



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

FACULTAD DE INGENIERÍA

División de Ingeniería Mecánica e Industrial



PROCEDIMIENTO MEJORADO PARA LA DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD RELATIVA DE SÓLIDOS DEL SUELO

MODALIDAD DE TITULACIÓN:

“TRABAJO PROFESIONAL”

NOMBRE DEL ALUMNO: Bonifacio Cedillo Torres

NÚMERO DE CUENTA: 9331182-1

CARRERA: Ingeniería Mecánica

ASESOR: M. en I. Jesús Vicente González Sosa



AÑO: 2013



NOMBRE DE LA EMPRESA: **Comisión Federal de Electricidad**

TÍTULO: **Procedimiento mejorado para la determinación de la densidad relativa de sólidos del suelo**

ÍNDICE	Página
INTRODUCCIÓN	1
Capítulo 1: Antecedentes.	1
Definiciones	3
Aparatos	4
Capítulo 2: Empresa.	8
Comisión Federal de Electricidad	8
Dirección de Proyectos de Inversión Financiada	9
Gerencia de Estudios de Ingeniería Civil	10
Subgerencia de Geotecnia y Materiales	11
Departamento de Mecánica de Suelos	13
Instalaciones permanentes	14
Proyectos	15
Organigrama	22
Capítulo 3: Puesto de trabajo.	22
Identificación 1	22

Identificación 2	24
Capítulo 4: Participación del alumno en la empresa.	26
Actividades realizadas	26
Aplicación de conocimientos	29
PROCEDIMIENTO DEL ENSAYO	29
*Para grava:	
*Preparación de la muestra	30
*Método de ensayo	31
*Para arena, arcilla ó limo:	
*Calibración de picnómetro	34
*Preparación de la muestra cohesiva	38
*Método de ensayo	39
*Preparación de la muestra no cohesiva	41
*Método de ensayo	43
Presentación de resultados	45
CONCLUSIONES:	46
General	47
Personal	47
BIBLIOGRAFÍA:	47
ANEXOS:	48

INTRODUCCIÓN:

El desarrollo del presente trabajo aborda los aspectos fundamentales y funcionales para la evaluación de la densidad de los sólidos del suelo, lo cual está explicado en cuatro capítulos con la descripción correspondiente y apartados necesarios para su desarrollo.

El primer capítulo habla acerca de los antecedentes en relación a las definiciones, términos, aparatos y elementos medibles por medio de normas.

El segundo capítulo contiene la descripción de la empresa, atención de proyectos de gran envergadura en los que he participado, ubicación de las instalaciones y estructura del organigrama de la Comisión Federal de Electricidad indicando la misión y el objetivo.

El tercer capítulo contiene la descripción del puesto de trabajo en el cual laboré actualmente como servidor público e indicando puesto, área, responsabilidades y facultades.

El cuarto capítulo habla acerca de la participación del alumno en la empresa durante los años 2010, 2011 y 2012 además de ir describiendo el desarrollo de actividades desempeñadas profesionalmente.

Al final se encuentran las conclusiones que resumen todo el trabajo elaborado en esta tesis.

CAPÍTULO 1: Antecedentes

En este trabajo se establece un procedimiento para determinar la densidad relativa de sólidos del suelo (no incluyendo el volumen de huecos entre las partículas) y la absorción del agregado grueso de una forma factible, con calidad y aplicable a cualquier tipo de suelo ya sea fino, grueso o mezcla de ellos. Se entregan los resultados junto con la densidad relativa promedio para así aumentar la satisfacción del cliente. Este ensayo es aplicable para materiales que son retenidos en la malla No. 4 (4,75 mm) y materiales que pasan a través de la malla No. 4 (4,75 mm).



Figura 1 Tamiz de 4.75 mm (Malla N°4) para separar tamaños de grano de una muestra.



Figura 2 Tamizado de muestras grandes por varios tamaños de abertura de malla de tamiz en orden descendente.



Figura 3 Espécimen de muestra de suelo, separado por sus tamaños de grano, logrado después del tamizado.

Por otro lado, La densidad relativa de los sólidos del suelo se utiliza en el cálculo de las relaciones de fase de los suelos, tales como la relación de vacíos y el grado de saturación; se utiliza para calcular la densidad de los sólidos del suelo al multiplicar su densidad relativa por la densidad del agua (a temperatura adecuada).

El término sólidos del suelo suele ser asumido en el sentido natural de partículas minerales o como partículas del suelo que no son fácilmente solubles en agua.



Figura 4 Los especímenes secos de la muestra conforman las partículas sólidas del suelo con las cuales realizamos el ensayo por vía seca.

❖ Definiciones

A continuación se ofrecen una serie de definiciones que establecen la comprensión y enriquecimiento de este trabajo para su mejor desarrollo temático dentro de su estructura.

Densidad (masa específica) de los sólidos del suelo – la masa por unidad de volumen de un material (sólidos del suelo), expresada en kilogramos por metro cúbico (libras por pie cúbico) o gramos por centímetro cúbico.

Densidad aparente - la masa por unidad de volumen de la porción impermeable de las partículas del agregado.

Densidad relativa (gravedad específica) – la relación de la densidad de los sólidos del suelo a la densidad del agua destilada libre de gas a una temperatura adecuada.

Densidad relativa aparente (gravedad específica aparente) - la relación de la densidad aparente del agregado grueso a la densidad del agua destilada a una temperatura indicada.

Absorción de un material pétreo - aumento de la masa del agregado grueso debido a la penetración del agua en los poros de las partículas durante un período de tiempo prescrito, pero no incluyendo el agua adherida a la superficie exterior de las partículas, expresado como un porcentaje de la masa seca.

❖ Aparatos

Para materiales que son retenidos en la malla N° 4 (4,75 mm).

- Tamiz de 4,75 mm (Malla N° 4) u otros tamaños según sea necesario, conforme a los requisitos de la norma ASTM E11.
- Balanza - dispositivo para determinar la masa que es sensible, fácil de leer y precisa a 0,05% de la masa de la muestra en cualquier punto dentro del rango utilizado para esta prueba, o de 0,5 g, lo que sea mayor. La Balanza deberá estar equipada con un aparato adecuado para suspender el recipiente de la muestra en agua desde el centro de la plataforma o bandeja de la balanza.
- Horno de secado - horno controlado por termostato, capaz de mantener una temperatura uniforme de $110 \pm 5^{\circ}\text{C}$ a lo largo de la cámara de secado.
- Lienzo absorbente
- Dispositivo termométrico - capaz de medir el intervalo de temperaturas dentro del cual está siendo realizada la prueba, teniendo una legibilidad de $0,1^{\circ}\text{C}$ y un error máximo admisible de $0,5^{\circ}\text{C}$.
- Contenedor de Muestra - una canasta de alambre de 3,35 mm (N° 6) o una malla más fina, o un cubo de aproximadamente igual anchura y altura, con una capacidad de 4 a 7 L para 37,5 mm (1 1/2-in.) nominal tamaño máximo del agregado o más pequeño. El recipiente debe estar construido de manera que se impida el atrapamiento de aire cuando el recipiente está sumergido.
- Tanque de agua - un recipiente estanco en el que se coloca el recipiente de la muestra mientras está suspendido debajo de la balanza.
- Picnómetro kitasato (opcional).
- Probeta de 1 000 mL (opcional).



Figura 5 Área de pruebas índice para realizar ensayos.



Figura 6 Balanza analítica calibrada para pesar los especímenes a ensayar.

Para materiales que pasan a través de la malla N° 4 (4,75 mm)

- Picnómetro de agua tipo matraz aforado de vidrio refractario, de cuello largo y fondo plano, de 500 mL de capacidad.

Nota 1 - El picnómetro de agua debe ser un matraz tapado, un matraz de iodo tapado, o matraz volumétrico (aforado) con una capacidad mínima de 250 ml. El volumen del picnómetro debe ser de 2 a 3 veces mayor que el volumen de la mezcla suelo-agua utilizada durante la fase de desaireación de la prueba.

- Tamiz de 4,75 mm (Malla N° 4) conforme a los requisitos de la norma ASTM E11.
- Balanza con legibilidad de 0,01g y capacidad de al menos 1000 g.
- Dispositivo termométrico, capaz de medir el intervalo de temperaturas dentro del cual está siendo realizada la prueba, teniendo una legibilidad de 0,1°C. El dispositivo deberá ser capaz de ser sumergido en las soluciones de muestra y la calibración a una profundidad que varía entre 25 y 80 mm.
- Parrilla eléctrica o mechero Bunsen, capaz de mantener una temperatura adecuada para hervir el agua.
- Sistema de vacío, una bomba de vacío o aspiradora de agua, capaz de producir un vacío parcial (máximo) de 100 mm Hg (0,136 kg/cm²) o de menos presión absoluta.

Nota 2 - Un vacío parcial de 100 mm Hg de presión absoluta es aproximadamente equivalente a 660 mm (26 in) Hg en la lectura de un manómetro de vacío a nivel del mar.

- Batidora o Mezclador (opcional)
- Cuentagotas o pipeta de vidrio o metal
- Contenedor aislante de espuma de poliestireno y con cubierta o equivalente, que pueda contener entre tres y seis picnómetros además de un vaso (o botella) de agua desaireada, y un termómetro. Esto es necesario para mantener un ambiente de temperatura controlada, donde los cambios serán uniformes y graduales.
- Horno de secado - horno controlado por termostato, capaz de mantener una temperatura uniforme de $110 \pm 5^\circ\text{C}$ a lo largo de la cámara de secado.
- Equipos misceláneos, tales como matraz kitasato, papel absorbente, una computadora o calculadora (opcional), recipientes para muestras, espátula y guantes aislantes.



Figura 7 Pipetas y varilla de vidrio para realizar el aforado y limpieza del cuello del matraz.



Figura 8 Tamizadora, Mortero y Copa Casagrande para realizar el tamizado mecánico y límite de consistencia para obtener la granulometría y clasificación SUCS.

Reactivos para materiales que pasan a través de la malla N° 4 (4,75 mm)

- Agua destilada
- Cloruro de calcio anhidro
- Alcohol
- Éter sulfúrico
- Mezcla crómica para lavado de los matraces, que se obtiene disolviendo en caliente 60 g de bicromato de potasio, en 300 mL de agua destilada, a la cual se le adicionan en frío 450 mL de ácido sulfúrico comercial.

Preparación y acondicionamiento de las muestras

Las muestras empleadas deben ser representativas del suelo en estudio. Los suelos cohesivos, especialmente los de alto contenido de materia orgánica, son difíciles de humedecer después del secado al horno. Por lo anterior, es conveniente realizar la prueba con una muestra que tenga su contenido de agua natural, y obtener la masa de la muestra seca al finalizar la prueba. Los suelos no cohesivos pueden secarse al horno previamente.

Condiciones ambientales

Esta prueba debe realizarse en un lugar que no esté expuesto a cambios bruscos de temperatura.



Figura 9 Regulador de presión integrado y cámara triaxial para realizar ensayos mecánicos y secar matraces.



Figura 10 Área de corte y Área de Terracería para cortar tubos shelby y extraer muestras.

CAPÍTULO 2: La Empresa.

- ❖ La Comisión Federal de Electricidad es un organismo descentralizado de la Administración Pública Federal con personalidad jurídica y patrimonio propio, que tiene por objeto la planeación del Sistema Eléctrico Nacional, así como la generación, conducción, transformación, distribución y venta de energía eléctrica para la presentación del servicio público y la realización de todas las obras, instalaciones y trabajos que se quieran para el cumplimiento de su objeto, de conformidad con lo dispuesto en la Ley Federal de las Entidades Paraestatales y demás ordenamientos aplicables.

La misión institucional: planificar la expansión del sistema eléctrico nacional para asegurar, dentro de un marco de competencia y actualizado tecnológicamente, el servicio de energía eléctrica, en condiciones de cantidad, calidad y precio, con la adecuada

diversificación de fuentes de energía; optimizar la utilización de la infraestructura física, comercial y de recursos humanos; proporcionar a los clientes una atención de excelencia; proteger el medio ambiente, promover el desarrollo social y respetar los valores de las poblaciones donde están ubicadas las obras de electrificación.

Para consolidar los avances de la empresa, se mantiene la vigilancia de los siguientes objetivos centrales y son:

1. Incrementar la infraestructura para asegurar el suministro de energía, esto es la incorporación de nueva capacidad de generación, transmisión y generación.
2. Generar y obtener mayor volumen de energía eléctrica mediante el mantenimiento adecuado de sus plantas y el mejor aprovechamiento de los combustibles.
3. Avanzar en la modernización y la competitividad de la empresa, manteniéndose en ISO-9000 al 100%; avanzando en la certificación de la competencia laboral; desarrollar la universidad tecnológica y avanzar en el SAP/R3 y en el SIX Sigma a nivel piloto.
4. Desarrollar nuevas áreas de oportunidad, como son las del gas y la utilización de la red eléctrica en telecomunicaciones.
5. Consolidarse como una empresa mundial, operando sobre la base de indicadores internacionales de productividad, competitividad, tecnología y el desarrollo de sus trabajadores.



- ❖ La Dirección de Proyectos de Inversión Financiada asegura el desarrollo de la infraestructura requerida en el Programa de Obras de inversión, para atender la demanda del servicio de energía eléctrica, respetando el entorno donde se ubican los proyectos.

Visión: ser una organización confiable y reconocida en el desarrollo sustentable de la infraestructura eléctrica apoyada en la competencia de su personal, transparencia de sus procesos y preparada para enfrentar los retos de un entorno dinámico, con una cultura de calidad asumida por todos sus integrantes.

Objetivos:

1. Incrementar la participación de los inversionistas mediante la difusión y promoción de proyectos de infraestructura eléctrica financiables, así como con la optimación de las bases de licitación, más equitativas y transparentes para la CFE y los inversionistas.

2. Proponer la diversificación de las fuentes de energía, mediante los resultados de los estudios de prospectiva energética al 2030 incluyendo análisis de riesgo por precio y disponibilidad de los combustibles para el desarrollo de plantas carboeléctricas y nucleoeeléctricas, así como las de energía renovable (Hidroeléctricas, Eólicas, Solares, Biomasa, Geotermoeléctricas) y mejorar la confiabilidad del suministro de energía eléctrica mediante la expansión de redes de transmisión y distribución.
3. Incrementar la oferta de gas natural licuado (GNL), mediante la licitación de contratos de servicios para compra de GNL y el almacenamiento y regasificación y entrega de Gas Natural (GN) a la CFE, así como del transporte de GN mediante gasoductos a las centrales que requieran dicho combustible.
4. Promover la alta calificación y desarrollo profesional de trabajadores y directivos mediante perfiles y funciones alineadas a las necesidades propias del puesto.



- ❖ La Gerencia de Estudios de Ingeniería Civil (GEIC) proporciona servicios especializados y soluciones integrales a quienes diseñan, construyen y operan obras de ingeniería, todo ello a través del conocimiento y experiencia de su personal.

Para llevar a cabo con calidad y oportunamente los trabajos de ingeniería la GEIC cuenta con el respaldo de cerca de 300 ingenieros especializados y 100 técnicos experimentados, lo que la constituye como el único grupo multidisciplinario con estas características con que cuenta el país.

Misión: Fundamentar los proyectos de ingeniería, proporcionando los servicios requeridos a satisfacción del cliente a precios competitivos. Asegurar la confiabilidad de las estructuras de CFE.

Visión: Ser la mejor opción para el mercado de estudios de ingeniería civil y ciencias de la tierra, y para el corporativo de la CFE en sus áreas de especialidad.

Objetivos:

1. Transformar a la GEIC en una organización flexible y competitiva. Buscar una orientación que nos convierta en una organización flexible y con claros objetivos empresariales, capaz de anticiparnos a las necesidades del mercado, en escenarios agresivos y competitivos.
2. Conservar el grupo multidisciplinario único en el país.

3. Ampliar el mercado de trabajo de la gerencia. Esto se ha logrado aprovechando sus ventajas competitivas, entre las que destacan:
 - a. Ofrecer soluciones integrales.
 - b. Proporcionar rapidez de respuesta.
 - c. Adoptar nuevas tecnologías.
4. Convertirse en una organización utilitaria y rentable, incrementando la productividad y la competitividad del personal.
5. Conservar las fuentes de trabajo del personal eventual. Promoviendo sistemáticamente dentro y fuera de la CFE, los servicios que proporciona la GEIC.

Con el propósito de brindar un servicio confiable, competitivo y oportuno, el personal de la Gerencia de Estudios de Ingeniería Civil (GEIC) como parte de la Comisión Federal de Electricidad (CFE), ha implantado un Sistema de Calidad Total (SICAT).



