

COMPARACIÓN ENTRE LA PERMEABILIDAD EN CAMPO Y PERMEABILIDAD
EN LABORATORIO DE SUELOS CONTAMINADOS CON HIDROCARBUROS

FABIO ARNULFO NAVARRO LOZADA
JAIME ANDRES MEJIA VITTA

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA SECCIONAL BUCARAMANGA
ESCUELA DE INGENIERÍAS
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA
2012

COMPARACIÓN ENTRE LA PERMEABILIDAD EN CAMPO Y PERMEABILIDAD
EN LABORATORIO DE SUELOS CONTAMINADOS CON HIDROCARBUROS

FABIO ARNULFO NAVARRO LOZADA
JAIME ANDRÉS MEJÍA VITTA

Tesis de grado como requisito para optar
al título de Ingeniero Civil

Director:
LUZ MARINA TORRADO GÓMEZ
Ingeniera Civil

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA SECCIONAL BUCARAMANGA
ESCUELA DE INGENIERÍAS
FACULTAD DE INGENIERÍA CIVIL
BUCARAMANGA
2012

Nota de aceptación

Presidente del Jurado

Jurado

Jurado

Bucaramanga, Septiembre de 2012.

DEDICATORIAS

Quiero dedicarle este triunfo a la persona que junto a Dios hizo posible que este sueño se convirtiera hoy en una realidad, porque fue una meta que nos trazamos los dos hace un par de años atrás, cuando tome la decisión de estudiar esta carrera.

Ella fue mi apoyo en todo momento, lloro mis fracasos y celebro mis éxitos, pero a pesar de los tropiezos que tuve, nunca dejo de darme su sonrisa, de hablarme con esa forma tan particular como solo lo hacia ella, para darme voces de aliento, ánimos para salir adelante, para hacerme ver que yo era un luchador igual que ella, y que por mas altos que fueran los muros siempre los iba a poder pasar.

Con ella aprendí a corregir mis errores, en ella encontré refugio, amor, y un ejemplo de vida a seguir, viviste conmigo todo este proceso y me duele que hoy saboreando el éxito no estés aquí para compartirlo.

A ti Mama Adela, te regalo y te dedico lo que soy y lo que seré como Profesional, quiero que estés muy orgullosa no de mi, sino de ti misma, porque tu fuiste mi mayor motor, mi inspiración constante a ser un buen estudiante, a culminar mi carrera, para con ello agradecerte por todos los años que te dedicaste a cuidarme, a quererme, a consentirme, a escucharme, y por supuesto a amarme.

A TI TE LO DEDICO TODO, porque tú fuiste y serás siempre la persona mas importante en mi vida, y aunque hoy físicamente ya no te tengo para abrazarte y decirte al oído GRACIAS, se que desde el Cielo vas a festejarlo conmigo.

No hay distancia, ni tiempo que pudieran borrar tu imagen, tu nombre y tu recuerdo, permanecerán por siempre en mí. LO LOGRE MAMI, LO LOGRE GRACIAS A TI y desde el Cielo en el lugar donde estés nunca dejes de mirarme, de guiarme y de amarme, este Triunfo es tuyo, este fue el hombre que educaste, este el nuevo profesional que ayudaste a formar.

En memoria de Adela Real
(Q.E.P.D).

Fabio Arnulfo Navarro Lozada

A Dios por estar siempre conmigo y guiarme por el camino del bien, por estar presente en todas mis decisiones y brindarme todas las cualidades y aptitudes para salir adelante.

A mis padres quienes con su incondicional apoyo, inagotable paciencia, gran esfuerzo, excelente ejemplo y sobre todo, por su infinito amor hicieron posible cumplir este sueño... Este logro también es de ustedes. LOS AMO!

Jaime Andrés Mejía Vitta

AGRADECIMIENTOS

A fin de cumplir con un gran sueño como es el ser un Ingeniero Civil, quiero antes que nada darle gracias a Dios por ayudarme a terminar este proyecto de vida, gracias por darme la fuerza y el coraje para hacer este sueño realidad, por estar conmigo en cada momento, por cada regalo de gracia que me has dado, porque soy un hombre bendecido porque me has iluminado y guiado durante este tiempo en la Universidad, porque sin ti no hubiera podido salir adelante en los momentos difíciles y de prueba. No tengo palabras para agradecerte lo mucho que me has dado, lo único que puedo decir es que te necesitare en cada paso que emprenda en mi vida, por lo que nunca me apartare de ti.

A mi familia, gracias por todo el apoyo que me han dado desde mi infancia, porque siempre he visto el esfuerzo incondicional que han hecho por darme lo mejor, a mi mama Doris, gracias por ser esa amiga que siempre ha sabido escucharme; A mi papa Arnulfo, gracias por creer en mi; A mi papa Fabio, gracias por haberme apoyado en las buenas y en las malas; A Tiberio, gracias por sus cómicas enseñanzas; A mis hermanos gracias por alegrarme la vida y dejarme ser un ejemplo para ellos; A mi tía Sandra, gracias por aconsejarme y mostrarme siempre la luz al final del túnel, los amo, cada uno de ustedes aporta a mi vida el rayo de luz de cada nuevo día.

A mi compañero de Tesis Jaime Andrés Mejía Vitta, gracias por habernos acoplado como un buen equipo de trabajo, por su compromiso, responsabilidad y visualización de una meta en común: Nuestro Grado.

A María Paula Salcedo, su cariño, comprensión, y constante motivación la hacen parte merecedora de este gran logro.

Fabio Arnulfo Navarro Lozada

Antes que nada quiero agradecerle a Dios por brindarme salud, conocimiento y fortaleza para poder cumplir con el gran sueño de culminar mi carrera.

A mis padres Jaime Mejía Peralta y Mardori Vitta Álvarez por apoyarme en todo momento, por sus excelentes consejos que me han ayudado superar todo tipo de obstáculos, por sus enseñanzas y excelente ejemplo de como ser una persona de bien, por su infinito amor. GRACIAS!

A cada uno de mis familiares por estar siempre pendientes de mi y brindarme todo su apoyo.

A mi compañero, Fabio Arnulfo Navarro Lozada, por gran disposición, responsabilidad y buena energía entregada durante la realización de nuestro proyecto de grado.

Jaime Andrés Mejía Vitta

Los autores agradecen a:

A Fabio Santander Navarro Salazar, trabajador y líder de mantenimiento ambiental de Ecopetrol, por habernos brindado su conocimiento y la oportunidad de llevar a cabo la realización del proyecto dentro de las instalaciones de ECOPETROL.

A Luz Marina Torrado Gómez, Ing. Civil y Directora del proyecto, por su tiempo, dedicación, paciencia y confianza depositada en nosotros.

A Helí Rueda y Vicente Páez, Laboratoristas de Ing. Civil de la Universidad Pontificia Bolivariana, por guiarnos durante todo el proceso del laboratorio.

Por ultimo, a cada una de las personas que conocí durante mi carrera quienes en distintos momentos me ofrecieron su compañía y valiosas frases de aliento.

Contenido

INTRODUCCIÓN	12
1. OBJETIVOS	13
1.1. Objetivo general	13
1.2. Objetivos específicos.....	13
2. MARCO TEÓRICO	14
2.1. LOCALIZACIÓN Y CARACTERÍSTICAS MUNICIPIO DEL PROYECTO.....	14
2.1.1. Localización	14
2.1.2. Temperatura.....	16
2.1.3. Piso térmico	16
2.1.4. Precipitación.....	16
2.1.5. Geografía.....	16
2.2. CARACTERÍSTICAS GEOLOGICAS DEL LUGAR.....	17
2.3. SUELOS.....	18
2.3.1. Propiedades de los suelos.....	18
2.3.2. Suelos contaminados	19
2.3.3. Causas y problemas de la contaminación	20
2.3.4. Actividades petroleras generadoras de contaminación	21
2.4. HIDROCARBUROS	22
2.4.1. Clasificación de los hidrocarburos.....	23
2.5. PERMEABILIDAD	25
2.5.1. Métodos para determinación de permeabilidad	26
3. METODOLOGIA	41
3.1. Ensayo de contenido de hidrocarburo	43
4. RESULTADOS	47
4.1. LABORATORIO.....	47
4.2. ESTADISTICA DESCRIPTIVA.....	51
5. ANALISIS DE RESULTADOS.....	54

6. CONCLUSIONES.....	55
7. RECOMENDACIONES	57
8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	58
ANEXOS.....	61

RESUMEN

TÍTULO: COMPARACIÓN ENTRE LA PERMEABILIDAD EN CAMPO Y PERMEABILIDAD EN LABORATORIO DE SUELOS CONTAMINADOS CON HIDROCARBUROS

AUTOR(ES): Fabio Arnulfo Navarro Lozada; Jaime Andrés Mejía Vitta

FACULTAD: Facultad de Ingeniería Civil

DIRECTOR(A): Luz Marina Torrado Gómez

En la actualidad existen distintos hidrocarburos (aceites, diesel, gasolina, ácido acetona, ácido clorhídrico, entre otros) que afectan distintos factores que contamina el suelo. El presente proyecto consistirá en la evaluación y comparación entre los ensayos de permeabilidad en campo y en laboratorio de los suelos contaminados con hidrocarburos, con el fin de poner en claro si los suelos contaminados con sustancias tóxicas son aptos para el trabajo en las diferentes ramas de la ingeniería civil. Así mismo es necesario estudiar la pertinencia en el medio, analizar resultados, y sacar conclusiones.

Se realizaron estudios necesarios para conocer las características del tipo de suelo a trabajar, de los cuales se obtendrán datos necesarios para direccionar el proyecto.

Una vez teniendo las características del suelo (granulometría, límite líquido y plástico) se hicieron pruebas de permeabilidad en campo y laboratorio con el suelo escogido. Los resultados obtenidos, para campo van desde $2,01E^{-06}$ cm/s hasta $4,02E^{-02}$ cm/s y para laboratorio oscilan entre $6,28E^{-04}$ cm/s y $4,25E^{-03}$ cm/s, servirán para realizar las comparaciones respectivas.

