E. GUZMAN
MUESTRA : M-1-13	APROBADO POR : ING F. CABRERA

Metodo de compactacion	A				
Numero de golpes	25				
Numero de capas	5				
CALCULO DE DENSIDAD HUMEDA					
1. Peso suelo humedo. + molde	gr	5421	5691	5523	5412
2. Peso del molde	gr	3964	3964	3964	3964
3. Volumen del molde	cc	922	922	922	922
4. Peso suelo humedo	gr	1457	1727	1559	1448
5. Densidad suelo humedo	gr/cc	1.580	1.873	1.691	1.570
CALCULO DE HUMEDAD					
6. Capsula N°		9	10	11	12
7. Peso del suelo humedo.+ capsula	gr	1346.3	1395.4	1315.5	1355.1
8. Peso del suelo seco+capsula	gr	1176.5	1196.8	1121.2	1145.2
9. Peso del agua	gr	169.8	198.6	194.3	209.9
10. Peso de la capsula	gr	305.0	310.0	302.0	308.0
11. Peso del suelo seco	gr	871.5	886.8	819.2	837.2
12. Contenido de humedad	%	19.48	22.40	23.72	25.07
Promedio de cont. de humedad	%	19.48	22.40	23.72	25.07
CALCULO DE DENSIDAD SECA					
13. Densidad seca del suelo	gr/cc	1.323	1.530	1.367	1.256



DATOS DE LA GRANULOMETRIA	
Certificado:	
Finos < No 4	100.0 %
Gruesos > No 4, < 3/4"	0.0

RESULTADOS	
Humedad óptima (%)	21.25
Densidad Máxima (gr/cc)	1.597

Observaciones:

INGENIERIA QUALITY CONTROL S.A.C.

TECNOLOGIA, EXCELENCIA Y EXPERIENCIA A SU SERVICIO.



VALOR DE RELACION DE SOPORTE (C.B.R.) DE SUELOS (LABORATORIO)

Proyecto:	OPTIMIZACIÓN DE LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS PROVENIENTES DEL SECTOR CURVA DEL SUN - CAMPIÑA DE MOCHE, CON CONCRETO RECICLADO PARA PAVIMENTACIÓN, PROVINCIA DE TRUJILLO, LA LIBERTAD- 2017		
Sub tramo:	MOCHE	Departamento:	LA LIBERTAD
Cliente:	DEL RIO HUAMÁN YORKA ANTONELLY	Fecha:	31/01/2017

SECTOR : CURVA DE SUN - MOCHE
LADO : DERECHO

HECHO POR : E. CASTRO
REVISADO POR : E. GUZMAN
APROBADO POR : ING F. CABRERA

MUESTRA : M-1-13

DATOS DEL PROCTOR

MAXIMA DENSIDAD SECA	:	1.597	gr/cc
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	:	21.25	%

CAPACIDAD	2000	Lbs.
ANILLO	2	

(MTC E132 - 2000)

Molde Nº	16		17		18	
	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Nº Capa	5		5		5	
Golpes por capa Nº	56		25		12	
Cond. de la muestra						
Peso molde + suelo húmedo (gr)	11123	11136	11326	11350	10957	11011
Peso de molde (gr)	6954	6954	7431	7431	7310	7310
Peso del suelo húmedo (gr)	4169	4182	3895	3919	3647	3701
Volumen del molde (cm3)	2151	2151	2133	2133	2105	2105
Densidad húmeda (gr/cm3)	1.938	1.944	1.828	1.838	1.733	1.758
Humedad (%)	21.20	21.44	21.41	21.58	21.53	21.68
Densidad seca (gr/cm3)	1.599	1.601	1.504	1.512	1.426	1.445
Tarro Nº	7	8	9	10	11	12
Tarro + Suelo húmedo (gr)	1426.80	1464.80	1499.70	1420.50	1477.10	1432.50
Tarro + Suelo seco (gr)	1230.20	1277.40	1289.40	1222.30	1289.80	1231.20
Peso del Agua (gr)	196.60	207.40	210.30	198.20	207.30	201.30
Peso del tarro (gr)	303.00	310.00	307.00	304.00	307.00	303.00
Peso del suelo seco (gr)	927.20	967.40	982.40	919.30	982.60	928.20
Humedad (%)	21.20	21.44	21.41	21.58	21.53	21.68

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
31/01/2017	12:00:00	0	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0
01/02/2017	12:00:00	24	4.00	0.1	0.1	8.00	0.2	0.2	12.00	0.3	0.3
02/02/2017	12:00:00	48	7.00	0.2	0.2	10.00	0.3	0.2	14.00	0.4	0.3
03/02/2017	12:00:00	72	11.00	0.3	0.2	13.00	0.3	0.3	16.00	0.4	0.4
04/02/2017	12:00:00	96	6.00	0.2	0.2	10.00	0.3	0.2	13.00	0.3	0.3

PENETRACION

PENETRACION pulg	CARGA STAND. kg/cm2	MOLDE Nº											
		16				17				18			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
Dial (0th)	kg/cm2	kg/cm2	%	Dial (0th)	kg/cm2	kg/cm2	%	Dial (0th)	kg/cm2	kg/cm2	%		
0.000		0	0			0	0			0	0		
0.025		31	1			23	1			18	1		
0.050		75	3			68	3			46	2		
0.075		104	5			102	5			85	4		
0.100	70.3	148	6	7.2	10.2	130	6	6.24	8.9	99	4	4.50	6.5
0.125		189	8			161	7			116	5		
0.150		250	11			215	10			146	7		
0.200	105.5	334	15	13.1	12.4	255	11	10.66	10.1	186	8	7.79	7.4
0.300		394	17			305	13			219	10		
0.400		451	20			338	15			256	11		
0.500		514	22			361	16			287	13		





VALOR DE RELACION DE SOPORTE (C.B.R.) DE SUELOS (LABORATORIO)

Proyecto:	OPTIMIZACIÓN DE LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS PROVENIENTES DEL SECTOR CURVA DEL SUN - CAMPIÑA DE MOCHE, CON CONCRETO RECICLADO PARA PAVIMENTACIÓN, PROVINCIA DE		
Sub tramo:	MOCHE	Departamento :	LA LIBERTAD
Cliente	DEL RIO HUAMAN YORKA ANTONELLY	Fecha :	31/01/2017

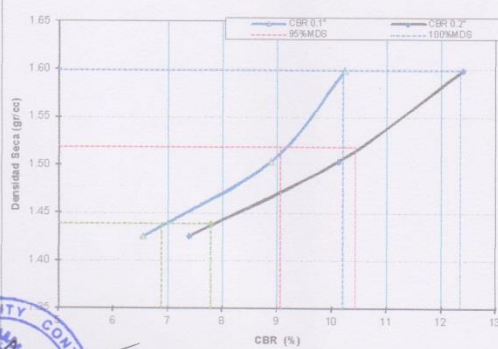
(MTC E132 - 2000)

SECTOR : CURVA DE SUN - MOCHE
LADO : DERECHO

HECHO POR : E. CASTRO
REVISADO POR : E. GUZMAN
APROBADO POR : ING F. CABRERA

MUESTRA : M-1-13

GRAFICO DE PENETRACION DE CBR



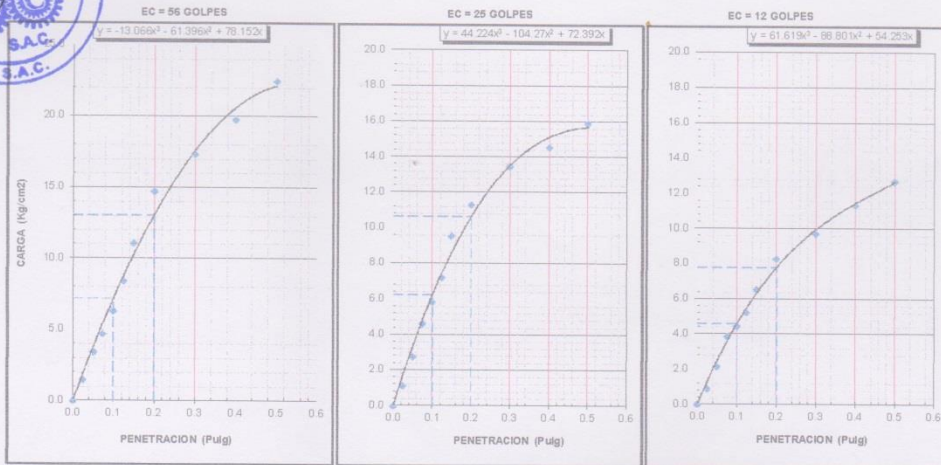
RESULTADOS:

C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1%:	10.2	0.2%:	12.3
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1%:	9.1	0.2%:	10.4
C.B.R. AL 90% DE M.D.S. (%)	0.1%:	6.9	0.2%:	7.8

Datos del Proctor

Densidad Seca	1.597	gr/cc
Optimo Humedad	21.25	%

OBSERVACIONES:



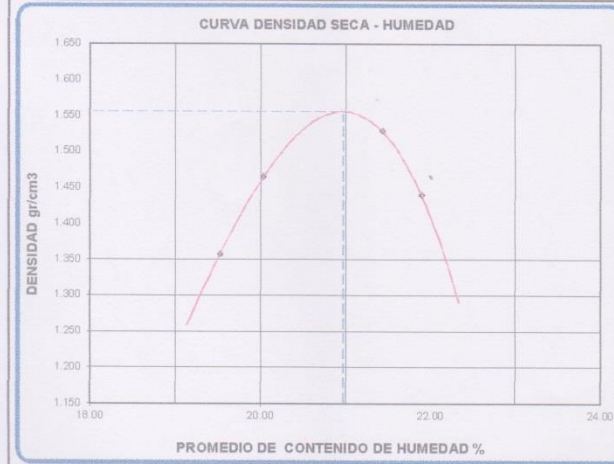


COMPACTACION DE SUELOS EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGIA MODIFICADA			
Proyecto: OPTIMIZACIÓN DE LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS PROVENIENTES DEL SECTOR CURVA DEL SUN – CAMPIÑA DE MOCHE, CON CONCRETO RECICLADO PARA PAVIMENTACIÓN, PROVINCIA DE TRUJILLO, LA LIBERTAD- 2017			
Sub tramo:	MOCHE	Departamento:	LA LIBERTAD
Ciente:	DEL RIO HUAMÁN YORKA ANTONELLY	Fecha:	07/02/2017

(MTC E 115 - 2000)

SECTOR : CURVA DE SUN - MOCHE	HECHO POR : E. CASTRO
LADO : DERECHO	REVISADO POR : E. GUZMAN
MUESTRA : M-2-13	APROBADO POR : ING F. CABRERA

Metodo de compactacion						A
Numero de golpes						25
Numero de capas						5
CALCULO DE DENSIDAD HUMEDA						
1. Peso suelo humedo. + molde	gr	5001	5126	5216	5123	
2. Peso del molde	gr	3504	3504	3504	3504	
3. Volumen del molde	cc	922	922	922	922	
4. Peso suelo humedo	gr	1497	1622	1712	1619	
5. Densidad suelo humedo	gr/cc	1.624	1.759	1.857	1.756	
CALCULO DE HUMEDAD						
6. Capsula N°		1	2	3	4	
7. Peso del suelo humedo.+ capsula	gr	1548.0	1566.1	1506.9	1540.9	
8. Peso del suelo seco+capsula	gr	1344.8	1355.8	1295.3	1320.0	
9. Peso del agua	gr	203.2	210.3	211.6	220.9	
10. Peso de la capsula	gr	304.0	306.0	308.0	311.0	
11. Peso del suelo seco	gr	1040.8	1049.8	987.3	1009.0	
12. Contenido de humedad	%	19.52	20.03	21.43	21.89	
13. Promedio de cont. de humedad	%	19.52	20.03	21.43	21.89	
CALCULO DE DENSIDAD SECA						
14. Densidad seca del suelo	gr/cc	1.358	1.466	1.529	1.441	



DATOS DE LA GRANULOMETRIA	
Certificado:	
Finos < No 4	100.0 %
Grosos > No 4, < 3/4"	0.0

RESULTADOS	
Humedad óptima (%)	20.97
Densidad Máxima (gr/cc)	1.557

Observaciones:



INGENIERIA QUALITY CONTROL S.A.C.

TECNOLOGIA, EXCELENCIA Y EXPERIENCIA A SU SERVICIO.



VALOR DE RELACION DE SOPORTE (C.B.R.) DE SUELOS (LABORATORIO)

Proyecto:	OPTIMIZACIÓN DE LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS PROVENIENTES DEL SECTOR CURVA DEL SUN - CAMPIÑA DE MOCHE, CON CONCRETO RECICLADO PARA PAVIMENTACIÓN, PROVINCIA DE TRUJILLO, LA LIBERTAD - 2017		
Sub tramo:	MOCHE	Departamento:	LA LIBERTAD
Cliente:	DEL RIO HUAMAN YORKA ANTONELLY	Fecha:	07/02/2017

SECTOR : CURVA DE SUN - MOCHE
LADO : DERECHO

HECHO POR : E. CASTRO
REVISADO POR : E. GUZMAN
APROBADO POR : ING. F. CABRERA

MUESTRA : M-2-13

DATOS DEL PROCTOR

MAXIMA DENSIDAD SECA	:	1.557	gr/cc
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	:	20.97	%

CAPACIDAD	:	2000	Lbs
ANILLO	:	2	

(MTC E132 - 2000)

		19		20		21	
		NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Molde Nº		19		20		21	
Nº Capa		5		5		5	
Golpes por capa Nº		66		25		12	
Cond. de la muestra							
Peso molde + suelo húmedo	(gr)	11335	11380	11114	11133	12055	12153
Peso de molde	(gr)	7282	7282	7223	7223	8422	8422
Peso del suelo húmedo	(gr)	4053	4078	3891	3910	3633	3731
Volumen del molde	(cm3)	2123	2123	2141	2141	2105	2105
Densidad húmeda	(gr/cm3)	1.909	1.921	1.817	1.826	1.726	1.772
Humedad	(%)	21.00	21.55	21.51	21.67	21.64	21.92
Densidad seca	(gr/cm3)	1.578	1.580	1.495	1.501	1.419	1.453
Tarro Nº		1	2	3	4	5	6
Tarro + Suelo húmedo	(gr)	1580.50	1524.20	1508.80	1554.20	1496.80	1515.50
Tarro + Suelo seco	(gr)	1345.20	1258.90	1296.90	1333.50	1287.10	1299.10
Peso del Agua	(gr)	215.30	264.40	209.90	220.70	209.70	216.40
Peso del tarro	(gr)	320.00	33.00	321.00	315.00	318.00	312.00
Peso del suelo seco	(gr)	1025.20	1226.90	975.90	1018.50	969.10	987.10
Humedad	(%)	21.00	21.55	21.51	21.67	21.64	21.92

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
07/02/2017	10.00.00	0	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0
08/02/2017	10.00.00	24	5.00	0.1	0.1	9.00	0.2	0.2	13.00	0.3	0.3
09/02/2017	10.00.00	48	8.00	0.2	0.2	11.00	0.3	0.2	14.00	0.4	0.3
10/02/2017	10.00.00	72	11.00	0.3	0.2	14.00	0.4	0.3	17.00	0.4	0.4
11/02/2017	10.00.00	96	9.00	0.2	0.2	12.00	0.3	0.3	14.00	0.4	0.3

PENETRACION

PENETRACION	CARGA STAND. kg/cm2	MOLDE Nº											
		19				20				21			
		CARGA	CORRECCION			CARGA	CORRECCION			CARGA	CORRECCION		
pulg	kg/cm2	Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%	Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%	Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%
0.000		0	0			0	0			0	0		
0.025		30	1			25	1			15	1		
0.050		66	3			55	3			40	2		
0.075		92	4			92	4			76	3		
0.100	70.3	132	6	6.8	9.7	125	6	5.90	8.4	92	4	4.22	6.0
0.125		177	8			155	7			106	5		
0.150		255	11			284	9			133	6		
0.200	105.5	322	14	12.7	12.1	244	11	10.30	9.8	160	8	7.34	7.0
0.300		388	17			300	13			210	9		
0.400		446	20			326	14			248	11		
0.500		506	22			351	15			280	12		





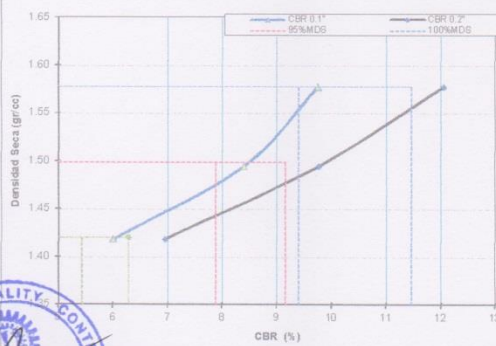
VALOR DE RELACION DE SOPORTE (C.B.R.) DE SUELOS (LABORATORIO)

Proyecto:	OPTIMIZACIÓN DE LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS PROVENIENTES DEL SECTOR CURVA DEL SUN - CAMPIÑA DE MOCHE, CON CONCRETO RECICLADO PARA PAVIMENTACIÓN, PROVINCIA DE		
Sub tramo:	MOCHE	Departamento :	LA LIBERTAD
Cliente	DEL RIO HUAMÁN YORKA ANTONELLY	Fecha :	07/02/2017

(MTC E132 - 2000)

SECTOR : CURVA DE SUN - MOCHE	HECHO POR : E. CASTRO
LADO : DERECHO	REVISADO POR : E. GUZMAN
MUESTRA : M-2-13	APROBADO POR : ING F. CABRERA

GRAFICO DE PENETRACION DE CBR



RESULTADOS:

C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1%:	9.4	0.2%:	11.5
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1%:	7.9	0.2%:	9.2
C.B.R. AL 90% DE M.D.S. (%)	0.1%:	5.4	0.2%:	6.3

Datos del Proctor

Densidad Seca	1.557	gr/cc
Optimo Humedad	20.97	%

OBSERVACIONES:





COMPACTACION DE SUELOS EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGIA MODIFICADA

Proyecto: **OPTIMIZACIÓN DE LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS PROVENIENTES DEL SECTOR CURVA DEL SUN – CAMPIÑA DE MOCHE, CON CONCRETO RECICLADO PARA PAVIMENTACIÓN, PROVINCIA DE TRUJILLO, LA LIBERTAD- 2017**

Sub tramo: **MOCHE** Departamento: **LA LIBERTAD**
 Cliente: **DEL RÍO HUAMÁN YORKA ANTONELLY** Fecha: **07/02/2017**

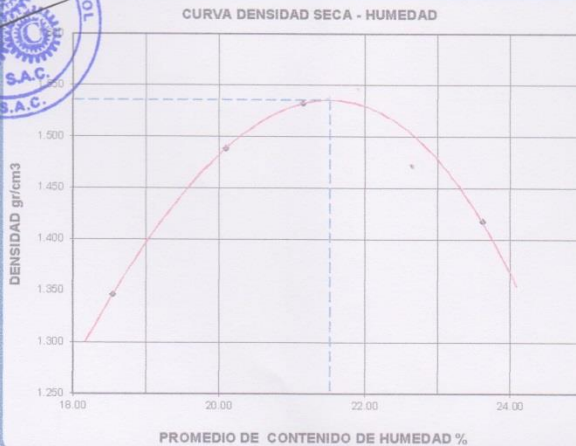
(MTC E 115 - 2000)

SECTOR : CURVA DE SUN - MOCHE
 LADO : DERECHO

HECHO POR : E. CASTRO
 REVISADO POR : E. GUZMAN
 APROBADO POR : ING F. CABRERA

MUESTRA : M-3-13

Metodo de compactacion		A			
Numero de golpes		25			
Numero de capas		5			
CALCULO DE DENSIDAD HUMEDA					
1. Peso suelo humedo. + molde	gr	4815	4995	5060	4962
2. Peso del molde	gr	3316	3316	3316	3316
3. Volumen del molde	cc	939	939	939	939
4. Peso suelo humedo	gr	1499	1679	1744	1646
5. Densidad suelo humedo	gr/cc	1.596	1.788	1.857	1.753
CALCULO DE HUMEDAD					
6. Capsula N°		5	6	7	8
7. Peso del suelo húmedo.+ capsula	gr	1315.6	1356.8	1452.2	1322.2
8. Peso del suelo seco+capsula	gr	1159.4	1181.7	1251.4	1129.8
9. Peso del agua	gr	156.2	175.1	200.8	192.4
10. Peso de la capsula	gr	317.0	310.0	302.0	315.0
11. Peso del suelo seco	gr	842.4	871.7	949.4	814.8
12. Contenido de humedad	%	18.54	20.09	21.15	23.61
13. Promedio de cont. de humedad	%	18.54	20.09	21.15	23.61
CALCULO DE DENSIDAD SECA					
14. Densidad seca del suelo	gr/cc	1.347	1.489	1.533	1.418



DATOS DE LA GRANULOMETRIA	
Certificado:	
Finos < No 4	100.0 %
Gruesos > No 4, < 3/4"	0.0

RESULTADOS	
Humedad óptima (%)	21.52
Densidad Máxima (gr/cc)	1.536

Observaciones:

INGENIERIA QUALITY CONTROL S.A.C.

TECNOLOGIA, EXCELENCIA Y EXPERIENCIA A SU SERVICIO.