- ❖ La Subgerencia de Geotecnia y Materiales (SGM), en su carácter de proveedor de estudios, servicios técnicos y de consultoría para las obras de CFE, del Gobierno Federal, Estatales, Municipales, y empresas particulares que así lo soliciten, elabora estudios y diseños geotécnicos y de concretos para obras de ingeniería civil, mediante actividades de campo, de laboratorio y de gabinete (análisis de ingeniería en todos los niveles de proyecto, supervisión técnica durante la construcción y consultorías técnicas).

Propósito y Misión de la SGM

El propósito de la SGM es "satisfacer las necesidades de nuestros clientes en cuanto a servicios de Ingeniería geotécnica y de tecnología del concreto para obras de infraestructura". Cuidando siempre que se cumplan los requisitos del Sistema de Calidad Total, las obligaciones reglamentarias y legales, los requisitos de las entidades que certifican o acreditan y las normas señaladas en este manual.

Asimismo, su misión es "optimizar los proyectos civiles mediante estudios y diseños geotécnicos y de tecnología del concreto con calidad mundial".

El producto principal que desarrolla la SGM es:

"SERVICIOS DE INGENIERÍA GEOTÉCNICA Y DE TECNOLOGÍA DEL CONCRETO PARA OBRAS DE INFRAESTRUCTURA".

Los principales clientes para estos servicios son:

- Área de la CFE ajenas a la GEIC.
- Empresas Paraestatales.
- Dependencias del gobierno federal y de los gobiernos estatales y municipales.
- Empresas particulares que desarrollen proyectos de infraestructura.

En los servicios que proporciona la SGM participan sus tres departamentos (Mecánica de Suelos, Mecánica de Rocas y Materiales), sin embargo, si las necesidades del cliente lo requieren, es posible proporcionar un servicio en el que participe un sólo departamento.

La SGM realiza estudios integrales donde se desarrollan actividades de campo, laboratorio y gabinete, por lo que cabe mencionar que los ensayos de laboratorio que ejecuta se limitan a solicitudes de los jefes de proyecto o jefes de disciplina o ingenieros de proyecto de la propio SGM, actuando éstos como clientes directos de los laboratorios, a fin de soportar con evidencias, los estudios particulares desarrollados por la empresa, y no como servicios especiales a entes externos y ajenos que desean recibir resultados de laboratorio únicamente, los servicios que brindan los laboratorios de la SGM sirven para respaldar los estudios que ofrecen sus clientes internos y son los siguientes:

- Agregados: análisis granulométrico, pesos unitarios, abrasión, sanidad, peso específico y absorción, etc.
- Suelos: Descripción e identificación de suelos (identificación visual y al tacto), contenido de agua en materiales térreos, determinación de límites de consistencia (LL, LP, IP) en suelos, análisis granulométrico, masa específica de los suelos, masa volumétrica seca máxima y contenido de agua óptimo por el Método de compactación proctor estándar, ASSHTO estándar y ASSHTO modificado, resistencia al corte no drenado de un suelo mediante el Torcómetro manual, determinación de partículas de suelo más finas que la malla No. 200 (0,075 mm) por medio de lavado, preparación de muestras, entre otros.
- Concreto: Compresión cilindros (sin curado), compresión de cilindros (con curado), tiempo fraguado, diseño de mezclas, peso volumétrico concreto fresco, contenido de aire concreto fresco, entre otros

□ Rocas: Elaboración de probetas de roca para ensayo, contenido de agua, peso volumétrico, índice de alteración y absorción, intemperismo acelerado, determinación de ondas P y S y propiedades elásticas dinámicas por pulso ultrasónico, compresión triaxial, entre otras.

□ Cemento: Resistencia a la compresión de cementantes hidráulicos, sanidad de cementantes hidráulicos, finura del cemento, consistencia normal del cemento hidráulico, tiempo de fraguado de cementantes hidráulicos (método vicat), finura de los cementantes hidráulicos (método de permeabilidad del aire – Blaine), entre otros.



❖ El Departamento de Mecánica de Suelos y Cimentaciones se conduce para cumplir con los objetivos de un sistema estandarizado, tomando como modelos y directrices las normas siguientes:

□ NMX-CC-9000-IMNC-2008. Sistemas de Gestión de la Calidad, Fundamentos y Vocabulario.

□ NMX-CC-9001-IMNC-2008. Sistemas de Gestión de la calidad. Requisitos.

□ NMX-SAA-14001-IMNC-2004. Sistema de Administración Ambiental - Requisitos con orientación para su uso.

□ NMX-EC-17025-IMNC-2006 Requisitos generales para la competencia de los laboratorios de ensayo y calibración, además de;

□ Los Criterios, Políticas y otros Requisitos de la Entidad Mexicana de Acreditación (*ema*).

El Sistema de Calidad Total (SICAT) de la GEIC, se fundamenta en el cumplimiento de los requisitos de las normas antes mencionadas y lo constituyen su estructura organizacional, las responsabilidades de su personal, los procedimientos del sistema, la planificación de sus procesos y los recursos necesarios para la administración de la calidad.

En un manual operativo se documentan los elementos, procedimientos y su funcionamiento dentro del Sistema de Gestión de Calidad (SGC) de la Subgerencia de Geotecnia y Materiales (SGM), permitiendo dar a conocer su organización, recursos, funciones y responsabilidades de su personal, para garantizar la satisfacción del cliente, cumpliendo con los requisitos del Sistema de Calidad Total de la GEIC, legales y reglamentarios, y todos los requisitos necesarios vigentes para la acreditación de los laboratorios de la SGM (Normas técnicas de referencia, NMX-EC-17025, LFMN, Criterios de la *ema*, Políticas de la *ema* y otros necesarios para llevar el sistema de calidad el laboratorio). En el

manual operativo se describen todas las acciones planeadas y sistemáticas que se realizan en la SGM, con el objeto de garantizar la confiabilidad de sus trabajos de Ingeniería en las disciplinas de Geotecnia (Mecánica de Suelos y Mecánica de Rocas) y Tecnología del Concreto para asegurar que se satisfacen los requisitos del cliente. Además se establecen los lineamientos para garantizar que el sistema de gestión ISO/IEC 17025:2005 , aplicable a los Laboratorios de la SGM, se lleve a cabo para el trabajo realizado en las instalaciones permanentes, en sitios fuera de sus instalaciones permanentes o instalaciones temporales o móviles asociadas.



- ❖ Las instalaciones permanentes de los laboratorios de Mecánica de Rocas, Concretos y Químico del Cemento se ubican en la siguiente dirección: Augusto Rodin # 265 Col Nochebuena México Distrito Federal, C.P. 03720. El laboratorio de Mecánica de Suelos cuenta con dos instalaciones permanentes, las direcciones son:
En México Distrito Federal, C. Augusto Rodin # 265 Col Nochebuena, C.P. 03720,
En Veracruz, Av. Central Esquina Pensamiento s/n, Col Vista Alegre, Boca del Río, C.P. 94295.



Figura 11 Laboratorio de mecánica de suelos sede Veracruz, entrada principal.

❖ Proyectos

Estudios para atender la cartera de proyectos que permita ampliar la infraestructura de CFE.

Proyecto	Actividades relevantes
C. H. La Yesca, Jalisco	<p>Nivel de Estudio: Apoyo a Construcción Geología.- Obras de Generación: Se elaboraron los informes geológicos correspondientes al levantamiento geológico de la excavación del cárcamo de bombeo. Se revisó el criterio de diseño en conjunto con CPH de los tapones en los codos, reduciendo el factor de seguridad de 4 a 2, evitando la interferencia con el acceso al cárcamo de bombeo. Obra de Excedencias: Se realizó el levantamiento geológico del piso de los canales de descarga para la conciliación geológica de la imputabilidad de la sobreexcavación. Obras de Desvío y obras complementarias: Se actualizaron los planos "As Built" de las diferentes estructuras de obra civil y se registra la sobreexcavación de distintos frentes de obra en secciones topográficas conciliadas. También se trabajó en la elaboración de la monografía geológico-geotécnica del P.H. La Yesca. Obras de contención: Se continuó con el levantamiento geológico de las excavaciones del banco de roca Juanepanta. Geotécnia continuó con la colocación de material 3B, T, 3C y 4 y dio seguimiento a las excavaciones y tratamientos de estabilización e impermeabilización para la formación del plano de estanqueidad de la cortina y del muro de cierre, y a la perforación de la pantalla de drenaje y a los trabajos de inyecciones. Seguridad de estructuras e instrumentación continúan el apoyo permanente en las labores de supervisión de la instalación y funcionamiento del Sistema de Auscultación. Se elaboran reportes de mediciones, inspecciones y comportamiento. Se presentaron los resultados al panel de consultores internacionales en su visita a la presa. Obras Asociadas: Se continuó con el levantamiento geológico de las excavaciones para el nuevo camino al poblado de La Yesca y se continuó con el seguimiento de la excavación y se emitieron recomendaciones de estabilidad en el camino Hosto – Yesca y el puente Los Sauces Río Bolaños. Sismotectónica: Continúa el monitoreo sismológico por el efecto de las voladuras en las excavaciones para las obras civiles del proyecto. También sigue el registro y monitoreo de eventos sísmicos en la región. Perforación: En el sitio CAMINO U-B-D se realizaron 4 sondeos mixtos (117 m), 3 barrenos con augger de 3" de diámetro para pruebas de phicómetro (12.5 m) en apoyo al mecánica de suelos.</p>

<p>Río Grijalva (Tapón-Túneles de Conducción)</p>	<p>Nivel de Estudio: Apoyo a Construcción Sismotectónica: Monitoreo en Tiempo Real de Estaciones Sismológicas y mantenimiento preventivo de las estaciones sismológicas instaladas en las Centrales Hidroeléctricas de Angostura, Chicoasén, Peñitas y Tapachula. Geohidrología: Se implementó un piezómetro múltiple en la zona del túnel de entrada a fin de llevar a cabo las mediciones piezométricas y se inició su medición con personal técnico del sitio. Instrumentación: Concluyó la instalación y puesta en servicio de la instrumentación hidráulica y geotécnica de los túneles. Se instalaron tres mil metros de fibra óptica para conectar los instrumentos, los cuales se pueden consultar en tiempo real en la página de intranet: http://k1000a.cfemex.com/sse/tuneles_grijalva/tuneles_descarga.php Mecánica de rocas. Está en proceso la elaboración de la monografía geotécnica del proyecto.</p>
<p>Estudios de Proyectos hidroeléctricos Objetivo: Definir el marco geológico de las zonas potenciales para emplazamiento de centrales hidroeléctricas.</p>	<p>La Parota Guerrero, Factibilidad Geológica- Geotécnica Mecánica de rocas continúa con los análisis de estabilidad de las excavaciones. Se inicio el proceso de modelado tridimensional con apoyo en consultores extranjeros. Las Cruces, Nayarit.- Concluir factibilidad Geológica y Geotécnica: Geología: Se efectuó levantamiento geológico de detalle en el área de influencia del eje de la Alternativa II Rancho Viejo; se han descrito y levantado 2,041.95 m de núcleos de roca y se midieron los parámetros geotécnicos como % de recuperación, % de RQD. Se han ejecutado y calculado 241 pruebas de permeabilidad. Se escanearon con el equipo Televiewer 191.6 m de los barrenos perforados en este año para validar el RQD obtenido por métodos tradicionales. Se concluyó el Informe de Avance de Factibilidad Geológica. Se realizó el levantamiento geológico del socavón 2 de la MI, en sus 103.00 m de desarrollo. Geofísica: Del área ampliada por explorar se realizaron 108 TRS y 94 SEV en la zona del eje Rancho Viejo. Sismotectónica: Continúa el monitoreo sísmico local en 4 estaciones analógicas y 2 estaciones digitales enfocadas principalmente al estudio de análisis de peligro sísmico. Topografía: Apoyo topográfico para los estudios geológicos y geotécnicos en la zona de estudio ampliada y se concluyó la validación de los datos del levantamiento Lidar en arroyos, cañadas y principales rasgos topográficos con una cobertura de 30 Ha. Perforación: En la alternativa Rancho Viejo se realizan 2 barrenos en Margen Izquierda con un volumen de obra de 306 m. En el sitio Presa Reguladora, se perforaron 5 barrenos con un volumen de obra de 250 m y se realizaron 2 barrenos para inyección con un volumen de 116 m. Geohidrología: Se definió el modelo</p>

	<p>geohidrológico del sitio identificando dos orígenes del agua, uno local y el otro regional, ambos fluyen a través de fracturas y fallas en la roca, el agua subterránea regional fluye principalmente sobre las estructuras NW-SE y aflora en donde existen diques, el confinamiento que muestra se asocia al cierre superficial de las fracturas y fallas por presencia de arcillas. Mecánica de suelos: Se realiza el estudio complementario de bancos de aluvión para su uso en filtros de ataguía y cortinas. Mecánica de Rocas: Realizó pruebas con Gato Goodman en barrenos exploratorios en los sitios Rancho Viejo y Presa Derivadora. Se realizaron levantamientos geotécnicos para la caracterización geomecánica de las unidades en las que se desplantará la cortina. Iniciaron las pruebas de inyectabilidad para definir el plano de estanqueidad. Se evaluó la estabilidad de la excavación para alojar la cortina de CCR y se verificó geotécnicamente la trayectoria de los túneles de desvío. En laboratorio se llevó a cabo el diseño de mezclas de inyección y se verificó la calidad del agua en el río para ser empleada en las mezclas. Se realizaron ensayos de roca intacta para definir sus propiedades de resistencia y deformabilidad en cada una de las unidades litológicas del sitio. Concretos y Materiales: Se muestreó y trituró material de la cantera conocida como "Cerro Partido" para determinar las características físicas y químicas del material. Se elaboraron muestras de concreto compactado con rodillo (CCR) con estos agregados y con ceniza volante de la C.T. Petacalco. Actualmente se están obteniendo las propiedades mecánicas del CCR obtenidas con estos agregados. Chicoasén II (Copainalá), Chiapas.- Concluir Factibilidad. Se continuó con la gestión de los permisos por parte del CAG. Se elaboró del Informe ejecutivo del PH Chicoasén II. Mecánica de rocas presentó al consultor externo la información geotécnica existente hasta el momento, tanto de resultados de ensayos de laboratorio como de las recomendaciones preliminares emitidas para realizar las excavaciones para alojar las estructuras civiles. PH Pescado, Guerrero. Geología. Se terminó el Informe y se entregó al Cliente. Proyecto Terminado.</p>
<p>T.G.N.L. en Manzanillo, Colima. CPT</p>	<p>Geohidrología. En el sistema lagunar Cuyutlán se realizó el muestreo de agua en 36 sitios distribuidos a lo largo de los cuatro vasos, con la finalidad de continuar el monitoreo mensual de la calidad del agua y cumplir con requerimiento de la autoridad ambiental. Estudios ambientales. Se entregó el 9º reporte del estudio de biota marina en el frente marino del Canal de Tepalcates , el 10º reporte de biodiversidad en el área de vertido de material de dragado y el 3er reporte trimestral de efectos de ruido mamífero sobre la biota acuática en el área de Manzanillo.</p>

	<p>Se desarrolló el 3er periodo de monitoreo biológico y fisicoquímico correspondiente al periodo posterior a lluvias con condición de canal semiabierto para la identificación de indicadores ambientales. Geomática. Se monitorearon y analizaron los sitios de regeneración natural de manglar (durante la temporada de lluvias), localizados al norte y sur de los vasos I, II, III y IV de la zona de estudio. Se integró la información de Geohidrología al Sistema de Información Geográfica. Ortoverificación de la imagen de satélite de alta resolución para programación de actividades 2012. Mecánica de Suelos: Se realizó estudio en predio para la ubicación de una planta de gas, además se emitieron recomendaciones para la localización de cruces direccionados a través del Canal Tepalcates. Hidrometeorología. Efectuó el monitoreo de las variables de las EMA's instaladas a nivel mensual.</p>
--	---

Servicios Nacionales:

C	Proyecto	Actividades
CONAGUA	Sistema Cutzamala	Concluyó la revisión del proyecto ejecutivo integral, catalogo de conceptos y especificaciones, el estudio de mecánica de suelos (resultados de laboratorio, modelos y análisis geotécnicos), el proyecto estructural correspondiente a la revisión estructural de las líneas 1 y 2, diseño del bypass; como el presupuesto base para la ejecución del proyecto, de acuerdo con la normativa que rige en la CONAGUA.
CONAGUA	Huites	Concluyeron los trabajos de medición, mantenimiento y análisis de los datos del Sistema de Auscultación de la presa. Se realizaron tres campañas de mediciones, tres inspecciones y tres informes de comportamiento.
CONAGUA	Canal Río La Compañía	Continuaron los trabajos de medición y conservación del Sistema de Auscultación, inspecciones física y emisión de informes de mediciones e inspección.
PEMEX REFINACIÓ N	Nueva Refinería Tula Hidalgo	Objetivo: Estudio geohidrológico para abastecimiento de agua. Se iniciaron las actividades del estudio geohidrológico. Objetivo: Proyecto hidráulico de reubicación de canales de riego dentro del polígono de la

		nueva refinera. Se realizaron visitas de campo y reuniones con CONAGUA. Se realizó la modelación del funcionamiento actual de los canales, así como el análisis de alternativas de reubicación y del tránsito de avenidas para las alternativas correspondientes a túnel. Se entregó un análisis económico y 25 planos con los resultados de los trabajos. Se realizaron 96 m de perforación para sondeos SPT, Shelby y Denison.
--	--	--

PEMEX EXPLORACIÓN Y PRODUCCIÓN	ATASTA, CAMPECHE Derecho de vía Nohoch- Abkatún-Pol- Atasta	Objetivo: Realizar el proyecto para la protección marina de las tuberías que conducen el hidrocarburo de las plataformas de explotación de la sonda de Campeche al continente en el arribo playero Atasta. Mecánica de Suelos. Se definieron las recomendaciones geotécnicas para las escolleras del proyecto y para los caminos de acceso.
Gobierno de Chiapas	Estudio de calidad del agua en las Lagunas de Montebello (Etapa I)	Objetivo: Estudiar el sistema lagunar del Parque Nacional Lagunas de Montebello en forma integral para encontrar la causa, el origen y la fuente que han producido cambios estacionales en las características fisicoquímicas del sistema, con el fin de proponer medidas de mitigación y control. Geohidrología realizó tres campañas de medición de parámetros fisicoquímicos en el tramo Chinkultic - Vuelta de Agua. A la fecha se han tomado alrededor de 180 perfiles. Se tomaron 68 muestras de agua para análisis químicos y bacteriológicos. Se realizó un análisis geohidrológico regional de la cuenca Río Grande - Lagunas de Montebello. Se presentaron avances a la SEMAHN del Gobierno de Chiapas y Dirección del Parque Natural Lagunas de Montebello. Avance 60% Hidrometeorología realizó el monitoreo hidrométrico (aforo y lectura de escalas) a partir de mes de Diciembre. Instalación de EMA's y taller de aforo los días 31 de oct al 4 de nov. Monitoreo y análisis de información de

		las EMA's de Emiliano Zapata y PNLM a partir del 2 de noviembre. Informe de comportamiento climatológico de la zona. Monitoreo de nubosidad a partir del mes de Noviembre.
Fideicomiso para la restauración, recuperación, sostenimiento y mantenimiento de la zona federal, marítimo terrestre del Estado de Quintana Roo.	MONITOREO DE LAS PLAYAS DE CANCÚN Y PLAYA DEL CARMEN	Objetivo: Monitoreo de las Playas de Cancún y Playa del Carmen, Q. Roo. Monitoreo y análisis de información de las EMA's Cancún y Playa del Carmen. Mantenimiento a las EMA's. Presentación de reporte en la junta de planeación de proyecto.
ICA	TÚNEL EMISOR ORIENTE	Objetivo: Desarrollar mezclas de concreto que cumplan con las propiedades de trabajabilidad y mecánicas requeridas para el revestimiento definitivo del Túnel Emisor Oriente (TEO) y determinar las características de estos concretos en estado fresco y endurecido. El estudio está terminado y ya se realizaron pruebas industriales en campo resultados satisfactorios.



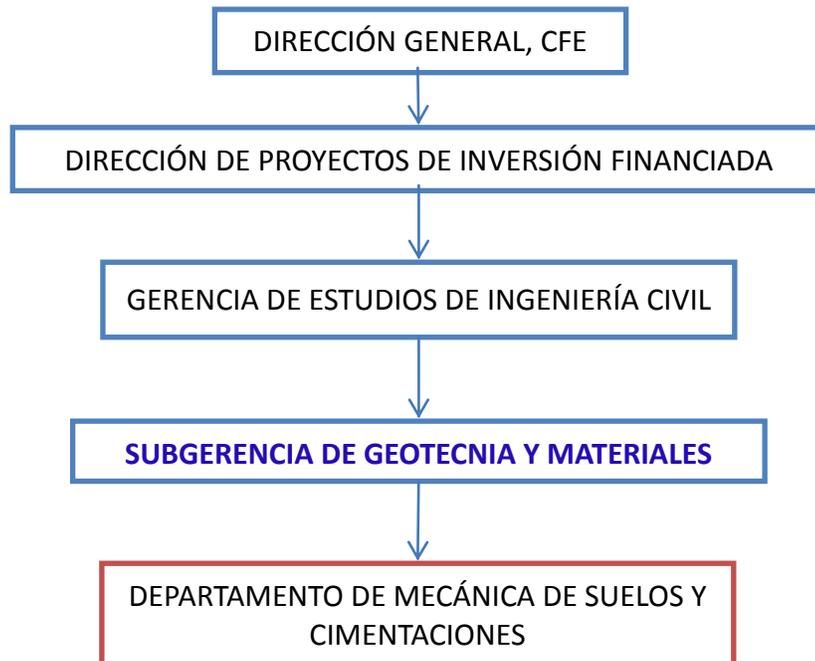


Figura 12 Capacitación para realizar ensayos de consolidación del área mecánica.



Figura 13 Capacitación para realizar ensayos de triaxial del área mecánica y Cuarto Húmedo para almacenar muestras inalteradas y mantener su humedad.

❖ Organigrama



CAPÍTULO 3: Puesto de trabajo.

❖ Principales actividades

Implementación del sistema de calidad con base en la norma NMX-EC-17025-IMNC vigente; ejecutar y/o supervisar los ensayos de laboratorio. En este caso nos enfocamos en aplicar los puntos 4.10 Mejora, 5.4 Métodos de ensayo y de calibración y validación de los métodos, 5.5 Equipos y 5.9 Aseguramiento de la calidad de los resultados de ensayo y de calibración.

❖ Identificación 1

Puesto: Coordinador del sistema de gestión de calidad del laboratorio de mecánica de suelos de la superintendencia de estudios zona golfo – Veracruz – (Base Norma NMX EC 17025 IMNC Vigente)

Área: Gestión de calidad

Reporta a: Encargado de laboratorio y jefe de oficina, subgerente adjunto.

Puesto inmediato superior: encargado de laboratorio

En caso de ausencia: Sustituye en funciones y responsabilidades al coordinador de calidad de la subgerencia de geotecnia y materiales del C.T. Augusto Rodin.

Responsabilidades

1. Implementar el Sistema de Gestión de Calidad del Laboratorio de Mecánica de Suelos sede Veracruz con respecto a los requerimientos establecidos en las normas ISO y NMX-17025 vigentes.
2. Supervisar que se cumpla el sistema de Calidad del Laboratorio.
3. Mantener actualizado y publicados los registros, normas, políticas, criterios y procedimientos del sistema de calidad del laboratorio de mecánica de suelos sede Veracruz.
4. Evaluar y reportar el avance de los programas en desarrollo e implementación del Sistema de Calidad en el Laboratorio de Mecánica de Suelos sede Veracruz.
5. Utilizar las herramientas de la calidad para analizar el producto no conforme y evaluar su eficacia en la resolución de las mismas.
6. Documentar las no conformidades, sus registros de análisis y de atención.
7. Documentar las acciones correctivas, preventivas (mejora) y de control de producto no conforme incluyendo los anexos (soporte) correspondientes.
8. Participar en la implementación de acciones para la mejora del Sistema de Calidad.
9. Difundir los resultados de la revisión por la dirección, así como, los objetivos y políticas de calidad de la gerencia y los establecidos en el laboratorio.
10. Llevar el control de la planeación de las auditorías Internas y Externas, así como publicación de fechas y alcances.
11. Atender las Auditorías Internas y Externas en los Requisitos relativos a la gestión.

Facultades

1. Vigilar que el personal participa en el cumplimiento de la Política de Calidad Total y los Objetivos de la calidad GEIC y los establecidos en el laboratorio.
2. Detectar las necesidades de capacitación en materia de Calidad.
3. Evaluar el avance de implementación del sistema y sus resultados en el laboratorio de aplicación.
4. Asegurarse de la implementación y evaluar la efectividad de las acciones correctivas y preventivas.

5. Informar al encargado del laboratorio, coordinador de la subgerencia y al personal operativo de los hallazgos en los procesos y auditorias del sistema.
6. Solicitar los recursos necesarios para asegurar la implementación eficaz del Sistema de calidad (equipo, cursos, insumos, servicios, condiciones ambientales, etc.) al encargado del laboratorio.
7. Aplicar evaluaciones al personal del laboratorio y evaluar el grado de conocimiento del sistema de calidad del laboratorio y junto con el encargado del laboratorio tomar las medidas necesarias para dar cumplimiento al sistema de calidad.
8. Reporta al encargado de laboratorio y al coordinador de calidad de la subgerencia, las observaciones identificadas en los procedimientos del laboratorio para iniciar las adecuaciones pertinentes y cualquier otra anomalía del sistema de calidad del laboratorio.

❖ Identificación 2

Puesto: Laboratorista

Reporta a: encargado de laboratorio.

Personal sustituto en funciones y responsabilidades: encargado de laboratorio.

Personal sustituto en Responsabilidades: laboratorista o Encargado de laboratorio.

Funciones: ejecutar y/o supervisar las pruebas de campo y laboratorio.

Responsabilidades

1. Cumplir con los requisitos establecidos en el Sistema de Calidad.
2. Cumplir con los lineamientos que se establecen en los procedimientos de laboratorio.
3. Conocer el funcionamiento de los equipos utilizados en las pruebas de campo y laboratorio.
4. Utilizar el equipo y herramientas de seguridad adecuados, para garantizar la integridad del personal involucrado en la ejecución de las pruebas.
5. Conocer las nuevas tecnologías y procesos relacionados con las actividades de campo y laboratorio.
6. Conocer los procedimientos, manuales y guías técnicas aplicables en su área.
7. Cuidar y mantener el equipo y/o materiales utilizados en el laboratorio en condiciones óptimas, para garantizar su correcto funcionamiento.

Facultades

1. Solicitar los recursos necesarios para la ejecución de las pruebas.
2. Elaborar y firmar los registros de las pruebas de laboratorio ejecutadas.
3. Proponer acciones de mejora a las actividades que desarrollan.



CFE *Una empresa
de clase mundial*

DIRECCIÓN DE PROYECTOS DE INVERSIÓN FINANCIADA
SUBDIRECCIÓN DE PROYECTOS Y CONSTRUCCIÓN
GERENCIA DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA CIVIL
Subgerencia de Geotecnia y Materiales

2010, Año de la patria, Bicentenario de inicio de la independencia y del Centenario de inicio de la Revolución.

México, D. F. a 10 AGO 2010
Oficio No.

1918



**Pas. Bonifacio Cedillo Torres
PRESENTE.**

Por este conducto le otorgo el nombramiento de Coordinador de Calidad del Laboratorio del Mecánica de Suelos de la Subgerencia de Geotecnia y Materiales ubicado en la Superintendencia de Estudios Zona Golfo, con la función principal de implementar el sistema de calidad con base en la norma NMX-EC-17025-IMNC vigente en el laboratorio; para lo cual debe desarrollar y asumir, las funciones y responsabilidades declaradas en el documento anexo.

ATENTAMENTE


Ing. G. César Dumas González
Departamento de Mecánica de Suelos

C.c.p. Jefe de Oficina Cimentaciones- Ing. J. Óscar Luna González
C.c. Subgerencia de Geotecnia y Materiales – Ing. Juan de Dios Alemán Velásquez
Interesados
Minutario



Premio a la Calidad y
Competitividad CFE 2007

Augusto Rodin No. 265
Col. Nochebuena - C.P. 03720
Méx. D.F. Tel. (55)5615-77-85
Correo-e: geic@cfegob.mx



CAPÍTULO 4: Participación del alumno en la empresa.

- ❖ Actividades realizadas
- ❖ Al inicio de mis labores en 2010 me familiarice con el área de mecánica de suelos al estudiar el manual operativo MOP de la subgerencia de geotecnia y materiales después realicé periódicamente: el inventario de los equipos e insumos del laboratorio; atención y orden de datos de los proveedores; gráficas de control y verificación de los equipos e instrumentos de medición calibrados; revisión de informes de calibración; acciones correctivas, preventivas y de mejora; atención y coordinación de la auditoría interna CFE y externa de la entidad mexicana de acreditación a.c.; instalación del sistema de aire comprimido; mantenimiento de la bomba de vacío; participación en la obtención e instalación del equipo requerido para los ensayos de triaxial y consolidación; cotización, compra y facturación de equipos e insumos para el laboratorio; estudio y difusión de la ley de metrología y su reglamento; apoyo en mantenimiento de cuarto húmedo.
- ❖ A mediados del año 2011 empecé a realizar ensayos de pruebas índice: análisis granulométrico, densidad de sólidos, contenido de agua, límites de consistencia, porcentaje de finos y clasificación SUCS; como iniciativa propia para enriquecer mis conocimientos y lograr asegurar la calidad de los resultados de los ensayos, traduje varias normas estadounidenses de La American Society for Testing and Materials ASTM (D854, C127, E11, D2487, D2850, D4648, D1557, D4767, D4318).
- ❖ Posteriormente en 2012 propuse correcciones, actualizaciones y mejoras en los procedimientos de los ensayos de granulometría, densidad y compactación; me enfoqué en el desarrollo y aplicación del ensayo de densidad relativa de sólidos del suelo; envié propuesta de corrección del concepto y fórmula algebraica de la ecuación X1.1 de la norma ASTM C127; dibujé secciones de corte de taludes y un vertedero en AUTOCAD.

- ❖ Aplicación de conocimientos
- ❖ Apliqué conocimientos en geometría analítica, álgebra, elementos de mecánica de fluidos, dinámica de fluidos, moral, música clásica, economía física, metrología, termodinámica aplicada.
- ❖ La geometría y el álgebra me ayudaron a realizar el cuarteo de muestras grandes en proporciones adecuadas para determinar el análisis granulométrico, obtener los porcentajes del material retenido y el que pasa a través del tamiz de 4,75 mm (Nº4) y desarrollar las ecuaciones de densidad relativa.
- ❖ Los elementos de mecánica de fluidos y dinámica de fluidos me ayudaron en la aplicación del vacío y el mantenimiento de la bomba de vacío.
- ❖ La moral, música clásica y economía física me ayudaron a realizar una tesis con rectitud, útil a la sociedad, emplear mi creatividad y a ser factible la aplicación de la mejora.
- ❖ La metrología y termodinámica aplicada me ayudaron en la calibración de los matraces volumétricos y el equilibrio térmico.

❖ **PROCEDIMIENTO DEL ENSAYO**

Vamos a extraer de la muestra de suelo un espécimen para realizar el ensayo, revolviéndola hasta distribuir las partículas lo más homogéneamente posible y cuarteando para reducirla hasta un espécimen de cantidad adecuada, manejable y representativa de la muestra original. Se verifica el volumen del matraz (picnómetro) para el ensayo. Y aplicamos el método de ensayo adecuado al tipo de muestra a ensayar.

Para grava:

- I. Preparación de la muestra.
- II. Método de ensayo.

Para arena, arcilla ó limo:

- I. Calibración de picnómetro
- II. Preparación de la muestra cohesiva.
- III. Método de ensayo.
- IV. Preparación de la muestra no cohesiva.
- V. Método de ensayo.