PALABRAS CLAVES: Permeabilidad, suelos, contaminación, hidrocarburos, sustancias toxicas

ABSTRACT

TITLE: COMPARISON BETWEEN THE PERMEABILITY IN FIELD AND THE PERMEABILITY IN LABORATORY OF SOIL CONTAMINATED WITH OIL

AUTHOR(S): Fabio Arnulfo Navarro Lozada; Jaime Andrés Mejía Vitta

FACULTY: Civil Engineering

DIRECTOR: Luz Marina Torrado Gómez

Nowadays there are different types of hydrocarbons (oil, diesel, gasoline, acid acetone, hydrochloric acid, etc.) which affect the soil contaminating it. This project will involve the evaluation and comparison of permeability tested in field and laboratory of soils contaminated with hydrocarbons, in order to clarify whether the soils contaminated with toxic substances are capable of working in different branches of civil engineering. Also it is necessary to study the relevance in the environment, analyze results and to conclude.

Necessary studies will take place, in order to obtain the characteristics of the soil to work, which will address data necessary for the project.

After knowing the soil's characteristics (particle size, liquid limit and plastic), the soil's permeability was tested in field and laboratory. The obtained results, in the field they go from $2,01E^{-06}$ cm/s to $4,02E^{-02}$ cm/s and in the laboratory the range is between $6,28E^{-04}$ cm/s and $4,25E^{-03}$ cm/s, will be used to perform the respective comparisons.

KEY WORDS: Permeability, soil, contamination, hydrocarbon, toxic substances.

INTRODUCCIÓN

Este proyecto se enfoca en una de las propiedades más importantes en el tema de los suelos, como lo es la permeabilidad. Se pretende comparar el coeficiente de permeabilidad obtenido en campo, mediante el método de filtración, con el coeficiente hallado en el laboratorio, con el método de carga constante.

Además de los beneficios aportados a todo personal que se encuentra directamente relacionado con el tema, este proyecto se consignará en una base de datos para futuros estudios prácticos y académicos. Podrá ser utilizado como base para proyectos, de diferentes magnitudes, e investigaciones futuras. La información y análisis presentados en este estudio servirá y ayudara a que la investigación se pueda llevar a un nivel de mayor profundización, por profesionales interesados en el tema tratado.

Asimismo se podrán identificar las ventajas y desventajas de los suelos contaminados, averiguando y analizado métodos de descontaminación para mejorar las propiedades mecánicas del suelo, ayudando a que se regenere y pueda ser utilizado posteriormente en construcciones futuras.

Con este proyecto se pretende determinar parámetros empleados en el estudio de suelos contaminados con hidrocarburos para así identificar el efecto que tiene en las obras civiles. Además, se pretende correlacionar los datos arrojados de los ensayos realizados en campo y en laboratorio.

1. OBJETIVOS

1.1. Objetivo general

- Analizar y comparar las propiedades de suelos contaminados con hidrocarburos mediante ensayos de permeabilidad en campo y en laboratorio.

1.2. Objetivos específicos

- Medir la permeabilidad de los suelos contaminados con líquidos tóxicos.
- Realizar la caracterización del suelo a trabajar, mediante ensayos de laboratorio con el fin de obtener datos que sirvan como punto de referencia.
- Identificar las características negativas que proporciona este tipo de suelo en una obra civil.

2. MARCO TEÓRICO

2.1. LOCALIZACIÓN Y CARACTERÍSTICAS MUNICIPIO DEL PROYECTO

El proyecto se llevo acabo en el Municipio de Barrancabermeja.



Figura 1. Localización Barrancabermeja

Fuente: http://commons.wikimedia.org/wiki/File:Colombia_-_Santander_-_Barrancabermeja.svg?uselang=es

2.1.1. Localización

Los Municipios que limitan con Barrancabermeja son: Puerto Wilches al Norte; San Vicente de Chucurí, Puerto Parra y Simacota al Sur; San Vicente de Chucurí y Girón al Oriente; el río Magdalena al Occidente. Se encuentra a los 07° 03' 55" de latitud norte y 73° 51' 17" de longitud oeste y a una altura de 75.94 m sobre el nivel del mar. Su distancia a la capital del Departamento, Bucaramanga, es de 163 Km.¹

Los ensayos de campo y la extracción de muestras para el trabajo de laboratorio se realizaron dentro de los predios de ECOPETROL S.A. En un lote donde se está llevando a cabo un proceso de recuperación del suelo para su futuro aprovechamiento.

El área donde se trabajó está delimitada por el polígono, que se muestra a continuación, cuyas coordenadas en los vértices son:

¹ Alcaldía Barrancabermeja. En línea: http://www.barrancabermeja.gov.co/alcaldia/index.php?option=com_content&view=article&id=448&Itemid=688. Consultado en 29 de Julio de 2012.

- Punto 1: 7°04'55.57" N; 73°53'02.01" O; Elevación: 70 m
- Punto 2: 7°04'51.32" N; 73°53'00.48" O; Elevación: 73 m
- Punto 3: 7°04'50.61" N; 73°52'57.96" O; Elevación: 74 m
- Punto 4: 7°04'54.57" N; 73°52'50.41" O; Elevación: 73 m
- Punto 5: 7°04'59.74" N; 73°52'53.18" O; Elevación: 74 m

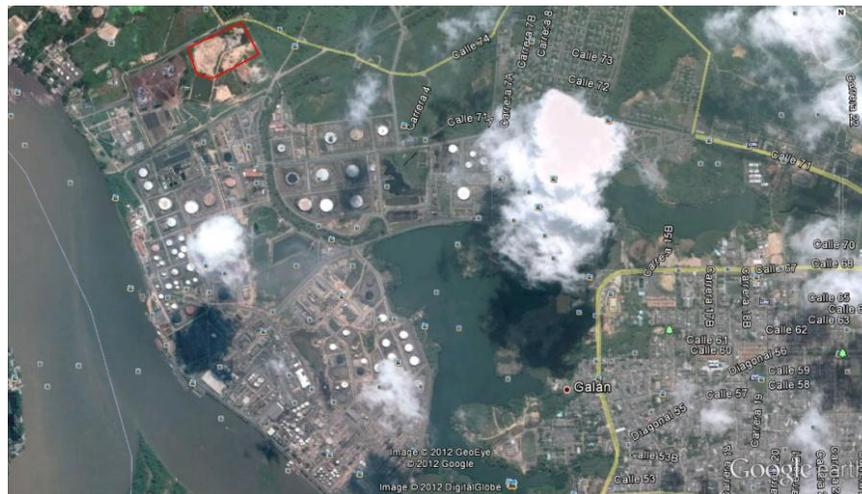


Figura 2. ECOPEPETROL S.A. Empresa donde se llevó acabo el proyecto
Fuente: Google Earth



Figura 3. Delimitación área de trabajo.
Fuente: Google Earth

2.1.2. Temperatura

El Municipio de Barrancabermeja presenta una temperatura media de aproximadamente, 28°C y una humedad de promedio relativa de 72 a 77%.²

2.1.3. Piso térmico

El territorio de Barrancabermeja esta ubicado en su totalidad en el piso térmico cálido. Además cuenta con zonas selváticas.³

2.1.4. Precipitación

Barrancabermeja cuenta con una precipitación media anual: 2.687 mm.⁴

2.1.5. Geografía

Barrancabermeja, conocida como la ciudad entre aguas, está rodeada por una gran variedad de ciénagas (El Llanito, Pozo Coquito, El Guamo, San Silvestre, El Tigre, Brava, Zapatero, El Sábalo, El Zarzal, Miramar), ríos (Magdalena, Sogamoso, La Colorada, Opón, Viejo), caños (San Silvestre, El Rosario, Cardales, Guarumo, El estanco, De la Muerte, Las Pavas) y quebradas (El Llanito, Aguas Claras, Jeringa, Zarzal, Peroles, Las Lajas, Las Camelias). En la ciudad no se ve la presencia de algún tipo de elevación, sin embargo la parte rural, hacia el oriente, es atravesada por la serranía de los Yariguíes. San Rafael, es la meseta más importante de la serranía.⁵

² Alcaldía Barrancabermeja. En línea: http://www.barrancabermeja.gov.co/alcaldia/index.php?option=com_content&view=article&id=448&Itemid=688. Consultado en 29 de Julio de 2012.

³ Barrancabermeja. En línea: <http://wiki.neotropicos.org/index.php?title=Barrancabermeja>. Consultado en 29 de Julio de 2012.

⁴ Barrancabermeja. En línea: <http://www.movimientodevictimas.org/~nuncamas/images/stories/zona5/BARRANCABERMEJA.pdf>. Consultado en 29 de Julio de 2012.

⁵ Barrancabermeja ABC. En línea: <http://abcdebarrancabermeja.blogspot.com/p/hidrografia.html>. Consultado en 29 de Julio de 2012.

2.2. CARACTERISTICAS GEOLOGICAS DEL LUGAR

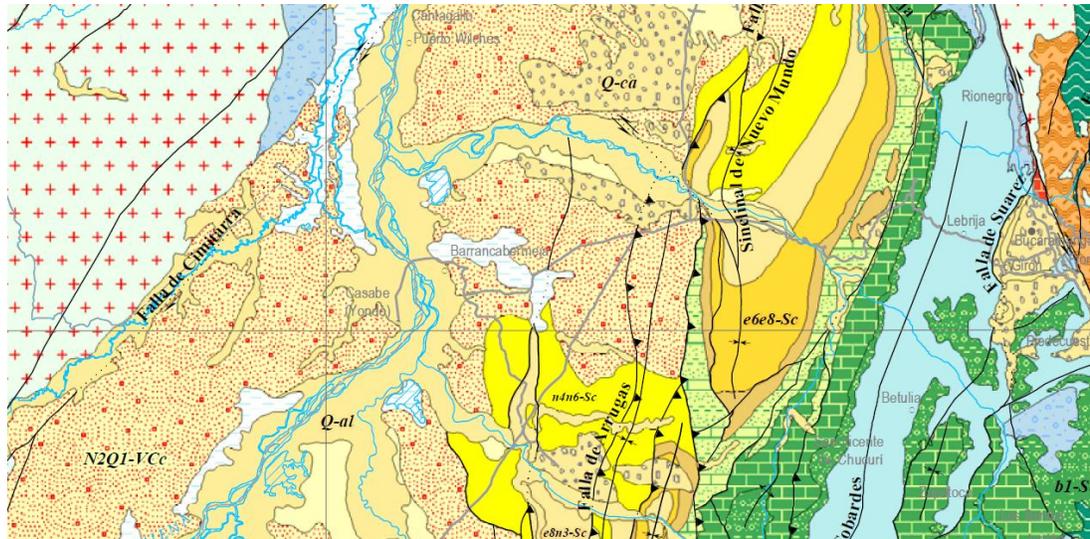


Figura 4. Geología Barrancabermeja

Fuente: http://www.ingeminas.gov.co/getattachment/Geologia/Mapa-geologico-de-Colombia/MGC_2007_1000K_300dpi.pdf.aspx

Barrancabermeja cuenta con una geología mixta como se puede apreciar en la Figura 4. Allí se observa que en el terreno del Municipio se hallan depósitos y llanuras aluviales (Q-al), arenitas feldespáticas y líticas, arcillolitas y conglomerados con abundantes líticos de andesitas y dacitas (N2Q1-VCc), depósitos paludales (Q2-l), y abanicos aluviales y depósitos coluviales (Q-ca).