VALOR DE RELACION DE SOPORTE (C.B.R.) DE SUELOS (LABORATORIO)

Proyecto:	OPTIMIZACIÓN DE LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS PROVENIENTES DEL SECTOR CURVA DEL SUN - CAMPINA DE MOCHE, CON CONCRETO RECICLADO PARA PAVIMENTACIÓN, PROVINCIA DE TRUJILLO, LA LIBERTAD- 2017		
Sub tramo:	MOCHE	Departamento:	LA LIBERTAD
Cliente:	DEL RIO HUAMÁN YORKA ANTONELLY	Fecha:	07/02/2017

SECTOR : CURVA DE SUN - MOCHE
LADO : DERECHO

HECHO POR : E. CASTRO
REVISADO POR : E. GUZMAN
APROBADO POR : ING F. CABRERA

MUESTRA : M-3-13

DATOS DEL PROCTOR

MAXIMA DENSIDAD SECA	:	1.538	gr/cc
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	:	21.52	%

CAPACIDAD ANILLO	2000	Lbs
	2	

(MTC E132 - 2000)

Molde Nº	22		23		24	
	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Nº Capa	5	5	5	5	5	5
Golpes por capa Nº	56	56	25	25	12	12
Cond. de la muestra						
Peso molde + suelo húmedo (gr)	10571	10598	10723	10736	10546	10588
Peso de molde (gr)	6650	6650	6946	6946	6923	6923
Peso del suelo húmedo (gr)	3921	3938	3778	3791	3623	3665
Volumen del molde (cm ³)	2105	2105	2123	2123	2151	2151
Densidad húmeda (gr/cm ³)	1.863	1.871	1.778	1.785	1.684	1.704
Humedad (%)	21.56	21.75	21.73	21.85	21.83	21.89
Densidad seca (gr/cm ³)	1.533	1.537	1.461	1.465	1.382	1.398
Tarro Nº	7	8	9	10	11	12
Tarro + Suelo húmedo (gr)	1489.20	1456.20	1514.40	1471.00	1426.50	1544.40
Tarro + Suelo seco (gr)	1278.80	1251.40	1288.80	1261.70	1225.90	1321.50
Peso del Agua (gr)	210.40	204.80	215.50	209.30	200.60	222.90
Peso del tarro (gr)	303.00	310.00	307.00	304.00	307.00	303.00
Peso del suelo seco (gr)	875.80	941.40	991.90	957.70	818.90	1019.50
Humedad (%)	21.66	21.76	21.73	21.85	21.83	21.89

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
07/02/2017	10:00:00	0	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0
08/02/2017	10:00:00	24	4.00	0.1	0.1	7.00	0.2	0.2	10.00	0.3	0.2
09/02/2017	10:00:00	48	7.00	0.2	0.2	11.00	0.3	0.2	14.00	0.4	0.3
10/02/2017	10:00:00	72	10.00	0.3	0.2	13.00	0.3	0.3	17.00	0.4	0.4
11/02/2017	10:00:00	96	8.00	0.2	0.2	11.00	0.3	0.2	14.00	0.4	0.3

PENETRACION

PENETRACION pulg	CARGA STAND. kg/cm ²	MOLDE Nº 22				MOLDE Nº 23				MOLDE Nº 24			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Dial (div)	kg/cm ²	kg/cm ²	%	Dial (div)	kg/cm ²	kg/cm ²	%
0.000		0	0			0	0			0	0		
0.025		46	2			30	1			18	1		
0.050		70	3			60	3			45	2		
0.075		99	4			97	4			80	4		
0.100	70.3	146	7	7.3	10.3	132	6	6.15	8.7	93	4	4.43	6.3
0.125		182	8			160	7			110	5		
0.150		262	12			210	9			140	6		
0.200	105.5	340	15	13.2	12.6	250	11	10.64	10.1	168	8	7.62	7.2
0.300		392	17			311	14			217	10		
0.400		461	20			333	15			256	11		
0.500		511	22			368	16			293	13		





VALOR DE RELACION DE SOPORTE (C.B.R.) DE SUELOS (LABORATORIO)

Proyecto:	OPTIMIZACIÓN DE LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS PROVENIENTES DEL SECTOR CURVA DEL SUN - CAMPIÑA DE MOCHE, CON CONCRETO RECICLADO PARA PAVIMENTACIÓN, PROVINCIA DE		
Sub tramo:	MOCHE	Departamento:	LA LIBERTAD
Cliente:	DEL RIO HUAMAN YORKA ANTONELLY	Fecha:	07/02/2017

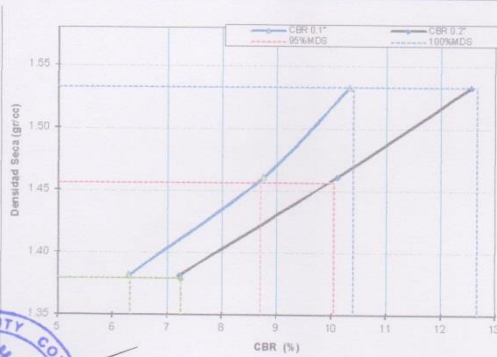
(MTC E132 - 2000)

SECTOR : CURVA DE SUN - MOCHE
LADO : DERECHO

HECHO POR : E. CASTRO
REVISADO POR : E. GUZMAN
APROBADO POR : ING F. CABRERA

MUESTRA : M-3-13

GRAFICO DE PENETRACION DE CBR



RESULTADOS:

C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1%:	10.4	0.2%:	12.7
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1%:	8.7	0.2%:	10.0
C.B.R. AL 90% DE M.D.S. (%)	0.1%:	6.3	0.2%:	7.2

Datos del Proctor

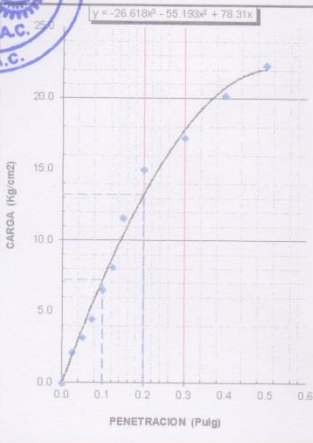
Densidad Seca	1.536	gr/cc
Optimo Humedad	21.52	%

OBSERVACIONES:



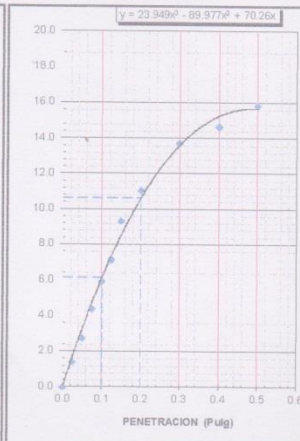
EC = 56 GOLPES

$$y = -26.618x^2 - 55.193x + 78.31x$$



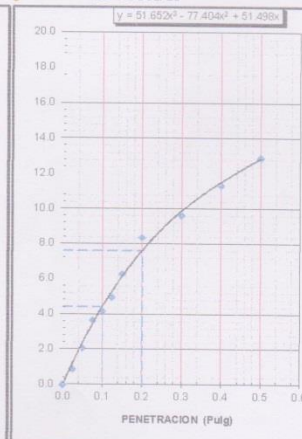
EC = 25 GOLPES

$$y = 23.349x^2 - 89.977x + 70.26x$$



EC = 12 GOLPES

$$y = 51.652x^2 - 77.404x + 51.496x$$



INGENIERIA QUALITY CONTROL S.A.C.

TECNOLOGIA, EXCELENCIA Y EXPERIENCIA A SU SERVICIO.



COMPACTACION DE SUELOS EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGIA MODIFICADA

Proyecto:	OPTIMIZACION DE LA ESTABILIZACION DE SUELOS ARCILLOSOS PROVENIENTES DEL SECTOR CURVA DEL SUN - CAMPIÑA DE MOCHE, CON CONCRETO RECICLADO PARA PAVIMENTACION, PROVINCIA DE TRUJILLO, LA LIBERTAD- 2017		
Sub tramo:	MOCHE	Departamento:	LA LIBERTAD
Cliente:	DEL RIO HUAMAN YORKA ANTONELLY	Fecha:	07/02/2017

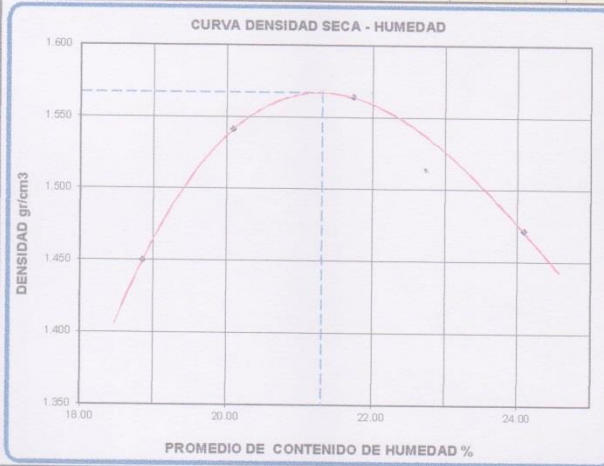
(MTC E 115 - 2000)

SECTOR : CURVA DE SUN - MOCHE
LADO : DERECHO

HECHO POR : E. CASTRO
REVISADO POR : E. GUZMAN
APROBADO POR : ING F. CABRERA

MUESTRA : M-4-13

Metodo de compactacion		A			
Numero de golpes		25			
Numero de capas		5			
CALCULO DE DENSIDAD HUMEDA					
1. Peso suelo humedo. + molde	gr	5050	5167	5216	5144
2. Peso del molde	gr	3466	3466	3466	3466
3. Volumen del molde	cc	919	919	919	919
4. Peso suelo humedo	gr	1584	1701	1750	1678
5. Densidad suelo humedo	gr/cc	1.724	1.851	1.904	1.826
CALCULO DE HUMEDAD					
6. Capsula N°		9	10	11	12
7. Peso del suelo humedo.+ capsula	gr	1522.4	1482.6	1466.7	1515.5
8. Peso del suelo seco+capsula	gr	1329.3	1286.5	1258.8	1281.1
9. Peso del agua	gr	193.1	196.1	207.9	234.4
10. Peso de la capsula	gr	305.0	310.0	302.0	308.0
11. Peso del suelo seco	gr	1024.3	976.5	956.8	973.1
12. Contenido de humedad	%	18.85	20.08	21.73	24.09
13. Promedio de cont. de humedad	%	18.85	20.08	21.73	24.09
CALCULO DE DENSIDAD SECA					
14. Densidad seca del suelo	gr/cc	1.450	1.541	1.564	1.471



DATOS DE LA GRANULOMETRIA	
Certificado:	
Finos < No 4	100.0 %
Gruesos > No 4, < 3/4"	0.0

RESULTADOS	
Humedad óptima (%)	21.31
Densidad Máxima (gr/cc)	1.567

Observaciones:



INGENIERIA QUALITY CONTROL S.A.C.

TECNOLOGIA, EXCELENCIA Y EXPERIENCIA A SU SERVICIO.



VALOR DE RELACION DE SOPORTE (C.B.R.) DE SUELOS (LABORATORIO)

Proyecto:	OPTIMIZACIÓN DE LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS PROVENIENTES DEL SECTOR CURVA DEL SUN - CAMPIÑA DE MOCHE, CON CONCRETO RECICLADO PARA PAVIMENTACIÓN, PROVINCIA DE TRUJILLO, LA LIBERTAD- 2017		
Sub tramo:	MOCHE	Departamento:	LA LIBERTAD
Cliente:	DEL RIO HUAMÁN YORKA ANTONELLY	Fecha:	07/02/2017

SECTOR : CURVA DE SUN - MOCHE
LADO : DERECHO

HECHO POR : E. CASTRO
REVISADO POR : E. GUZMAN
APROBADO POR : ING F. CABRERA

MUESTRA : M-4-13

DATOS DEL PROCTOR

MAXIMA DENSIDAD SECA	:	1.567	gr/cc
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	:	21.31	%

CAPACIDAD:	2000	Lbs.
ANILLO	2	

(MTC E132 - 2000)

Cond. de la muestra	25		26		27	
	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Molde Nº	25	26	26	27	27	27
Nº Capa	5	5	5	5	5	5
Golpes por capa Nº	56	26	26	12	12	12
Peso molde + suelo húmedo (gr)	11330	11340	11615	11635	10942	10864
Peso de molde (gr)	7323	7323	7797	7797	7141	7141
Peso del suelo húmedo (gr)	4007	4017	3818	3838	3702	3724
Volumen del molde (cm3)	2105	2105	2123	2123	2169	2169
Densidad húmeda (gr/cm3)	1.904	1.908	1.799	1.808	1.706	1.716
Humedad (%)	21.33	21.50	21.49	21.55	21.51	21.79
Densidad seca (gr/cm3)	1.569	1.570	1.481	1.487	1.404	1.409
Tarro Nº	1	2	3	4	5	6
Tarro + Suelo húmedo (gr)	1544.80	1624.10	1579.10	1532.30	1515.40	1491.40
Tarro + Suelo seco (gr)	1329.50	1395.10	1356.60	1316.50	1303.40	1280.40
Peso del Agua (gr)	215.30	229.00	222.50	215.80	212.00	211.00
Peso del tarro (gr)	320.00	330.00	321.00	315.00	318.00	312.00
Peso del suelo seco (gr)	1009.50	1065.10	1035.60	1001.50	985.40	968.40
Humedad (%)	21.33	21.50	21.49	21.55	21.51	21.79

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
07/02/2017	10.00.00	0	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0
09/02/2017	10.00.00	24	6.00	0.1	0.1	8.00	0.2	0.2	11.00	0.3	0.2
09/02/2017	10.00.00	48	7.00	0.2	0.2	10.00	0.3	0.2	13.00	0.3	0.3
10/02/2017	10.00.00	72	11.00	0.3	0.2	14.00	0.4	0.3	17.00	0.4	0.4
11/02/2017	10.00.00	96	9.00	0.2	0.2	12.00	0.3	0.3	14.00	0.4	0.3

PENETRACION

PENETRACION pulg	CARGA STAND. kg/cm2	MOLDE Nº 25				MOLDE Nº 26				MOLDE Nº 27			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%	Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%	Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%
0.000		0	0			0	0			0	0		
0.025		36	2			26	1			20	1		
0.050		65	3			55	3			44	2		
0.075		88	4			86	4			77	4		
0.100	70.3	130	6	6.9	9.8	125	6	5.83	8.3	85	4	4.19	6.0
0.125		177	8			151	7			101	5		
0.150		259	11			200	9			136	6		
0.200	105.5	326	14	12.7	12.0	246	11	10.10	9.6	177	6	7.24	6.9
0.300		379	17			292	13			208	9		
0.400		444	19			320	14			250	11		
0.500		508	22			355	16			290	13		



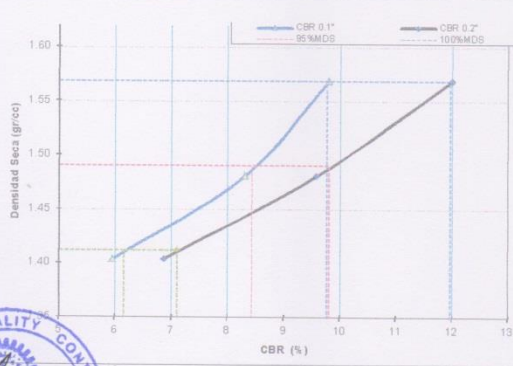


VALOR DE RELACION DE SOPORTE (C.B.R.) DE SUELOS (LABORATORIO)			
Proyecto:	OPTIMIZACIÓN DE LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS PROVENIENTES DEL SECTOR CURVA DEL SUN – CAMPIÑA DE MOCHE, CON CONCRETO RECICLADO PARA PAVIMENTACIÓN, PROVINCIA DE		
Sub tramo:	MOCHE	Departamento :	LA LIBERTAD
Cliente	DEL RIO HUAMÁN YORKA ANTONELLY	Fecha :	07/02/2017

(MTC E132 - 2000)

SECTOR : CURVA DE SUN - MOCHE	HECHO POR : E. CASTRO
LADO : DERECHO	REVISADO POR : E. GUZMAN
MUESTRA : M-4-13	APROBADO POR : ING F. CABRERA

GRAFICO DE PENETRACION DE CBR



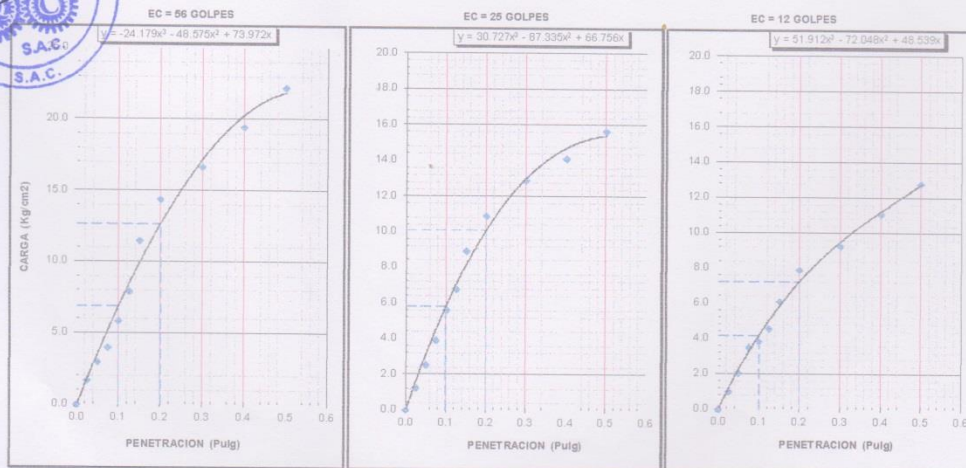
RESULTADOS:

C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1": 9.8	0.2": 12.0
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1": 8.4	0.2": 9.8
C.B.R. AL 90% DE M.D.S. (%)	0.1": 6.2	0.2": 7.1

Datos del Proctor

Densidad Seca	1.567	gr/cc
Optimo Humedad	21.31	%

OBSERVACIONES:





COMPACTACION DE SUELOS EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGIA MODIFICADA

Proyecto:	OPTIMIZACION DE LA ESTABILIZACION DE SUELOS ARCILLOSOS PROVENIENTES DEL SECTOR CURVA DEL SUN – CAMPIÑA DE MOCHE, CON CONCRETO RECICLADO PARA PAVIMENTACIÓN, PROVINCIA DE TRUJILLO, LA LIBERTAD- 2017		
Sub tramo:	MOCHE	Departamento:	LA LIBERTAD
Ciente:	DEL RIO HUAMÁN YORKA ANTONELLY	Fecha:	14/02/2017

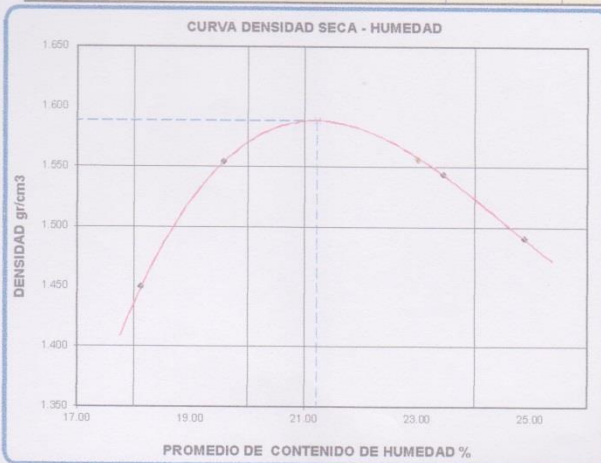
(MTC E 115 - 2000)

SECTOR : CURVA DE SUN - MOCHE
LADO : DERECHO

HECHO POR : E. CASTRO
REVISADO POR : E. GUZMAN
APROBADO POR : ING F. CABRERA

MUESTRA : M-5-13

Metodo de compactacion		A			
Numero de golpes		25			
Numero de capas		5			
CALCULO DE DENSIDAD HUMEDA					
1. Peso suelo humedo. + molde	gr	5125	5263	5308	5266
2. Peso del molde	gr	3514	3514	3514	3514
3. Volumen del molde	cc	941	941	941	941
4. Peso suelo humedo	gr	1611	1749	1794	1752
5. Densidad suelo humedo	gr/cc	1.712	1.859	1.906	1.862
CALCULO DE HUMEDAD					
6. Capsula N°		1	2	3	4
7. Peso del suelo húmedo.+ capsula	gr	1356.8	1429.5	1588.4	1433.7
8. Peso del suelo seco+capsula	gr	1195.3	1245.6	1345.2	1210.0
9. Peso del agua	gr	161.5	183.9	243.2	223.7
10. Peso de la capsula	gr	304.0	306.0	308.0	311.0
11. Peso del suelo seco	gr	891.3	939.6	1037.2	899.0
12. Contenido de humedad	%	18.12	19.57	23.45	24.88
13. Promedio de cont. de humedad	%	18.12	19.57	23.45	24.88
CALCULO DE DENSIDAD SECA					
14. Densidad seca del suelo	gr/cc	1.449	1.554	1.544	1.491



DATOS DE LA GRANULOMETRIA

Certificado:	
Finos < No 4	100.0 %
Gruesos > No 4, < 3/4"	0.0

RESULTADOS

Humedad óptima (%)	21.22
Densidad Máxima (gr/cc)	1.589

Observaciones:



INGENIERIA QUALITY CONTROL S.A.C.

TECNOLOGIA, EXCELENCIA Y EXPERIENCIA A SU SERVICIO.