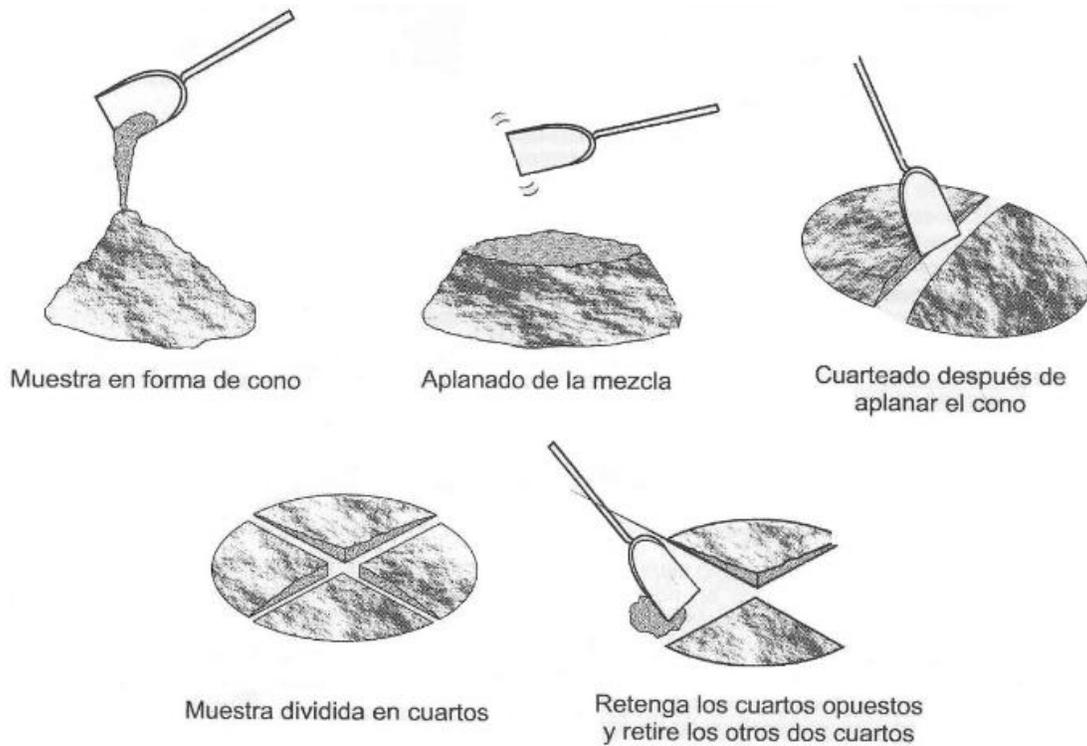


Figura 17 Cuarteo manual para homogeneizar las muestras.

I. Preparación de la muestra para materiales que son retenidos en la malla N° 4 (4,75 mm)

De una muestra preparada como se indica en el capítulo 3 de la norma NMX-C-416-ONNCCE-2003, se toman 5 kg y se le elimina mediante tamizado la fracción que pasa a través de la malla N° 4 (4,75 mm); a continuación se obtiene por cuarteo, del retenido de dicha malla, una porción representativa de 1 000 g aproximadamente. Ensayar el agregado grueso en varias fracciones de tamaño está permitido. Si la muestra contiene más de 15% retenido sobre el Tamiz 37,5 mm (1 1/2-in.), ensayar el material mayor que 37,5 mm en una o más fracciones de tamaño por separado de las fracciones de menor tamaño.



Figura 18 Separación de grava del espécimen para realizar el ensayo y Muestra de grava.

II. Método de prueba para materiales que son retenidos en la malla N°4 (4,75 mm)

1. Se lava el material retenido en la malla No. 4 (4,75 mm), con el fin de eliminar cualquier película de polvo o material extraño que contenga.
2. Se seca la fracción lavada hasta una masa constante y una temperatura de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$. Se deja enfriar a la temperatura ambiente durante una a tres horas.
3. La muestra lavada se sumerge en agua limpia a una temperatura de 5°C a 35°C , y se mantiene en estas condiciones durante 24 h.
4. Transcurrido el tiempo, se extrae la muestra del agua y se rola sobre el lienzo absorbente ligeramente humedecido para secarla superficialmente. Las partículas más grandes se secan superficialmente en forma individual. Estando el material saturado y superficialmente seco, se determina su masa y se registra en el anexo 3 como W_1 , en gramos.
5. Después de determinar la masa al aire, inmediatamente colocar la muestra de ensayo saturada y de superficie seca en el recipiente de la muestra y determinar su masa aparente sumergida en agua a $23 \pm 2,0^{\circ}\text{C}$ y se registra en el anexo 3 como W_3 , en gramos. Tenga cuidado de eliminar todo el aire atrapado antes de determinar su masa, agitando el recipiente mientras se está inmerso en el tanque de agua.

NOTA 3 - La diferencia entre la masa en el aire y la masa cuando la muestra se sumerge en agua es igual a la masa de agua desplazada por la muestra.

6. Se coloca la muestra dentro del horno a una temperatura de $110^{\circ}\text{C} \pm 5^{\circ}\text{C}$, y se seca hasta que la masa sea constante, después de lo cual se retira del horno y se deja enfriar hasta que alcance la temperatura ambiente; a continuación, se determina su masa y se anota en el anexo 3 como W_s , en gramos.

7. Para obtener el porcentaje de absorción de agua del material, se resta la masa seca de la masa saturada (que da la masa del agua absorbida), se divide entre la masa seca y se multiplica por 100 como sigue:

$$\% \text{ de Absorción} = \frac{W_1 - W_s}{W_s} * 100$$

donde:

W_1 = masa de la muestra de ensayo saturada de superficie seca y en aire, g, y

W_s = masa de muestra de ensayo secada al horno y en aire, g,

8. Calcular el valor de la densidad relativa aparente (gravedad específica aparente) S_{ap} como sigue:

$$S_{ap} = \frac{W_s}{W_s - W_3}$$

donde:

W_s = masa de muestra de ensayo secada al horno y en aire, g, y

W_3 = masa aparente de muestra de ensayo saturada y en agua, g.

9. Valor de la absorción promedio - Cuando la muestra se prueba en fracciones de tamaño separadas, el valor promedio de absorción es el promedio de los valores calculados de absorción y se anota en el anexo 2, ponderados en proporción a los porcentajes de masa de cada fracción de tamaño presente en la muestra original como sigue:

$$\% \text{ de Absorción} = (P_1A_1/100) + (P_2A_2/100) + \dots (P_nA_n/100)$$

donde:

A = promedio de absorción, %,

$A_1, A_2 \dots A_n$ = porcentajes de absorción para cada fracción de tamaño, y

$P_1, P_2, \dots P_n$ = porcentajes de masa de cada fracción de tamaño presentes en la muestra original.

10. Densidad relativa aparente promedio - Cuando la muestra se ensaya en fracciones de tamaño separadas, calcular el valor promedio de densidad relativa de la fracción de tamaño calculada de acuerdo al punto 8 con la siguiente ecuación y se anota en el anexo 3:

$$S_{ap} = \frac{1}{\frac{P_1}{100 G_1} + \frac{P_2}{100 G_2} + \dots \frac{P_n}{100 G_n}}$$

donde:

S_{ap} = densidad relativa aparente promedio. Todas las formas de expresión de la densidad relativa puede ser un promedio en esta manera, $G_1, G_2 \dots G_n$ = valores apropiados de la densidad relativa promedio para cada fracción de tamaño, dependiendo del tipo de densidad relativa siendo promediada, y

$P_1, P_2, \dots P_n$ = porcentajes de masa de cada fracción de tamaño presentes en la muestra original (sin incluir el agregado fino).



Figura 19 Obtención de masa aparente W_3 y Balanza mecánica para pesar muestras.

I. Calibración del picnómetro

1 Determinar la masa del picnómetro limpio y seco con una precisión de 0,01 g (por lo general cinco dígitos significativos). Repita esta determinación en cinco ocasiones. La misma balanza se debe utilizar para todas las mediciones de la masa. Determinar y registrar el promedio W_f en el anexo 1. La desviación estándar debe ser menor o igual a 0,02 g. Si es mayor, intentar mediciones adicionales o usar una balanza más estable o precisa.

2 Llenar el picnómetro con agua desaireada por encima o por debajo de la marca de calibración en función del tipo de picnómetro y la preferencia del laboratorio para agregar o quitar el agua.

2.1 Se recomienda que se retire el agua para que el nivel del agua este hasta la marca de calibración. El método de eliminación reduce las posibilidades de alterar el equilibrio térmico, reduciendo el número de veces que se abre el recipiente aislante.

2.2 El agua debe ser desaireada para asegurarse de que no haya burbujas de aire en el agua. El agua puede estar desaireada utilizando ya sea vacío, hirviendo, combinación de vacío y el calor, o un dispositivo de desaireación. Esta agua desaireada no debe utilizarse hasta que se haya equilibrado a la temperatura ambiente.

3 Hasta seis picnómetros se puede calibrar al mismo tiempo en cada recipiente aislante. Ponga el picnómetro (s) en un recipiente aislante cubierto junto con el dispositivo termométrico (o la porción de detección de temperatura del dispositivo termométrico), un vaso (o botella) de agua desaireada, tapón (es) (si un picnómetro tapado se utiliza), y ya sea un gotero o una pipeta. Deje que el picnómetro (s) alcance el equilibrio térmico (por lo menos 3 h). La temperatura de equilibrio debe estar dentro de 4 °C de temperatura ambiente y entre 15 y 30 °C.

4 Mover el contenedor aislante cerca de la balanza o viceversa. Abrir el contenedor y extraer un picnómetro. Sólo el borde del picnómetro es tocado para evitar que el calor de la manipulación cambie el equilibrio térmico. O bien trabajar en el contenedor o lugar del picnómetro en un bloque de aislamiento (poliestireno), mientras hacer ajustes de nivel de agua.

4.1 Si se utiliza un matraz aforado como un picnómetro, ajuste el agua hasta la marca de calibración, con la parte inferior del nivel de menisco con la marca. Si agua tiene que ser añadida, usar el agua térmicamente equilibrada desde el recipiente aislante. Si agua tiene que ser eliminada, use un tubo de succión pequeña o una toalla de papel. Buscar y eliminar las bolas de agua en el tallo del picnómetro o en el exterior del matraz. Medir y registrar la masa del picnómetro y el agua con una precisión de 0,01 g.

5 Medir y registrar la temperatura del agua con una precisión de 0,1°C utilizando el dispositivo termométrico que ha sido térmicamente equilibrado en el recipiente aislante. Insertar el dispositivo termométrico (o la porción de detección de temperatura del dispositivo termométrico) a la profundidad adecuada de inmersión. Devolver el picnómetro al recipiente aislante. Repita las mediciones para todos los picnómetros en el contenedor.

6 Reajuste el nivel de agua en cada picnómetro por encima o por debajo de la línea de calibración o vacía el picnómetro y llénelo hasta la por encima o por debajo de la línea de calibración. Permita que los picnómetros se equilibren térmicamente (por lo menos 3 horas) en el recipiente cubierto con aislamiento. Ajustar el nivel del agua a la línea de calibración mediante la eliminación de agua del picnómetro o rellenando el picnómetro hasta la marca de calibración con el agua desaireada térmicamente equilibrado desde el recipiente con aislamiento. Mida y registre la masa $W_{fw,c}$ y la temperatura T_c del picnómetro lleno en el anexo 1.

6.1 Repetir el procedimiento anterior (punto 6) hasta un total de cinco mediciones independientes de la masa del picnómetro lleno y de las lecturas de temperatura que son obtenidas. Las temperaturas no necesitan el soporte de algún rango de temperatura en particular.

7 Usando cada uno de estos cinco puntos de datos, calcular el volumen calibrado de cada picnómetro, V_p , mediante la siguiente ecuación y anotarlo en el anexo 1:

$$V_p = \frac{(W_{fw,c} - W_f)}{\rho_{w,c}}$$

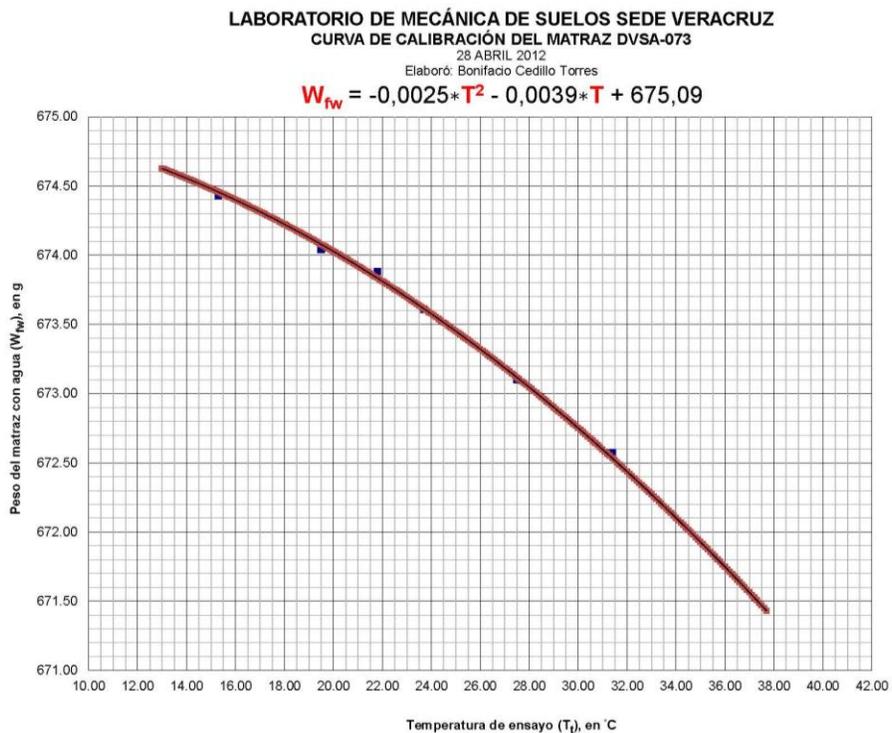
donde:

$W_{fw,c}$ = la masa del picnómetro y agua a la temperatura de calibración, g,

W_f = la masa promedio del picnómetro seco en la calibración, g, y

$\rho_{w,c}$ = la densidad de masa de agua a la temperatura de calibración, g/mL, (Anexo 4).

8 Calcular la media y la desviación estándar de las cinco determinaciones de volumen y anotarlas en el anexo 1. La desviación estándar será inferior o igual a 0,05 mL (redondeado a dos decimales). Si la desviación estándar es mayor de 0,05 mL, el procedimiento de calibración tiene demasiada variabilidad y no darán precisas determinaciones de gravedad específica. Evaluar las áreas de posible mejora (ajustar el volumen a la marca de calibración, el logro de equilibrio de la temperatura, la medición de la temperatura, método de desaireación o cambiar los matraces tapados) y revisar el procedimiento hasta que la desviación estándar sea menor o igual a 0,05 mL.



**LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS SEDE VERACRUZ
CURVA DE CALIBRACIÓN DEL MATRAZ DVSA-067**

28 ABRIL 2012
Elaboró: Bonifacio Cedillo Torres

$$W_{fw} = -0,0025 \cdot T^2 - 0,0039 \cdot T + 691,57$$



CFE
Una empresa de clase mundial

DATOS DE CURVA DE CALIBRACIÓN
Matraz N°: DVSA-079
Fecha de Calibración: 28 ABRIL 2012
Elaboró: Bonifacio Cedillo Torres