Depósitos aluviales: Depósitos de arenisca y grava debidos al agua fluyente, que hace que un terreno sea inestable e inseguro para la cimentación.

Llanuras aluviales: es la parte orográfica que contiene un cauce y que puede ser inundada ante una eventual crecida de las aguas de éste.

Depósitos paludales: acumulación de material depositado en un pantano o marjal; estos depósitos normalmente están formados por limos y arenas finas con abundante materia orgánica.

Abanicos aluviales: accidente geográfico formado cuando una corriente de agua que fluye rápidamente entra en una zona más tendida y su velocidad disminuye, extendiéndose su cauce en abanico, en general a la salida de un cañón en una llanura plana.

Depósitos coluviales: acumulación de material transportado y depositado por el agua de escorrentía. Normalmente estos depósitos están formados por arenas y gravas y se encuentran en las laderas y en las vaguadas de las corrientes efímeras.⁶

2.3. SUELOS

El suelo es un recurso natural de gran importancia, como el agua o el aire, ya que está compuesto por partículas minerales, materia orgánica, agua, aire y organismos vivos. Mediante el término suelo se hace referencia a la capa superior de la corteza terrestre sobre la cual desarrolla la vida vegetal y la mayoría de las actividades humanas. Además es un elemento básico en cualquier cadena alimenticia. El suelo es una fuente primordial para todos los seres vivos ya que es participe desde la producción de alimentos, pasando por la crianza de animales y cultivos de diferentes plantas hasta la obtención de agua y minerales, incluso en la explotación de materiales de construcción, entre muchas otras cosas.^{7, 8}

2.3.1. Propiedades de los suelos

- Vulnerabilidad: Representa el grado de sensibilidad (o debilidad) del suelo frente a la agresión de los agentes contaminantes. Este concepto está relacionado con la capacidad de amortiguación. A mayor capacidad de amortiguación, menor vulnerabilidad.
- Poder de amortiguación: El conjunto de las propiedades físicas, químicas y biológicas del suelo lo hacen un sistema clave, especialmente importante en los ciclos biogeoquímicos superficiales, en los que actúa como un reactor complejo, capaz de realizar funciones de filtración, descomposición, neutralización, inactivación, almacenamiento, etc.
- Biodisponibilidad: Se entiende la asimilación del contaminante por los organismos, y en consecuencia la posibilidad de causar algún efecto, negativo o positivo.

⁶ HOYOS, Fabian. En línea: http://www.fabianhoyos.com/pdfs/Geotecnia_DiccionarioBasico/Diccionario%20D.pdf. Consultado en 3 de Agosto de 2012.

⁷ GARCÍA VILLANUEVA, Luis Antonio (Abril 2010). Revista virtual pro procesos industriales. Suelos contaminados. En línea: http://www.revistavirtualpro.com/files/ED_201004.pdf. Consultado en 31 de Julio de 2012.

⁸ FRERS, Cristian (14 de Diciembre de 2008). EcoLaMancha. La contaminación de los suelos. En línea: http://www.ecolamancha.org/index.php?option=com_content&view=article&id=638:-la-contaminacion-de-los-suelos&catid=40:contaminacion&Itemid=63. Consultado en 31 de Agosto de 2012.

- Movilidad: Se regulará la distribución del contaminante y por tanto su posible transporte a otros sistemas.
- Persistencia: Se regulará el periodo de actividad de la sustancia y por tanto es otra medida de su peligrosidad.
- Carga crítica: Representa la cantidad máxima de un determinado componente que puede ser aportado a un suelo sin que se produzcan efectos nocivos.⁹

2.3.2. Suelos contaminados

Los suelos tienen la habilidad de degradar o inmovilizar los contaminantes, por esto se puede catalogar al suelo como un sistema depurador. Este tiene una característica importante llamada amortiguación, la cual es la capacidad de inactivar los efectos negativos que puedan tener lugar por los contaminantes. Sin embargo la amortiguación de un suelo no es ilimitada, cuando el nivel de contaminación es muy alto y se rompe el equilibrio comienza una gran amenaza para las plantas, animales y seres humanos.

Un suelo se considera contaminado cuando hay presencia de residuos, usualmente metales pesados, los hidrocarburos, los aceites minerales y los pesticidas, hechos por el hombre o cualquier otra alteración al ambiente natural del mismo que generan un impacto negativo lo que conlleva una pérdida total o parcial de la productividad (por pérdida de la fertilidad de los suelos, del proceso de biodegradación y otros procesos vitales para evitar el desgaste del suelo). Aunque los efectos nocivos de los residuos no se perciban a corto plazo, a largo plazo cualquier alteración del suelo o cambio climático podría ocasionar la liberación de los contaminantes almacenados. Presentándose la contaminación de zonas cercanas como lo son las fuentes hídricas, superficiales o subterráneas, y más extensión de suelo. Cuando el suelo sufre los cambios mencionados pasa de actuar como un sistema protector a ser una causa de problemas para el agua, la atmósfera y los organismos. El daño a los suelos está directamente relacionado con el grado de industrialización e intensidad del uso de químicos.^{10, 11, 12}

⁹ CROSARA, Alicia. El suelo y los problemas ambientales. En línea: <http://edafologia.fcien.edu.uy/archivos/Suelos%20y%20problemas%20ambientales.pdf>. Consultado en 4 de Agosto de 2012.

¹⁰ GARCÍA VILLANUEVA, Luis Antonio (Abril 2010). Revista virtual pro procesos industriales. Suelos contaminados. En línea: http://www.revistavirtualpro.com/files/ED_201004.pdf. Consultado en 31 de Julio de 2012.

2.3.3. Causas y problemas de la contaminación

La contaminación del suelo se puede dar de diversas formas y por distintas actividades:

- Residuos líquidos: Debido a su rápida y fácil movilidad por el suelo y el agua su esparcimiento puede llegar a abarcar grandes extensiones, lo que genera gran dificultad en su control.
- Emisiones de polvo o gases: Al igual que los residuos líquidos su expansión es rápida, fácil y de complejo control ya que su movilidad se lleva acabo en el aire.
- Actividades mineras: Provocan la desaparición del suelo en el área utilizada y la contaminación de zonas aledañas. Su impacto empeora cuando la extracción esta relacionada con metales pesados o radioactivos. La contaminación se ve mayormente influencia por la dispersión generada por el aire.
- Agricultura: Afecta a grandes superficies del suelo y es la principal actividad desarrollada sobre este. La contaminación se produce por el uso que se da al suelo y por los pesticidas, aditivos y fertilizantes.
- Caza: Los metales, principalmente el plomo, utilizados en los cartuchos permanecen en el suelo después de realizar esta actividad.
- Áreas urbanas: Contribuye a la contaminación con la producción de residuos y con la emisión de gases del transporte.¹³

Se han mencionado distintas fuentes de contaminación, sin embargo no se ha tocado el tema de una de las actividades de mayor impacto en lo relacionado con la alteración y contaminación del medio ambiente, en especial el suelo. La actividad petrolera presenta un alto porcentaje en cuanto a la culpabilidad de contaminación.

¹¹ SABROSO GONZALEZ, María del Carmen y PASTOR EIXARCH, Ana (2004). Guía sobre suelos contaminados. En línea: http://www.conectapyme.com/files/medio/guia_suelos_contaminados.pdf. Consultado en 1 Agosto de 2012.

¹² FRERS, Cristian (14 de Diciembre de 2008). EcoLaMancha. La contaminación de los suelos. En línea: http://www.ecolamancha.org/index.php?option=com_content&view=article&id=638:-la-contaminacion-de-los-suelos&catid=40:contaminacion&Itemid=63. Consultado en 31 de Agosto de 2012.

¹³ CROSARA, Alicia. El suelo y los problemas ambientales. En línea: <http://edafologia.fcien.edu.uy/archivos/Suelos%20y%20problemas%20ambientales.pdf>. Consultado en 4 de Agosto de 2012.

2.3.4 Actividades petroleras generadoras de contaminación

La industria petrolera es una de las mayores causantes de contaminación del suelo, ya que en cada una de sus etapas de desarrollo presenta una alta probabilidad de afectación al suelo:

- Operación sísmica: Es usualmente necesaria para la etapa de exploración. Consiste en abrir huecos, donde se insertan las cargas de dinamita con el fin de detonarlas y así poder tomar una medida de las ondas de resonancia. Las mediciones brindan información de algún posible yacimiento de petróleo. Las detonaciones toman lugar en terrenos extensos donde posteriormente se utiliza una pequeña parte para hacer exploración del mineral. Esta operación altera el medioambiente, ya que todos esos hoyos podrán retener, accidentalmente, sustancias ajenas al medioambiente.
- La fase exploración: En este punto del proceso se emplean lodos químicos (muy contaminantes) para permitir que los taladros alcancen una profunda penetración. Además, se producen otros lodos que contienen metales pesados y tóxicos (cadmio, cobre, arsénico, mercurio y plomo). También se crean depósitos, llamados piscinas, para allí verter aguas ácidas junto con los lodos mencionados; aumentando el grado de contaminación.
- La fase de extracción: Esta etapa inicia cuando en algún pozo de exploración se llega a un depósito de petróleo. Ya sea en tierra o agua, esta fase presenta mayores riesgos de accidentes en cuanto a gases tóxicos, aguas ácidas y almacenamientos de crudo.
- El transporte: esta parte del procedimiento requiere de mucho cuidado ya que desde que se comenzó con el transporte de grandes cantidades de este mineral, se han derramado millones de barriles afectando selvas, fuentes hídricas, suelos, animales, etc. El efecto del derramamiento de petróleo perdura por muchos años.
- Durante todas las etapas mencionadas se hace una compactación al suelo por parte de las distintas máquinas utilizadas. Esto causa desaparición de la vegetación y erosión de la zona. También sufren los microorganismos y animales, en especial los más débiles, ya que pueden llegar a afrontar su desaparición.
- Lodos de perforación de tipo inversa y recortes: Contienen un aceite semejante al diesel en concentraciones, aproximadas, del 10%, además de ser arcilloso. Este componente se coloca en presas; construcciones que

antes eran hechas con materiales permeables, permitiendo la filtración de los hidrocarburos al medio ambiente.