VALOR DE RELACION DE SOPORTE (C.B.R.) DE SUELOS (LABORATORIO)

Proyecto:	OPTIMIZACIÓN DE LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS PROVENIENTES DEL SECTOR CURVA DEL SUN - CAMPIÑA DE MOCHE, CON CONCRETO RECICLADO PARA PAVIMENTACIÓN, PROVINCIA DE TRUJILLO, LA LIBERTAD- 2017		
Sub tramo:	MOCHE	Departamento:	LA LIBERTAD
Cliente:	DEL RÍO HUAMÁN YORKA ANTONELLY	Fecha:	14/02/2017

SECTOR : CURVA DE SUN - MOCHE
LADO : DERECHO

HECHO POR : E. CASTRO
REVISADO POR : E. GUZMAN
APROBADO POR : ING F. CABRERA

MUESTRA : M-5-13

DATOS DEL PROCTOR

MAXIMA DENSIDAD SECA	:	1.589	gr/cc
OPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	:	21.22	%

CAPACIDAD	:	2000	Lbs.
ANILLO	:	2	

(MTC E132 - 2000)

Cond. de la muestra	28		29		30	
	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO	NO SATURADO	SATURADO
Molde Nº	28		29		30	
Nº Capa	5		5		5	
Golpes por capa Nº	56		25		12	
Peso molde + suelo húmedo (gr)	12423	12445	11850	11866	10855	10878
Peso de molde (gr)	8348	8349	7986	7986	7238	7238
Peso del suelo húmedo (gr)	4074	4096	3864	3900	3617	3640
Volumen del molde (cm3)	2123	2123	2123	2123	2087	2087
Densidad húmeda (gr/cm3)	1.919	1.929	1.829	1.837	1.733	1.745
Humedad (%)	21.21	21.47	21.44	21.51	21.49	21.60
Densidad seca (gr/cm3)	1.583	1.588	1.506	1.512	1.426	1.435
Tarro Nº	7		8		9	
Tarro + Suelo húmedo (gr)	1378.90	1455.50	1426.80	1488.10	1429.80	1379.80
Tarro + Suelo seco (gr)	1190.60	1253.00	1229.10	1278.50	1231.20	1188.50
Peso del Agua (gr)	188.30	202.50	197.70	209.60	198.60	191.30
Peso del tarro (gr)	303.00	310.00	307.00	304.00	307.00	303.00
Peso del suelo seco (gr)	887.80	943.00	922.10	974.50	924.20	885.50
Humedad (%)	21.21	21.47	21.44	21.51	21.49	21.60

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
14/02/2017	12:00:00	0	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0
15/02/2017	12:00:00	24	4.00	0.1	0.1	8.00	0.2	0.2	12.00	0.3	0.3
16/02/2017	12:00:00	48	8.00	0.2	0.2	11.00	0.3	0.2	14.00	0.4	0.3
17/02/2017	12:00:00	72	11.00	0.3	0.2	13.00	0.3	0.3	16.00	0.4	0.4
18/02/2017	12:00:00	96	9.00	0.2	0.2	11.00	0.3	0.2	14.00	0.4	0.3

PENETRACION

PENETRACION psi/g	CARGA STAND. kg/cm2	MOLDE Nº 28				MOLDE Nº 29				MOLDE Nº 30			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%	Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%	Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%
0.000		0	0			0	0			0	0		
0.025		39	2			23	1			19	1		
0.050		60	3			50	2			35	2		
0.075		91	4			79	4			68	3		
0.100	70.3	136	6	7.0	9.9	131	6	6.00	8.5	80	4	4.05	5.8
0.125		180	8			164	7			130	5		
0.150		244	11			205	9			169	6		
0.200	105.5	306	15	12.6	12.0	255	11	10.35	9.8	180	8	7.20	6.8
0.300		385	17			301	13			209	9		
0.400		436	19			326	14			246	11		
0.500		526	23			378	17			278	12		





VALOR DE RELACION DE SOPORTE (C.B.R.) DE SUELOS (LABORATORIO)

Proyecto:	OPTIMIZACIÓN DE LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS PROVENIENTES DEL SECTOR CURVA DEL SUN – CAMPIÑA DE MOCHE, CON CONCRETO RECICLADO PARA PAVIMENTACIÓN, PROVINCIA DE		
Sub tramo:	MOCHE	Departamento :	LA LIBERTAD
Cliente	DEL RIO HUAMÁN YORKA ANTONELLY	Fecha :	14/02/2017

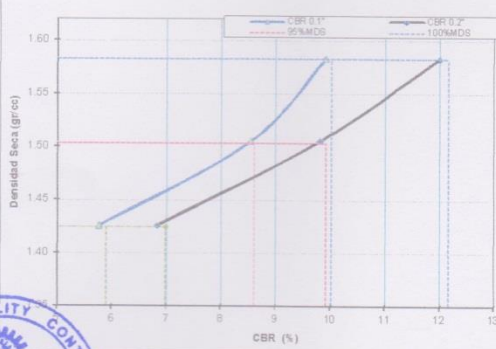
(MTC E132 - 2000)

SECTOR : CURVA DE SUN - MOCHE
LADO : DERECHO

MUESTRA : M-5-13

HECHO POR : E. CASTRO
REVISADO POR : E. GUZMAN
APROBADO POR : ING F. CABRERA

GRAFICO DE PENETRACION DE CBR



RESULTADOS:

C.B.R. AL 100% DE M.D.S. (%)	0.1%:	10.0	0.2%:	12.2
C.B.R. AL 95% DE M.D.S. (%)	0.1%:	8.6	0.2%:	9.9
C.B.R. AL 90% DE M.D.S. (%)	0.1%:	5.9	0.2%:	7.0

Datos del Proctor

Densidad Seca	1.589	gr/cc
Optimo Humedad	21.22	%

OBSERVACIONES:



INGENIERIA QUALITY CONTROL S.A.C.

TECNOLOGIA, EXCELENCIA Y EXPERIENCIA A SU SERVICIO.

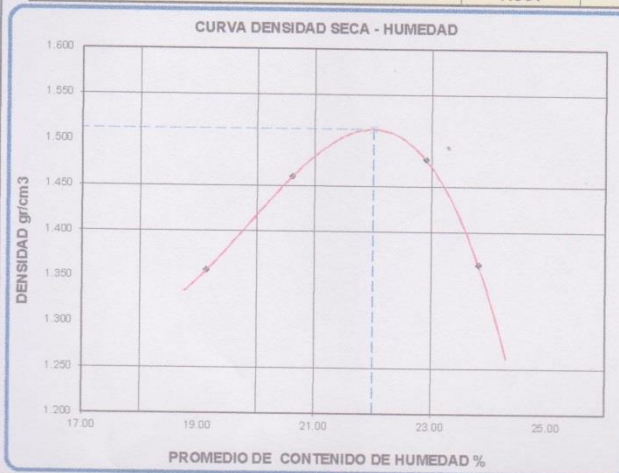


COMPACTACION DE SUELOS EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGIA MODIFICADA			
Proyecto:	OPTIMIZACIÓN DE LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS PROVENIENTES DEL SECTOR CURVA DEL SUN – CAMPIÑA DE MOCHE, CON CONCRETO RECICLADO PARA PAVIMENTACIÓN, PROVINCIA DE TRUJILLO, LA LIBERTAD- 2017		
Sub tramo:	MOCHE	Departamento:	LA LIBERTAD
Cliente:	DEL RIO HUAMAN YORKA ANTONELLY	Fecha:	14/02/2017

(MTC E 115 - 2000)

SECTOR : CURVA DE SUN - MOCHE	HECHO POR : E. CASTRO
LADO : DERECHO	REVISADO POR : E. GUZMAN
MUESTRA : M-1-15	APROBADO POR : ING F. CABRERA

Metodo de compactacion		A			
Numero de golpes		25			
Numero de capas		5			
CALCULO DE DENSIDAD HUMEDA					
1. Peso suelo humedo. + molde	gr	4855	4988	5041	4921
2. Peso del molde	gr	3364	3364	3364	3364
3. Volumen del molde	cc	922	922	922	922
4. Peso suelo humedo	gr	1491	1624	1677	1557
5. Densidad suelo humedo	gr/cc	1.617	1.761	1.819	1.689
CALCULO DE HUMEDAD					
6. Capsula Nº		5	6	7	8
7. Peso del suelo humedo.+ capsula	gr	1526.4	1511.0	1589.7	1533.4
8. Peso del suelo seco+capsula	gr	1332.1	1305.8	1349.7	1299.0
9. Peso del agua	gr	194.3	205.2	240.0	234.4
10. Peso de la capsula	gr	317.0	310.0	302.0	315.0
11. Peso del suelo seco	gr	1015.1	995.8	1047.7	984.0
12. Contenido de humedad	%	19.14	20.61	22.91	23.82
13. Promedio de cont. de humedad	%	19.14	20.61	22.91	23.82
CALCULO DE DENSIDAD SECA					
14. Densidad seca del suelo	gr/cc	1.357	1.460	1.480	1.364



DATOS DE LA GRANULOMETRIA	
Certificado:	
Finos < No 4	100.0 %
Gruesos > No 4, < 3/4"	0.0

RESULTADOS	
Humedad óptima (%)	22.00
Densidad Máxima (gr/cc)	1.513

Observaciones:



INGENIERIA QUALITY CONTROL S.A.C.

TECNOLOGIA, EXCELENCIA Y EXPERIENCIA A SU SERVICIO.



VALOR DE RELACION DE SOPORTE (C.B.R.) DE SUELOS (LABORATORIO)

Proyecto:	OPTIMIZACIÓN DE LA ESTABILIZACIÓN DE SUELOS ARCILLOSOS PROVENIENTES DEL SECTOR CURVA DEL SUN - CAMPINA DE MOCHE, CON CONCRETO RECICLADO PARA PAVIMENTACIÓN, PROVINCIA DE TRUJILLO, LA LIBERTAD- 2017		
Sub tramo:	MOCHE	Departamento:	LA LIBERTAD
Cliente:	DEL RIO HUAMÁN YORKÁ ANTONELLY	Fecha:	14/02/2017

SECTOR : CURVA DE SUN - MOCHE
LADO : DERECHO

HECHO POR : E. CASTRO
REVISADO POR : E. GUZMAN
APROBADO POR : ING. F. CABRERA

MUESTRA : M-1-15

DATOS DEL PROCTOR

MAXIMA DENSIDAD SECA	:	1.513	gr/cc
ÓPTIMO CONTENIDO DE HUMEDAD	:	22.00	%

CAPACIDAD ANILLO	2000	Lbs.
	2	

(MTC E132 - 2000)

Molde Nº	1		2		3			
	5	6	5	6	5	6		
Nº Capa	66		25		12			
Golpes por capa Nº	66		25		12			
Cond. de la muestra	NO SATURADO		SATURADO		NO SATURADO		SATURADO	
Peso molde + suelo húmedo (gr)	11088	11100	12031	12055	10594	10599		
Peso de molde (gr)	7113	7113	8257	8257	8622	8622		
Peso del suelo húmedo (gr)	3976	3987	3774	3798	3742	3777		
Volumen del molde (cm3)	2151	2151	2151	2151	2265	2265		
Densidad húmeda (gr/cm3)	1.848	1.854	1.755	1.768	1.652	1.668		
Humedad (%)	21.98	22.13	22.09	22.30	22.26	22.66		
Densidad seca (gr/cm3)	1.515	1.518	1.437	1.444	1.351	1.380		
Tarro Nº	1		2		3		6	
Tarro + Suelo húmedo (gr)	1542.30	1387.40	1560.80	1528.80	1511.10	1477.60		
Tarro + Suelo seco (gr)	1322.20	1195.80	1336.50	1307.50	1283.90	1262.30		
Peso del Agua (gr)	220.10	191.60	224.30	221.30	217.20	215.30		
Peso del tarro (gr)	320.00	330.00	321.00	315.00	318.00	312.00		
Peso del suelo seco (gr)	1002.20	865.80	1015.50	992.50	975.90	950.30		
Humedad (%)	21.98	22.13	22.09	22.30	22.26	22.66		

EXPANSION

FECHA	HORA	TIEMPO Hr.	DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION		DIAL	EXPANSION	
				mm	%		mm	%		mm	%
14/02/2017	11:00:00	0	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0	0.00	0.0	0.0
15/02/2017	11:00:00	24	3.00	0.1	0.1	7.00	0.2	0.2	11.00	0.3	0.2
16/02/2017	11:00:00	48	8.00	0.2	0.2	12.00	0.3	0.3	14.00	0.4	0.3
17/02/2017	11:00:00	72	12.00	0.3	0.3	15.00	0.4	0.3	17.00	0.4	0.4
18/02/2017	11:00:00	96	9.00	0.2	0.2	12.00	0.3	0.3	15.00	0.4	0.3

PENETRACION

PENETRACION pulg	CARGA STAND. kg/cm2	MOLDE Nº											
		1				2				3			
		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION		CARGA		CORRECCION	
		Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%	Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%	Dial (div)	kg/cm2	kg/cm2	%
0.000		0	0			0	0			0	0		
0.025		40	2			26	1			20	1		
0.050		68	3			53	2			38	2		
0.075		99	4			85	4			72	3		
0.100	70.3	145	6	7.6	10.8	148	6	6.28	8.9	92	4	4.47	6.4
0.125		190	8			171	8			119	5		
0.150		277	12			243	9			146	7		
0.200	105.5	396	16	13.4	12.7	266	12	10.66	10.3	198	9	7.63	7.4
0.300		480	18			316	14			219	10		
0.400		459	20			346	15			270	12		
0.500		578	25			391	17			301	13		





**ANEXO 3: NORMAS
MINISTERIO DE
TRANSPORTES Y
COMUNICACIONES**

ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE SUELOS POR TAMIZADO**MTC E 107- 2000**

Este Modo Operativo está basado en las Normas ASTM D 422 y AASHTO T 88, las mismas que se han adaptado al nivel de implementación y a las condiciones propias de nuestra realidad. Cabe indicar que este Modo Operativo está sujeto a revisión y actualización continua.

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

1. OBJETIVO

1.1 La determinación cuantitativa de la distribución de tamaños de partículas de suelo.

1.2 Esta norma describe el método para determinar los porcentajes de suelo que pasan por los distintos tamices de la serie empleada en el ensayo, hasta el de 74 mm (N° 200).

2. APARATOS

2.1 *Dos balanzas.* Una con sensibilidad de 0.01 g para pesar material que pase el tamiz de 4,760 mm (N° 4). Otra con sensibilidad 0.1 % del peso de la muestra, para pesar los materiales retenidos en el tamiz de 4,760 mm (N° 4).

2.2 *Tamices de malla cuadrada*

75 mm (3"), 50,8 mm (2"), 38,1 mm (1½"), 25,4 mm (1"), 19,0 mm (¾"), 9,5 mm (3/8"), 4,76 mm (N° 4), 2,00 mm (N° 10), 0,840 mm (N° 20), 0,425 mm (N° 40), 0,250 mm (N° 60), 0,106 mm (N° 140) y 0,075 mm (N° 200).

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

75 mm (3"), 37,5 mm (1-½"), 19,0 mm (¾"), 9,5 mm (3/8"), 4,75 mm (N° 4), 2,36 mm (N° 8), 1,10 mm (N° 16), 600 mm (N° 30), 300 mm (N° 50), 150 mm (N° 100), 75 mm (N° 200).

2.3 *Estufa,* capaz de mantener temperaturas uniformes y constantes hasta de 110 ± 5 °C (230 ± 9 °F).

2.4 *Envases,* adecuados para el manejo y secado de las muestras.

2.5 *Cepillo y brocha,* para limpiar las mallas de los tamices.

3. MUESTRA

3.1 Según sean las características de los materiales finos de la muestra, el análisis con tamices se hace, bien con la muestra entera, o bien con parte de ella después de separar los finos por lavado. Si la necesidad del lavado no se puede determinar por examen visual, se seca en el horno una pequeña porción húmeda del material y luego se examina su resistencia en seco rompiéndola entre los dedos. Si se puede romper fácilmente y el material fino se pulveriza bajo la presión de aquellos, entonces el análisis con tamices se puede efectuar sin previo lavado.

3.2 Prepárese una muestra para el ensayo como se describe en la preparación de muestras para análisis granulométrico (MTC E 106), la cual estará constituida por dos fracciones: una retenida sobre el tamiz de 4,760 mm (N° 4) y otra que pasa dicho tamiz. Ambas fracciones se ensayaran por separado.

3.3 El peso del suelo secado al aire y seleccionado para el ensayo, como se indica en el modo operativo MTC E 106, será suficiente para las cantidades requeridas para el análisis mecánico, como sigue:

- Para la porción de muestra retenida en el tamiz de 4,760 mm (N° 4) el peso dependerá del tamaño máximo de las partículas de acuerdo con la Tabla 1.

Tabla 1

Diámetro nominal de las partículas más grandes mm (pulg)	Peso mínimo aproximado de la porción (gr)
9,5 (3 /8")	500
19,6 (¾")	1000
25,7 (1")	2000
37,5 (1 ½")	3000
50,0 (2")	4000
75,0 (3")	5000

- El tamaño de la porción que pasa tamiz de 4,760 mm (N° 4) será aproximadamente de 115 g, para suelos arenosos y de 65 g para suelos arcillosos y limosos.

3.4 En el modo operativo MTC E 106 se dan indicaciones para la pesada del suelo secado al aire y seleccionado para el ensayo, así como para la separación del suelo sobre el tamiz de 4,760 mm (N° 4) por medio del tamizado en seco, y para el lavado y pesado de las fracciones lavadas y secadas retenidas en dicho tamiz. De estos dos pesos, los porcentajes, retenido y que pasa el tamiz de 4,760 mm (N° 4), pueden calcularse de acuerdo con el numeral 6.1.

- Se puede tener una comprobación de los pesos, así como de la completa pulverización de los terrones, pesando la porción de muestra que pasa el tamiz de 4,760 mm (N° 4) y agregándole este valor al peso de la porción de muestra lavada y secada en el horno, retenida en el tamiz de 4,760 mm (N° 4)

4. ANÁLISIS POR MEDIO DE TAMIZADO DE LA FRACCIÓN RETENIDA EN EL TAMIZ DE 4,760 mm (N° 4).

4.1 Sepárese la porción de muestra retenida en el tamiz de 4,760 mm (N° 4) en una serie de fracciones usando los tamices de:

75 mm (3"), 50 mm (2"), 38,1 mm (1½"), 25,4 mm (1"), 19,0 mm (¾"), 9,5 mm (3 /8"), 4,7 mm (N° 4), o los que sean necesarios dependiendo del tipo de muestra, o de las especificaciones para el material que se ensaya.

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

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

4.3 Se determina el peso de cada fracción en una balanza con una sensibilidad de 0.1 %. La suma de los pesos de todas las fracciones y el peso, inicial de la muestra no debe diferir en más de 1%.

5. ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO DE LA FRACCIÓN FINA

5.1 El análisis granulométrico de la fracción que pasa el tamiz de 4,760 mm (N° 4) se hará por tamizado y/o sedimentación según las características de la muestra y según la información requerida.

- Los materiales arenosos que contengan muy poco limo y arcilla, cuyos terrones en estado seco se desintegren con facilidad, se podrán tamizar en seco.
- Los materiales limo-arcillosos, cuyos terrones en estado seco no rompan con facilidad, se procesarán por la vía húmeda.
- Si se requiere la curva granulométrica completa incluyendo la fracción de tamaño menor que el tamiz de 0,074 mm (N° 200), la gradación de ésta se determinará por sedimentación, utilizando el hidrómetro para obtener los datos necesarios. Ver modo operativo MTC E 109.
- Se puede utilizar procedimientos simplificados para la determinación del contenido de partículas menores de un cierto tamaño, según se requiera.
- La fracción de tamaño mayor que el tamiz de 0,074 mm (N° 200) se analizará por tamizado en seco, lavando la muestra previamente sobre el tamiz de 0,074 mm (N° 200)

5.2 Procedimiento para el análisis granulométrico por lavado sobre el tamiz de 0,074 mm (N° 200).

- Se separan mediante cuarteo, 115 g para suelos arenosos y 65 g para suelos arcillosos y limosos, pesándolos con exactitud de 0.01 g.
- Humedad higroscópica. Se pesa una porción de 10 a 15 g de los cuarteos anteriores y se seca en el horno a una temperatura de 110 ± 5 °C (230 ± 9 °F). Se pesan de nuevo y se anotan los pesos.
- Se coloca la muestra en un recipiente apropiado, cubriéndola con agua y se deja en remojo hasta que todos los terrones se ablanden.

- Se lava a continuación la muestra sobre el tamiz de 0,074 mm (N° 200) con abundante agua, evitando frotarla contra el tamiz y teniendo mucho cuidado de que no se pierda ninguna partícula de las retenidas en él.
- Se recoge lo retenido en un recipiente, se seca en el horno a una temperatura de $110 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$ ($230 \pm 9 \text{ }^\circ\text{F}$) y se pesa.
- Se tamiza en seco siguiendo el procedimiento indicado en las secciones 4.2 y 4.3.

6. CÁLCULOS

6.1 Valores de análisis de tamizado para la porción retenida en el tamiz de 4,760 mm (N° 4).

- Se calcula el porcentaje que pasa el tamiz de 4,760 mm (N° 4) dividiendo el peso que pasa dicho tamiz por el del suelo originalmente tomado y se multiplica el resultado por 100. Para obtener el peso de la porción retenida en el mismo tamiz, réstese del peso original, el peso del pasante por el tamiz de 4,760 mm (N° 4).
- Para comprobar el material que pasa por el tamiz de 9,52 mm (3/8"), se agrega al peso total del suelo que pasa por el tamiz de 4,760 mm (N° 4) el peso de la fracción que pasa el tamiz de 9,52 mm (3/8") y que queda retenida en el de 4,760 mm (N° 4). Para los demás tamices continúese el cálculo de la misma manera.
- Para determinar el porcentaje total que pasa por cada tamiz, se divide el peso total que pasa entre el peso total de la muestra y se multiplica el resultado por 100.

6.2 Valores del análisis por tamizado para la porción que pasa el tamiz de 4,760 mm (N° 4).

- Se calcula el porcentaje de material que pasa por el tamiz de 0,074 mm (N° 200) de la siguiente forma:

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

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

$$\% \text{ Retenido} = \frac{\text{Peso retenido en la tamiz}}{\text{Peso Total}} \times 100$$

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

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

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

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

Donde:

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

7. OBSERVACIONES

7.1 El informe deberá incluir lo siguiente:

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

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

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

7.2 Los siguientes errores posibles producirán determinaciones imprecisas en un análisis granulométrico por tamizado.

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



8. REFERENCIAS NORMATIVAS

ASTM	D 422
AASHTO	T 88

**ANÁLISIS GRANULOMÉTRICO POR MEDIO DEL HIDRÓMETRO****MTC E 109 – 2000**

Este Modo Operativo está basado en las Normas ASTM D 422 y AASHTO T 88, las mismas que se han adaptado al nivel de implementación y a las condiciones propias de nuestra realidad. Cabe indicar que este Modo Operativo está sujeto a revisión y actualización continua.