TEMPERATURA °C	W _{fw} g						
13.0	674.62	19.2	674.09	25.4	673.38	31.6	672.47
13.1	674.61	19.3	674.08	25.5	673.36	31.7	672.45
13.2	674.60	19.4	674.07	25.6	673.35	31.8	672.44
13.3	674.60	19.5	674.06	25.7	673.34	31.9	672.42
13.4	674.59	19.6	674.05	25.8	673.33	32.0	672.41
13.5	674.58	19.7	674.04	25.9	673.31	32.1	672.39
13.6	674.57	19.8	674.03	26.0	673.30	32.2	672.37
13.7	674.57	19.9	674.02	26.1	673.29	32.3	672.36
13.8	674.56	20.0	674.01	26.2	673.27	32.4	672.34
13.9	674.55	20.1	674.00	26.3	673.26	32.5	672.32
14.0	674.55	20.2	673.99	26.4	673.24	32.6	672.31
14.1	674.54	20.3	673.98	26.5	673.23	32.7	672.29
14.2	674.53	20.4	673.97	26.6	673.22	32.8	672.27
14.3	674.52	20.5	673.96	26.7	673.20	32.9	672.26
14.4	674.52	20.6	673.95	26.8	673.19	33.0	672.24
14.5	674.51	20.7	673.94	26.9	673.18	33.1	672.22
14.6	674.50	20.8	673.93	27.0	673.16	33.2	672.20
14.7	674.49	20.9	673.92	27.1	673.15	33.3	672.19
14.8	674.48	21.0	673.91	27.2	673.13	33.4	672.17
14.9	674.48	21.1	673.89	27.3	673.12	33.5	672.15
15.0	674.47	21.2	673.88	27.4	673.11	33.6	672.14
15.1	674.46	21.3	673.87	27.5	673.09	33.7	672.12
15.2	674.45	21.4	673.86	27.6	673.08	33.8	672.10
15.3	674.45	21.5	673.85	27.7	673.06	33.9	672.08
15.4	674.44	21.6	673.84	27.8	673.05	34.0	672.07
15.5	674.43	21.7	673.83	27.9	673.04	34.1	672.05
15.6	674.42	21.8	673.82	28.0	673.02	34.2	672.03
15.7	674.41	21.9	673.81	28.1	673.01	34.3	672.02
15.8	674.40	22.0	673.79	28.2	672.99	34.4	672.00
15.9	674.40	22.1	673.78	28.3	672.98	34.5	671.98
16.0	674.39	22.2	673.77	28.4	672.96	34.6	671.96
16.1	674.38	22.3	673.76	28.5	672.95	34.7	671.94
16.2	674.37	22.4	673.75	28.6	672.93	34.8	671.93
16.3	674.36	22.5	673.74	28.7	672.92	34.9	671.91
16.4	674.35	22.6	673.72	28.8	672.90	35.0	671.89
16.5	674.35	22.7	673.71	28.9	672.89	35.1	671.87
16.6	674.34	22.8	673.70	29.0	672.87	35.2	671.86
16.7	674.33	22.9	673.69	29.1	672.86	35.3	671.84
16.8	674.32	23.0	673.68	29.2	672.84	35.4	671.82
16.9	674.31	23.1	673.67	29.3	672.83	35.5	671.80
17.0	674.30	23.2	673.65	29.4	672.81	35.6	671.78
17.1	674.29	23.3	673.64	29.5	672.80	35.7	671.76
17.2	674.28	23.4	673.63	29.6	672.78	35.8	671.75
17.3	674.27	23.5	673.62	29.7	672.77	35.9	671.73
17.4	674.27	23.6	673.61	29.8	672.75	36.0	671.71
17.5	674.26	23.7	673.59	29.9	672.74	36.1	671.69
17.6	674.25	23.8	673.58	30.0	672.72	36.2	671.67
17.7	674.24	23.9	673.57	30.1	672.71	36.3	671.65
17.8	674.23	24.0	673.56	30.2	672.69	36.4	671.64
17.9	674.22	24.1	673.54	30.3	672.68	36.5	671.62
18.0	674.21	24.2	673.53	30.4	672.66	36.6	671.60
18.1	674.20	24.3	673.52	30.5	672.65	36.7	671.58
18.2	674.19	24.4	673.51	30.6	672.63	36.8	671.56
18.3	674.18	24.5	673.49	30.7	672.61	36.9	671.54
18.4	674.17	24.6	673.48	30.8	672.60	37.0	671.52
18.5	674.16	24.7	673.47	30.9	672.58	37.1	671.50
18.6	674.15	24.8	673.46	31.0	672.57	37.2	671.48
18.7	674.14	24.9	673.44	31.1	672.55	37.3	671.47
18.8	674.13	25.0	673.43	31.2	672.53	37.4	671.45
18.9	674.12	25.1	673.42	31.3	672.52	37.5	671.43
19.0	674.11	25.2	673.40	31.4	672.50	37.6	671.41
19.1	674.10	25.3	673.39	31.5	672.49	37.7	671.39

Termómetro CISA-015
Balanza EMSA-002
Sist. de vacío 1

$$W_{fw} = -0,0025 \cdot T^2 - 0,0039 \cdot T + 691,57$$

CFE
Una empresa de clase mundial

DATOS DE CURVA DE CALIBRACIÓN
Matraz N°: DVSA-067
Fecha de Calibración: 28 ABRIL 2012
Elaboró: Bonifacio Cedillo Torres

TEMPERATURA °C	W _{fw} g						
13.0	691.10	19.2	690.57	25.4	689.86	31.6	688.95
13.1	691.09	19.3	690.56	25.5	689.84	31.7	688.93
13.2	691.08	19.4	690.55	25.6	689.83	31.8	688.92
13.3	691.07	19.5	690.54	25.7	689.82	31.9	688.90
13.4	691.07	19.6	690.53	25.8	689.81	32.0	688.89
13.5	691.06	19.7	690.52	25.9	689.79	32.1	688.87
13.6	691.05	19.8	690.51	26.0	689.78	32.2	688.85
13.7	691.05	19.9	690.50	26.1	689.77	32.3	688.84
13.8	691.04	20.0	690.49	26.2	689.75	32.4	688.82
13.9	691.03	20.1	690.48	26.3	689.74	32.5	688.80
14.0	691.03	20.2	690.47	26.4	689.72	32.6	688.79
14.1	691.02	20.3	690.46	26.5	689.71	32.7	688.77
14.2	691.01	20.4	690.45	26.6	689.70	32.8	688.75
14.3	691.00	20.5	690.44	26.7	689.68	32.9	688.74
14.4	691.00	20.6	690.43	26.8	689.67	33.0	688.72
14.5	690.99	20.7	690.42	26.9	689.66	33.1	688.70
14.6	690.98	20.8	690.41	27.0	689.64	33.2	688.68
14.7	690.97	20.9	690.40	27.1	689.63	33.3	688.67
14.8	690.96	21.0	690.39	27.2	689.61	33.4	688.65
14.9	690.96	21.1	690.37	27.3	689.60	33.5	688.63
15.0	690.95	21.2	690.36	27.4	689.59	33.6	688.62
15.1	690.94	21.3	690.35	27.5	689.57	33.7	688.60
15.2	690.93	21.4	690.34	27.6	689.56	33.8	688.58
15.3	690.93	21.5	690.33	27.7	689.54	33.9	688.56
15.4	690.92	21.6	690.32	27.8	689.53	34.0	688.55
15.5	690.91	21.7	690.31	27.9	689.52	34.1	688.53
15.6	690.90	21.8	690.30	28.0	689.50	34.2	688.51
15.7	690.89	21.9	690.29	28.1	689.49	34.3	688.50
15.8	690.88	22.0	690.27	28.2	689.47	34.4	688.48
15.9	690.88	22.1	690.26	28.3	689.46	34.5	688.46
16.0	690.87	22.2	690.25	28.4	689.44	34.6	688.44
16.1	690.86	22.3	690.24	28.5	689.43	34.7	688.42
16.2	690.85	22.4	690.23	28.6	689.41	34.8	688.41
16.3	690.84	22.5	690.22	28.7	689.40	34.9	688.39
16.4	690.83	22.6	690.20	28.8	689.38	35.0	688.37
16.5	690.83	22.7	690.19	28.9	689.37	35.1	688.35
16.6	690.82	22.8	690.18	29.0	689.35	35.2	688.34
16.7	690.81	22.9	690.17	29.1	689.34	35.3	688.32
16.8	690.80	23.0	690.16	29.2	689.32	35.4	688.30
16.9	690.79	23.1	690.15	29.3	689.31	35.5	688.28
17.0	690.78	23.2	690.13	29.4	689.29	35.6	688.26
17.1	690.77	23.3	690.12	29.5	689.27	35.7	688.24
17.2	690.76	23.4	690.11	29.6	689.26	35.8	688.23
17.3	690.75	23.5	690.10	29.7	689.25	35.9	688.21
17.4	690.75	23.6	690.09	29.8	689.23	36.0	688.19
17.5	690.74	23.7	690.07	29.9	689.22	36.1	688.17
17.6	690.73	23.8	690.06	30.0	689.20	36.2	688.15
17.7	690.72	23.9	690.05	30.1	689.19	36.3	688.13
17.8	690.71	24.0	690.04	30.2	689.17	36.4	688.12
17.9	690.70	24.1	690.02	30.3	689.16	36.5	688.10
18.0	690.69	24.2	690.01	30.4	689.14	36.6	688.08
18.1	690.68	24.3	690.00	30.5	689.13	36.7	688.06
18.2	690.67	24.4	689.99	30.6	689.11	36.8	688.04
18.3	690.66	24.5	689.97	30.7	689.09	36.9	688.02
18.4	690.65	24.6	689.96	30.8	689.08	37.0	688.00
18.5	690.64	24.7	689.95	30.9	689.06	37.1	687.98
18.6	690.63	24.8	689.94	31.0	689.05	37.2	687.97
18.7	690.62	24.9	689.92	31.1	689.03	37.3	687.95
18.8	690.61	25.0	689.91	31.2	689.01	37.4	687.93
18.9	690.60	25.1	689.90	31.3	689.00	37.5	687.91
19.0	690.59	25.2	689.88	31.4	688.98	37.6	687.89
19.1	690.58	25.3	689.87	31.5	688.97	37.7	687.87

Termómetro CISA-015
Balanza EMSA-002
Sist. de vacío 1

$$W_{fw} = -0,0025 \cdot T^2 - 0,0039 \cdot T + 691,57$$

II. Preparación de la muestra para suelos arcillosos o cohesivos que pasan a través de la malla N° 4 (4,75 mm)

1. Del material previamente secado, disgregado y cuarteado con el procedimiento indicado (LMS-047), se obtiene por cribado a través de la malla No. 4 (4,75 mm) una porción de 100 g aproximadamente, de la fracción que pase dicha malla.
2. Es preferible que la muestra tenga su contenido de agua natural. En caso de haber sido secado al aire, debe disgregarse en un mortero hasta que adquiera una finura tal que pase íntegramente por la malla No. 40 (0,42 mm). El material no debe secarse al horno.
3. Se deposita este material en una cápsula, se adiciona agua destilada y se mezcla con ayuda de la espátula hasta obtener una pasta suave.
4. Se coloca la pasta en el vaso del mezclador, se agrega agua destilada hasta completar aproximadamente 250 mL y se hace funcionar dicho aparato durante un lapso de 15 minutos, aproximadamente para formar una suspensión uniforme.



Figura 20 Muestra de arcilla en tubo shelby para ensayo por vía húmeda y espécimen de arcilla seco.

III. Método de prueba para suelos arcillosos o cohesivos que pasan a través de la malla N° 4 (4,75 mm)

1. Utilizando un embudo se coloca la muestra preparada cuidadosamente en el matraz limpio y se le vierte agua destilada, hasta la mitad de su volumen, aproximadamente.
2. Empleando el dispositivo de succión, se aplica vacío al matraz durante 15 minutos, con objeto de extraer el aire contenido en la muestra; para facilitar este proceso se agita cuidadosamente la suspensión con un movimiento giratorio del matraz alrededor de su eje, la succión máxima que se aplique no debe exceder de 100 mm Hg (0,136 kg/cm²).
3. En caso de no contar con el dispositivo de succión, para el mismo fin debe calentarse el matraz en "baño maría" hasta lograr una ebullición moderada durante 20 minutos como mínimo, haciéndolo girar alrededor de su eje para acelerar la eliminación de aire atrapado en el material, posteriormente debe dejarse enfriar la suspensión hasta una temperatura cercana a la del ambiente y dentro del intervalo de calibración del matraz.
4. Se agrega cuidadosamente agua destilada hasta la marca de aforo y se vuelve a aplicar el vacío, para asegurar que no haya quedado aire atrapado en la muestra, lo cual ocurrirá cuando ya no se observe ninguna variación en el nivel del menisco.
5. En el caso de haber aplicado ebullición únicamente se agrega agua hasta la marca de aforo. Una vez que se ha logrado eliminar el aire de la suspensión, debe hacerse coincidir el nivel inferior del menisco con la marca de aforo, para esto si es necesario, se quita o agrega agua destilada, utilizando el cuentagotas o pipeta.
6. Se secan cuidadosamente la superficie exterior del matraz y el interior del cuello del mismo; para esta última operación se puede emplear un papel absorbente enrollado, evitando tocar y perturbar el menisco.
7. Se determina la masa del matraz con el suelo y el agua, anotando esta masa como, W_{fsw} , en gramos en el anexo 2.
8. Se determina la masa de un recipiente, anotando esta masa como, W_r , en gramos en el anexo 2.
9. Se tapa el matraz y se invierte varias veces en forma cuidadosa, con el fin de uniformizar la temperatura de la suspensión y a continuación se coloca el

bulbo del termómetro en el centro del matraz, y la temperatura que registre es considerada la del ensayo T_t , anotarla en el anexo 2.

10. Se vierte toda la suspensión en el recipiente de masa W_r , empleando el agua necesaria para arrasar todas las partículas del suelo que estén en el interior del matraz, posteriormente se mete al horno para su secado total a masa constante, a una temperatura de $110\text{ }^\circ\text{C} \pm 5\text{ }^\circ\text{C}$; se determina W_{rs} , se anota en el anexo 2 y se obtiene la masa seca de la muestra, W_s .

11. De los datos de la curva de calibración del matraz, se obtiene la masa del matraz con agua destilada hasta la marca de aforo W_{fw} , a la temperatura del ensayo y se anota en el anexo 2.

12. La densidad relativa de los sólidos del suelo a 20°C se obtiene a partir de la siguiente ecuación y se anota en el anexo 2:

$$G_{20^\circ\text{C}} = K * S_{ap,t} = \frac{K * W_s}{W_{fw,t} + W_s - W_{fsw,t}}$$

donde:

$W_{fw,t}$ = la masa del picnómetro y agua a la temperatura de ensayo T_t , g,

W_s = la masa de los sólidos del suelo secado en el horno, g,

$W_{fws,t}$ = la masa del picnómetro, agua y sólidos del suelo en la temperatura de ensayo, g, y

K = el coeficiente de temperatura dado en el anexo 4.

13. Use la siguiente ecuación para calcular la densidad relativa (gravedad específica) promedio y se anota en el anexo 2:

$$G_{avg@20^\circ\text{C}} = \frac{1}{\frac{R}{100 * G_{1@20^\circ\text{C}}} + \frac{P}{100 * G_{2@20^\circ\text{C}}}}$$

donde:

R = el porcentaje de suelo retenido en el tamiz de 4.75 mm,

P = el porcentaje de suelo que pasa el tamiz de 4.75 mm,

$G_{1@20^\circ\text{C}}$ = la densidad relativa aparente del suelo retenido en el tamiz de 4.75 mm, corregida a 20°C

$G_{2@20^{\circ}\text{C}}$ = la densidad relativa de sólidos del suelo que pasan el tamiz de 4.75 mm.



Figura 21 Seis especímenes de arena y arcilla desaireados y listos para aforarlos.

IV. Preparación de la muestra para suelos arenosos no cohesivos que pasan a través de la malla N° 4 (4,75 mm)

Del material previamente secado, disgregado y cuarteado con el procedimiento indicado (LMS-047), se obtiene por cribado a través de la malla No. 4 (4,75 mm), una porción de 100 g, aproximadamente, de la fracción que pase dicha malla, se colocan el material en una cápsula de porcelana o de vidrio refractario que se seca al horno durante 24 h.



Figura 22 Muestra de arena para ensayo por vía seca.

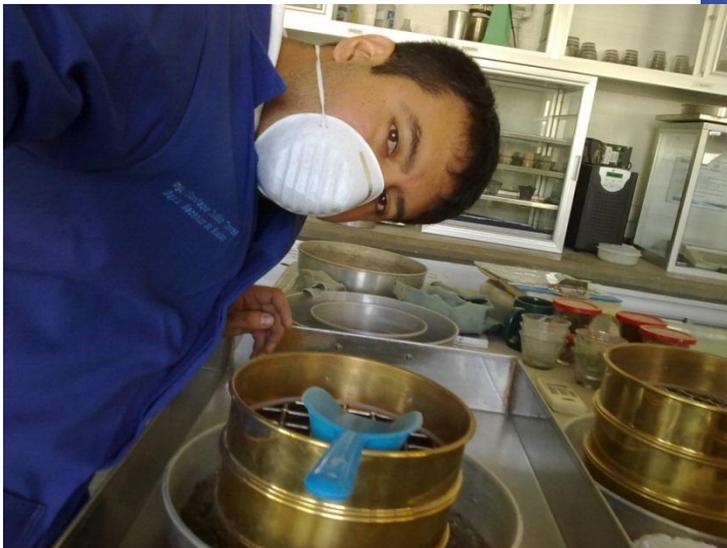


Figura 23 Tamizado manual de espécimen grande y pequeño para separar el espécimen en sus tamaños de granos.



Figura 24 Especímenes desaireados, aforados y listo para pesarlos.

V. Método de prueba para suelos arenosos y no cohesivos que pasan a través de la malla No. 4 (4,75 mm)

1. Se usa un matraz limpio de 500 cm³ y con una aproximación de 0,01 g la masa del matraz W_f se anota en el anexo 2.
2. El material seco se vacía en el matraz mediante un embudo de vidrio. Se vuelve a pesar junto con el matraz, anotando la masa W_{fs} en el anexo 2. Después de pesar, se desprende el material que quedó adherido al interior del cuello del matraz, utilizando una pisseta con agua destilada.
3. Se aplica vacío al matraz durante 15 minutos o más tiempo, con objeto de extraer el aire contenido.
4. Se agrega con cuidado agua destilada hasta aproximadamente 2 cm abajo de la marca de aforo. El agua debe escurrir lentamente por el cuello para evitar la formación de burbujas. Se aplica nuevamente el vacío. Para verificar la presencia de aire no disuelto, se quita lenta y cuidadosamente el tapón, a través del cual se aplica el vacío, y se observa el movimiento de la superficie de agua en el cuello del matraz. Si la superficie baja menos de 1 mm, el desaireado se considera suficiente.