- Tuberías corroídas: En Colombia existen campos petroleros, con conexiones entre si y/o con otros puntos importantes en el proceso de producción y transporte, con una edad aproximada de 50 años, los cuales están ubicados en zonas pantanosas, manglares u otras selvas inundables. Las conexiones se hacen por medio de oleoductos y poliductos; que presentan corrosión, debido a las bacterias reductoras de sulfato, por ende desencadenando derramamientos. Las zonas que causan mayor preocupación, son las cercanas a fuentes hídricas ya que el suelo presente tiene una alta permeabilidad.
- Desechos aceitosos semisólidos: Se depositan en pozos no productores, debido a que no fueron diseñados para el almacenamiento, cuando no queda mas espacio en el pozo y se sigue depositando se generan derramamientos y por lo tanto infiltraciones de las sustancias en los alrededores.¹⁴

Sin embargo la industria petrolera no es la única culpable de la contaminación del medioambiente por hidrocarburos. Esta profanación a la naturaleza también ocurre debido a los actos violentos, de los cuales Colombia ha sido victima desde hace varios años:

- Hurto: Cuando los terceros que acometen el hecho punible no tienen por motivo nada distinto que obtener un lucro con el crudo que extraen de la tubería.
- Acto terrorista: Es aquel que se atribuye por lo general a grupos u organizaciones armadas que enarbolando un carácter político acometen el daño con le interés de desestabilizar.¹⁵

2.4. HIDROCARBUROS

Los hidrocarburos son compuestos químicos orgánicos que surgen de la combinación de átomos de carbono e hidrógeno. El carbono cuenta con una

¹⁴ TORRES DELGADO, Katerine y ZULUAGA MONTOYA, Tatiana (2009). Biorremediación de suelos contaminados por hidrocarburos. En línea: http://www.bdigital.unal.edu.co/815/1/32242005_2009.pdf. Consultado en 5 de Agosto de 2012.

¹⁵ TORRES DELGADO, Katerine y ZULUAGA MONTOYA, Tatiana (2009). Biorremediación de suelos contaminados por hidrocarburos. En línea: http://www.bdigital.unal.edu.co/815/1/32242005_2009.pdf. Consultado en 5 de Agosto de 2012.

armazón estructural a la cual se acopla el hidrogeno, mediante uniones lineales, abiertas o ramificadas.

Este compuesto se encuentra de manera líquida, recibiendo el nombre de petróleo, y en estado gaseoso, llamado gas natural. Los hidrocarburos representan gran parte de la economía mundial ya que es materia prima tanto para los combustibles fósiles como para otro tipo de productos como los plásticos, lubricantes y ceras, entre otros.

2.4.1. Clasificación de los hidrocarburos

Los hidrocarburos se dividen en dos grandes grupos: Aromáticos y alifáticos, presentando este último una serie de subdivisiones.

- Aromáticos: Son aquellos en los que en su estructura tienen por lo menos un anillo aromático. Conforman un grupo especial de compuestos cíclicos que contienen en general anillos de seis carbonos en los cuales alternan enlaces sencillos y dobles.

- Alifáticos: Conocidos también con el nombre de acíclicos. Se forman por cadenas de átomos de carbono en las que no hay estructuras cíclicas. Estos se subdividen en cadenas abiertas y cadenas cerradas.
 - Dentro de los de cadena abierta se encuentran:
 - Hidrocarburos saturados: Se encuentran los alcanos, moléculas unidas mediante enlaces de tipo simple.
 - Hidrocarburos insaturados: Se encuentran los alquenos, moléculas unidas mediante enlaces de tipo doble, y los alquinos, moléculas que presentan enlace triple.

 - Dentro de los de cadena cerrada se encuentran:
 - Hidrocarburos saturados: Se encuentran los cicloalcanos, también conocidos con el nombre de alcanos cíclicos, presentan una estructura de carbono formada por átomos de carbono unidos entre sí por enlaces simples, formando un anillo.
 - Hidrocarburos insaturados: Se encuentran los cicloalquenos, que son hidrocarburos que en su estructura tienen como mínimo un enlace de

tipo doble covalente, y los cicloalquinos, que son hidrocarburos cíclicos que tienen presente en su estructura enlaces de tipo triple.¹⁶

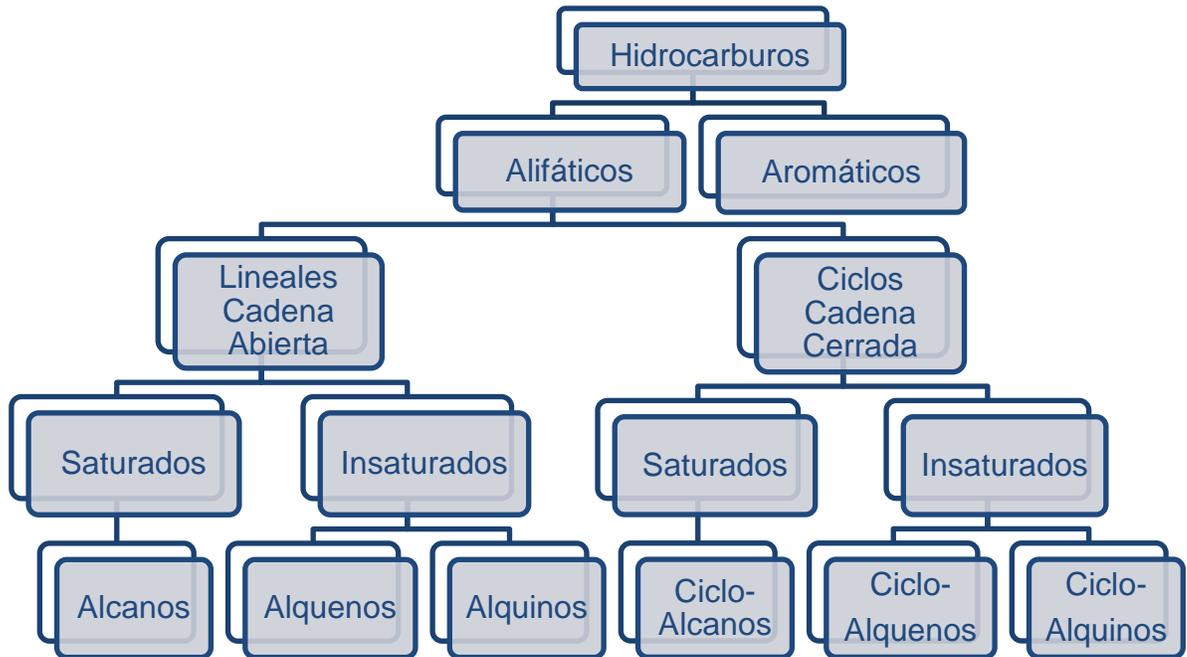


Figura 5. Clasificación hidrocarburos
Fuente: Propia

El terreno donde se trabajó fue por mucho tiempo el AREA DE TRATAMIENTO BIOLÓGICO LA GRB (ATB). En ella se realizaban tratamientos de centrifugado y LAN FARMING, el centrifugado se utilizaba para extraer la mayor cantidad de hidrocarburo (HC) en los lodos residuales, el agua retornaba al proceso a través de bombeo y los lodos con bajo HC se trataban en la zona con el proceso que ya mencionó que consiste básicamente en aplicar cal viva, nutrientes T15, y ECOBIOL, una bacteria creada por el ICP para tratar lodos residuales.

La descontaminación del área consistió en acabar un inventario de lodo residual de aproximadamente 35.000 metros cúbicos, los cuales se encontraban almacenados en piscinas construidas con geo membranas y geo textil, este proceso había comenzado a implementarse desde hace, aproximadamente, 12 años, la descontaminación realizada, fue superficial, no se profundizó, ya que los costos del tratamiento no lo permitían, sin embargo, con el proyecto llamado PMAR (plan de manejo ambiental de la refinería) se estable la remediación total

¹⁶ La guía de química. Clasificación de los hidrocarburos. En línea: <http://quimica.laguia2000.com/enlaces-quimicos/clasificacion-de-los-hidrocarburos>. Consultado en 5 de Agosto de 2012.

de la zona antes de diciembre de 2014, o sea eliminar el pasivo que se genero producto del tratamiento continuo durante los años anteriores (ver figura 6).

Los resultados obtenidos fueron buenos, pero no lo suficientemente efectivos como para asegurar la zona, en las pistas que se dejaron se encontraron hidrocarburos totales de petróleos (TPH) finales de hasta 9 partes por millón (PPM) de HC y la autoridad ambiental establece que para que una zona quede totalmente remediada, su TPH debe estar por debajo de 1 PPM.

Para lograr la total remediación de la zona, no se utilizará mas la tecnología LAN FARMING ya que a pesar de ser la mas económica del mercado no es la mas efectiva, se utilizará desorción térmica.



Figura 6. Piscina de lodos residuales
Fuente: Propia

2.5. PERMEABILIDAD

Por permeabilidad se hace referencia a la propiedad de un material, en este caso el suelo, de permitir que un líquido lo atreviese sin afectar su estructura interna. Se presentan dos casos: El de permeabilidad, cuando pasa a través del cuerpo una cantidad de fluido considerable en un tiempo determinado, y el de impermeabilidad, cuando la cantidad de fluido que pasa se puede despreciar.

Para que un material sea considerado como permeable, debe contener poros para así permitir la absorción del fluido. Además, estos vacíos deben estar interconectados con el fin de permitir que el fluido atreviese el material.¹⁷

¹⁷ En línea: ftp://ftp.fao.org/fi/CDrom/FAO_Training/FAO_Training/General/x6706s/x6706s09.htm. Consultado en 3 de Agosto de 2012.