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

1. OBJETIVO

El análisis hidrométrico se basa en la ley de Stokes. Se asume que la ley de Stokes puede ser aplicada a una masa de suelo dispersado, con partículas de varias formas y tamaños. El hidrómetro se usa para determinar el porcentaje de partículas de suelos dispersados, que permanecen en suspensión en un determinado tiempo. Para ensayos de rutina con fines de clasificación, el análisis con hidrómetro se aplica a partículas de suelos que pasan el tamiz de 2.00 mm (N° 10). Para más precisión, el análisis con hidrómetro se debe realizar a la fracción de suelo que pase el tamiz de 74 μ m (N° 200).

2. APARATOS

2.1 Tres (3) balanzas, de sensibilidades 0.01 g, 0.1 g y 1 g.

2.2 Tamices, de 2.0 mm (N° 10) y de 74 μ m (N° 200)

2.3 Tamizador mecánico.

2.4 Aparato agitador, mecánico o neumático, con su vaso (figuras 1 y 2).

2.5 Hidrómetro. Graduado para leer, de acuerdo con la escala que tenga grabada, el peso específico de la suspensión o los gramos por litro de suspensión. En el primer caso, la escala tiene valores de peso específico que van de 0.995 a 1.038 y estará calibrado para leer 1.00 en agua destilada a 20 °C (68 °F). Este Hidrómetro se identifica como 151 H. En el otro caso la escala tiene valores de gramos de suelo por litro (gr/l) que van de -5 a +60. Se identifica como 152 H y está calibrado para el supuesto que el agua destilada tiene gravedad específica de 1.00 a 20 °C (68 °F) y que el suelo en suspensión tiene un peso específico de 2.65. Las dimensiones de estos hidrómetros son las mismas; sólo varían las escalas (véase Figura 4).

2.6 Cilindro de vidrio, para sedimentación de unos 457 mm (18") de alto y 63.5 mm (2.5") de diámetro y marcado para un volumen de 1000 ml a 20 °C (68 °F).

2.7 Termómetro de inmersión, con apreciación de 0.5 °C (0.9 °F).

2.8 Cronómetro o reloj.

2.9 Estufa, capaz de mantener temperaturas uniformes y constantes hasta 110 ± 5 °C (230 ± 9 °F).

2.10 Plancha de calentamiento.

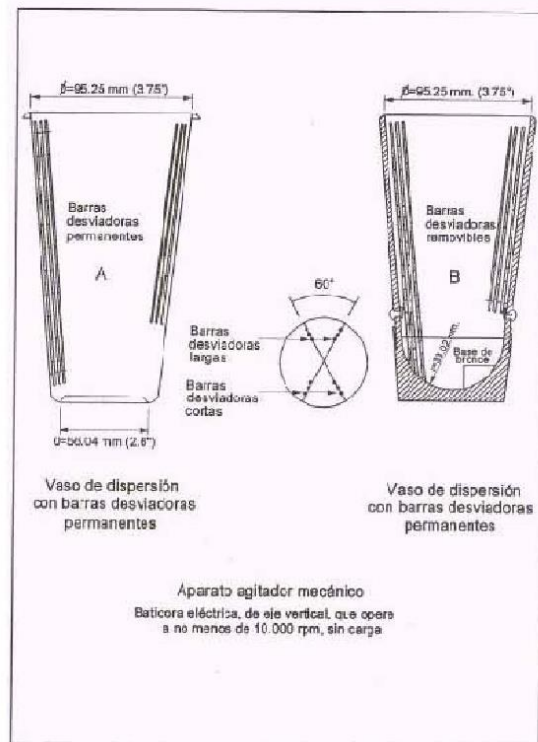
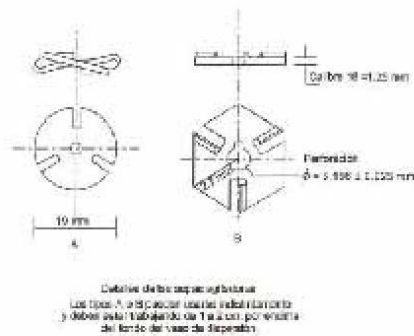


Figura 1



2.11 Utensilios de uso general. Envases apropiados para el manejo y secado de las muestras y un par de guantes de asbesto o caucho.

2.12 Agente dispersante. Una solución de hexametáfosfato de sodio; se usará en agua destilada o desmineralizada en proporción de 40 g de hexametáfosfato de sodio por litro de solución.

Las soluciones de esta sal deberán ser preparadas frecuentemente (al menos una vez al mes) o ajustar su pH de 8 a 9 por medio de carbonato de sodio. Las botellas que contienen soluciones deberán tener la fecha de preparación marcada.

2.13 Agua. Toda agua utilizada deberá ser destilada o desmineralizada. El agua para el ensayo con hidrómetro deberá llevarse hasta la temperatura que prevalecerá durante el ensayo; así, si el cilindro de sedimentación se va a colocar en baño de agua, la temperatura del agua destilada o desmineralizada que va a utilizarse se llevará a la temperatura de dicho baño. Si el cilindro de sedimentación se coloca a la temperatura ambiente del laboratorio, el agua deberá tener dicha temperatura. La temperatura normal de ensayo es la de 20 °C (68 °F). Sin embargo, variaciones de temperatura pequeñas, no implicarán el uso de las correcciones previstas.

3. CALIBRACIÓN DEL HIDRÓMETRO

3.1 El hidrómetro debe ser calibrado para determinar su profundidad efectiva en términos de lecturas de hidrómetro (véase Figura 4). Si se dispone de un hidrómetro tipo 151-H o 152-H, la profundidad efectiva puede ser obtenida de la Tabla 1. Si el hidrómetro disponible es de otro tipo, procédase a su calibración de acuerdo con los pasos siguientes:

3.2 Determinése el volumen del bulbo del hidrómetro (VB). Este puede ser determinado utilizando uno de los métodos siguientes:

Midiendo el volumen de agua desplazada. Llénese con agua destilada o desmineralizada un cilindro graduado de 1000 ml de capacidad hasta aproximadamente 900 ml. Obsérvese y anótese la lectura del nivel del agua, El agua debe estar aproximadamente a 20 °C (68 °F). Introdúzcase el hidrómetro y anótese la nueva lectura. La diferencia entre estas dos lecturas es igual al volumen del bulbo más la parte del vástago que está sumergida. El error debido a la inclusión del volumen del vástago es tan pequeño que puede ser despreciado para efectos prácticos.

Determinación del volumen a partir del peso del hidrómetro. Pésese el hidrómetro con una aproximación de 0.01 g. Debido a que el peso específico del hidrómetro es aproximadamente igual a la unidad, el peso del hidrómetro en gramos es equivalente a su volumen en centímetros cúbicos. Este volumen incluye el volumen del bulbo y del vástago. El error debido a la inclusión del volumen del vástago es despreciable.

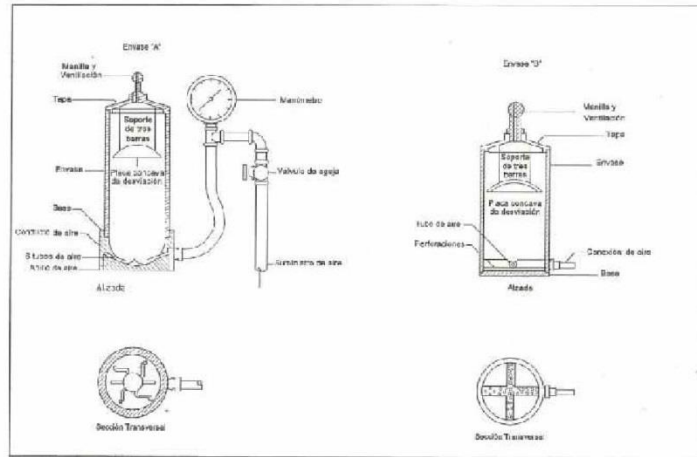


Figura 2. Agitador neumático

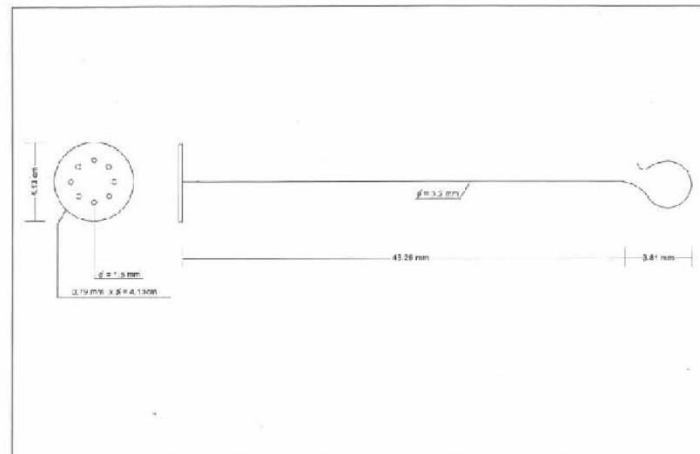


FIGURA 3. Agitador manual para el análisis por porosímetro



La escala de gravedad específica debe calibrarse para leer 1.000 a 20°C (68 °F) y debe extenderse para una capacidad de lectura desde 0.995 hasta 1.038. la escala gramos por litro debe extenderse desde – 5 gr/l, con respecto al cero (1.000 de gravedad específica) hasta 60 gr/l. El bulbo debe ser simétrico por encima y por debajo del diámetro medio y debe soplarse dentro de un molde para garantizar uniformidad del producto.

- El diámetro del vástago puede variar para ajustar la longitud de la escala que se pacifique pero debe ser de diámetro uniforme de extremo a extremo.

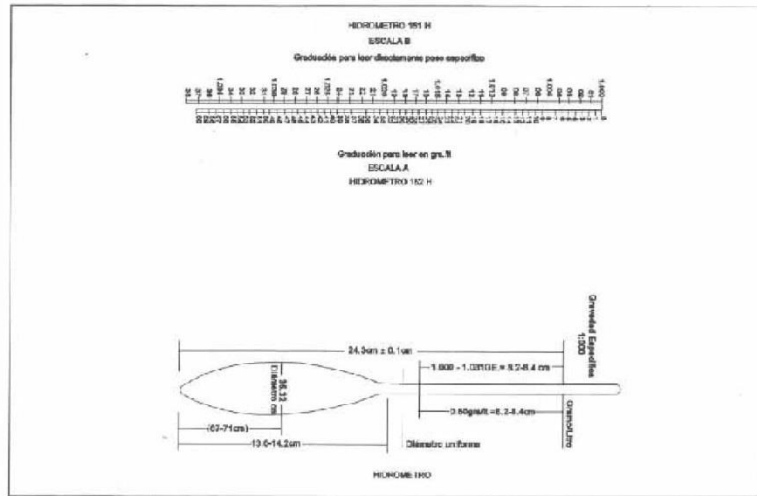


Figura 4. Hidrómetro.

Tabla 1
Valores de la profundidad efectiva basados en hidrómetro y cilindro de sedimentación de dimensiones especificadas

Hidrómetro 151 H		Hidrómetro 152 H			
lectura del hidrómetro * R' + Cm	Profundidad efectiva L (Cm)	Lectura del hidrómetro* R' + Cm	Profundidad Efectiva L (Cm)	Lectura del hidrómetro* R' + Cm	Profundidad efectiva L (Cm)
1.000	16.3	0	16.3	—	—
1.001	16.0	1	16.1	31	11.2
1.002	15.8	2	16.0	32	11.1
1.003	15.5	3	15.8	33	10.9
1.004	15.2	4	15.6	34	10.7
1.005	15.0	5	15.5	35	10.6
1.006	14.7	6	15.3	36	10.4
1.007	14.4	7	15.2	37	10.2
1.008	14.2	8	15.0	38	10.1
1.009	13.9	9	14.8	39	9.9
1.010	13.7	10	14.7	40	9.7
1.011	13.4	11	14.5	41	9.6
1.012	13.1	12	14.3	42	9.4
1.013	12.9	13	14.2	43	9.2
1.014	12.6	14	14.0	44	9.1
1.015	12.3	15	13.8	45	8.9
1.016	12.1	16	13.7	46	8.8
1.017	11.8	17	13.5	47	8.6
1.018	11.5	18	13.3	48	8.4
1.019	11.3	19	13.2	49	8.3
1.020	11.0	20	13.0	50	8.1
1.021	10.7	21	12.9	51	7.9
1.022	10.5	22	12.7	52	7.8
1.023	10.2	23	12.5	53	7.6
1.024	10.0	24	12.4	54	7.4
1.025	9.7	25	12.2	55	7.3
1.026	9.4	26	12.0	56	7.1
1.027	9.2	27	11.9	57	7.0
1.028	8.9	28	11.7	58	6.8
1.029	8.6	29	11.5	59	6.6
1.030	8.4	30	11.4	60	6.5
1.031		8.1		* Lectura del hidrómetro corregida por Menisco.	
1.032	7.8				
1.033	7.6				
1.034	7.3				
1.035	7.0				
1.036	6.8				
1.037	6.5				
1.038	6.2				

3.3 Determinese el área A del cilindro graduado midiendo la distancia que existe entre dos marcas de graduación. El área A es igual al volumen incluido entre las dos graduaciones dividido entre la distancia medida.

3.4 Mídase y anótese la distancia desde la marca de calibración inferior en el vástago del hidrómetro hasta cada una de las marcas de calibración principales (R).

3.5 Mídase y anótese la distancia desde el cuello del bulbo hasta la marca de calibración inferior. La distancia H correspondiente a cada lectura R , es igual a la suma de las dos distancias medidas en los pasos 3.4 y 3.5.

3.6 Mídase la distancia desde el cuello hasta la punta inferior del bulbo. La distancia $h/2$ localiza el centro del volumen de un bulbo simétrico. Si el bulbo utilizado no es simétrico, el centro del volumen se puede determinar con suficiente aproximación proyectando la forma del bulbo sobre una hoja de papel y localizando el centro de gravedad del área proyectada.

3.7 Determinense las profundidades efectivas L , correspondientes a cada una de las marcas de calibración principales R empleando la fórmula:

$$L = H_R + \frac{1}{2} \cdot (h - V_B / A)$$

Siendo:

L = Profundidades efectivas.

H_R = Distancias correspondientes a las lecturas R .

h = Distancia desde el cuello hasta la punta inferior del bulbo.

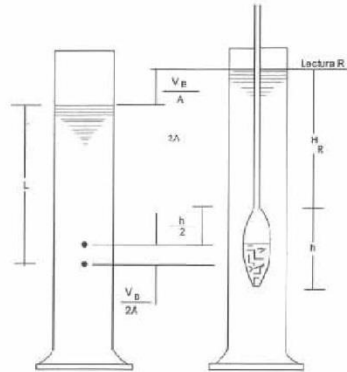
V_B = Volumen del bulbo.

A = Área del cilindro graduado.

3.8 Constrúyase una curva que exprese la relación entre R y L , como se muestra en la Figura 5. Esta relación es esencialmente una línea recta para los hidrómetros simétricos.

4. PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

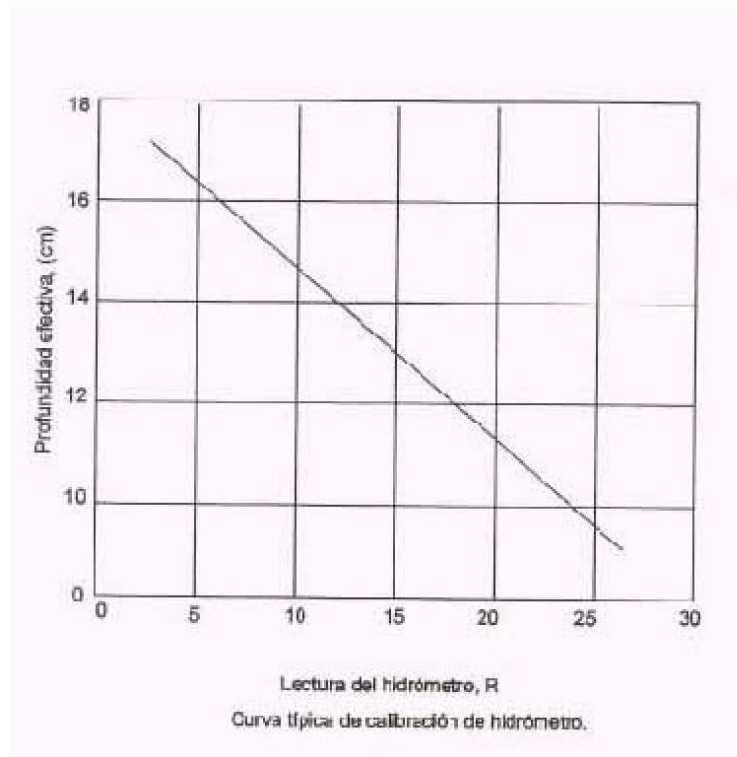
4.1 El tamaño aproximado de la muestra que se debe usar para el análisis por el hidrómetro varía con el tipo de suelo que va a ser ensayado. La cantidad requerida para suelos arenosos es de 75 a 100 g y para limos y arcillas de 50 a 60 g (peso seco). El peso exacto de la muestra en suspensión puede ser determinado antes o después del ensayo. Sin embargo el secado al horno de algunas arcillas antes del ensayo puede causar cambios permanentes en los tamaños de granos aparentes; las muestras de estos suelos deben ser conservadas con su contenido de humedad natural, y ensayadas sin ser secadas al horno.



Nota:

- A = Área interior del cilindro (cm²)
- V_B = Volumen del bulbo de Hidrómetro (c.c.)
- h = Altura del bulbo de hidrómetro (cm)
- L = Profundidad efectiva o altura verdadera de la suspensión sobre el centro del hidrómetro (cm)
- H_R = Distancia desde el cuello del hidrómetro hasta cada una de las marcas de calibración R.

$$L = H_R + \frac{h}{2} - \frac{V_B}{2A}$$



4.2 El peso se determina mediante la siguiente fórmula:

$$W_s = \frac{\text{Peso del Suelo Húmedo}}{1 + \frac{\text{Humedad (w)}}{100}}$$

Donde la humedad (w) se determinará usando una porción de muestra que no vaya a ser ensayada. (Norma MTC E 128).

5. PROCEDIMIENTO

El procedimiento consistirá de los siguientes pasos:

5.1 Anótese en el formato toda la información existente para identificar la muestra, como por ejemplo: obra, número de la muestra y otros datos pertinentes.

5.2 Determinese la corrección por defloculante y punto cero, Cd, y la corrección por menisco, Cm, a menos que ya sean conocidas (ver aparte 6.1 y 6.3).

Anótese toda esta información en el formato.

5.3 Determinese el peso específico de los sólidos, Gs (E 113).

5.4 Si el peso secado al horno se va a obtener al principio del ensayo, séquese la muestra al horno, déjese enfriar y pésese con una aproximación de 0.1 g. Anótese en el formato el valor obtenido. Colóquese la muestra en una cápsula de 250 ml previamente identificada con un número, agréguese agua destilada o desmineralizada hasta que la muestra quede totalmente sumergida. Colóquese el agente dispersante en este momento: 125 ml de solución de hexametáfosfato de sodio (40 gr/l).

Déjese la muestra en remojo por una noche hasta que los terrones de suelo se hayan desintegrado. Suelos altamente orgánicos requieren un tratamiento especial, y puede ser necesario oxidar la materia orgánica antes del ensayo. La oxidación puede ser llevada a cabo mezclando la muestra con una solución, al 30%, de peróxido de hidrógeno; esta solución oxidará toda la materia orgánica. Si el suelo contiene poca cantidad de materia orgánica, el tratamiento con peróxido de hidrógeno no es necesario.

5.5 Transfírase la muestra con agua, de la cápsula a un vaso de dispersión (figuras 1 y 2), lavando cualquier residuo que quede en la cápsula con agua destilada o desmineralizada. Agréguese agua al vaso de dispersión si es necesario, hasta que la superficie de ésta quede de 50 a 80 mm por debajo de la boca del vaso; si el vaso contiene demasiada agua, ésta se derramará durante el mezclado. Colóquese el vaso de dispersión en el aparato agitador durante un minuto.

- Para lograr la dispersión se puede emplear también aire a presión en lugar del método mecánico del agitador. En este caso, se coloca un manómetro entre el vaso y la válvula de control, la cual se abre inicialmente para obtener una presión de 0.07 kg/cm² (1 psi). Se transfiere la lechada de suelo-agua de la cazuela al vaso de dispersión, lavando con agua destilada el remanente de la cazuela, y rellenando si es necesario, con más agua destilada hasta el volumen de 250 ml. Se tapa el vaso y se abre la válvula de control hasta obtener una presión de 1.4 kg/cm² (20 psi). La dispersión se hará de acuerdo con la siguiente tabla:

Índice de plasticidad del suelo	Período de dispersión min.
Menor del 5%	5
Del 6% a 20%	10
Mayor del 20%	15

Los suelos que contienen altos porcentajes de mica se dispersarán durante un (1) minuto.

5.6 Se transfiere la suspensión a un cilindro de sedimentación de 1000 ml. La suspensión debe ser llevada a la temperatura que se espera prevalecerá en el laboratorio durante el ensayo.

5.7 Un minuto antes de comenzar el ensayo, tómesese el cilindro de sedimentación y tapándolo con la mano o con un tapón adecuado, agítase la suspensión vigorosamente durante varios segundos, con el objeto de remover los sedimentos del fondo y lograr una suspensión uniforme. Continúese agitando hasta completar un minuto volteando el cilindro hacia arriba y hacia abajo alternativamente. Algunas veces es necesario aflojar los sedimentos del fondo del cilindro, mediante un agitador de vidrio antes de proceder a agitar la lechada. Se deben ejecutar sesenta (60) giros durante ese minuto.