5. Se seca cuidadosamente el exterior del matraz.
6. Se agrega suficiente agua destilada para que la parte inferior del menisco coincida con la marca de calibración.
7. Se seca cuidadosamente el interior del cuello del matraz arriba del menisco, con papel absorbente.
8. Se pesan el matraz con suelo y agua $W_{fsw,t}$, con una precisión de 0,01 g. Se anota en el anexo 2.
9. Se tapa el matraz y se invierte varias veces en forma cuidadosa, con el fin de uniformizar la temperatura de la suspensión y a continuación se coloca el bulbo del termómetro en el centro del matraz, y la temperatura que registre es considerada como la de la prueba T_t , anotarla en el anexo 2.
10. Se calcula la masa de los sólidos W_s como la diferencia entre W_{fs} y W_f . La masa de los sólidos, W_s , puede también obtenerse después de la prueba, vertiendo el contenido del matraz en un recipiente W_r enjuagándolo con agua destilada, para que no quede material en el interior del matraz y metiéndolo al horno para su secado total a masa constante, a una temperatura de $110\text{ }^\circ\text{C} \pm 5\text{ }^\circ\text{C}$. Se anotan en el anexo 2.
11. De los datos de la curva de calibración del matraz, se obtiene la masa del matraz con agua destilada hasta la marca de aforo $W_{fw,t}$, a la temperatura del ensayo y se anota en el anexo 2.
12. La densidad relativa de los sólidos del suelo a 20°C se obtiene a partir de la siguiente ecuación y se anota en el anexo 2:

$$G_{20^\circ\text{C}} = K * S_{ap,t} = \frac{K * W_s}{W_{fw,t} + W_s - W_{fsw,t}}$$

donde:

$W_{fw,t}$ = la masa del picnómetro y agua a la temperatura de ensayo T_t , g,

W_s = la masa de los sólidos del suelo secado en el horno, g,

$W_{fws,t}$ = la masa del picnómetro, agua y sólidos del suelo en la temperatura de ensayo, g, y

K = el coeficiente de temperatura dado en el anexo 4.

13. Use la siguiente ecuación para calcular la densidad relativa (gravedad específica) promedio y se anota en el anexo 2:

$$G_{avg@20^{\circ}C} = \frac{1}{\frac{R}{100 * G_{1@20^{\circ}C}} + \frac{P}{100 * G_{2@20^{\circ}C}}}$$

donde:

R = el porcentaje de suelo retenido en el tamiz de 4.75 mm,

P = el porcentaje de suelo que pasa el tamiz de 4.75 mm,

$G_{1@20^{\circ}C}$ = la densidad relativa aparente del suelo retenido en el tamiz de 4.75 mm, corregida a 20°C

$G_{2@20^{\circ}C}$ = la densidad relativa de sólidos del suelo que pasan el tamiz de 4.75 mm.



Figura 25 Combinación de vacío y baño maria para desairear el espécimen con mayor calidad.

❖ Presentación de resultados

- Identificación del material ensayado, por número de sondeo, número de muestra, profundidad, etc.

- Clave de identificación del equipo de medición utilizado durante el proceso de prueba (horno, balanza, etc.).
- Es importante que los espacios que no sean llenados se cancelen con una línea evitando entregar los registros con espacios en blanco.
- Cuando ocurran equivocaciones en los registros, cada equivocación, debe ser tachada, no se debe hacer ilegible o borrar y el valor correcto debe insertarse a su lado. Todas esas alteraciones a los registros deben firmarse o rubricarse por la persona que efectuó la corrección.



Figura 26 Matraz kitasato con agua desaireada para añadir al matraz aforado.

CONCLUSIONES:

- ❖ Capítulo 1: se dan conceptos básicos e información de los aparatos requeridos para lograr transmitir un mayor entendimiento del ensayo.
Capítulo 2: Comisión Federal de Electricidad es una empresa de clase mundial donde se realizan proyectos de gran envergadura de forma integral para beneficio y desarrollo del país.
Capítulo 3: Implementó el sistema de calidad con base en la norma NMX-EC-17025-IMNC en el laboratorio de mecánica de suelos además de ejecutar y/o supervisar los ensayos de laboratorio de acuerdo a mi perfil de puesto, facultades y responsabilidades.

Capítulo 4: Mi desempeño laboral se va desarrollando hasta lograr una importante acción de mejora donde se reflejan y transmiten los conocimientos adquiridos de ingeniería.



❖ General

En este trabajo de tesis se estipulan todos los pasos requeridos para adquirir una mayor capacidad profesional al entregar resultados que cumplen con la norma NMX-EC-17025-IMNC y dan mayores beneficios a la sociedad al generar progreso, desarrollo y prosperidad para las nuevas generaciones de mexicanos.



❖ Personal

Se logra la factibilidad y la calidad al usar un recipiente aislante de polipropileno, al aplicar la desviación estándar de 0,05 mL en la verificación de la calibración de matraces y al combinar en el desaireado, baño maria con vacío. La mejora es la implementación de la densidad relativa promedio que da un plus al cliente y logra un vínculo con el ensayo de análisis granulométrico. Todo lo anterior aumenta la eficacia y genera mayor confianza en los resultados.



BIBLIOGRAFÍA:

NMX-C-416-ONNCCE-2003. Capítulo 8 Método de prueba para determinar la masa específica de los suelos.

ASTM D854-10 Standard Test Methods for Specific Gravity of Soil Solids by Water Pycnometer.

ASTM C127-07 Standard Test Method for Density, Relative Density (Specific Gravity), and Absorption of Coarse Aggregate.

LMS-047 PREPARACIÓN DE MUESTRAS DE SUELO EN LABORATORIO.

ANEXOS:

- Anexo 1 LMS-007/A1-R10 Calibración de picnómetro
- Anexo 2 LMS-007/A2-R10 Determinación de densidad relativa de sólidos del suelo (Material < Malla N°4) y densidad relativa promedio (Material mayor y menor a la Malla N°4)
- Anexo 3 LMS-007/A3-R10 Determinación de densidad relativa aparente de sólidos del suelo (Material > Malla N°4)
- Anexo 4 LMS-007/A4-R1 Tabla de densidad del agua y coeficiente de temperatura para varias temperaturas.
- Anexo 5 Ejemplo de presentación de resultados de un informe de ensayo.

ANEXO 1



GERENCIA DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA CIVIL
SUBGERENCIA DE GEOTECNIA Y MATERIALES
DEPARTAMENTO DE MECÁNICA DE SUELOS
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

Seleccione el laboratorio que realizó el ensayo

LMS

LMS-V

CALIBRACIÓN DE PICNÓMETRO (ASTM D854 Cap. 8)

EQUIPO DE MEDICIÓN UTILIZADO

Balanza: _____

Termómetro: _____

Sistema de vacío: _____

Fecha: _____

Matraz N°: _____

Peso de matraz, W_f : _____

Temperatura de calibración T_c [°C]	Matraz + agua $W_{fw,c}$ [g]	Volumen calibrado V_p [mL]
VOLUMEN PROMEDIO =		
DESVIACIÓN ESTÁNDAR =		

Observaciones: _____

Calibró

Revisó

Nombre y Firma
Laboratorista

Nombre y Firma
Responsable Técnico

ANEXO 2



Proyecto: _____
Localización: _____
Área de resp.: _____
Fecha: _____
Informe N°: _____
Página: _____ de

Seleccione el laboratorio que realizó el ensayo

LMS

LMS-V

INFORME DE ENSAYO

DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD RELATIVA DE SÓLIDOS DEL SUELO (MATERIAL < MALLA N°4) (NMX-C-416 Cap. 8)

ESTE INFORME DE PRUEBA NO PUEDE SER MODIFICADO NI REPRODUCIDO EN FORMA PARCIAL SIN LA AUTORIZACIÓN PREVIA DE ESTE LABORATORIO

SONDEO/PCA N°: _____

EQUIPO DE MEDICIÓN UTILIZADO

MUESTRA N°: _____

BALANZA: _____ TERMÓMETRO: _____

PROFUNDIDAD: _____

HORNO: _____ SISTEMA DE VACÍO: _____

Determinación N°	1	2	
Matraz N°			
Masa del matraz (W_f), [g]			
Masa del matraz + sólidos del suelo, W_{fs} , [g]			
Masa del matraz + sólidos del suelo + agua a temperatura de ensayo (T_t), $W_{fsw,t}$, [g]			
Temperatura de ensayo, T_t , [°C]			
Masa del matraz + agua a temperatura de ensayo (T_t), $W_{fw,t}$, [g]			
Recipiente N°			
Masa del recipiente (W_r), [g]			
Masa del recipiente + sólidos del suelo, W_{rs} , [g]			
Masa de los sólidos del suelo, W_s , [g] $W_s = W_{fs} - W_f$ ó $W_s = W_{rs} - W_r$			
Coeficiente de temperatura K a temperatura de ensayo (T_t)			
Densidad relativa de los sólidos del suelo a 20°C $G_{20°C} = \frac{K * W_s}{W_{fw,t} + W_s - W_{fsw,t}}$			Promedio

**DENSIDAD RELATIVA PROMEDIO DE SÓLIDOS DEL SUELO (MATERIAL MAYOR Y MENOR A LA MALLA N° 4)
(ASTM D854 Cap. 10)**

$$G_{avg@20°C} = \frac{1}{\frac{R}{100 * G_{1@20°C}} + \frac{P}{100 * G_{2@20°C}}}$$

$W_{fw,t}$ obtenida de los datos de la curva de calibración del picnómetro

OBSERVACIONES: _____

Ensayó

Revisó

Nombre y Firma
Laboratorista

Nombre y Firma
Responsable técnico

ANEXO 3



GERENCIA DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA CIVIL
SUBGERENCIA DE GEOTECNIA Y MATERIALES
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

Proyecto: _____
Localización: _____
Área de resp.: _____
Fecha: _____
Informe N°: _____
Página: _____ de _____

Seleccione el laboratorio que realizó el ensayo

LMS

LMS-V

INFORME DE ENSAYO

DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD RELATIVA APARENTE DE SÓLIDOS DEL SUELO (MATERIAL > MALLA N°4) (NMX-C-416 Cap. 8)

ESTE INFORME DE PRUEBA NO PUEDE SER MODIFICADO NI REPRODUCIDO EN FORMA PARCIAL SIN LA AUTORIZACIÓN PREVIA DE ESTE LABORATORIO

SONDEO/PCA N°: _____

EQUIPO DE MEDICIÓN UTILIZADO

MUESTRA N°: _____

BALANZA: _____ TERMÓMETRO: _____

PROFUNDIDAD: _____

HORNO: _____ SISTEMA DE VACÍO: _____

Determinación N°	1	2	
Recipiente N°			
Masa del recipiente (W_r), [g]			
Temperatura del agua de ensayo, T_t , [°C]			
Masa del recipiente + sólidos del suelo saturados y de superficie seca, W_{1r} , [g]			
Masa de sólidos del suelo saturados y de superficie seca, W_1 , [g]			
Recipiente sumergido N°			
Masa del recipiente sumergido en agua, W_c , [g]			
Masa del recipiente + sólidos del suelo saturados y sumergidos en agua, W_{3c} , [g]			
Masa de sólidos del suelo saturados y sumergidos en agua, W_3 , [g]			
Masa del agua desalojada, W_{wd} , [g]			
Masa del recipiente + sólidos del suelo, W_{rs} , [g]			
Masa de los sólidos del suelo, W_s , [g] $W_s = W_{rs} - W_r$			
$\% \text{ de Absorción} = \left[\frac{W_1 - W_s}{W_s} \right] * 100$			
Coefficiente de temperatura K a temperatura de ensayo (T_t)			
Densidad relativa aparente de los sólidos del suelo $G_{20^\circ C} = \frac{K * W_s}{W_s - W_3}$			Promedio
Absorción promedio, [%]			
Densidad relativa aparente promedio			

OBSERVACIONES: _____

Ensayó

Revisó

Nombre y Firma
Laboratorista

Nombre y Firma
Responsable técnico

ANEXO 4

TABLE of Density of Water and Temperature Coefficient (K) for Various Temperatures^{A,B}

Temperature (°C)	Density (g/mL) ^C	Temperature Coefficient (K)	Temperature (°C)	Density (g/mL) ^C	Temperature Coefficient (K)	Temperature (°C)	Density (g/mL) ^C	Temperature Coefficient (K)	Temperature (°C)	Density (g/mL) ^C	Temperature Coefficient (K)
15.0	0.99910	1.00090	16.0	0.99895	1.00074	17.0	0.99878	1.00057	18.0	0.99860	1.00039
.1	0.99909	1.00088	.1	0.99893	1.00072	.1	0.99876	1.00055	.1	0.99858	1.00037
.2	0.99907	1.00087	.2	0.99891	1.00071	.2	0.99874	1.00054	.2	0.99856	1.00035
.3	0.99906	1.00085	.3	0.99890	1.00069	.3	0.99872	1.00052	.3	0.99854	1.00034
.4	0.99904	1.00084	.4	0.99888	1.00067	.4	0.99871	1.00050	.4	0.99852	1.00032
.5	0.99902	1.00082	.5	0.99886	1.00066	.5	0.99869	1.00048	.5	0.99850	1.00030
.6	0.99901	1.00080	.6	0.99885	1.00064	.6	0.99867	1.00047	.6	0.99848	1.00028
.7	0.99899	1.00079	.7	0.99883	1.00062	.7	0.99865	1.00045	.7	0.99847	1.00026
.8	0.99898	1.00077	.8	0.99881	1.00061	.8	0.99863	1.00043	.8	0.99845	1.00024
.9	0.99896	1.00076	.9	0.99879	1.00059	.9	0.99862	1.00041	.9	0.99843	1.00022
19.0	0.99841	1.00020	20.0	0.99821	1.00000	21.0	0.99799	0.99979	22.0	0.99777	0.99957
.1	0.99839	1.00018	.1	0.99819	0.99998	.1	0.99797	0.99977	.1	0.99775	0.99954
.2	0.99837	1.00016	.2	0.99816	0.99996	.2	0.99795	0.99974	.2	0.99773	0.99952
.3	0.99835	1.00014	.3	0.99814	0.99994	.3	0.99793	0.99972	.3	0.99770	0.99950
.4	0.99833	1.00012	.4	0.99812	0.99992	.4	0.99791	0.99970	.4	0.99768	0.99947
.5	0.99831	1.00010	.5	0.99810	0.99990	.5	0.99789	0.99968	.5	0.99766	0.99945
.6	0.99829	1.00008	.6	0.99808	0.99987	.6	0.99786	0.99966	.6	0.99764	0.99943
.7	0.99827	1.00006	.7	0.99806	0.99985	.7	0.99784	0.99963	.7	0.99761	0.99940
.8	0.99825	1.00004	.8	0.99804	0.99983	.8	0.99782	0.99961	.8	0.99759	0.99938
.9	0.99823	1.00002	.9	0.99802	0.99981	.9	0.99780	0.99959	.9	0.99756	0.99936
23.0	0.99754	0.99933	24.0	0.99730	0.99909	25.0	0.99705	0.99884	26.0	0.99679	0.99858
.1	0.99752	0.99931	.1	0.99727	0.99907	.1	0.99702	0.99881	.1	0.99676	0.99855
.2	0.99749	0.99929	.2	0.99725	0.99904	.2	0.99700	0.99879	.2	0.99673	0.99852
.3	0.99747	0.99926	.3	0.99723	0.99902	.3	0.99697	0.99876	.3	0.99671	0.99850
.4	0.99745	0.99924	.4	0.99720	0.99899	.4	0.99694	0.99874	.4	0.99668	0.99847
.5	0.99742	0.99921	.5	0.99717	0.99897	.5	0.99692	0.99871	.5	0.99665	0.99844
.6	0.99740	0.99919	.6	0.99715	0.99894	.6	0.99689	0.99868	.6	0.99663	0.99842
.7	0.99737	0.99917	.7	0.99712	0.99892	.7	0.99687	0.99866	.7	0.99660	0.99839
.8	0.99735	0.99914	.8	0.99710	0.99889	.8	0.99684	0.99863	.8	0.99657	0.99836
.9	0.99732	0.99912	.9	0.99707	0.99887	.9	0.99681	0.99860	.9	0.99654	0.99833
27.0	0.99652	0.99831	28.0	0.99624	0.99803	29.0	0.99595	0.99774	30.0	0.99565	0.99744
.1	0.99649	0.99828	.1	0.99621	0.99800	.1	0.99592	0.99771	.1	0.99562	0.99741
.2	0.99646	0.99825	.2	0.99618	0.99797	.2	0.99589	0.99768	.2	0.99559	0.99738
.3	0.99643	0.99822	.3	0.99615	0.99794	.3	0.99586	0.99765	.3	0.99556	0.99735
.4	0.99641	0.99820	.4	0.99612	0.99791	.4	0.99583	0.99762	.4	0.99553	0.99732
.5	0.99638	0.99817	.5	0.99609	0.99788	.5	0.99580	0.99759	.5	0.99550	0.99729
.6	0.99635	0.99814	.6	0.99607	0.99785	.6	0.99577	0.99756	.6	0.99547	0.99726
.7	0.99632	0.99811	.7	0.99604	0.99783	.7	0.99574	0.99753	.7	0.99544	0.99723
.8	0.99629	0.99808	.8	0.99601	0.99780	.8	0.99571	0.99750	.8	0.99541	0.99720
.9	0.99627	0.99806	.9	0.99598	0.99777	.9	0.99568	0.99747	.9	0.99538	0.99716

^AReferencia: CRC Handbook of Chemistry and Physics, David R. Lide, Editor-in-Chief, 74th Edition, 1993–1994.

$$^B \rho_w = 1,00034038 - (7,77 \times 10^{-6}) \times T - (4,95 \times 10^{-6}) \times T^2$$

donde:

ρ_w = densidad del agua en g/mL,
 T = la temperatura de la prueba en °C, y
 $K = \rho_w / 0.9982063$
^CmL = cm³.