2.5.1. Métodos para determinación de permeabilidad

2.5.1.1. Métodos indirectos

La finalidad de estos ensayos es determinar otros parámetros del suelo cuando no se posible la ejecución de algún método directo o a manera de verificación. Con estos métodos se encuentra el valor del coeficiente de permeabilidad partiendo de la curva granulométrica, límites líquido y plástico, e índice de plasticidad, entre otros.

- Análisis granulométrico (INV 123)

Es recomendable llevar acabo este procedimiento dividiéndolo en dos partes. La primera, el análisis de las partículas gruesas (fracción retenida en el tamiz N°10 (2 mm)) y posteriormente las partículas finas (fracción que pasa el tamiz N°10)

Para el análisis de la primera parte se emplea la siguiente secuencia de tamices: 75 mm (3"), 50 mm (2"), 37.5 mm (1 ½"), 25.0 mm (1"), 19.0 mm (¾"), 9.5 mm (3/8"), 4.75 mm (No.4) y 2.00 mm (No.10).

Se puede hacer mediante de dos maneras: Usando la tamizadora mecánica o manualmente. Para el primero se arma la secuencia de tamices en el respectivo orden, se acomodan en la maquina y se activa durante 10 minutos. En la operación manual se sacuden los tamices con movimientos laterales y verticales, acompañados de vibraciones y desplazamientos circulares de manera que la muestra esta en continuo movimiento sobre las mallas. Al desmontar los tamices se hace una comprobación, para saber que la prueba termino correctamente, consiste en sacudir durante un minuto cada uno de los tamices y no debe pasar mas del 1% de las partículas retenidas. Si se observan partículas incrustadas en la malla, se retiran con un pincel o cepillo y se toman como retenidas. Al culminar el tamizado se debe determinar la masa retenida en cada tamiz y la suma de todas las masas no presentar una diferencia mayor al 1% con respecto a la masa inicial.

Para la segunda parte del ensayo la fracción retenida por el tamiz 75 µm (No.200), requiere de un lavado previo sobre este mismo tamiz. Primero se coloca la muestra en un recipiente, se cubre con agua y se deja en remojo, hasta que los terrones se ablanden. A continuación se lava la muestra sobre el tamiz N°200 utilizando abundante agua pero teniendo cuidado de no frotarla la muestra contra la malla y evitando que se pierdan partículas retenidas. Se recoge lo retenido en un recipiente y se lleva al horno, para su secado a una

temperatura de 110 ± 5 °C y se pesa. Luego de estar seco se tamiza repitiendo el mismo procedimiento de la primera parte.

Cálculos

Porcentaje de material que pasa por el tamiz 75 μm (No.200):

$$\% \text{ Pasa } 75 \mu\text{m} = \frac{\text{Masa total} - \text{Masa retenida en el tamiz de } 75 \mu\text{m}}{\text{Masa total}}$$

Porcentaje retenido sobre cada tamiz:

$$\% \text{ Retenido} = \frac{\text{Masa retenida en el tamiz}}{\text{Masa total}} * 100$$

Porcentaje más fino, restando en forma acumulativa de 100% los porcentajes retenidos sobre cada tamiz.¹⁸

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

- Limite liquido (INV 125)

Se coloca la muestra en la vasija de evaporación y se mezcla completamente con 15 a 20 ml de agua destilada. El incremento de agua deberá ser de 1 a 3 ml. Cuando la mezcla sea una pasta uniforme de consistencia dura, se procede a colocar una cantidad adecuada de esta, en la cazuela, se comprime y extiende con ayuda de la espátula para nivelarla; debe tener una profundidad de 10 mm en el punto de su máximo espesor.

El suelo excedente se retira cuidadosamente con la espátula y se devuelve al recipiente mezclador. El suelo que se encuentra en la cazuela se divide con ayuda del ranurador, preferiblemente en una pasada en caso que el suelo requiera mas pasadas se pueden hacer un máximo de 6, a lo largo del diámetro y a través de la línea central de la masa del suelo. Se activa la maquina que hace que la capsula suba y baje (golpeando contra la base) a una velocidad de 2 revoluciones por segundo, hasta que, en el fondo, las dos mitades se unan en un largo de aproximadamente 10 mm. Se registra el número de golpes necesarios para cerrar la ranura (si al cerrarse la ranura el

¹⁸ INSTITUTO NACIONAL DE VIAS. Especificaciones técnicas: Análisis granulométrico de suelos por tamizado. INVIAS, 2007. 6 p. (I.N.V. E 123).

número de golpes en menor a 25 se indica que no se puede determinar el límite líquido).

Se extrae una muestra de donde se cerró la ranura del mismo ancho de la espátula, se deposita en un recipiente, se pesa y se lleva al horno para su secado, a una temperatura de $110 \pm 5^\circ\text{C}$. Cuando la muestra este seca se deja enfriar y se pesa nuevamente. La masa que quedo en la capsula se devuelve a la vasija. La cazuela, el ranurador y la espátula se lavan para avanzar con el ensayo. Se repite el procedimiento 3 veces mas con el suelo restante en la vasija de porcelana, al cual se le modifica su estado de fluidez. El objetivo es obtener 4 determinaciones del numero de golpes necesarios para cerrar la ranura; 2 deben estar por debajo de los 25 golpes y 2 por encima de este mismo valor. Cada determinación debe distar una de la otra por lo menos 5 golpes. El número de golpes no debe estar por debajo de 15 ni exceder los 40.

Cálculos

El contenido de humedad del suelo, como porcentaje de la masa del suelo secado en el horno:

$$\text{Contenido de humedad} = \frac{\text{Masa del agua}}{\text{Masa del suelo secado al horno}} * 100$$

La curva de fluidez, donde se relacionan el contenido de humedad y el correspondiente número de golpes de la cazuela de bronce, se dibuja en un grafico semilogarítmico, con el contenido de humedad como abscisa sobre la escala aritmética y el número de golpes como ordenada sobre la escala logarítmica. La curva de flujo es una línea recta promedia que pasa tan cerca, como se posible, de los cuatro puntos dibujados.

El contenido de humedad corresponde a la intersección de la curva de flujo con la ordenada de 25 golpes. Se aproxima al número entero más cercano.¹⁹

- Límite líquido e índice de plasticidad (INV 126)

Este procedimiento se relaciona con el ensayo del límite líquido. De la mezcla preparada en el anterior ensayo se extrae una muestra de 1.5 g de masa de suelo con la cual se debe formar una esfera. Se toma la masa de 1.5 g y se rueda suelo entre la palma de la mano o los dedos y un el plato de vidrio esmerilado con solo la presión necesaria para formar un rollo de diámetro

¹⁹ INSTITUTO NACIONAL DE VIAS. Especificaciones técnicas: Determinación del límite líquido de los suelos. INVIAS, 2007. 13 p. (I.N.V. E 125).

uniforme. El diámetro del rollo debe disminuir con cada rotación, hasta que alcance los 3 mm, en un tiempo no mayor a los 2 minutos. Cuando el diámetro del rollo sea el ideal, se divide en 6 u 8 trozos. Se juntan con las manos para formar de nuevo una forma elipsoidal y volver a enrollar. Este proceso de partir, juntar y enrollar se repite hasta que el rollo de 3 mm de diámetro se desmorone bajo la presión requerida para el enrollamiento y el suelo no pueda ser rotado para formar el rollo. Se unen las porciones de suelo desmoronado y se colocan en un recipiente previamente pesado, para luego llevarlo al horno. Después del secado se deja enfriar y se pesa.

Cálculos

El límite plástico, expresado como el contenido de agua en porcentaje de la masa de suelo seca al horno:

$$LP = \frac{\text{Masa de agua}}{\text{Masa de suelo seco al horno}} * 100$$

El índice de plasticidad (IP) de un suelo es la diferencia entre su límite líquido y su límite plástico.

$$IP = \text{Limite liquido} - \text{Limite plastico}$$

Cuando el límite líquido o el límite plástico no se puedan determinar, el Índice de Plasticidad se informará con la abreviatura NP (No plástico). Así mismo, cuando el límite plástico resulte igual o mayor que el límite líquido, el índice de plasticidad se informará como NP (No plástico).²⁰

2.5.1.2. Métodos directos

Estos métodos son empleados para hallar el coeficiente de permeabilidad. Se dividen en ensayos de laboratorio y ensayos de campo.

Ensayos de laboratorio:

- Prueba de carga constante (INV 130)

La prueba de carga constante se usa para determinar coeficientes de permeabilidad (k) de suelo de granos gruesos tales como gravas y arenas con

²⁰ INSTITUTO NACIONAL DE VIAS. Especificaciones técnicas: Límite plástico e índice de plasticidad de los suelos. INVIAS, 2007. 7 p. (I.N.V. E 126).

valores de k mayores de 10^{-2} cm/s. El aparato usado que se muestra en la figura 7, recibe el nombre de permeámetro de carga constante.

La muestra de suelo se introduce en un cilindro de plástico transparente de metacrilato de metilo con filtros de malla de alambre y grava por encima y por debajo. En la pared lateral del cilindro existen varios puntos de conexión de manómetros para tomar diferentes lecturas de pares de cargas de presión (en el diagrama solo se muestra uno de estos pares). El agua que fluye a través de la muestra proviene de un tanque o depósito diseñado para mantener una carga constante, y la cantidad de agua se mide pesando el recipiente recolector.

Puesto que la presencia de burbujas de aire puede afectar mucho los resultados, es imperativo asegurarse de que el aire se haya eliminado del sistema en la medida de lo posible. Esto se lleva a cabo, por una parte, suministrando agua desaireada al tanque de carga constante y, por la otra, aplicando un vacío a la muestra antes de iniciar la prueba. La prueba se inicia con las válvulas A y B abiertas y la C cerrada, usándose la válvula A para controlar la velocidad de flujo. El flujo se continúa hasta lograr un estado estable o de flujo establecido, esto es, hasta que los niveles en los tubos de los manómetros sean constantes. Una vez se ha alcanzado el estado estable, se mide la cantidad que fluye durante un tiempo dado y se registran las lecturas de los niveles manométricos. Después se modifica la velocidad de flujo y se repite el procedimiento. Se deben efectuar varias pruebas con velocidades de flujo y carga diferentes para establecer el valor promedio de k .