Alternativamente, la suspensión puede ser agitada antes de proceder al ensayo mediante un agitador manual, semejante al que se muestra en el esquema de la Figura 3. Moviendo dicho agitador hacia arriba y hacia abajo, a través de la suspensión, se consigue una distribución uniforme de las partículas de suelo. Este proceso evita también la acumulación de sedimentos en la base y en las paredes del cilindro graduado.

5.8 Al terminar el minuto de agitación, colóquese el cilindro sobre una mesa.

Póngase en marcha el cronómetro. Si hay espuma presente, remuévala tocándola ligeramente con un pedazo de papel absorbente. Introdúzcase lentamente el hidrómetro en la suspensión. Se debe tener mucho cuidado cuando se introduce y cuando se extrae, para evitar perturbar la suspensión.

5.9 Obsérvense y anótense las dos primeras lecturas de hidrómetro, al minuto, y a los dos minutos después de haber colocado el cilindro sobre la mesa. Estas lecturas deben realizarse en el tope del menisco. Inmediatamente después de realizar la lectura de los 2 minutos, extráigase cuidadosamente el hidrómetro de la suspensión y colóquese en un cilindro graduado con agua limpia. Si el hidrómetro se deja mucho tiempo en la suspensión, parte del material que se está asentando se puede adherir al bulbo, causando errores en las lecturas. Luego, introdúzcase nuevamente el hidrómetro y realícense lecturas a los 5, 15, 30, 60, 120, 250 y 1.440 minutos. Todas estas lecturas deben realizarse en el tope del menisco formado alrededor del vástago. Inmediatamente después de cada una de estas lecturas, extráigase el hidrómetro cuidadosamente de la suspensión y colóquese en el cilindro graduado con agua limpia.

5.10 Después de realizar la lectura de hidrómetro de los 2 minutos y después de cada lectura siguiente, colóquese un termómetro en la suspensión, mídase la temperatura y anótense en la planilla con una aproximación de 0.5 °C (0.9 °F). Los cambios de temperatura de la suspensión durante el ensayo afectan los resultados. Las variaciones en la temperatura deben ser minimizadas colocando el cilindro lejos de fuentes de calor tales como hornos, rayos de sol o ventanas abiertas. Una forma conveniente de controlar los efectos de la temperatura, es colocar el cilindro graduado que contiene la suspensión en un baño de agua.

5.11 Si el peso de la muestra se va a determinar al final del ensayo, lávese cuidadosamente toda la suspensión transfiriéndola a una cápsula de evaporación. Séquese el material al horno, déjese enfriar y determínese el peso de la muestra. El peso seco de la muestra de suelo empleada se obtendrá restándole a este valor el peso seco del agente defloculante empleado.

6. CORRECCIÓN DE LAS LECTURAS DEL HIDRÓMETRO

6.1 Antes de proceder con los cálculos, las lecturas de hidrómetro deberán ser corregidas por menisco, por temperatura, por defloculante y punto cero.

6.2 Corrección por menisco (Cm). Los hidrómetros se calibran para leer correctamente a la altura de la superficie del líquido. La suspensión de suelo no es transparente y no es posible leer directamente a la superficie del líquido; por lo tanto, la lectura del hidrómetro se debe realizar en la parte superior del menisco. La corrección por menisco es constante para un hidrómetro dado, y se determina introduciendo el hidrómetro en agua destilada o desmineralizada y observando la altura a la cual el menisco se levanta por encima de la superficie del agua. Valores corrientes de Cm son:

Hidrómetro tipo 151 H: $C_m = 0,6 \times 10^{-3} \text{ gr/cm}^3$

Hidrómetro tipo 152 H: $C_m = 1,0 \text{ gr/litro}$.

6.3 Corrección por temperatura (Ct). A cada una de las lecturas de hidrómetro se debe aplicar también un factor de corrección por temperatura, el cual debe sumarse algebraicamente a cada lectura. Este factor puede ser positivo o negativo, dependiendo de la temperatura de la suspensión en el momento de realizar cada lectura. Obténgase el valor del factor de corrección por temperatura para cada lectura de hidrómetro empleando la Tabla 2 y anótese estos valores en su planilla.

6.4 Corrección por agente de dispersión y por desplazamiento del punto cero (Cd).

- Los granos de suelos muy finos en suspensión tienden normalmente a flocular y se adhieren de tal forma que suelen precipitarse juntos. Por lo tanto, es necesario añadir a las muestras un agente de disgregación para evitar la floculación durante el ensayo. Los agentes defloculantes siguientes han sido utilizados satisfactoriamente para la mayoría de los suelos:

Tabla 2
Valores de Ct para la corrección por temperatura de las lecturas del hidrómetro

Temp. C	Ct	
	Hidrómetro graduado en	
	Densidad (gr/cm ³) x 10 ³	Concentración (gr/litro)*
10	-1,3	-2,0
11	-1,2	-1,9
12	-1,1	-1,8
13	-1,0	-1,6
14	-0,9	-1,4
15	-0,8	-1,2
16	-0,6	-1,0
17	-0,5	-0,8
18	-0,3	-0,5
19	-0,2	-0,3
20	0,0	0,0
21	0,2	0,3
22	0,4	0,6
23	0,6	0,9
24	0,8	1,3
25	1,0	1,7
26	1,3	2,0
27	1,5	2,4
28	1,8	2,9
29	2,0	3,3
30	2,3	3,7

Peso específico del sólido en suspensión: G = 2.55

Para hidrómetro tipo 1 52-H busque Ct en la columna de la derecha (gr/litro).

Para hidrómetro tipo 1 51-H busque Ct en la columna de la izquierda

$$\{(gr / cm) \times 10^3\}$$

Los valores tabulados fueron calculados por la expresión:

$$Ct = [\gamma W_{20} - \gamma W_t - \alpha (T - 20)] \times 10^3 \text{ gr/cm}^3$$

$$Ct = [\gamma W_{20} - \gamma W_t - \alpha (T - 20)] \times \frac{2.65}{1.65} 10^3 \text{ gr/cm}^3$$

- T = Temperatura de la suspensión en OC
 γW_{20} = Peso unitario del agua a 20 °C
 γW_t = Peso unitario del agua a T °C
 α = Coeficiente de dilatación volumétrica del hidrómetro ($\alpha = 2,5 \times 10^{-5} / ^\circ\text{C}$)

Agente defloculante	Fórmula
Hexametáfosfato de sodio	NaPO ₃ ó (NaPO ₃) ₆

- La adición de un agente defloculante produce aumento en la densidad del líquido y obliga a realizar una corrección a la lectura del hidrómetro observado. Así mismo, como la escala de cada hidrómetro ha sido graduada para registrar una lectura cero o lectura inicial a una temperatura base, que generalmente es 20 °C (68 °F), existirá un desplazamiento del punto cero, y las lecturas de hidrómetro observadas también deberán corregirse por este factor.
- La corrección por defloculante se determina generalmente en conjunto con la corrección por punto cero; por ello se les denomina "corrección por defloculante y punto cero".
- El procedimiento para determinar la corrección por defloculante y punto cero consistirá en los pasos siguientes:

Se selecciona un cilindro graduado de 1000 ml de capacidad y se llena con agua destilada o desmineralizada con una cantidad de defloculante igual a la que se empleará en el ensayo. Si en el ensayo no se va a utilizar defloculante, llénese el cilindro sólo con agua destilada o desmineralizada. En este caso la corrección será solamente por punto cero. Realícese, en la parte superior del menisco, la lectura del hidrómetro e introdúzcase a continuación un termómetro para medir la temperatura de la solución. Calcúlese la corrección por defloculante y punto cero (Cd) mediante la fórmula:

$$Cd = \tau' + Cm \pm Ct$$

donde:

- τ' = Lectura del hidrómetro, en agua con defloculante únicamente
- Cm = Corrección por menisco
- Ct = Corrección por temperatura, sumada algebraicamente.

7. CALCULOS

7.1 Lectura de hidrómetro corregida. Calcúlense las lecturas de hidrómetro corregidas por menisco (R) sumándole a cada lectura de hidrómetro no corregida (R'), la corrección por menisco Cm , o sea:

$$R = R' + Cm$$

Anótense en la planilla los valores de R obtenidos.

7.2 Cálculo del diámetro de las partículas (D). Determinese el diámetro de las partículas correspondientes a cada lectura de hidrómetro empleando el nomograma de la Figura 6. En este nomograma, la escala (R) correspondiente a las profundidades efectivas (L) (véase Tabla 1), se elaborará empleando la curva de calibración correspondiente al hidrómetro que se va a emplear en el ensayo (Figura 5). La secuencia de los pasos a seguir para calcular el diámetro de las partículas (ID) mediante el nomograma de la Figura 6, se indica esquemáticamente en la parte inferior derecha de dicha figura.

El diámetro de las partículas de suelo en suspensión en el momento de realizar cada lectura de hidrómetro se puede calcular también con la fórmula siguiente:

$$D \text{ (mm)} = K \sqrt{(L / t)}$$

donde:

L = Profundidad efectiva en cm
t = Tiempo transcurrido en min.

$$K = \sqrt{\frac{30 \times 10^4 g}{\tau_s - \tau_w}}$$

donde:

g = Aceleración gravitacional = 980.7 cm/s²
 μ = Coeficiente de viscosidad del agua en Poises
 τ_s = Peso unitario de los sólidos del suelo en gr/cm³
 τ_w = Peso unitario del agua destilada, a la temperatura T, en gr/cm³.

Los valores de K están tabulados en la Tabla 3, en función del peso específico y la temperatura.

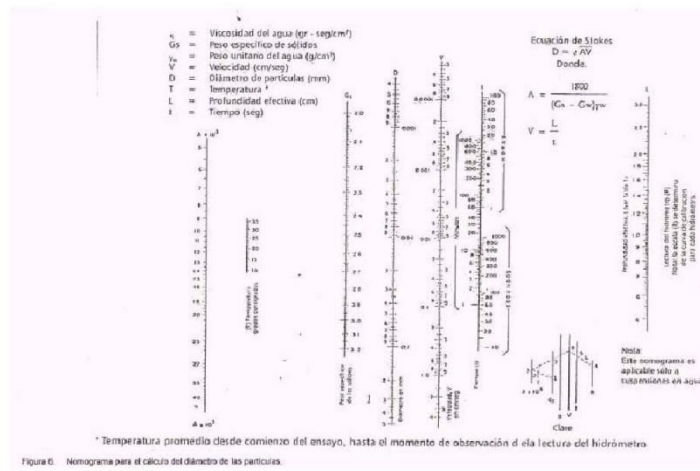


Figura 6. Nemograma para el cálculo del diámetro de las partículas.

7.3 Cálculo del porcentaje más fino. Para calcular el porcentaje de partículas de diámetro más fino que el correspondiente a una lectura de hidrómetro dada, utilice la fórmulas siguientes:

Para hidrómetros 151 H

$$\text{Porcentaje más fino} = \frac{G_s}{G_s - 1} \times \frac{100}{W_o} \times (R - C_d \pm C_t)$$

Para hidrómetros 152 H

$$\text{Porcentaje más fino} = \frac{100 \times a}{W_o} \times (R - C_d \pm C_t)$$

donde:

- G_s = Peso específico de los sólidos (modo operativo MTC E 205)
 W_o = Peso de la muestra de suelo secado al horno que se empleó para el análisis del hidrómetro.
 $(R - C_d + C_t)$ = Lectura de hidrómetro corregida por menisco menos corrección por defloculante y punto cero, más (sumada algebraicamente) corrección por temperatura.
 a = Factor de corrección por peso específico (véase Tabla 4).

Anótese todos los valores obtenidos en su planilla. El factor C_t puede ser positivo o negativo dependiendo de la temperatura de la suspensión en el momento de realizar la lectura. Úsese la fórmula $(R - C_d + C_t)$ dependiendo si C_t es positivo o negativo.

8. OBSERVACIONES

8.1 Los siguientes errores posibles causarían determinaciones imprecisas en un análisis granulométrico por hidrómetro.

- Suelo secado al horno antes del ensayo. Excepto para el caso de suelos inorgánicos de resistencia seca baja, el secado al horno puede causar cambios permanentes en el tamaño de las partículas.
- Agente dispersante no satisfactorio o en cantidad insuficiente. Siempre y cuando se vayan a ensayar suelos nuevos o no usuales, es necesario realizar tanteos para

Tabla 3
Valores de K para el cálculo del diámetro de partículas en el análisis hidrométrico

Temp. °C	Peso específico de las partículas del suelo								
	2.45	2.50	2.55	2.60	2.65	2.70	2.75	2.80	2.85
10	.01659	.01631	.01604	.01583	.01555	.01532	.01510	.01488	.01468
11	.01636	.01608	.01582	.01557	.01533	.01511	.01489	.01468	.01448
12	.01613	.01586	.01560	.01535	.01512	.01490	.01468	.01448	.01428
13	.01591	.01565	.01539	.01515	.01492	.01470	.01449	.01428	.01409
14	.01571	.01544	.01519	.01495	.01474	.01451	.01430	.01410	.01391
15	.01551	.01525	.01500	.01476	.01454	.01432	.01412	.01392	.01373
16	.01530	.01505	.01481	.01457	.01435	.01414	.01394	.01374	.01356
17	.01511	.01486	.01462	.01439	.01417	.01396	.01376	.01356	.01338
18	.01492	.01467	.01443	.01421	.01399	.01378	.01359	.01339	.01321
19	.01474	.01449	.01425	.01403	.01382	.01361	.01342	.01323	.01305
20	.01456	.01431	.01408	.01386	.01365	.01344	.01325	.01307	.01289
21	.01438	.01414	.01391	.01369	.01348	.01328	.01309	.01291	.01273
22	.01421	.01397	.01374	.01353	.01332	.01312	.01294	.01276	.01258
23	.01404	.01381	.01358	.01337	.01317	.01297	.01279	.01261	.01243
24	.01388	.01365	.01342	.01321	.01301	.01282	.01264	.01246	.01229
25	.01372	.01349	.01327	.01306	.01286	.01267	.01249	.01232	.01215
26	.01357	.01334	.01312	.01291	.01272	.01253	.01235	.01218	.01201
27	.01342	.01319	.01297	.01277	.01258	.01239	.01221	.01204	.01188
28	.01327	.01304	.01283	.01264	.01244	.01225	.01208	.01191	.01175
29	.01312	.01290	.01269	.01249	.01230	.01212	.01195	.01178	.01162
30	.01298	.01276	.01256	.01236	.01217	.01199	.01182	.01165	.01149

- determinar el tipo y la cantidad de compuesto químico que producirá la dispersión y de floculación más efectivas.
- Dispersión incompleta del suelo en la suspensión. Agitación insuficiente de la suspensión en el cilindro al comienzo del ensayo.

Demasiado suelo en suspensión. Los resultados del análisis hidrométrico serán afectados si el tamaño de la muestra excede las cantidades recomendadas.

Los valores tabulados fueron calculados por la expresión:

$$K = \sqrt{\frac{30 \mu}{980 (G - 1) \gamma_w}}$$

donde:

μ = viscosidad dinámica del agua en Poises
 G = peso específico de las partículas de suelo.
 γ_w = peso unitario del agua (gr/cm^3)

Tabla 4
Valores del coeficiente de corrección para distintos pesos específicos de las partículas del suelo

Peso Específico	Coeficiente "a"	Peso Específico	Coeficiente	Peso Específico	Coeficiente
2.45	1.05	2.60	1.01	2.75	0.98
2.50	1.03	2.65	1.00	2.80	0.97
2.55	1.02	2.70	0.99	2.85	0.96

Perturbación de la suspensión cuando se introduce o se remueve el hidrómetro. Tal perturbación es muy corriente que ocurra cuando el hidrómetro se extrae rápido después de una lectura.

El hidrómetro no está suficientemente limpio. La presencia de polvo o grasa en el vástago del hidrómetro puede impedir el desarrollo de un menisco uniforme.

Calentamiento no uniforme de la suspensión. Variación excesiva de la temperatura de la suspensión durante el ensayo.

Pérdida de material después del ensayo. Si el peso del suelo secado al horno se obtiene después del ensayo, toda la suspensión debe ser lavada cuidadosamente del cilindro.

9. REFERENCIAS NORMATIVAS

AASHTO	T 88
ASTM	D 422



DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO DE LOS SUELOS

MTC E 110 – 2000

Este Modo Operativo está basado en las Normas ASTM D 4318 y AASHTO T 89, las mismas que se han adaptado al nivel de implementación y a las condiciones propias de nuestra realidad. Cabe indicar que este Modo Operativo está sujeto a revisión y actualización continua.

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

1. OBJETIVO

1.1 El límite líquido de un suelo es el contenido de humedad expresado en porcentaje del suelo secado en el horno, cuando éste se halla en el límite entre el estado plástico y el estado líquido.

1.2 El valor calculado deberá aproximarse al centésimo.

2. APARATOS

2.1 *Recipiente para Almacenaje.* Una vasija de porcelana de 115 mm (4 ½") de diámetro aproximadamente.

2.2 *Espátula.* De hoja flexible de unos 75 a 100 mm (3" – 4") de longitud y 20 mm (¾") de ancho aproximadamente.

2.3 *Aparato del límite líquido (o de Casagrande).*

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

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

2.4 *Acanalador.* Conforme con las dimensiones críticas indicadas en las figuras 1 y 2.

2.5 *Calibrador.* Ya sea incorporado al ranurador o separado, de acuerdo con la dimensión crítica "d" mostrada en la Figura 1, y puede ser, si fuere separada, una barra de metal de 10.00 ± 0.2 mm (0.394" ± 0.008") de espesor y de 50 mm (2") de largo, aproximadamente.

2.6 *Recipientes o Pesa Filtros.* De material resistente a la corrosión, y cuya masa no cambie con repetidos calentamientos y enfriamientos. Deben tener tapas que cierren bien, sin costuras, para evitar las pérdidas de humedad de las muestras antes de la pesada inicial y para evitar la absorción de humedad de la atmósfera tras el secado y antes de la pesada final.

2.7 *Balanza.* Una balanza con sensibilidad de 0.01 gr.

2.8 Estufa. Termostáticamente controlado y que pueda conservar temperaturas de $110 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$ ($230 \pm 9 \text{ }^\circ\text{F}$) para secar la muestra.

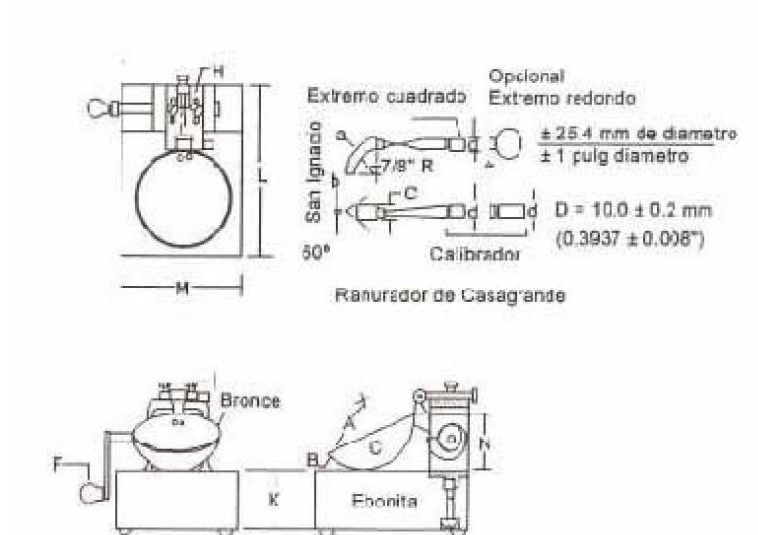


Figura 1. Aparato manual para límite líquido

Tablas de Medidas

Aparato de Límite Líquido								Ranurador		
Dimensiones	Conjunto de la cazuela			Base				Extremo curvado		
	A	B	C	N	K	L	M	a	b	c
Descripción	Radio de la copa	Espesor de la copa	Profundidad de la copa	Copa desde la guía del elevador hasta la base	Espesor	Largo	Ancho	Espesor	Borde cortante	Ancho
Métrico, mm	54	2.0	27	47	50	150	125	10.0	2.0	13.5
Tolerancia, mm	2	0.1	1	1.5	5	5	5	0.1	0.1	0.1
Inglés, pulg	2.13	.079	1.063	1.850	1.97	5.90	4.92	.394	.079	.531
Tolerancia, pulg	.08	.004	.04	.06	.2	.2	.2	.004	.004	.004

Nota:

La platina "H" debe incluir un tornillo de seguridad (I).

Cuando se usan acanaladores podrá admitirse + 0.1 mm de tolerancia para "b".

Las patas para la base deberán ser de material resistente.

ICG – Instituto de la Construcción y Gerencia

MTC E 110 – 2000 / Pág. 2



Las unidades métricas son las dimensiones requeridas; las inglesas son sólo aproximadas.

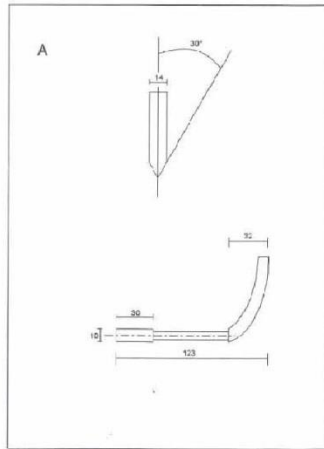


Figura 2. A) Acanalado de la A.S.T.M.

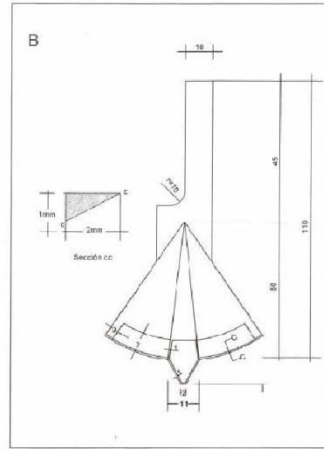


Figura 2. B) Acanalador de Kovanyi.

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO POR EL MÉTODO MULTIPUNTO

3. MUESTRA

Tómese una muestra que pese 150 - 200 g de una porción de material completamente mezclado que pase el tamiz de 0.425 mm (N° 40).