ANEXO 5

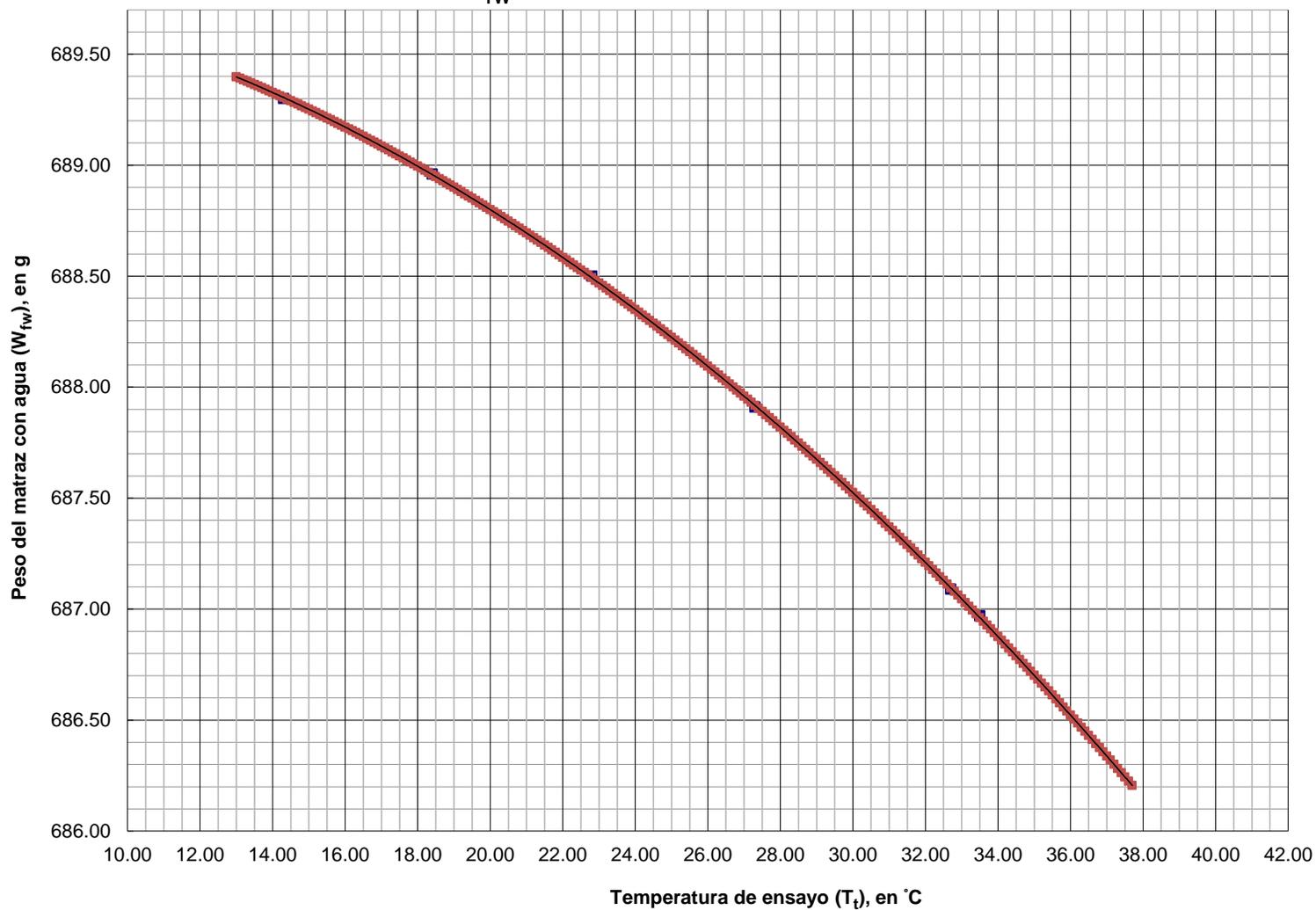
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS SEDE VERACRUZ

CURVA DE CALIBRACIÓN DEL MATRAZ DVSA-068

10 MAYO 2012

Elaboró: Bonifacio Cedillo Torres

$$W_{fw} = -0.0025 * T^2 - 0.0039 * T + 689.87$$

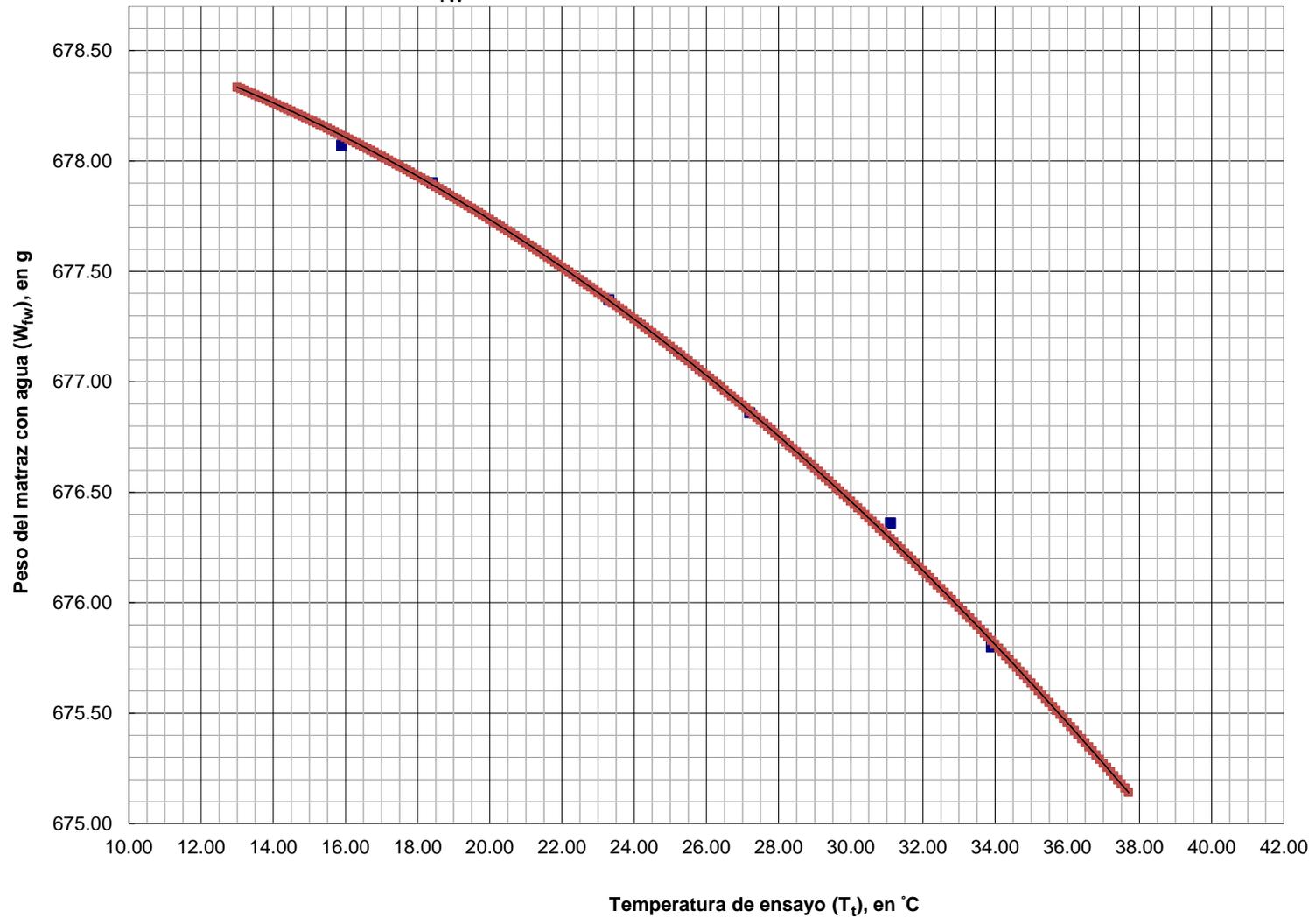


LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS SEDE VERACRUZ
CURVA DE CALIBRACIÓN DEL MATRAZ DVSA-111

10 MAYO 2012

Elaboró: Bonifacio Cedillo Torres

$$W_{fw} = -0.0025 \cdot T^2 - 0.0039 \cdot T + 678.8$$



TEMPERATURA °C	W _{fw} g						
13.0	689.40	19.2	688.87	25.4	688.16	31.6	687.25
13.1	689.39	19.3	688.86	25.5	688.14	31.7	687.23
13.2	689.38	19.4	688.85	25.6	688.13	31.8	687.22
13.3	689.38	19.5	688.84	25.7	688.12	31.9	687.20
13.4	689.37	19.6	688.83	25.8	688.11	32.0	687.19
13.5	689.36	19.7	688.82	25.9	688.09	32.1	687.17
13.6	689.35	19.8	688.81	26.0	688.08	32.2	687.15
13.7	689.35	19.9	688.80	26.1	688.07	32.3	687.14
13.8	689.34	20.0	688.79	26.2	688.05	32.4	687.12
13.9	689.33	20.1	688.78	26.3	688.04	32.5	687.10
14.0	689.33	20.2	688.77	26.4	688.02	32.6	687.09
14.1	689.32	20.3	688.76	26.5	688.01	32.7	687.07
14.2	689.31	20.4	688.75	26.6	688.00	32.8	687.05
14.3	689.30	20.5	688.74	26.7	687.98	32.9	687.04
14.4	689.30	20.6	688.73	26.8	687.97	33.0	687.02
14.5	689.29	20.7	688.72	26.9	687.96	33.1	687.00
14.6	689.28	20.8	688.71	27.0	687.94	33.2	686.98
14.7	689.27	20.9	688.70	27.1	687.93	33.3	686.97
14.8	689.26	21.0	688.69	27.2	687.91	33.4	686.95
14.9	689.26	21.1	688.67	27.3	687.90	33.5	686.93
15.0	689.25	21.2	688.66	27.4	687.89	33.6	686.92
15.1	689.24	21.3	688.65	27.5	687.87	33.7	686.90
15.2	689.23	21.4	688.64	27.6	687.86	33.8	686.88
15.3	689.23	21.5	688.63	27.7	687.84	33.9	686.86
15.4	689.22	21.6	688.62	27.8	687.83	34.0	686.85
15.5	689.21	21.7	688.61	27.9	687.82	34.1	686.83
15.6	689.20	21.8	688.60	28.0	687.80	34.2	686.81
15.7	689.19	21.9	688.59	28.1	687.79	34.3	686.80
15.8	689.18	22.0	688.57	28.2	687.77	34.4	686.78
15.9	689.18	22.1	688.56	28.3	687.76	34.5	686.76
16.0	689.17	22.2	688.55	28.4	687.74	34.6	686.74
16.1	689.16	22.3	688.54	28.5	687.73	34.7	686.72
16.2	689.15	22.4	688.53	28.6	687.71	34.8	686.71
16.3	689.14	22.5	688.52	28.7	687.70	34.9	686.69
16.4	689.13	22.6	688.50	28.8	687.68	35.0	686.67
16.5	689.13	22.7	688.49	28.9	687.67	35.1	686.65
16.6	689.12	22.8	688.48	29.0	687.65	35.2	686.64
16.7	689.11	22.9	688.47	29.1	687.64	35.3	686.62
16.8	689.10	23.0	688.46	29.2	687.62	35.4	686.60
16.9	689.09	23.1	688.45	29.3	687.61	35.5	686.58
17.0	689.08	23.2	688.43	29.4	687.59	35.6	686.56
17.1	689.07	23.3	688.42	29.5	687.58	35.7	686.54
17.2	689.06	23.4	688.41	29.6	687.56	35.8	686.53
17.3	689.05	23.5	688.40	29.7	687.55	35.9	686.51
17.4	689.05	23.6	688.39	29.8	687.53	36.0	686.49
17.5	689.04	23.7	688.37	29.9	687.52	36.1	686.47
17.6	689.03	23.8	688.36	30.0	687.50	36.2	686.45
17.7	689.02	23.9	688.35	30.1	687.49	36.3	686.43
17.8	689.01	24.0	688.34	30.2	687.47	36.4	686.42
17.9	689.00	24.1	688.32	30.3	687.46	36.5	686.40
18.0	688.99	24.2	688.31	30.4	687.44	36.6	686.38
18.1	688.98	24.3	688.30	30.5	687.43	36.7	686.36
18.2	688.97	24.4	688.29	30.6	687.41	36.8	686.34
18.3	688.96	24.5	688.27	30.7	687.39	36.9	686.32
18.4	688.95	24.6	688.26	30.8	687.38	37.0	686.30
18.5	688.94	24.7	688.25	30.9	687.36	37.1	686.28
18.6	688.93	24.8	688.24	31.0	687.35	37.2	686.27
18.7	688.92	24.9	688.22	31.1	687.33	37.3	686.25
18.8	688.91	25.0	688.21	31.2	687.31	37.4	686.23
18.9	688.90	25.1	688.20	31.3	687.30	37.5	686.21
19.0	688.89	25.2	688.18	31.4	687.28	37.6	686.19
19.1	688.88	25.3	688.17	31.5	687.27	37.7	686.17