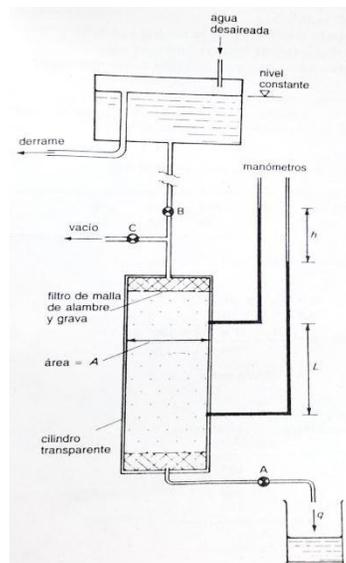


Figura 7. Permeámetro de carga constante.

Fuente: WHITLOW, Roy. Fundamentos de mecánica de suelos, 1994

Para obtener el valor de k se aplica la ley de Darcy.

$$q = kAi$$

$$k = \frac{q}{Ai} = \frac{QL}{Aht} \left[\frac{mm}{s} \right]$$

Q = Cantidad de agua recolectada en el tiempo t s.

A = Área de sección transversal de la muestra (mm^2)

h = Diferencia de niveles de los manómetros (mm)

L = Distancia entre los puntos de conexión de los manómetros (mm)

- Prueba de carga variable

Se usa para suelos que tengan una permeabilidad media o baja como en el caso de los limos y arcillas, los cuales presentan un valor de k entre 10^{-2} y 10^{-5} cm/s.

La prueba de carga variable se usa para determinar el coeficiente de permeabilidad de suelos de grano fino, tales como arenas finas, limos y arcillas. Para estos suelos, el ritmo de flujo de agua que los atraviesa es demasiado pequeño para permitir mediciones precisas con el permeámetro de carga constante. En la figura 5.4 se muestra el permeámetro de carga variable.

En un cilindro de 100 mm de diámetro (generalmente) se introduce una muestra inalterada del suelo; el cilindro puede ser un tubo U100 de muestreo, o bien el tubo cortanucleos que se usa en los ensayos de densidad en campo. Las muestras también pueden prepararse por compactación en un molde estándar. Los extremos superior e inferior de la muestra se protegen con un filtro de malla de alambre y grava. La base del cilindro queda sumergida en un recipiente con agua que cuenta con un vertedor de nivel constante, y el extremo superior se conecta a un tubo piezométrico abierto de diámetro conocido.

La prueba se lleva a cabo llenando la columna con agua desaireada y permitiendo que se produzca la infiltración a través de la muestra. Se registra la altura de agua en la columna a diferentes tiempos durante la prueba, y esta se repite con tubos piezométricos de diferente diámetro. Después de calcular los resultados se determina el valor k . Por lo general se reportan también los pesos unitarios inicial y final y el contenido de humedad de la muestra.

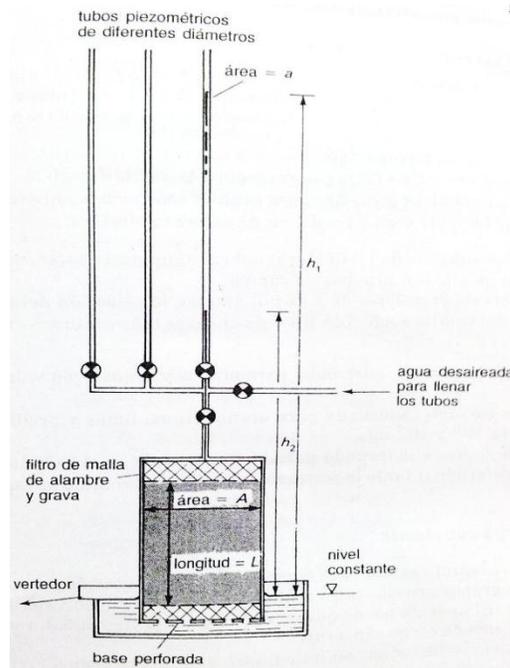


Figura 8. Permeámetro de carga variable

Fuente: WHITLOW, Roy. Fundamentos de mecánica de suelos, 1994.

Partiendo de la ley de Darcy $q = kAi = kA \frac{h}{L}$

Por otra parte, en un tiempo dt la altura de agua en el tubo habrá variado dh y por tanto el caudal que haya circulado en ese tiempo será:

$$q = -a \frac{dh}{dt}$$

Igualando ambas ecuaciones y operando convenientemente llegamos a:²¹

$$k = \frac{2.3aL \log_{10}\left(\frac{h_1}{h_2}\right)}{A(t_2 - t_1)}$$

²¹ WHITLOW, Roy. Fundamentos de mecánica de suelos. Cuernavaca.: Editorial continental S.A., 1994. 583p.

Ensayos de campo:

- Prueba Lugeon:

Esta prueba consiste principalmente en inyectar agua a presión en tramos de perforación, lo cual tiene por objeto tener una idea aproximada de la permeabilidad, o sea la debida a las fisuras de la roca o del material granular cementado estudiado. Se varía la longitud de los tramos probados, así como la presión a la que se inyecta el agua. La llamada unidad Lugeon corresponde a una absorción de 1 litro de agua por minuto, por metro de sondeo, con una presión de inyección de 10kg/cm^2 .

En la práctica, consiste en obtener, para distintos tramos, curvas de gastos de absorción en función de la presión de inyección. La longitud de los tramos de perforación en los que se realiza la prueba debe adaptarse a la naturaleza del terreno.

Procedimiento

Verificación del sello: La colocación de los empaques en la perforación, con objeto de sellar el tramo por probar, puede resultar muy delicada. Para apreciar la calidad del sello, se inyecta agua y se observa si sube por la perforación. Si el agua sube, esto puede deberse a dos causas: La primera, la perforación no es regular y el empaque no ajusta. La segunda, el terreno está muy fisurado y se establece un cortocircuito alrededor del empaque. En el primer caso es necesario desplazar el empaque algunos cm., y en ocasiones algunos metros, hasta poderlo ajustar perfectamente o aumentar la longitud del empaque para lograr un mejor sello. En el segundo, resulta difícil la realización de la prueba, y se debe pensar en efectuar otro tipo de ensaye (Lefranc en material saturado, Matsuo o Nasberg en caso contrario). El esquema general se muestra en la figura 3.

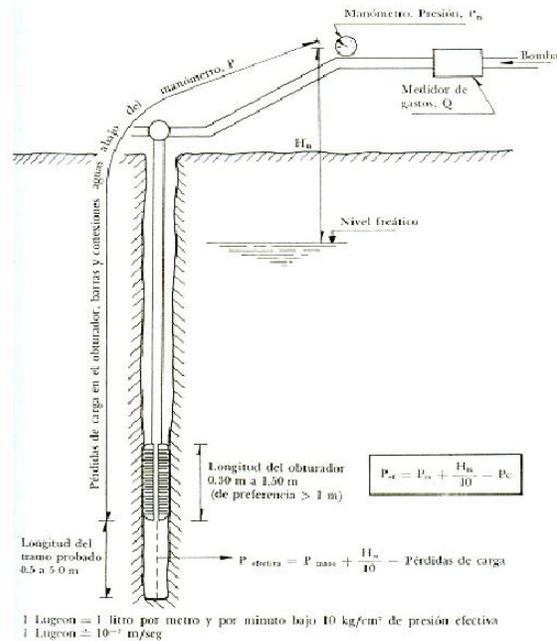


Figura 9. Montaje en campo de la prueba Lugeon.

Fuente: <http://es.scribd.com/doc/48103987/RESUMEN-PERMEABILIDAD-EN-CAMPO>

Verificado el sello, se anotan los datos correspondientes al tramo probado: profundidad del nivel freático, profundidad y longitud del tramo probado, y diámetro y longitud de la tubería de inyección. Primer incremento de presión de inyección, se observa el gasto correspondiente, y se espera de 5 a 10 min., a que se estabilice. Se anotan los valores del gasto y de la presión correspondiente.

Se repite el paso anterior hasta llegar a una presión máxima de 10 Kg/cm², y se procede, entonces, a aplicar decrementos de presión, anotando asimismo los valores de presión y del gasto corriente. La secuencia de presiones aplicadas puede ser, por ejemplo, de 1, 2, 4, 6, 8, 10, 8, 6, 4, 2, 1kg/cm². Es conveniente trazar el diagrama de gasto-presión conforme progresa la prueba para ir observando las particularidades de la prueba obtenida. La presión considerada debe ser la presión efectiva P , en la zona de prueba y obtenerse a partir de la presión leída en la superficie, P_m , tomando en cuenta las pérdidas de carga en la tubería y en el obturador, P_c , así como la profundidad del nivel freático con respecto al plano de lectura del manómetro, H_m .

Resulta delicado valorar P_c , sobre todo en lo referente a pérdidas de carga en tuberías pueden calcularse con nomogramas adecuados, tomando en cuenta el material. Ya por último se calcula el valor de la absorción, en unidades

Lugeon, dividiendo el gasto correspondiente a una presión de 10 kg/cm², expresado en lt/min, entre la longitud de la zona probada, expresada en metros.

- Prueba Lefranc Mandel

Esta prueba tiene el objeto de medir con cierta precisión el coeficiente de permeabilidad en algún punto de un terreno aluvial, o de una roca muy fisurada cuando existe un manto freático que satura el material. La prueba consiste en inyectar agua en una cavidad del terreno, de forma geométrica definida, situada debajo del nivel freático, con una carga pequeña constante de agua. La medida del gasto y de la carga que lo origina permite calcular el coeficiente de permeabilidad, K, en la vecindad de la cavidad con muy buena aproximación.

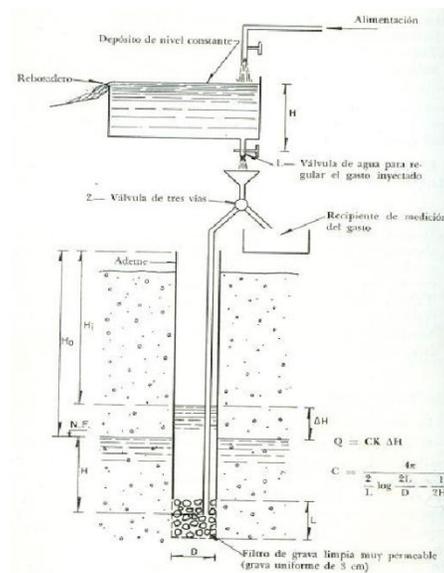


Figura 10. Montaje en campo de la prueba Lefranc Mandel
Fuente: <http://es.scribd.com/doc/48103987/RESUMEN-PERMEABILIDAD-EN-CAMPO>

Procedimiento.