4. AJUSTE DEL APARATO

4.1 Deberá inspeccionarse el aparato de límite líquido para verificar que se halle en buenas condiciones del trabajo. El pin que conecta la taza no debe estar tan gastado que tenga juego lateral, ni el tornillo que la conecta, hallarse tan gastado por el largo uso. Inspecciónese, además, el acanalador para verificar que las dimensiones límites son las indicadas en las figuras 1 y 2.

- Se considera desgaste excesivo, cuando el diámetro del punto de contacto sobre la base de la taza excede de 13 mm (0.5") o cuando cualquier punto sobre el borde de la misma se ha desgastado aproximadamente en la mitad del espesor original. Aun cuando se aprecie una ligera ranura en el centro de la taza, ésta no es objetable. Pero si la ranura se pronuncia antes de que aparezcan otros signos de desgaste, debe considerarse que está excesivamente gastada y deberá reemplazarse.
- Una base que esté excesivamente desgastada puede pulirse; pero hasta cuando la tolerancia mostrada en la Figura 1 no exceda de 2.5 mm (0.1") y la distancia entre la excéntrica de la taza y la base se mantenga dentro de la tolerancia especificada en la Figura 1.

4.2 Por medio del calibrador del mango del ranurador y la platina de ajuste H (Figura 1), ajústese la altura a la cual se levanta la taza, de tal manera que el punto que hace contacto con la base al caer esté exactamente a 1 cm (0.394") sobre ésta. Asegúrese la platina de ajuste H, apretando los tornillos con el calibrador, aún colocado, compruébese el ajuste girando la manija rápidamente varias veces. Si el ajuste es correcto, un sonido de roce se oír cuando la excéntrica golpea contra la taza, si se levanta del calibrador o no se oye ruido, hágase un nuevo ajuste.

5. PROCEDIMIENTO

5.1 Colóquese la muestra de suelo en la vasija de porcelana y mézclese completamente con 15 a 20 ml de agua destilada, agitándola, amasándola y tajándola con una espátula en forma alternada y repetida. Realizar más adiciones de agua en incrementos de 1 a 3 ml. Mézclese completamente cada incremento de agua con el suelo como se ha descrito previamente, antes de cualquier nueva adición.

- Algunos suelos son lentos para absorber agua, por lo cual es posible que se adicione los incrementos de agua tan rápidamente que se obtenga un límite líquido falso. Esto puede evitarse mezclando más y durante un mayor tiempo, (1 hora aproximadamente).

5.2 Cuando haya sido mezclada suficiente agua completamente con el suelo y la consistencia producida requiera de 30 a 35 golpes de la cazuela de bronce para que se ocasione el cierre,

colóquese una porción de la mezcla en la cazuela sobre el sitio en que ésta reposa en la base, y comprímase hacia abajo, extiéndase el suelo hasta obtener la posición mostrada en la Figura 3 (con tan pocas pasadas de la espátula como sea posible), teniendo cuidado de evitar la inclusión de burbujas de aire dentro de la masa. Nivélase el suelo con la espátula y al mismo tiempo emparéjese hasta conseguir una profundidad de 1 cm en el punto de espesor máximo. Regrésese el exceso de suelo a la Vasija de porcelana.

5.2.1 Divídase el suelo en la taza de bronce por pasadas firmes del acanalador a lo largo del diámetro y a través de la línea central de la masa del suelo de modo que se forme una ranura limpia y de dimensiones apropiadas. Para evitar rasgaduras en los lados de la ranura o escurrimientos de la pasta del suelo a la cazuela de bronce, se permite hacer hasta 6 pasadas de adelante hacia atrás o de atrás hacia adelante, contando cada recorrido como una pasada; con cada pasada el acanalador debe penetrar un poco más profundo hasta que la última pasada de atrás hacia adelante limpie el fondo de la cazuela. Hágase una ranura con el menor número de pasadas posible.



Figura 3. Diagrama ilustrativo del ensayo de límite líquido.

5.3 Elévese y golpéese la taza de bronce girando la manija F, a una velocidad de 1,9 a 2,1 golpes por segundo, hasta que las dos mitades de la pasta de suelo se pongan en contacto en el fondo de la ranura, a lo largo de una distancia de cerca de 13 mm (0.5"). Anótese el número de golpes requeridos para cerrar la ranura.

En lugar de fluir sobre la superficie de la taza algunos suelos tienden a deslizarse. Cuando esto ocurra, deberá a agregarse mas agua a la muestra y mezclarse de nuevo, se hará la ranura con el acanalador y se repetirá el Punto 5.3; si el suelo sigue deslizándose sobre la taza de bronce a un número de golpes inferior a 25, no es aplicable este ensayo y deberá indicarse que el límite líquido no se puede determinar.

5.4 Sáquese una tajada de suelo aproximadamente del ancho de la espátula, tomándola de uno y otro lado y en ángulo recto con la ranura e incluyendo la porción de ésta en la cual se hizo contacto, y colóquese en un recipiente adecuado.

Pésese y anótese. Colóquese el suelo dentro del pesafiltro en el horno a $110 \pm 5 \text{ }^\circ\text{C}$ ($230 \pm 9 \text{ }^\circ\text{F}$) hasta obtener peso constante y vuélvase a pesar tan pronto como se haya enfriado pero antes de que pueda haber absorbido humedad higroscópica. Anótese este peso, así como la pérdida de peso debida al secamiento y el peso del agua.

5.5 Transfírase el suelo sobrante en la taza de bronce a la cápsula de porcelana. Lávese y séquese la taza de bronce y el ranurador y ármese de nuevo el aparato del límite líquido para repetir el ensayo.

5.6 Repítase la operación anterior por lo menos en dos ensayos adicionales, con el suelo restante en la vasija de porcelana, al que se le ha agregado agua suficiente para ponerlo en un estado de mayor fluidez. El objeto de este procedimiento es obtener muestras de tal consistencia que al menos una de las determinaciones del número de golpes requeridos para cerrar la ranura del suelo se halle en cada uno de los siguientes intervalos: 25-35; 20-30; 15-25. De esta manera, el alcance de las 3 determinaciones debe ser de 10 golpes.

6. CALCULOS

6.1 Calcúlese el contenido de humedad del suelo, expresándolo como porcentaje del peso del suelo secado en el horno, como sigue:

$$\text{Contenido de humedad} = \frac{\text{Peso del agua}}{\text{Peso del suelo secado en el horno}} \times 100$$

- Calcúlese el porcentaje de humedad, con aproximación a un entero.

6.2 Preparación de la curva de fluidez. Trácese una, "curva de fluidez" que represente la relación entre el contenido de humedad y el correspondiente número de golpes de la taza de bronce, en un gráfico de papel semilogarítmico. Con el contenido de humedad como ordenada sobre la escala aritmética, y el número de golpes como Abscisa sobre la escala logarítmica. la curva de flujo es una línea recta promedia, que pasa tan cerca como sea posible a través de los tres o más puntos dibujados.

6.3 Límite líquido. Tómese el contenido de humedad correspondiente a la intersección de la curva de flujo con la ordenada de 25 golpes como límite líquido del suelo y aproxímese este valor a un número entero.

DETERMINACIÓN DEL LÍMITE LÍQUIDO POR EL MÉTODO DE UN PUNTO

7. APARATOS

Los mismos que se han descrito en el presente modo operativo.

8. PREPARACIÓN DEL ESPÉCIMEN DE ENSAYO

Preparar el espécimen en la misma forma como se describió en las secciones antes descritas, excepto que en el mezclado el contenido de humedad se ajuste a una consistencia que requiere de 20 a 30 golpes de la copa de límite líquido para cerrar la ranura.

9. PROCEDIMIENTO

9.1 El ensayo se efectúa en la misma forma que para el método antes descrito (multipunto) 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 requiere menos de 20 o más de 30 golpes, se ajustará el contenido de humedad del suelo y se repetirá el procedimiento.

9.2 Inmediatamente después de remover un espécimen para contenido de humedad como se describe en 5.3 y 5.4, 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 5.2.1 a 5.4 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.

10. CÁLCULOS

10.1 Determinar el límite líquido para cada espécimen de acuerdo al número de golpes y contenido de humedad, usando una de las siguientes ecuaciones:

$$LL = w^n \left(\frac{N}{25} \right)^{0.121}$$

o:

$$LL = k w^n$$

donde:

N = Número de golpes que causan el cierre de la ranura para el contenido de humedad.

W^n = Contenido de humedad del suelo, para N golpes.

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 repetido.

Tabla A - 1

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

Tabla 1.- Tabla de estimados de precisión.

Índice de precisión y tipo de ensayo	Desviación Estándar	Rango Aceptable de dos resultados
Precisión de un operador simple Límite Líquido	0,8	2,4
Precisión Multilaboratorio Límite Líquido	3.5	9.9

11. PRECISIÓN Y EXACTITUD

11.1 **PRECISIÓN:** El criterio para juzgar la aceptabilidad de los resultados de los ensayos de Límite Líquido obtenidos por este método de ensayo se da en la Tabla N° 1.

11.2 **EXACTITUD:** No existe un valor de referencia para este método de ensayo; la exactitud no puede ser determinada.

12. REFERENCIA NORMATIVAS.

AASHTO	T 89
ASTM	D 4318



DETERMINACIÓN DEL LÍMITE PLÁSTICO E ÍNDICE DE PLASTICIDAD

MTC E 111 – 2000

Este Modo Operativo está basado en las Normas ASTM D 4318 y AASHTO T 90, las mismas que se han adaptado al nivel de implementación y a las condiciones propias de nuestra realidad. Cabe indicar que este Modo Operativo está sujeto a revisión y actualización continua.

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

1. OBJETIVO

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

1.2 Se denomina límite plástico (L.P.) a la humedad más baja con la que pueden formarse barritas de suelo de unos 3,2 mm (1/8") de diámetro, rodando dicho suelo entre la palma de la mano y una superficie lisa (vidrio esmerilado), sin que dichas barritas se desmoronen.

2. APARATOS

2.1 *Espátula, de hoja flexible*, de unos 75 a 100 mm (3" – 4") de longitud por 20 mm (3/4") de ancho.

2.2 *Recipiente para Almacenaje*, de porcelana o similar, de 115 mm (4 1/2") de diámetro.

2.3 *Balanza*, con aproximación a 0.01 g.

2.4 *Horno o Estufa*, termostáticamente controlado regulable a $110 \pm 5^\circ\text{C}$ ($230 \pm 9^\circ\text{F}$).

2.5 Tamiz, de 426 μm (N° 40).

2.6 Agua destilada.

2.7 Vidrios de reloj, o recipientes adecuados para determinación de humedades.

2.8 Superficie de rodadura. Comúnmente se utiliza un vidrio grueso esmerilado.

3. PREPARACIÓN DE LA MUESTRA

3.1 Si se quiere determinar sólo el L.P., se toman aproximadamente 20 g de la muestra que pase por el tamiz de 426 μm (N° 40), preparado para el ensayo de límite líquido. Se amasa con agua destilada hasta que pueda formarse con facilidad una esfera con la masa de suelo. Se toma una porción de 1,5 gr a 2,0 gr de dicha esfera como muestra para el ensayo.

- El secado previo del material en horno o estufa, o al aire, puede cambiar (en general, disminuir), el límite plástico de un suelo con material orgánico, pero este cambio puede ser poco importante.

3.2 Si se requieren el límite líquido y el límite plástico, se toma una muestra de unos 15 g de la porción de suelo humedecida y amasada, preparada de acuerdo con la Norma MTC E 110 (determinación del límite líquido de los suelos). La muestra debe tomarse en una etapa del proceso de amasado en que se pueda formar fácilmente con ella una esfera, sin que se pegue demasiado a los dedos al aplastarla. Si el ensayo se ejecuta después de realizar el del límite líquido y en dicho intervalo la muestra se ha secado, se añade más agua.

4. PROCEDIMIENTO

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

4.2 Si antes de llegar el cilindro a un diámetro de unos 3.2 mm (1/8") no se ha desmoronado, se vuelve a hacer una elipsoide y a repetir el proceso, cuantas veces sea necesario, hasta que se desmorone aproximadamente con dicho diámetro.

- El desmoronamiento puede manifestarse de modo distinto, en los diversos tipos de suelo:

En suelos muy plásticos, el cilindro queda dividido en trozos de unos 6 mm de longitud, mientras que en suelos plásticos los trozos son más pequeños.

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

4.4 Se repite, con la otra mitad de la masa, el proceso indicado en 4.1, 4.2 y 4.3.

5. CÁLCULOS

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

Tabla 1.- Tabla de estimados de precisión.

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

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

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

6. CÁLCULO DEL ÍNDICE DE PLASTICIDAD

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

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

donde:

L.L. = Límite Líquido
L.P. = Límite Plástico

L.L. y L.P., son números enteros

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

7. PRECISIÓN Y EXACTITUD

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

7.2 **EXACTITUD:** No existe un valor de referencia para este método de ensayo; la exactitud no puede ser determinada.

8. REFERENCIAS NORMATIVAS

AASHTO	T 90
ASTM	D 4318



COMPACTACION DE SUELOS EN LABORATORIO UTILIZANDO UNA ENERGIA MODIFICADA (56 000 pie-lb/pie³ [2 700 kN-m/m³])

MTC E 115 - 2000

Este Modo Operativo está basado en la Norma ASTM D 1557, la misma que se ha adaptado al nivel de implementación y a las condiciones propias de nuestra realidad. Cabe indicar que este Modo Operativo está sujeto a revisión y actualización continua.

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

1. OBJETIVO

1.1. Este ensayo abarca los procedimientos de compactación usados en Laboratorio, para determinar la relación entre el Contenido de Agua y Peso Unitario Seco de los suelos (curva de compactación) compactados en un molde de 4 ó 6 pulgadas (101,6 ó 152,4 mm) de diámetro con un pisón de 10 lbf (44,5 N) que cae de una altura de 18 pulgadas (457 mm), produciendo una Energía de Compactación de 56 000 lb-pie/pie³ (2 700 kN-m/m³).

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

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

1.2. Este ensayo se aplica sólo para suelos que tienen 30% ó menos en peso de sus partículas retenidas en el tamiz de 3/4" pulg (19,0 mm).

Nota 3: Para relaciones entre Peso Unitario y Contenido de Humedad de suelos con 30% ó menos en peso de material retenido en la malla 3/4" (19,0 mm) a Pesos Unitarios y contenido de humedad de la fracción pasante la malla de 3/4" (19,0 mm), ver ensayo ASTM D 4718 ("Método de ensayo para corrección del Peso Unitario y Contenido de Agua en suelos que contienen partículas sobredimensionadas").

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

1.3.1. METODO "A"

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

1.3.1.2. Material.- Se emplea el que pasa por el tamiz N° 4 (4,75 mm).

1.3.1.3. Capas.- 5

1.3.1.4. Golpes por capa.- 25

1.3.1.5. Uso.- Cuando el 20% ó menos del peso del material es retenido en el tamiz N° 4 (4,75 mm).

1.3.1.6. Otros Usos.- Si el método no es especificado; los materiales que cumplen éstos requerimientos de gradación pueden ser ensayados usando Método B ó C.

1.3.2. METODO "B"

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

1.3.2.2. Materiales.- Se emplea el que pasa por el tamiz de 3/8 pulg (9,5 mm).

1.3.2.3. Capas.- 5

1.3.2.4. Golpes por capa.- 25

1.3.2.5. Usos.- Cuando más del 20% del peso del material es retenido en el tamiz N° 4 (4,75mm) y 20% ó menos de peso del material es retenido en el tamiz 3/8 pulg (9,5 mm).

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

1.3.3. METODO "C"

1.3.3.1. Molde.- 6 pulg. (152,4mm) de diámetro.

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

1.3.3.3. Capas.- 5

1.3.3.4. Golpes por Capa.- 56

1.3.3.5. Uso.- Cuando más del 20% en peso del material se retiene en el tamiz 3/8 pulg (9,53 mm) y menos de 30% en peso es retenido en el tamiz ¼ pulg (19,0 mm).

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

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

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

1.5. Este método de prueba generalmente producirá un Peso Unitario Seco Máximo bien definido para suelos que no drenan libremente. Si el método es usado para suelos que drenan libremente el máximo Peso Unitario Seco no estará bien definida y puede ser menor que la obtenida usando el Método de Prueba ASTM D-4253 (Maximum Index Density and Unit Weight of Soil Using a Vibratory Table).

1.6. Los valores de las unidades en pulgadas-libras son reconocidos como estándar. Los valores dados en unidades del S.I. son proporcionados sólo como información.

1.6.1. En la profesión de Ingeniería es práctica común, usar indistintamente unidades que representan Masa y Fuerza, a menos que se realicen cálculos dinámicos ($F = m \times a$). Esto implícitamente combina dos sistemas de diferentes Unidades, que son el Sistema Absoluto y el Sistema Gravimétrico. Científicamente, no se desea combinar el uso de dos sistemas diferentes en uno estándar. Este método de prueba se ha hecho usando unidades libra-pulgada (Sistema Gravimétrico) donde la libra (lbf) representa a la Unidad de Fuerza. El uso de libra-masa (lbm) es por conveniencia de unidades y no intentar establecer que su uso es científicamente correcto. Las conversiones son dadas en el Sistema Internacional (SI) de acuerdo al ensayo ASTM E-380 ("Practica para el uso de Unidades del Sistema Internacional SI"). El uso de balanzas que registran libra-masa (lbm) ó registran la densidad en lbm/pie^3 no se debe considerar como si no concordase con esta norma.

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

2. TERMINOLOGIA

2.1. Definiciones.- Ver Terminología ASTM D-653 para definiciones generales.

2.2. Descripción de Términos Específicos a esta Norma:

2.2.1. Esfuerzo Modificado.- Es el término aplicado para el esfuerzo de compactación de 56 000 lb-pie/pie³ (2 700 kN-m/m³) aplicado por el equipo y procedimientos de este ensayo.

2.2.2. Máximo Peso Unitario Seco Modificado, $\gamma_{m\acute{a}x}$ (lb/pie³ ó kN/m³), el máximo valor definido por la curva de compactación del ensayo usando el esfuerzo modificado.

2.2.3. Óptimo Contenido de Humedad Modificado, w_o (%)- Es el contenido de agua al cual el suelo puede ser compactado al máximo Peso Unitario Seco usando el esfuerzo de Compactación Modificada.

2.2.4. Fracción de tamaño mayor (Fracción Gruesa), P_o (%)- Es la porción de la muestra total que no se utiliza en la ejecución del ensayo de compactación; esta puede ser la parte de la muestra total retenida en la malla N° 4 (3,74 mm), 3/8 pulg (9,5 mm) ó ¾ pulg (19,0 mm).

2.2.5. Fracción Ensayada ó de Prueba (Fracción Fina), P_F (%)- La parte de la muestra total usada en la ejecución de la prueba de compactación; esta puede ser la fracción pasante la malla N°4 (4,75 mm) en el Método A, menor a la malla 3/8 pulg (9,5 mm) en el Método B, ó menor que la malla ¾ pulg (19,0 mm) en el Método C.

3. RESUMEN DEL ENSAYO

3.1. Un suelo con un contenido de Humedad determinado es colocado en 5 capas dentro de un molde de ciertas dimensiones, cada una de las capas es compactada en 25 ó 56 golpes con un pisón de 10 lbf (44.5 N) desde una altura de caída de 18 pulgadas (457 mm), sometiendo al suelo a un esfuerzo de compactación total de aproximadamente de 56 000 pie-lbf/pie³ (2 700 kN-m/m³). Se determina el Peso Unitario Seco resultante. El procedimiento se repite con un número suficiente de contenidos de agua para establecer una relación entre el Peso Unitario Seco y el Contenido de Agua del Suelo. Estos datos, cuando son ploteados, representan una relación curvilínea conocida como curva de Compactación. Los valores de Óptimo Contenido de Agua y Máximo Peso Unitario Seco Modificado son determinados de la Curva de Compactación.

4. IMPORTANCIA Y USO

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

4.2. Durante el diseño de los rellenos de Ingeniería, se utilizan los ensayos de corte consolidación permeabilidad u otros ensayos que requieren la preparación de especímenes de ensayo compactado a algún contenido de agua para algún Peso Unitario. Es práctica común, primero determinar el óptimo contenido de humedad (w_o) y el Peso Unitario Seco ($\gamma_{m\acute{a}x}$) mediante un ensayo de compactación. Los especímenes de compactación a un contenido de agua seleccionado (w), sea del lado húmedo o seco del óptimo (w_o) ó al óptimo (w_o) y a un Peso Unitario seco seleccionado relativo a un porcentaje del Peso Unitario Seco máximo ($\gamma_{m\acute{a}x}$). La selección del contenido de agua (w), sea del lado húmedo o seco del óptimo (w_o) ó al óptimo (w_o), y el Peso Unitario Seco ($\gamma_{m\acute{a}x}$) se debe basar en experiencias pasadas, o se deberá investigar una serie de valores para determinar el porcentaje necesario de compactación.

5. APARATOS

5.1. **Ensamblaje del Molde.**- Los moldes deben de ser cilíndricos hechos de materiales rígidos y con capacidad que se indican en 5.1.1 ó 5.1.2 y Figuras 1 y 2. Las paredes del molde deberán ser sólidas, partidas o ahusadas. El tipo "partido" deberá tener dos medias secciones circulares, o una sección de tubo dividido a lo largo de un elemento que se pueda cerrar en forma segura formando un cilindro que reúna los requisitos de esta sección. El tipo "ahusado" debe tener un diámetro interno tipo tapa que sea uniforme y no mida más de 0,200 pulg/pie (16,7 mm/m) de la altura del molde. Cada molde tiene un plato base y un collar de extensión ensamblado, ambos de metal rígido y contruidos de modo que puedan adherir de forma segura y fácil de desmoldar. El ensamblaje collar de extensión debe tener una altura que sobrepase la parte más alta del molde por lo menos 2,0 pulg (50,8 mm) con una sección superior que sobrepasa para formar un tubo con una sección cilíndrica recta de por lo menos 0,75 pulg. (19,0 mm), por debajo de ésta.