Termómetro CTS-A-015

Balanza EMSA-002

Sist. de vacío 1

$$W_{fw} = -0,0025 \cdot T^2 - 0,0039 \cdot T + 689,87$$

TEMPERATURA °C	W _{fw} g						
13.0	678.33	19.2	677.80	25.4	677.09	31.6	676.18
13.1	678.32	19.3	677.79	25.5	677.07	31.7	676.16
13.2	678.31	19.4	677.78	25.6	677.06	31.8	676.15
13.3	678.31	19.5	677.77	25.7	677.05	31.9	676.13
13.4	678.30	19.6	677.76	25.8	677.04	32.0	676.12
13.5	678.29	19.7	677.75	25.9	677.02	32.1	676.10
13.6	678.28	19.8	677.74	26.0	677.01	32.2	676.08
13.7	678.28	19.9	677.73	26.1	677.00	32.3	676.07
13.8	678.27	20.0	677.72	26.2	676.98	32.4	676.05
13.9	678.26	20.1	677.71	26.3	676.97	32.5	676.03
14.0	678.26	20.2	677.70	26.4	676.95	32.6	676.02
14.1	678.25	20.3	677.69	26.5	676.94	32.7	676.00
14.2	678.24	20.4	677.68	26.6	676.93	32.8	675.98
14.3	678.23	20.5	677.67	26.7	676.91	32.9	675.97
14.4	678.23	20.6	677.66	26.8	676.90	33.0	675.95
14.5	678.22	20.7	677.65	26.9	676.89	33.1	675.93
14.6	678.21	20.8	677.64	27.0	676.87	33.2	675.91
14.7	678.20	20.9	677.63	27.1	676.86	33.3	675.90
14.8	678.19	21.0	677.62	27.2	676.84	33.4	675.88
14.9	678.19	21.1	677.60	27.3	676.83	33.5	675.86
15.0	678.18	21.2	677.59	27.4	676.82	33.6	675.85
15.1	678.17	21.3	677.58	27.5	676.80	33.7	675.83
15.2	678.16	21.4	677.57	27.6	676.79	33.8	675.81
15.3	678.16	21.5	677.56	27.7	676.77	33.9	675.79
15.4	678.15	21.6	677.55	27.8	676.76	34.0	675.78
15.5	678.14	21.7	677.54	27.9	676.75	34.1	675.76
15.6	678.13	21.8	677.53	28.0	676.73	34.2	675.74
15.7	678.12	21.9	677.52	28.1	676.72	34.3	675.73
15.8	678.11	22.0	677.50	28.2	676.70	34.4	675.71
15.9	678.11	22.1	677.49	28.3	676.69	34.5	675.69
16.0	678.10	22.2	677.48	28.4	676.67	34.6	675.67
16.1	678.09	22.3	677.47	28.5	676.66	34.7	675.65
16.2	678.08	22.4	677.46	28.6	676.64	34.8	675.64
16.3	678.07	22.5	677.45	28.7	676.63	34.9	675.62
16.4	678.06	22.6	677.43	28.8	676.61	35.0	675.60
16.5	678.06	22.7	677.42	28.9	676.60	35.1	675.58
16.6	678.05	22.8	677.41	29.0	676.58	35.2	675.57
16.7	678.04	22.9	677.40	29.1	676.57	35.3	675.55
16.8	678.03	23.0	677.39	29.2	676.55	35.4	675.53
16.9	678.02	23.1	677.38	29.3	676.54	35.5	675.51
17.0	678.01	23.2	677.36	29.4	676.52	35.6	675.49
17.1	678.00	23.3	677.35	29.5	676.51	35.7	675.47
17.2	677.99	23.4	677.34	29.6	676.49	35.8	675.46
17.3	677.98	23.5	677.33	29.7	676.48	35.9	675.44
17.4	677.98	23.6	677.32	29.8	676.46	36.0	675.42
17.5	677.97	23.7	677.30	29.9	676.45	36.1	675.40
17.6	677.96	23.8	677.29	30.0	676.43	36.2	675.38
17.7	677.95	23.9	677.28	30.1	676.42	36.3	675.36
17.8	677.94	24.0	677.27	30.2	676.40	36.4	675.35
17.9	677.93	24.1	677.25	30.3	676.39	36.5	675.33
18.0	677.92	24.2	677.24	30.4	676.37	36.6	675.31
18.1	677.91	24.3	677.23	30.5	676.36	36.7	675.29
18.2	677.90	24.4	677.22	30.6	676.34	36.8	675.27
18.3	677.89	24.5	677.20	30.7	676.32	36.9	675.25
18.4	677.88	24.6	677.19	30.8	676.31	37.0	675.23
18.5	677.87	24.7	677.18	30.9	676.29	37.1	675.21
18.6	677.86	24.8	677.17	31.0	676.28	37.2	675.20
18.7	677.85	24.9	677.15	31.1	676.26	37.3	675.18
18.8	677.84	25.0	677.14	31.2	676.24	37.4	675.16
18.9	677.83	25.1	677.13	31.3	676.23	37.5	675.14
19.0	677.82	25.2	677.11	31.4	676.21	37.6	675.12
19.1	677.81	25.3	677.10	31.5	676.20	37.7	675.10

Termómetro CTS-015

Balanza EMSA-002

Sist. de vacío 1

$$W_{fw} = -0,0025 \cdot T^2 - 0,0039 \cdot T + 678,80$$



Seleccione el laboratorio que realizó el ensayo

LMS

LMS-V

INFORME DE ENSAYO

COMPOSICIÓN GRANULOMÉTRICA DEL MATERIAL RETENIDO EN LA MALLA N°4 (NMX-C-416 Cap. 5)

ESTE INFORME DE PRUEBA NO PUEDE SER MODIFICADO NI REPRODUCIDO EN FORMA PARCIAL SIN LA AUTORIZACIÓN PREVIA DE ESTE LABORATORIO

EQUIPO DE MEDICIÓN UTILIZADO

SONDEO/PCA N°: PCA-2

Masa muestra seca + tara: 6340.83

Juego de Mallas: A

MUESTRA N°: MI-1

Tara N°: 24 W_{tara}: 310.38

Balanza: EMSA-002

PROFUNDIDAD: 0.25 - 4.35

Masa inicial muestra seca: 6030.45

Horno: CTSA-017

DESCRIPCIÓN DEL SUELO: Grava limosa con arena.

MALLA N°	ABERTURA mm	PESO RETENIDO g	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA EN PESO
6"	150,0				100.00
3"	75,0	0.00	0.00	0.00	100.00
2"	50,0	91.92	1.52	1.52	98.48
1½"	37,5	143.91	2.39	3.91	96.09
1"	25,0	251.88	4.18	8.09	91.91
¾"	19,0	197.88	3.28	11.37	88.63
½"	12,5	455.93	7.56	18.93	81.07
3/8"	9,50	492.76	8.17	27.10	72.90
N°4	4,75	1297.28	21.51	48.61	51.39
Pasa N°4		3098.89	51.39	100.00	0.00
Masa total		6029.51			

COMPOSICIÓN GRANULOMÉTRICA DEL MATERIAL QUE PASA LA MALLA N°4 (NMX-C-416 Cap. 5)

Masa inicial muestra seca: 692.92

Balanza: EMSA-002

MALLA N°	ABERTURA mm	PESO RETENIDO g	% RETENIDO	% RETENIDO ACUMULADO	% QUE PASA EN PESO
N° 10	2,00	246.19	18.26	66.87	33.13
N° 20	0,850	133.65	9.91	76.78	23.22
N° 40	0,425	59.96	4.45	81.23	18.77
N° 60	0,250	28.77	2.13	83.36	16.64
N° 100	0,150	24.78	1.84	85.20	14.80
N° 200	0,075	33.77	2.50	87.70	12.30
Pasa N°200		165.80	12.30	100.00	0.00
Masa total		692.79			

Gravas (G) = 48.61 %

Arenas (S) = 39.09 %

Finos (F) = 12.30 %

Observaciones: _____

Ensayó

Bonifacio Cedillo Torres

Nombre y Firma
Laboratorista

Autorizó

Ing. Carmen Cabrera Velasquez

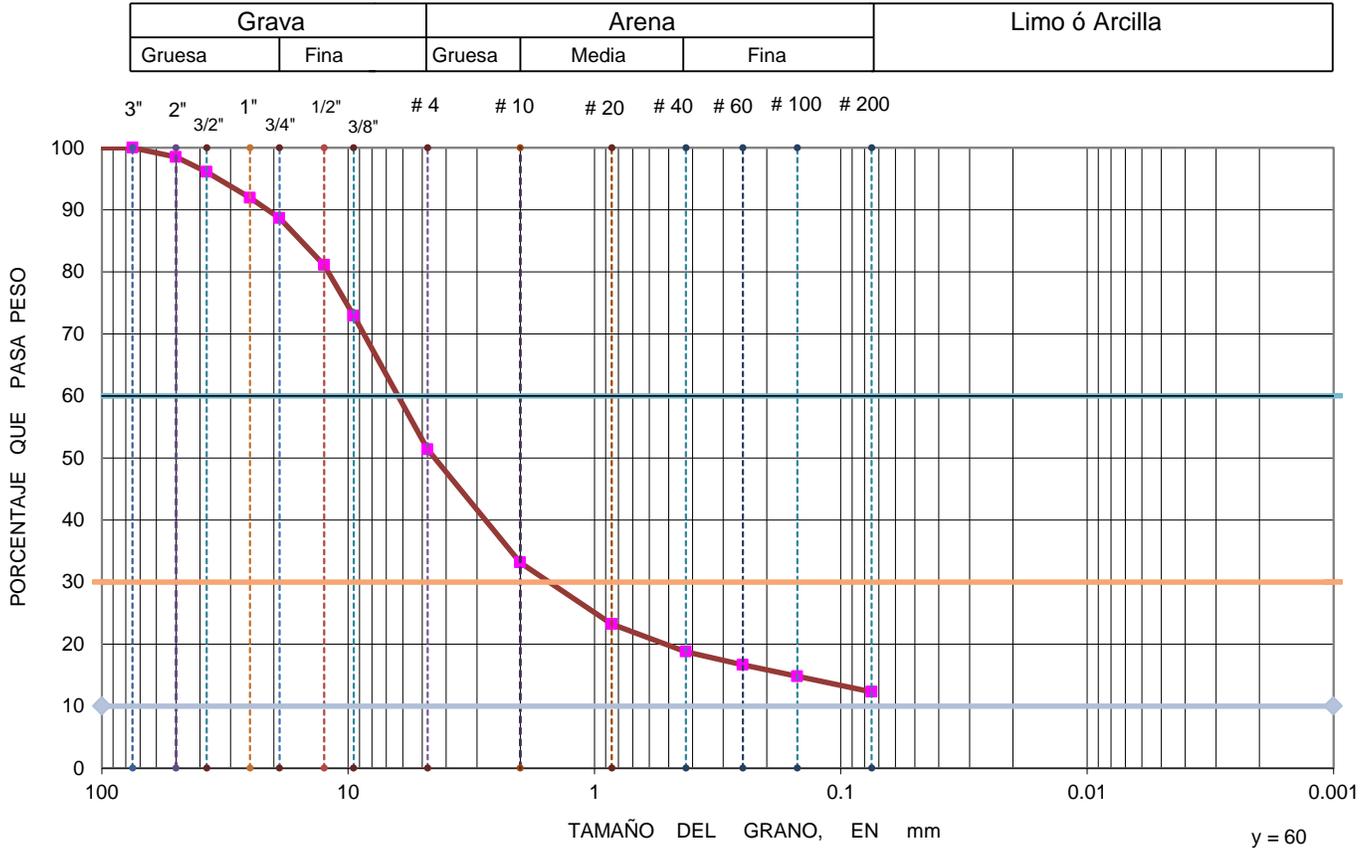
Nombre y Firma
Responsable Técnico



Seleccione el laboratorio que realizó el ensayo
 LMS LMS-V

CURVA DE DISTRIBUCIÓN GRANULOMÉTRICA

ESTE INFORME DE PRUEBA NO PUEDE SER MODIFICADO NI REPRODUCIDO EN FORMA PARCIAL SIN LA AUTORIZACIÓN PREVIA DE ESTE LABORATORIO



SONDEO/PCA N°	MUESTRA N°	PROFUNDIDAD	D ₁₀	D ₃₀	D ₆₀	C _u	C _c
PCA-2	MI-1	0.25 - 4.35		1.526	6.269		

$C_u = D_{60} / D_{10}$

$C_c = D_{30}^2 / (D_{10} \times D_{60})$

Clasificación SUCS **GM**

Gravas (G) = 48.61 %

Arenas (S) = 39.09 %

Finos (F) = 12.30 %

Ensayó
 Bonifacio Cedillo Torres

 Nombre y Firma
 Laboratorista

Autorizó
 Ing. Carmen Cabrera Velasquez

 Nombre y Firma
 Responsable Técnico



Proyecto:	Los Humeros III
Localización:	Humeros, Puebla
Área de resp.:	KB7FK
Fecha:	31 Jul 2012
Informe N°:	LMSV-022-2012
Página:	1 de 2

Seleccione el laboratorio que realizó el ensayo

LMS

LMS-V

INFORME DE ENSAYO

DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD RELATIVA DE SÓLIDOS DEL SUELO (MATERIAL < MALLA N°4) (NMX-C-416 Cap. 8)

ESTE INFORME DE PRUEBA NO PUEDE SER MODIFICADO NI REPRODUCIDO EN FORMA PARCIAL SIN LA AUTORIZACIÓN PREVIA DE ESTE LABORATORIO

SONDEO/PCA N°: PCA-2

EQUIPO DE MEDICIÓN UTILIZADO

MUESTRA N°: MI-1

BALANZA: EMSB-006 TERMÓMETRO: CTSA-015

PROFUNDIDAD: 0.25 - 4.35

HORNO: CTSA-017 SISTEMA DE VACÍO: 1

Determinación N°	1	2	
Matraz N°	111	068	
Masa del matraz (W_f), [g]	179.07	190.25	
Masa del matraz + sólidos del suelo, W_{fs} , [g]	293.28	294.87	
Masa del matraz + sólidos del suelo + agua a temperatura de ensayo (T_t), $W_{fsw,t}$, [g]	745.39	750.99	
Temperatura de ensayo, T_t , [°C]	27.50	27.60	
Masa del matraz + agua a temperatura de ensayo (T_t), $W_{fw,t}$, [g]	676.80	687.86	
Recipiente N°			
Masa del recipiente (W_r), [g]			
Masa del recipiente + sólidos del suelo, W_{rs} , [g]			
Masa de los sólidos del suelo, W_s , [g] $W_s = W_{fs} - W_f$ ó $W_s = W_{rs} - W_r$	114.21	104.62	
Coeficiente de temperatura K a temperatura de ensayo (T_t)	0.99817	0.99814	
Densidad relativa de los sólidos del suelo a 20°C $G_{20°C} = \frac{K * W_s}{W_{fw,t} + W_s - W_{fsw,t}}$	2.50	2.52	Promedio 2.51

**DENSIDAD RELATIVA PROMEDIO DE SÓLIDOS DEL SUELO (MATERIAL MAYOR Y MENOR A LA MALLA N° 4)
(ASTM D854 Cap. 10)**

$G_{avg@20°C} = \frac{1}{\frac{R}{100 * G_{1@20°C}} + \frac{P}{100 * G_{2@20°C}}}$	2.45
--	-------------

$W_{fw,t}$ obtenida de los datos de la curva de calibración del picnómetro

OBSERVACIONES: _____

Ensayó

Revisó

Bonifacio Cedillo Torres

Bonifacio Cedillo Torres

Nombre y Firma
Laboratorista

Nombre y Firma
Responsable técnico



GERENCIA DE ESTUDIOS DE INGENIERÍA CIVIL
SUBGERENCIA DE GEOTECNIA Y MATERIALES
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

Proyecto: Los Humeros III
Localización: Humeros, Puebla
Área de resp.: KB7FK
Fecha: 31 Jul 2012
Informe N°: LMSV-022-2012
Página: 2 de 2

Seleccione el laboratorio que realizó el ensayo

LMS

LMS-V

INFORME DE ENSAYO

DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD RELATIVA APARENTE DE SÓLIDOS DEL SUELO (MATERIAL > MALLA N°4) (NMX-C-416 Cap. 8)

ESTE INFORME DE PRUEBA NO PUEDE SER MODIFICADO NI REPRODUCIDO EN FORMA PARCIAL SIN LA AUTORIZACIÓN PREVIA DE ESTE LABORATORIO

SONDEO/PCA N°: PCA-2

EQUIPO DE MEDICIÓN UTILIZADO

MUESTRA N°: MI-1

BALANZA: EMSB-006 TERMÓMETRO: CTSA-015

PROFUNDIDAD: 0.25 - 4.35

HORNO: CTSA-017 SISTEMA DE VACÍO: 1

Determinación N°	1	2	
Recipiente N°	23B	26A	
Masa del recipiente (W_r), [g]	311.02	299.36	
Temperatura del agua de ensayo, T_t , [°C]	27.8	27.8	
Masa del recipiente + sólidos del suelo saturados y de superficie seca, W_{1r} , [g]	1192.03	1283.38	
Masa de sólidos del suelo saturados y de superficie seca, W_1 , [g]	881.01	984.02	
Recipiente sumergido N°	20	23	
Masa del recipiente sumergido en agua, W_c , [g]	221.13	236.33	
Masa del recipiente + sólidos del suelo saturados y sumergidos en agua, W_{3c} , [g]	695.16	768.28	
Masa de sólidos del suelo saturados y sumergidos en agua, W_3 , [g]	474.03	531.95	
Masa del agua desalojada, W_{wd} , [g]	406.98	452.07	
Masa del recipiente + sólidos del suelo, W_{rs} , [g]	1130.11	1213.97	
Masa de los sólidos del suelo, W_s , [g] $W_s = W_{rs} - W_r$	819.09	914.61	
% de Absorción = $\left[\frac{W_1 - W_s}{W_s} \right] * 100$	7.56	7.59	
Coefficiente de temperatura K a temperatura de ensayo (T_t)	0.99808	0.99808	
Densidad relativa aparente de los sólidos del suelo $G_{20^\circ C} = \frac{K * W_s}{W_s - W_3}$	2.37	2.39	Promedio 2.38
Absorción promedio, [%]			
Densidad relativa aparente promedio			

OBSERVACIONES: Muestra desaireada.

Ensayó

Bonifacio Cedillo Torres

Nombre y Firma
Laboratorista

Revisó

Bonifacio Cedillo Torres

Nombre y Firma
Responsable técnico