Se realiza una perforación hasta la profundidad deseada, estabilizando las paredes mediante un ademe, el cual se rellena con grava limpia de muy alta permeabilidad sobre una longitud igual a la deseada para la prueba, por lo general un metro. A continuación se levanta el ademe un metro, quedando la perforación lista para realizar la prueba. Se mide la profundidad del nivel freático, H₀, respecto a la parte superior del ademe, repitiendo esta medición a distintos tiempos para asegurarse de que este nivel se ha estabilizado. Se

pone en marcha la bomba que alimenta el recipiente elevado con rebosadero. Al derramar el agua del recipiente se abre la válvula 1 (figura 9) con la válvula 2 conectada a la perforación. El agua que se derrama debe canalizarse hasta cierta distancia del punto de medición, o formar un circuito cerrado con el agua bombeada para no perturbar la prueba.

Se mide la variación con el tiempo del nivel de agua, h , en la perforación, respecto a la parte superior del ademe. Cuando dicho nivel queda estabilizado durante 10 min, se anota el valor correspondiente H_j . Se conecta la válvula 2 con el recipiente de volumen conocido, se mide y se anota el tiempo, T , necesario para llenarlo. Se repite la prueba, en el mismo punto, variando los gastos inyectados y midiendo los respectivos niveles estabilizados de agua en la perforación.

- Prueba de bombeo

Para estimar la permeabilidad de un manto potente de material permeable, del que es difícil obtener muestras inalteradas, es recomendable recurrir a una prueba de bombeo, la cual se lleva a cabo perforando un pozo central de bombeo con ademe ranurado y, en forma concéntrica, una serie de pozos de observación, donde se colocan ademes ranurados para observar directamente la superficie libre del cono de abatimiento creado por el bombeo (manto homogéneo) o piezómetros, con el objeto de conocer las presiones de agua en toda la zona afectada (manto heterogéneo)(figura 6). La interpretación de la prueba y, en particular, el cálculo del coeficiente de permeabilidad del medio supuesto homogéneo pueden hacerse por medio de las fórmulas de Dupuit-Thiem o Theis-Lubin, que se aplican a escurrimientos en régimen permanente y transitorio, respectivamente. Ambos métodos suponen que el pozo de bombeo abarca la totalidad del manto permeable, sin embargo, la prueba puede realizarse, sin incurrir en grave error, con un pozo que cubra solo parcialmente el manto.

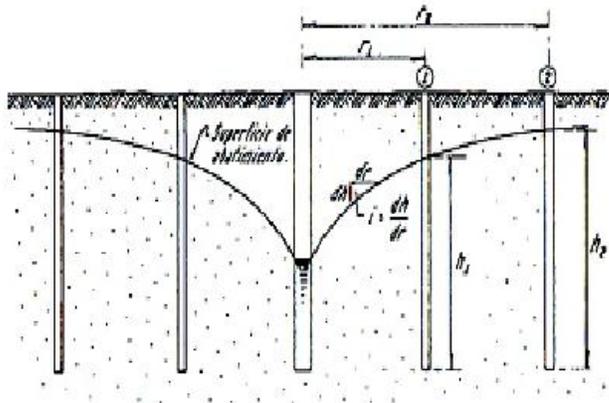


Figura 11. Diagrama de prueba de bombeo
 Fuente: <http://es.scribd.com/doc/48103987/RESUMEN-PERMEABILIDAD-EN-CAMPO>

Instalado el equipo en la zona de interés, se empieza a bombear con un valor de gasto prefijado después de haber anotado los niveles iniciales de agua en los pozos de observación o piezómetros. Durante los primeros momentos de bombeo, es necesario tomar lecturas continuas de los niveles con objeto de disponer de datos suficientes durante la etapa de flujo transitorio. Aumentando con el tiempo el intervalo de tiempo entre mediciones. En caso de querer interpretar los datos con base en teoría de Dupuit, es necesario esperar, manteniendo el gasto de bombeo constante, a que el flujo de agua sea permanente, lo cual significa que los niveles de la superficie de escurrimiento alrededor del pozo de bombeo se mantengan constantes. Habiendo alcanzado este estado, se suspende el bombeo, y se observa la recuperación de los niveles de la superficie de escurrimiento. En la misma forma que durante el inicio del bombeo, se toman lecturas continuas de dichos niveles durante la etapa transitoria. Habiéndose recuperado totalmente el nivel de agua alrededor del pozo de bombeo, se vuelve a bombear agua, pero con un valor del gasto diferente al inicial.

- Pozos de absorción

Esta prueba se realiza en materiales no saturados. Con base en el estudio de Nasberg sobre escurrimiento en el suelo seco, a partir de una fuente situada en la masa, Terlertskata ha obtenido una fórmula semi-empírica la cual relaciona el gasto de absorción, q , en un pozo, bajo tirante de agua constante, h , con el coeficiente de permeabilidad del terreno (figura 11).

Donde d es el diámetro de la perforación bajo la condición $25 < \frac{h}{d} < 10$

$$K = \frac{0.423}{n^2} \log \frac{4n}{d}$$

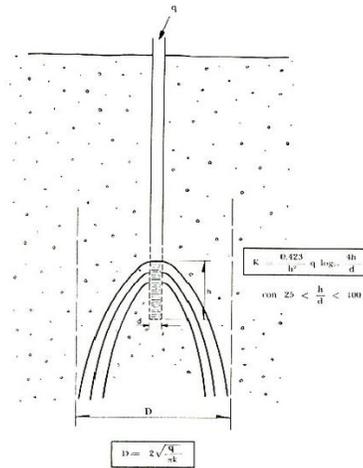


Figura 12. Diagrama prueba de pozos de absorción

Fuente: <http://es.scribd.com/doc/48103987/RESUMEN-PERMEABILIDAD-EN-CAMPO>

- Pruebas Matsu Akai

Han propuesto un método para medir la permeabilidad de un suelo seco, de la siguiente forma: En una zanja de longitud infinita y de ancho B , en la cual se mantuviera un tirante de agua, H , se obtendrían las siguientes fórmulas para el escurrimiento plano provocado, con gasto q por unidad de longitud:

$$B = \frac{q}{k} - 2H \text{ cuando el estrato impermeable fuera muy profundo.}$$

$$B = \frac{q}{k} 2H \text{ cuando quedara cerca del fondo de la zanja.}$$

La prueba consiste en excavar una zanja rectangular y medir el gasto de agua necesario para mantener el nivel constante; posteriormente, la zanja se alarga, y nuevamente se mide dicho gasto. La diferencia entre ambos es el gasto de absorción del terreno para la longitud complementaria de zanja. De esta forma se elimina el efecto de los extremos. Las fórmulas anteriores permiten determinar el valor del coeficiente de permeabilidad, K .²²

- Pozos de filtración

Después de ubicar en el terreno los sitios de estudio, se nivela la superficie de suelo y se coloca el molde de madera.

²² HERNÁNDEZ VIZCARRA, Francisco (2010). Pruebas de permeabilidad (resumen). En línea: <http://es.scribd.com/doc/48103987/RESUMEN-PERMEABILIDAD-EN-CAMPO>. Consultado en 7 de Agosto de 2012.



Figura 13. Colocación del molde después de nivelar el terreno
Fuente: Propia

Se procede a realizar la abertura del hoyo, con ayuda de un cincel y una porra, y se pule la superficie del hueco con una espátula pequeña, éste hueco será del mismo diámetro del molde y una altura de más o menos de 10 centímetros.



Figura 14. Abertura del hoyo con las herramientas respectivas.
Fuente: Propia

Con la ayuda de una brocha se retiran todas las partículas sueltas presentes. A los lados del hueco se acomodan paralelamente dos bloques de madera sobre los cuales se coloca una guía metálica, donde se toma el punto de referencia para realizar las medidas correspondientes.



Figura 15. Montaje del punto de referencia
Fuente: Propia

Se procede a llenar el hoyo con agua. La lectura inicial se toma cuando el nivel del agua haya alcanzado el borde del agujero. De ahí en adelante se comienzan a tomar medidas cada minuto durante 10 minutos del nivel del agua y de la temperatura.



Figura 16. Lecturas del nivel de agua y temperatura.
Fuente: Propia

Después de la última medida se retira el montaje y se repite el mismo procedimiento en los otros sitios de exploración.

3. METODOLOGIA

A continuación se presenta la metodología llevada a cabo en el proyecto:

- Desplazamiento del personal al Municipio de Barrancabermeja.
- Conseguir permisos respectivos para el ingreso a los predios de la empresa ECOPETROL S.A.
- Traslado hasta el sitio donde se realizó el ensayo de permeabilidad en campo.



Figura 17. Lugar en donde se llevaron a cabo los ensayos de permeabilidad en campo y extracción de muestras.

Fuente: Propia

- El primer día de trabajo se trabajaron 17 ensayos y de igual manera se tomó la extracción de 17 muestras inalteradas.



Figura 18. Primer día de trabajo

Fuente: Propia

- El segundo día se hicieron los 13 ensayos restantes y solo se extrajeron 4 muestras inalteradas, para las 9 faltantes se hizo la extracción de muestras alteradas, debido a la falta de moldes, para así poder remoldearlas en el laboratorio.



Figura 19. Segundo día de trabajo
Fuente: Propia

- Las muestras inalteradas se hacían a una distancia no mayor de 15 cm del hueco abierto para el ensayo de campo.



Figura 20. Distancia entre sitio de ensayo y lugar de extracción de la muestra
Fuente: Propia

- Después de completar la recolección de muestras y ensayos de campo se retornó a la ciudad de Bucaramanga.
- Allí en el campus de la Universidad Pontificia Bolivariana se realizan los ensayos de permeabilidad (cabeza constante o variable), límites líquido y plástico, índice de plasticidad y análisis granulométrico.



Figura 21. Ensayo permeabilidad en laboratorio.
Fuente: Propia

- Posteriormente se vuelve a Barrancabermeja para poder realizar el ensayo de contenido de hidrocarburo a las muestras extraídas.