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

5.1.1. **Molde de 4 pulgadas.**- Un molde que tenga en promedio $4,000 \pm 0,016$ pulg ($101,6 \pm 0,4$ mm) de diámetro interior, una altura de $4,584 \pm 0,018$ pulg ($116,4 \pm 0,5$ mm) y un volumen de 0,0333

$\pm 0,0005 \text{ pie}^3$ ($944 \pm 14 \text{ cm}^3$). Un molde con las características mínimas requeridas es mostrado en la Fig. 1.

5.1.2. Molde de 6 pulgadas.- Un molde que tenga en promedio $6,000 \pm 0,026$ pulg ($152,4 \pm 0,7$ mm) de diámetro interior, una altura de: $4,584 \pm 0,018$ pulg ($116,4 \pm 0,5$ mm) y un volumen de $0,075 \pm 0,0009 \text{ pie}^3$ ($2\ 124 \pm 25 \text{ cm}^3$). Un molde con las características mínimas requeridas es mostrando en Fig.2.

5.2. Pisón ó Martillo.- Un pisón operado manualmente como el descrito en 5.2.1. ó mecánicamente como el descrito en 5.2.2. El pisón debe caer libremente a una distancia de $18 \pm 0,05$ pulg ($457,2 \pm 1,6$ mm) de la superficie de espécimen. La masa del pisón será $10 \pm 0,02$ lb-m ($4,54 \pm 0,01$ kg), salvo que la masa pisón mecánico se ajuste al descrito en el Método de Ensayo ASTM D2168 (ver Nota 5). La cara golpeante del pisón deberá ser plana y circular, excepto el nombrado en 5.2.2.3. con un diámetro de $2,000 \pm 0,005$ pulg ($50,80 \pm 0,13$ mm), (Figs. 1 y 2). El pisón deberá ser reemplazado si la cara golpeante se desgasta ó se deforma al punto que el diámetro sobrepase los $2,000 \pm 0,01$ pulg ($50,800 \pm 0,25$ mm).

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

5.2.1. Pisón Manual.- El pisón deberá estar equipado con una guía que tenga suficiente espacio libre para que la caída del pisón y la cabeza no sea restringida. La guía deberá tener al menos 4 orificios de ventilación en cada extremo (8 orificios en total) localizados con centros de $\frac{3}{4} \pm 1/16$ pulg ($19,0 \pm 1,6$ mm) y espaciados a 90° . Los diámetros mínimo de cada orificio de ventilación deben ser $3/8$ pulg (9,5 mm). Orificios adicionales ó ranuras pueden ser incorporados en el tubo guía.

5.2.2. Pisón Mecánico Circular.- El pisón puede ser operado mecánicamente de tal manera que proporcione una cobertura completa y uniforme de la superficie del espécimen. Debe haber $0,10 \pm 0,03$ pulg ($2,5 \pm 0,8$ mm) de espacio libre entre el pisón y la superficie interna del molde en su diámetro más pequeño. El pisón mecánico debe cumplir los requisitos de calibración requeridos por el Método de Ensayo ASTM D-2168. El pisón mecánico debe estar equipado con medios mecánicos capaz de soportar el pisón cuando no está en operación.

5.2.2.3. Pisón Mecánico - Cara Seccionada.- Cuando es usado un molde de 6,0 pulg. (152,4mm), un pisón de cara seccionada puede usarse en lugar del pisón de cara circular. La cara que contacta el espécimen tendrá la forma de un sector circular de radio igual a $2,90 \pm 0,02$ pulg. ($73,7 \pm 0,5$ mm). El pisón se operará de tal manera los orificios del sector se ubiquen en el centro del espécimen.

5.3. Extractor de Muestras (opcional).- Puede ser una gata, estructura ú otro mecanismo adaptado con el propósito de extraer los especímenes compactados del molde.

5.4. Balanza.- Una balanza de tipo GP5 que reúna los requisitos de la Especificación ASTM D – 4753 8”Especificación, Evaluación, Selección y Elección de Balanzas y Escalas para uso en muestras de suelos y rocas”), para una aproximación de 1 gramo.

5.5. Horno de Secado.- Con control termostático preferiblemente del tipo de ventilación forzada, capaz de mantener una temperatura uniforme de 230 ± 9 °F (110 ± 5 °C) a través de la cámara de secado.

5.6. Regla.- Una regla metálica, rígida de una longitud conveniente pero no menor que 10 pulgadas (254 mm). La longitud total de la regla recta debe ajustarse directamente a una tolerancia de $\pm 0,005$ pulg ($\pm 0,1$ mm). El borde de arrastre debe ser biselado si es más grueso que 1/8 pulg (3 mm).

5.7. Tamices ó Mallas.- De $\frac{3}{4}$ pulg (19,0 mm), $\frac{3}{8}$ pulg (9,5 mm) y N° 4 (4,75mm), conforme a los requisitos de la especificaciones ASTM E11 (“Especificación para mallas metálicas con fines de ensayo”).

5.8. Herramientas de Mezcla.- Diversas herramientas tales como cucharas, mezclador, paleta, espátula, botella de spray, etc. ó un aparato mecánico apropiado para la mezcla completo de muestra de suelo con incrementos de agua.

6. MUESTRA DE ENSAYO

6.1. La muestra requerida para el Método A y B es aproximadamente 35 lbm (16 kg) y para el Método C es aproximadamente 65 lbm (29 kg) de suelo seco. Debido a esto, la muestra de campo debe tener una peso húmedo de al menos 50 lbm (23 kg) y 100 lbm (45 kg) respectivamente.

6.2. Determinar el porcentaje de material retenido en la malla N° 4 (4,75mm), $\frac{3}{8}$ pulg (9,5mm) ó $\frac{3}{4}$ pulg (19.0mm) para escoger el Método A, B ó C. Realizar esta determinación separando una porción representativa de la muestra total y establecer los porcentajes que pasan las mallas de interés mediante el Método de Análisis por tamizado de Agregado Grueso y Fino (MTC E – 204). Sólo es necesario para calcular los porcentajes para un tamiz ó tamices de las cuales la información es deseada.

7. PREPARACION DE APARATOS

7.1. Seleccionar el molde de compactación apropiado de acuerdo con el Método (A, B ó C) a ser usado. Determinar y anotar su masa con aproximación al gramo. Ensamblar el molde, base y collar de extensión. Chequear el alineamiento de la pared interior del molde y collar de extensión del molde. Ajustar si es necesario.

7.2. Chequear que el ensamblado del pisón este en buenas condiciones de trabajo y que sus partes no estén flojas ó gastado. Realizar cualquier ajuste ó reparación necesario. Si los ajustes ó reparaciones son hechos, el martillo deberá volver a ser calibrado.

8. CALIBRACIÓN

8.1. Las calibraciones se harán antes de iniciar el ensayo, después de reparaciones ú otros casos que puedan afectar los resultados del ensayo, en intervalos no mayores que 1000 muestras ensayadas o anualmente, cualquiera que ocurra primero; para los siguientes aparatos.

8.1.2. **Balanza.**- Evaluar de acuerdo con especificaciones ASTM D4753.

8.1.3. **Moldes.**- Determinar el volumen como se describe en Anexo A1.

8.1.4. **Pisón Manual.**- Verifique la distancia de caída libre, masa del pisón y la cara del pisón de acuerdo con 6.2. Verificar los requisitos de la guía de acuerdo con 6.2.1.

8.1.5. **Pisón Mecánico.**- Calibre y ajuste el pisón mecánico de acuerdo al Método de Ensayo D-2168. Además, el espacio libre entre el pisón y la superficie interior del molde debe verificarse de acuerdo a 6.2.2.

9. PROCEDIMIENTO

9.1. SUELOS:

9.1.1. No vuelva a usar el suelo que ha sido compactado previamente en Laboratorio.

9.1.2. Utilice el método de preparación húmedo y cuando se ensaye con suelos que contienen hallosita hidratada o donde la experiencia con determinados suelos indica que los resultados pueden ser alterados por el secado al aire, (ver 9.2).

9.1.3. Preparar los especímenes del suelo para el ensayo de acuerdo al párrafo 9.2 (de preferencia) o con 9.3.

9.2. Método de Preparación Húmeda (Preferido).- Sin secado previo de la muestra, pásela a través del tamiz N° 4 (4,75 mm), 3/8 pulg (9,5 mm) ó ¾ pulg (19,0 mm), dependiendo del Método a ser usado (A, B ó C). Determine el contenido de agua del suelo procesado.

9.2.1. Prepare mínimo cuatro (preferiblemente cinco) especímenes con contenidos de agua de modo que éstos tengan un contenido de agua lo más cercano al óptimo estimado. Un espécimen que tiene un contenido de humedad cercano al óptimo deberá ser preparado primero, por adiciones de agua y mezcla (ver Nota 6). Seleccionar los contenidos de agua para el resto de los especímenes de tal forma que resulten por lo menos dos especímenes húmedos y dos secos de acuerdo al contenido óptimo de agua, que varíen alrededor del 2%. Como mínimo es necesario dos contenidos de agua en el lado seco y húmedo del óptimo para definir exactamente la curva de compactación (ver 9.5). Algunos suelos con muy alto óptimo contenido de agua ó una curva de compactación relativamente plana requieren grandes incrementos de contenido de agua para obtener un Peso Unitario Seco Máximo bien definido. Los incrementos de contenido de agua no deberán excederán de 4%.

Nota 6: Con la práctica es posible juzgar visualmente un punto cercano al óptimo contenido de agua. Generalmente, el suelo en un óptimo contenido de agua puede ser comprimido y quedar así cuando la presión manual cesa, pero se quebrará en dos secciones cuando es doblada. En contenidos de agua del lado seco del óptimo, los suelos tiende a desintegrarse; del lado húmedo del óptimo, se mantienen unidos en una masa cohesiva pegajosa. El óptimo contenido de humedad frecuentemente es ligeramente menor que el límite plástico.

9.2.2. Usar aproximadamente 5 lbm (2,3 kg) del suelo tamizado en cada espécimen que se compacta empleando el Métodos A ó B; ó 13 lbm (5,9 kg) cuando se emplee el Método C. Para obtener los contenidos de agua del espécimen que se indica en 9.2.1, añada o remueva las cantidades requeridas de agua de la siguiente manera: Añada poco a poco el agua al suelo durante la mezcla; para sacar el agua, deje que el suelo se seque en el aire a una temperatura de ambiente o en un aparato de secado de modo que la temperatura de la muestra no exceda de 140 °F (60 °C). Mezclar el suelo continuamente durante el proceso de secado para mantener la distribución del agua en todas partes y luego colóquelo aparte en un contenedor con tapa y ubíquelo de acuerdo con la Tabla N°1 antes de la compactación. Para seleccionar un tiempo de espera, el suelo debe ser clasificado ó seleccionado mediante el método de ensayo ASTM D-2488 ("Método de ensayo para la descripción o identificación de suelos") o mediante datos de otras muestras del mismo material de origen. Para ensayos de determinación, la clasificación deberá ser por Método ASTM D-2487 ("Método de ensayo para clasificación de Suelos").

9.3. Método de Preparación Seca.- Si la muestra está demasiado húmeda, reducir el contenido de agua por secado al aire hasta que el material sea friable. El secado puede ser al aire o por el uso de un aparato de secado tal que la temperatura de la muestra no exceda de 140 °F (60 °C). Disgregar por completo los grumos de tal forma de evitar moler las partículas individuales. Pasar el material por el tamiz apropiado: N°4 (4,75 mm), 3/8 pulg (9,5 mm) ó ¾ pulg (19,0 mm). Durante la

preparación del material granular que pasa la malla $\frac{3}{4}$ pulg para la compactación en el molde de 6 pulgadas, disgregar o separar los agregados lo suficientemente para que pasen el tamiz $\frac{3}{8}$ pulg de manera de facilitar la distribución de agua a través del suelo en el mezclado posterior.

9.3.1. Preparar mínimo cuatro (preferiblemente cinco) especímenes de acuerdo con 9.2.1.

9.3.2. Usar aproximadamente 5 lbm (2,3 kg) del suelo tamizado para cada espécimen a ser compactado cuando se emplee el Método A, B ó 13 libras (5,9 kg) cuando se emplee el Método C. Añadir las cantidades requeridas de agua para que los contenidos de agua de los especímenes tengan los valores descritos en 9.3.1. Seguir la preparación del espécimen por el procedimiento especificado en 9.2.2. para los suelos secos ó adición del agua en el suelo y el curado de cada espécimen de prueba.

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

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

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

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

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

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

9.4.5. Al operar el pisón manual del pisón, se debe tener cuidado de evitar la elevación de la guía mientras el pisón sube. Mantener la guía firmemente y dentro de 5° de la vertical. Aplicar los golpes en una relación uniforme de aproximadamente 25 golpes/minuto y de tal manera que proporcione una cobertura completa y uniforme de la superficie del espécimen.

9.4.6. Después de la compactación de la última capa, remover el collar y plato base del molde, excepto como se especifica en 9.4.7. El cuchillo debe usarse para ajustar o arreglar el suelo adyacente al collar, soltando el suelo del collar y removiendo sin permitir el desgarro del suelo bajo la parte superior del molde.

9.4.7. Cuidadosamente enrasar el espécimen compactado, por medio de una regla recta a través de la parte superior e inferior del molde para formar una superficie plana en la parte superior e inferior del molde. Un corte inicial en el espécimen en la parte superior del molde con un cuchillo puede prevenir la caída del suelo por debajo de la parte superior del molde. Rellenar cualquier hoyo de la superficie, con suelo no usado o despejado del espécimen, presionar con los dedos y vuelva a raspar con la regla recta a través de la parte superior e inferior del molde. Repetir las operaciones mencionadas en la parte inferior del espécimen cuando se halla determinado el volumen del molde sin el plato base. Para suelos muy húmedos o muy secos, se perderá suelo o agua si el plato se remueve. Para estas situaciones, dejar el plato base fijo al molde. Cuando se deja unido el plato base, el volumen del molde deberá calibrarse con el plato base unido al molde o a un plato de plástico o de vidrio como se especifica en el anexo A1 (A.1.4.1).

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

9.4.9. Remueva el material del molde. Obtener un espécimen para determinar el contenido de agua utilizando todo el espécimen (se refiere este método) o una porción representativa. Cuando se utiliza todo el espécimen, quíbrelo para facilitar el secado. De otra manera se puede obtener una porción cortando axialmente por el centro del espécimen compactado y removiendo 500 gr del material de los lados cortados. Obtener el contenido de humedad de acuerdo al Método MTC E 108.

9.5. Después de la compactación del último espécimen, comparar los Pesos Unitarios Húmedos para asegurar que el patrón deseado de obtención de datos en cada lado del óptimo contenido de humedad sea alcanzado en la curva de compactación para cada Peso Unitario Seco y Plotear el Peso Unitario Húmedo y Contenido de Agua de cada espécimen compactado puede ser una ayuda para realizar esta evaluación. Si el patrón deseado no es obtenido, serán necesarios compactar

especímenes adicionales. Generalmente, un valor de contenido de agua mayor que el contenido de agua definido por el máximo Peso Unitario Húmedo es suficiente para asegurar los datos del lado más húmedo que el óptimo contenido de agua para el máximo Peso Unitario seco.

10. CALCULOS

10.1. Calcule el Peso Unitario Seco y Contenido de Agua para cada espécimen compactado como se explica en 10.3 y 10.4. Plotee los valores y dibuje la curva de compactación como una curva suave a través de los puntos (ver ejemplo, Fig.3). Plotee el Peso Unitario Seco con aproximación 0,1 lbf /pie³ (0,2 kN/m³) y contenido de agua aproximado a 0,1%. En base a la curva de compactación, determine el Óptimo Contenido de Agua y el Peso Unitario Seco Máximo. Si más de 5% en peso del material sobredimensionado (tamaño mayor) fue removido de la muestra, calcular el máximo Peso Específico y óptimo contenido de Humedad corregido del material total usando la Norma ASTM D4718 ("Método de ensayo para la corrección del Peso Unitario y Contenido de Agua en suelos que contienen partículas sobredimensionadas"). Esta corrección debe realizarse en el espécimen de ensayo de densidad de campo, más que al espécimen de ensayo de laboratorio.

10.2. Plotear la curva de saturación al 100%. Los valores de contenido de agua para la condición de 100% de saturación puede ser calculadas como se explica en 10.5 (ver ejemplo, Fig.3).

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

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

10.3. Contenido de Agua, w.- Calcular de acuerdo con Método de Ensayo MTC E 108.

10.4. Peso Unitario Seco.- Calcular la densidad húmeda (Ec 1), la densidad seca (Ec 2) y luego el Peso Unitario Seco (Ec 3) como sigue:

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

donde:

ρ_m	=	Densidad Húmeda del espécimen compactado	(Mg/m ³)
M_t	=	Masa del espécimen húmedo y molde	(kg)
M_{md}	=	Masa del molde de compactación	(kg)
V	=	Volumen del molde de compactación	(m ³) (Ver Anexo A1)

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

donde:

ρ_d	=	Densidad seca del espécimen compactado	(Mg/m ³)
w	=	contenido de agua	(%)

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

donde:

$$\gamma_d = \text{peso unitario seco del espécimen compactado.}$$

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

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

donde:

W_{sat}	=	Contenido de agua para una saturación completa (%).
γ_w	=	Peso unitario del agua 62,43 lbf/ pie ³ ó (9,807kN/m ³).
γ_d	=	Peso unitario seco del suelo.
Gs	=	Gravedad específica del suelo.

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

11. INFORME

11.1. Reportar la siguiente información:

11.1.1. Procedimiento usado (A, B o C).

11.1.2. Método usado para la preparación (húmedo ó seco).

11.1.3. El contenido de agua recibida, si se determinó.

11.1.4. El óptimo Contenido de Agua Modificado, con aproximación al 0,5%.

11.1.5. El Peso Unitario Seco Máximo, con aproximación a 0,5 lbf/pie³.

11.1.6. Descripción del Pisón (Manual ó Mecánico).

11.1.7. Datos del tamizado del suelo para la determinación del procedimiento (A, B ó C) empleado.

11.1.8. Descripción o Clasificación del material usado en la prueba.

11.1.9. Gravedad Específica y Método de Determinación.

11.1.10. Origen del material usado en el ensayo, por ejemplo, proyecto, localización, profundidad y similares.

11.1.11. La Curva de Compactación mostrando los puntos de compactación utilizados para establecerla y la curva de 100% saturación, el punto de Peso Unitario Seco Máximo y Optimo Contenido de Agua.



11.1.12. El dato de Corrección por Fracción Sobredimensionada si es usado, incluyendo la fracción sobredimensionada (Fracción Gruesa), P_c en %.

12.PRECISIÓN Y CONFIABILIDAD

12.1. **Precisión.-** Los datos son evaluados para determinar la precisión de este ensayo.

12.2. **Confiabilidad.-** No es posible obtener la información sobre la confiabilidad por que no existe otros métodos de determinación de valores de máximo Peso Unitario Seco Modificada y Optimo Contenido de Humedad.

A N E X O

(INFORMACION OBLIGATORIA)

A1-VOLUMEN DEL MOLDE DE COMPACTACION

A1.1. OBJETIVO

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

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

A1.2. APARATOS

A1.2.1. En adición a los aparatos listados en la sección 6, los siguientes ítems son requeridos:

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

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

A1.2.1.3. Platos de Plástico ó Vidrio, Dos platos de vidrio o plástico de 8 pulg.² por 1/4 pulg. de espesor (200 por 200 mm por 6 mm).

A1.2.1.4. Termómetro, de un rango de 0-50 °C, con graduaciones cada 0,5 °C, de acuerdo a las Especificaciones ASTM E1.

A1.2.1.5. Llave de cierre engrasada o sellador similar.

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

A1.3. PRECAUCIONES

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

A1.4. PROCEDIMIENTO

A1.4.1.Método de Llenado de agua:

A1.4.1.1.Engrasar ligeramente la base del molde de compactación y colocarlo en uno de los platos de plástico ó vidrio. Engrasar ligeramente la parte superior del molde. Tener cuidado de no engrasar el interior del molde. Si es necesario usar el plato base, como se anota en 9.4.7., colocar al molde engrasado en el plato base y asegurar con los tornillos sujetadores.

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

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

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

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

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

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

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

A1.4.1.9.Calcular el volumen de agua dividiendo el peso del agua por la densidad de agua y registrar con aproximación a 0,0001 pie³ (1 cm³).

A1.4.1.10. Cuando el plato de base es usado para la calibración del volumen del molde repetir los pasos A1.4.1.3. al A1.4.1.9.

A1.4.2. Método de Mediciones Lineales:

A1.4.2.1. Usando el vernier calibrador o el micrómetro, medir el diámetro del molde seis veces la parte superior del molde y seis veces en la parte inferior del molde, espaciando proporcionalmente cada una de las seis mediciones alrededor de la circunferencia del molde. Registrar valores con aproximación a 0,001 pulgadas (0,02 mm).

A1.4.2.2. Usando el vernier calibrador, medir la altura interior del molde realizando tres medidas igualmente espaciados alrededor de la circunferencia del molde. Registrar los valores con aproximación a 0,001 pulg. (0,02 mm).

A1.4.2.3. Calcular el promedio del diámetro de la parte superior del molde, promedio del diámetro de la parte inferior del molde y la altura.

A1.4.2.4. Calcular el volumen del molde y registrar con aproximación a 0,0001 pie³ (1 cm³) utilizando la ecuación A1a (para pulgadas-pies) ó A1b (para SI):

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

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

donde:

V	=	Volumen de molde, pie ³ (cm ³)
h	=	promedio de altura, pulg. (mm)
d _t	=	promedio de diámetro de la parte superior, pulg. (mm)
d _b	=	promedio de diámetro de la parte inferior, pulg. (mm)
1/1728	=	constante para convertir pulg ³ a pie ³
1/10 ³	=	constante para convertir mm ³ a cm ³

A1.5. Comparación de Resultados

A1.5.1. El volumen obtenido por otro método deben estar dentro de los requisitos de tolerancia de 5.1.1. y 5.1.2.



A1.5.2. La diferencia entre los dos métodos no debe ser mayor que 0,5 % del volumen nominal del molde.

A1.5.3. Repetir la determinación de volumen si éstos criterios no concuerdan.

A1.5.4. La falla en la obtención de un acuerdo satisfactorio entre los dos métodos incluso después de varias tentativas, es una indicación que el molde se encuentra muy deformado y debe ser reemplazado.

A1.5.5. Emplear el volumen del molde determinado, con el método de llenado en agua, como el valor de volumen asignado para cálculo de humedad y densidad seca (ver 10.4).

Tabla N°01

Tiempos establecidos y requeridos para humedecimiento de Especímenes

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

Tabla N°02

Equivalencia métricas para las figuras N° 1 y 2

Pulgadas	milímetros
0,016	0,41
0,026	0,66
0,032	0,81
0,028	0,71
½	12,70
2 ½	63,50
2 5/8	66,70
4	101,60
4 ½	114,30
4,584	116,43
4 ¾	120,60
6	152,4
6 ½	165,10
6 5/8	168,30
6 ¾	171,40
8 ¼	209,60

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

Tabla A.1.1

Densidad del Agua

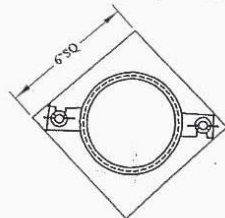
Temperatura °C (°F)	Densidad del Agua g/ml
18 (64,4)	0,99862
19 (66,2)	0,99843
20 (68,0)	0,99823
21 (69,8)	0,99802
22 (71,6)	0,99779
23 (73,4)	0,99756
24 (75,2)	0,99733
25 (77,0)	0,99707
26 (78,8)	0,99681

REFERENCIA NORMATIVA

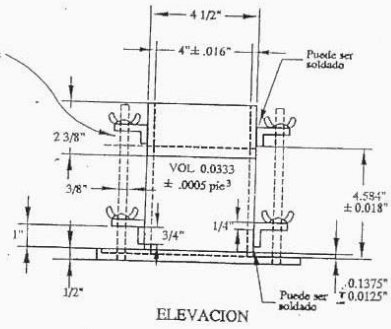
ASTM	D 1557
------	--------



Como alternativa al parante de longitud completa, puede utilizarse un parante de 2 1/2" x 3/8". El collar puede fijarse mediante una cartela ranurada sujeta al collar y un pasador en el molde



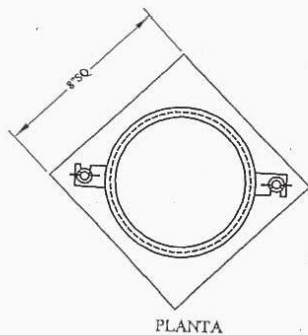
PLANTA



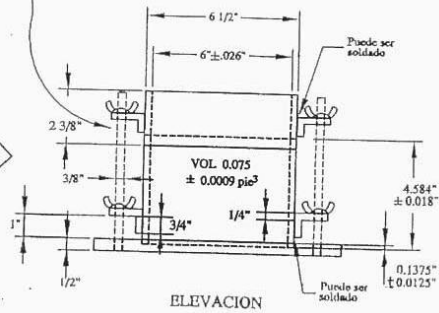
VER TABLA 2 PARA EQUIVALENTES METRICOS

FIGURA 1 Molde cilíndrico, 4,0 pulg

Como alternativa al parante de longitud completa, puede utilizarse un parante de 2 1/2" x 3/8". El collar puede fijarse mediante una cartela ranurada sujeta al collar y un pasador en el molde

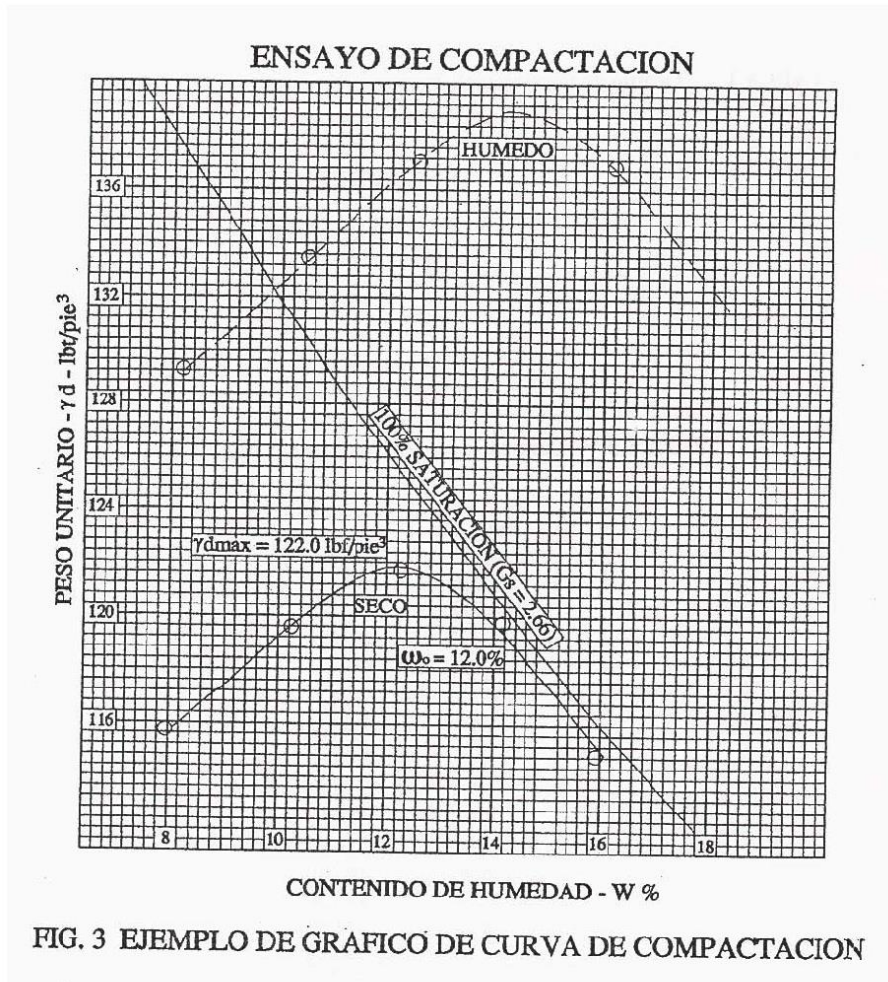


PLANTA



VER TABLA 2 PARA EQUIVALENTES METRICOS

FIGURA 2 Molde cilíndrico, 6,0 pulg





CBR DE SUELOS (LABORATORIO)

MTC E 132 - 2000

Este Modo Operativo está basado en las Normas ASTM D 1883 y AASHTO T 193, las mismas que se han adaptado al nivel de implementación y a las condiciones propias de nuestra realidad. Cabe indicar que este Modo Operativo está sujeto a revisión y actualización continua.

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

1. OBJETIVO

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

1.2 Este índice se utiliza para evaluar la capacidad de soporte de los suelos de subrasante y de las capas de base, subbase y de afirmado.

1.3 Este modo operativo hace referencia a los ensayos para determinación de las relaciones de Peso Unitario - Humedad, usando un equipo modificado.

2. APARATOS Y MATERIALES

2.1 Prensa similar a las usadas en ensayos de compresión, utilizada para forzar la penetración de un pistón en el espécimen. El pistón se aloja en el cabezal y sus características deben ajustarse a las especificadas en el numeral 2.7.

El desplazamiento entre la base y el cabezal se debe poder regular a una velocidad uniforme de 1,27 mm (0.05") por minuto. La capacidad de la prensa y su sistema para la medida de carga debe ser de 44.5 kN (10000 lbf) o más y la precisión mínima en la medida debe ser de 44 N (10 lbf) o menos.

2.2 Molde, de metal, cilíndrico, de 152,4mm \pm 0.66 mm (6 \pm 0.026") de diámetro interior y de 177,8 \pm 0.46 mm (7 \pm 0.018") de altura, provisto de un collar de metal suplementario de 50.8 mm (2.0") de altura y una placa de base perforada de 9.53 mm (3/8") de espesor. Las perforaciones de la base no excederán de 1,6 mm (28 1/16") las mismas que deberán estar uniformemente espaciadas en la circunferencia interior del molde de diámetro (Figura 1a). La base se deberá poder ajustar a cualquier extremo del molde.

2.3 Disco espaciador, de metal, de forma circular, de 150.8 mm (5 15/16") de diámetro exterior y de 61,37 ± 0,127 mm (2,416 ± 0,005") de espesor (Figura 1b), para insertarlo como falso fondo en el molde cilíndrico durante la compactación.

2.4 Pisón de compactación como el descrito en el modo operativo de ensayo Proctor Modificado, (equipo modificado).

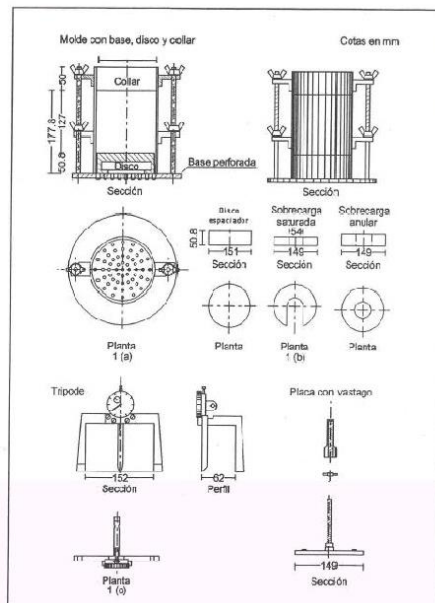


Figura 1.

2.5 Aparato medidor de expansión compuesto por:

- Una placa de metal perforada, por cada molde, de 149.2 mm (5 7/8") de diámetro, cuyas perforaciones no excedan de 1,6 mm (1/16") de diámetro. Estará provista de un vástago en el centro con un sistema de tornillo que permita regular su altura (Figura 1d).
- Un trípode cuyas patas puedan apoyarse en el borde del molde, que lleve montado y bien sujeto en el centro un dial (deformímetro), cuyo vástago coincida con el de la placa, de forma que permita controlar la posición de éste y medir la expansión, con aproximación de 0.025 mm (0.001") (véase Figura 1c).

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

2.7 Pistón de penetración, metálico de sección transversal circular, de $49,63 \pm 0,13$ mm ($1,954 \pm 0,005$ " de diámetro, área de $19,35 \text{ cm}^2$ (3 pulg^2) y con longitud necesaria para realizar el ensayo de penetración con las sobrecargas precisas de acuerdo con el numeral 3.4, pero nunca menor de 101.6 mm (4").

2.8 Dos diales con recorrido mínimo de 25 mm (1") y divisiones lecturas en 0.025 mm (0.001"), uno de ellos provisto de una pieza que permita su acoplamiento en la prensa para medir la penetración del pistón en la muestra.

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

2.10 Estufa, termostáticamente controlada, capaz de mantener una temperatura de 110 ± 5 °C (230 ± 9 °F).

2.11 Balanzas, una de 20 kg de capacidad y otra de 1000 g con sensibilidades de 1 g y 0.1 g, respectivamente.

2.12 Tamices, de 4.76 mm (No. 4), 19.05 mm ($3/4$ ") y 50,80 mm (2").

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

3. PROCEDIMIENTO

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

3.1 Preparación de la Muestra.- Se procede como se indica en las normas mencionadas (Relaciones de peso unitario-humedad en los suelos, con equipo estándar o modificado). Cuando más del 75 % en peso de la muestra pase por el tamiz de 19.1 mm ($3/4$ "), se utiliza para el ensayo el material que pasa por dicho tamiz. Cuando la fracción de la muestra retenida en el tamiz de 19.1 mm ($3/4$ ") sea

superior a un 25% en peso, se separa el material retenido en dicho tamiz y se sustituye por una proporción igual de material comprendido entre los tamices de 19.1 mm (3/4") y de 4.75 mm (No. 4), obtenida tamizando otra porción de la muestra.

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

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

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

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

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

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

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

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

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

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

3.3 Inmersión. Se coloca sobre la superficie de la muestra invertida la placa perforada con vástago, y, sobre ésta, los anillos necesarios para completar una sobrecarga tal, que produzca una presión equivalente a la originada por todas las capas de materiales que hayan de ir encima del suelo que se ensaya, la aproximación quedará dentro de los 2,27 kg (5,5 lb) correspondientes a una pesa. En ningún caso, la sobrecarga total será menor de 4,54 kg (10 lb) (véase Figura 2b).

Nota 2: A falta de instrucciones concretas al respecto, se puede determinar el espesor de las capas que se han de construir por encima del suelo que se ensaya, bien por estimación o por algún método aproximado. Cada 15 cm (6") de espesor de estructura del pavimento corresponde aproximadamente a 4,54 kg (10 lb) de sobrecarga.

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

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

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

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

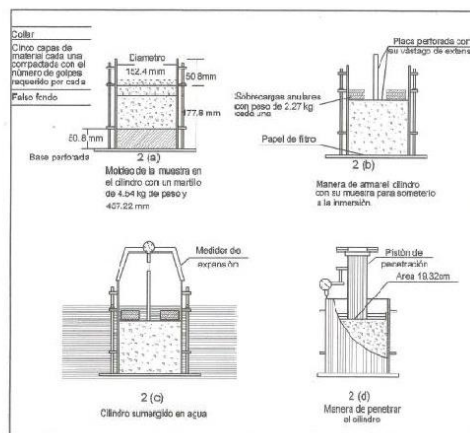


Figura 2. Determinación del valor de la relación de soporte en el laboratorio

3.4 Penetración. Se aplica una sobrecarga que sea suficiente, para producir una intensidad de carga igual al peso del pavimento (con ± 2.27 kg de aproximación) pero no menor de 4.54 kg (10 lb). Para evitar el empuje hacia arriba del suelo dentro del agujero de las pesas de sobrecarga, es conveniente asentar el pistón luego de poner la primera sobrecarga sobre la muestra. Llévase el conjunto a la prensa y colóquese en el orificio central de la sobrecarga anular, el pistón de penetración y añade el resto de la sobrecarga si hubo inmersión, hasta completar la que se utilizó en ella. Se monta el dial medidor de manera que se pueda medir la penetración del pistón y se aplica una carga de 50N (5 kg) para que el pistón asiente. Seguidamente se sitúan en cero las agujas de los diales medidores, el del anillo dinamométrico, u otro dispositivo para medir la carga, y el de control de la penetración (véase Figura 2d). Para evitar que la lectura de penetración se vea afectada por la lectura del anillo de carga, el control de penetración deberá apoyarse entre el pistón y la muestra o molde.

Se aplica la carga sobre el pistón de penetración mediante el gato o mecanismo correspondiente de la prensa, con una velocidad de penetración uniforme de 1.27 mm (0.05") por minuto. Las prensas

manuales no preparadas para trabajar a esta velocidad de forma automática se controlarán mediante el deformímetro de penetración y un cronómetro. Se anotan las lecturas de la carga para las siguientes penetraciones:

Penetración

Milímetros	Pulgadas
0.63	0.025
1.27	0.050
1.90	0.075
2.54	0.100
3.17	0.125
3.81	0.150
5.08	0.200
7.62	0.300
10.16	0.400
12.70	0.500

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

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

4. CÁLCULOS

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

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

donde:

H = Humedad prefijada
h = Humedad natural

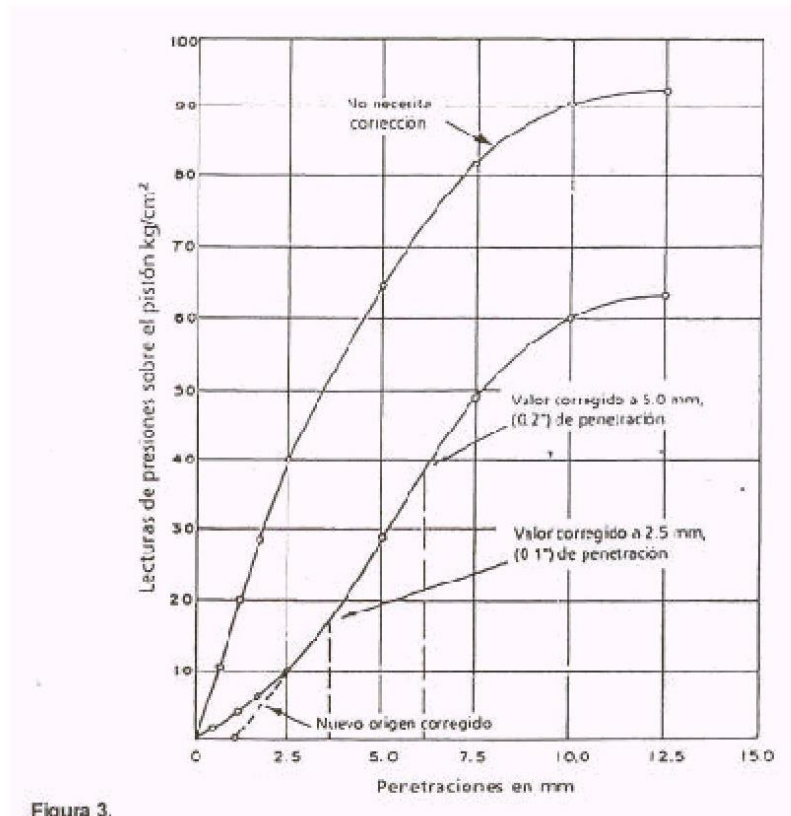
4.2 Densidad o peso unitario. La densidad se calcula a partir del peso del suelo antes de sumergirlo y de su humedad, de la misma forma que en los métodos de ensayo citados. Proctor normal o modificado, para obtener la densidad máxima y la humedad óptima.

4.3 Agua absorbida. El cálculo para el agua absorbida puede efectuarse de dos maneras. Una, a partir de los datos de las humedades antes de la inmersión y después de ésta (numerales 3.2 y 3.4); la diferencia entre ambas se toma normalmente como tanto por ciento de agua absorbida. Otra, utilizando la humedad de la muestra total contenida en el molde. Se calcula a partir del peso seco de la muestra (calculado) y el peso húmedo antes y después de la inmersión.

Ambos resultados coincidirán o no, según que la naturaleza del suelo permita la absorción uniforme del agua (suelos granulares), o no (suelos plásticos). En este segundo caso debe calcularse el agua absorbida por los dos procedimientos.

4.4 Presión de penetración. Se calcula la presión aplicada por el penetrómetro y se dibuja la curva para obtener las presiones reales de penetración a partir de los datos de prueba; el punto cero de la curva se ajusta para corregir las irregularidades de la superficie, que afectan la forma inicial de la curva (véase Figura 3)

4.5 Expansión. La expansión se calcula por la diferencia entre las lecturas del deformímetro antes y después de la inmersión, numeral 3.2. Este valor se refiere en tanto por ciento con respecto a la altura de la muestra en el molde, que es de 127 mm (5").



Es decir:

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

Siendo

L_1 = Lectura inicial en mm.
 L_2 = Lectura final en mm.

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

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

Para calcular el índice CBR se procede como sigue:

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

5. PROCEDIMIENTO PARA EL ENSAYO SOBRE MUESTRAS INALTERADAS

En el caso de muestras inalteradas se procede como sigue:

- Se trabajará en una calicata de aproximadamente 0.80 x 0.80 m.
- Se nivela la superficie y se coloca el molde en el centro del área de trabajo. El molde se le debe haber adicionado el anillo cortador.
- Posteriormente se excava suavemente alrededor del molde, presionándolo para que corte una delgada capa de suelo a su alrededor.
- Se clava el molde en el suelo poco a poco, con ayuda de herramientas apropiadas, hasta llenarlo, haciendo uso de la técnica para la toma de muestras inalteradas que se describe en la norma MTC E 112. Debe entenderse que por ningún motivo la muestra debe ser golpeada, tanto en el proceso de recuperación en el campo, como en su transporte y trabajo de laboratorio

- Una vez lleno el molde, se parafinan sus caras planas y, cuidando de no golpearlo, se traslada al laboratorio. Cuando se vaya a efectuar el ensayo se quita la parafina de ambas caras y, con ayuda de la prensa y el disco espaciador o de un extractor de muestras, se deja un espacio vacío en el molde equivalente al del disco espaciador, enrasando el molde por el otro extremo. A continuación se procede como con las muestras preparadas en el laboratorio. La operación para dejar ese espacio vacío no es necesaria ($7,0" \pm 0,16"$) si se utiliza un molde con 127 mm (5") de altura, en vez de los 177,8 mm, y se monta el collar antes de proceder al ensayo de penetración.


6. INFORME

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

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

7. CORRESPONDENCIA CON OTRAS NORMAS

ASTM	D 1883
AASHTO	T 193



**ANEXO 4: PANEL
FOTOGRAFICO**



FOTO N°1: LOCALIZACIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO PARA REALIZAR LAS CALICATAS.



FOTO N°2: ENTRADA DE LA CAMPIÑA DE MOCHE –PRIMERA CALICATA (C-1).



FOTO N°3:TRAZO Y MEDIDA PARA REALIZAR LA CALICATA.



FOTO N°4:EXCAVACIÓN PARA LA CALICATA.



FOTO N°5: MIDIENDO LA PROFUNDIDAD PARA LA EXTRACCIÓN DE LA MUESTRA.




FOTO N°6: MUESTRA EXTRAIDA DE LA CALICATA.



FOTO N°7 :TRAZO Y MEDIDA PARA REALIZARE LA CALICATA KM 2.



FOTO N°8 :EXCAVACIÓN PARA LA CALICATA.



ANEXO 5: PLANO DE UBICACIÓN