3.1. Ensayo de contenido de hidrocarburo

El ensayo de contenido de hidrocarburo se describe a continuación:

En una cámara se inserta un rollo de lana de acero N°000, procurando que quede hasta 3/16" por encima de la rosca interna. Se debe usar la cantidad justa de lana de acero con el fin de evitar una ebullición sobre los sólidos dentro del receptáculo de líquido.



Figura 22. Cámara (Hervidor superior)
Fuente: Propia

Con la ayuda de una espátula pequeña limpia se llena el receptáculo de la retorta. Se golpea suavemente el receptáculo por los costados para extraer cualquier aire presente para así proceder a colocar la tapa. Se debe rotar la tapa para un apropiado calce y se debe conseguir que cualquier exceso de fluido salga por el orificio de la tapa. Se debe limpiar el orificio de la tapa de cualquier fluido o solido.



Figura 23. Cámara de retorta
Fuente: Propia

Para evitar la perdida de gases a través de la rosca y facilitar el desarme del equipo es necesario lubricar toda la rosca del recipiente con una capa delgada de aceite.

Con mucho cuidado se ajusta el receptáculo en la cámara de retorta y se conecta el ensamble al condensador. La cámara se une al condensador mediante una rosca, no se debe sobreajustar ya que puede causar daños en el equipo. La cámara de se coloca dentro de la camisa de calentamiento y se cierra la tapa para que quede en condiciones de aislamiento.



Figura 24. Condensador
Fuente: Propia

Debajo del tubo de descarga del condensador se debe ubicar un recipiente limpio y seco para líquido. Se conecta la retorta y se observa el líquido que sale del condensador. Después del apagado del indicador (bombillo), cuando no sale mas liquido, se continúa calentando por 10 minutos más.



Figura 25. Tubo de descarga y bombillo indicador.
Fuente: Propia

Se retira el recipiente donde se recogieron los líquidos y se deja enfriar. Se toman los datos de: Volumen de líquido total, volumen de aceite, volumen de agua (después de dejar enfriar a temperatura ambiente).

Se desconecta la retorta y se deja enfriar para después realizar la limpieza respectiva. No se debe usar agua fría para acelerar el enfriamiento de la cámara.

Cálculos

Los volúmenes medidos (ml) de hidrocarburo y agua son convertidos en porcentajes volumétricos, en base al volumen de lodo que hemos colocado en el receptáculo de la retorta.

$$\% \text{ en volumen aceite} = v_o = \frac{100 * (\text{Volumen de aceite colectado, ml})}{\text{Volumen de Muestra, ml}}$$

$$\% \text{ en volumen agua} = v_w = \frac{100 * (\text{Volumen de agua colectado, ml})}{\text{Volumen de Muestra, ml}}$$

$$\% \text{ en volumen solidos} = v_s = 100 - (v_o - v_w)$$

El porcentaje volumétrico de solidos incluye tanto los solidos suspendidos (material densificante, etc.) como los solidos disueltos (por ej. Sales solubles).

4. RESULTADOS

4.1. LABORATORIO

En siguiente tabla se muestran los resultados obtenidos en cada uno de los ensayos realizados a cada una de las muestras.

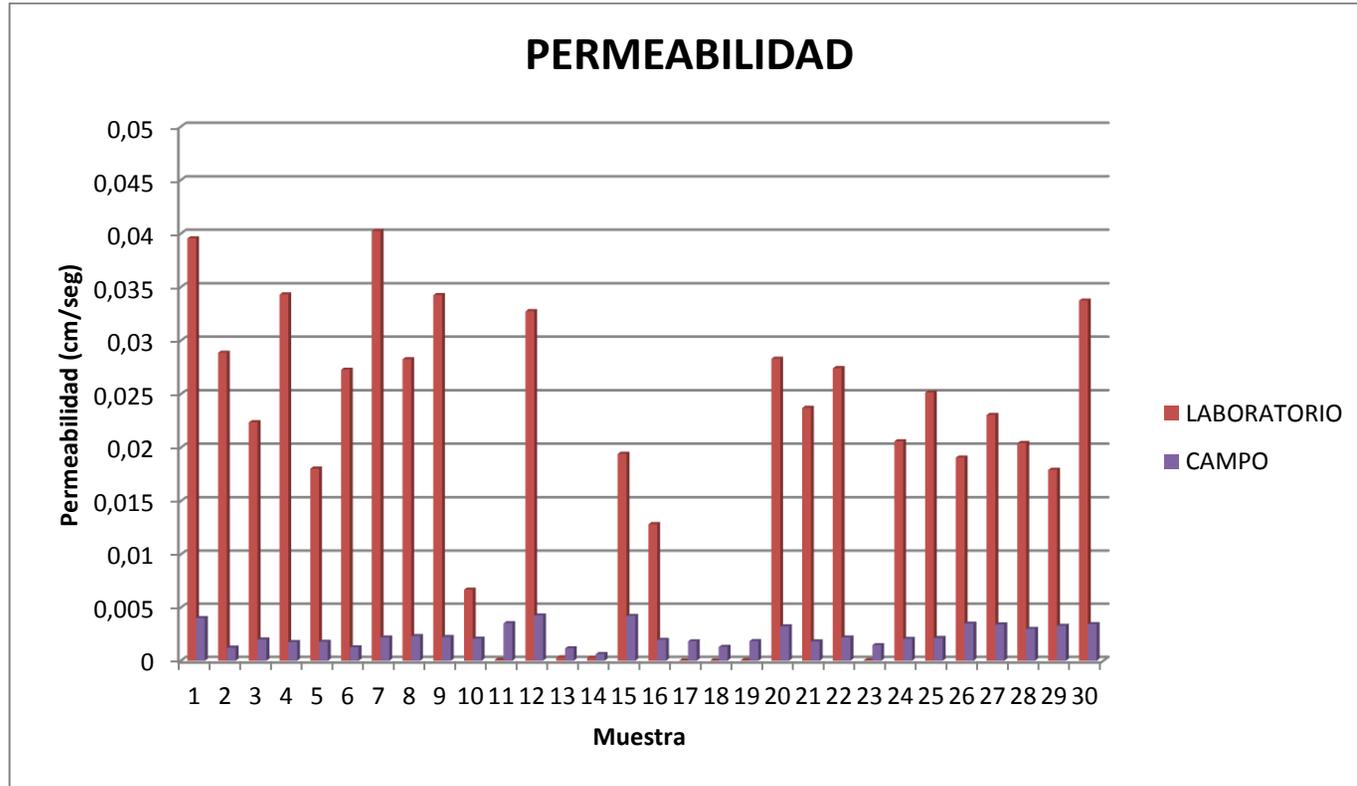
Los resultados resaltados con color verde indican las muestras que se analizaron mediante el método de permeabilidad de carga variable.

MUESTRA N°	GRANULOMETRÍA	LÍMITE LÍQUIDO	LÍMITE PLÁSTICO	ÍNDICE DE PLASTICIDAD	CLASIFICACIÓN DEL SUELO	PERMEABILIDAD EN LABORATORIO K20 (cm/s)	PERMEABILIDAD EN CAMPO Km (cm/s)	CONTENIDO DE HIDROCARBURO
1	ARENA (S)	NL	NP	0	SM	3,96E-02	4,00E-03	6%
2	ARENA (S)	34,8	31,6	3,2	SM	2,89E-02	1,22E-03	4%
3	ARENA (S)	29,8	27,9	1,9	SM	2,24E-02	1,98E-03	4%
4	ARENA (S)	NL	NP	0	SM	3,43E-02	1,75E-03	4%
5	ARENA (S)	NL	NP	0	SM	1,80E-02	1,77E-03	4%
6	ARENA (S)	22,8	20,2	2,6	SM	2,73E-02	1,25E-03	4%
7	ARENA (S)	22,6	20,9	1,8	SM	4,02E-02	2,17E-03	5,5%
8	ARENA (S)	26,1	23	3,1	SM	2,83E-02	2,31E-03	5,5%
9	ARENA (S)	28,3	25,0	3,2	SM	3,43E-02	2,22E-03	5,5%

MUESTRA N°	GRANULOMETRÍA	LÍMITE LÍQUIDO	LÍMITE PLÁSTICO	ÍNDICE DE PLASTICIDAD	CLASIFICACIÓN DEL SUELO	PERMEABILIDAD EN LABORATORIO K20 (cm/s)	PERMEABILIDAD EN CAMPO Km (cm/s)	CONTENIDO DE HIDROCARBURO
10	ARENA (S)	NL	NP	0	SM	6,68E-03	2,07E-03	5,5%
11	ARENA (S)	NL	NP	0	SM	7,97E-05	3,52E-03	6%
12	ARENA (S)	29,9	26,1	3,8	SM	3,27E-02	4,25E-03	6%
13	ARENA (S)	NL	NP	0	SM	3,05E-04	1,16E-03	4%
14	ARENA (S)	NL	NP	0	SM	2,60E-04	6,28E-04	4%
15	ARENA (S)	24,3	23,1	1,1	SM	1,94E-02	4,20E-03	6%
16	ARENA (S)	NL	NP	0	SM	1,28E-02	1,95E-03	4%
17	ARENA (S)	20,7	18	2,7	SM	1,97E-05	1,82E-03	4%
18	ARENA (S)	24,7	23,4	1,3	SM	2,01E-06	1,30E-03	4%
19	ARENA (S)	23,3	21,4	2,0	SM	3,71E-05	1,84E-03	4%
20	ARENA (S)	NL	NP	0	SM	2,83E-02	3,22E-03	5,5%
21	ARENA (S)	NL	NP	0	SM	2,37E-02	1,81E-03	4%
22	ARENA (S)	NL	NP	0	SM	2,74E-02	2,17E-03	5,5%
23	ARENA (S)	22,6	19,6	2,9	SM	3,58E-05	1,46E-03	4%
24	ARENA (S)	22	18,7	3,2	SM	2,06E-02	2,04E-03	5,5%
25	ARENA (S)	NL	NP	0	SM	2,52E-02	2,12E-03	5,5%
26	ARENA (S)	23,3	19,9	3,4	SM	1,91E-02	3,49E-03	6%
27	ARENA (S)	19,6	18,1	1,5	SM	2,30E-02	3,40E-03	6%

MUESTRA N°	GRANULOMETRÍA	LÍMITE LÍQUIDO	LÍMITE PLÁSTICO	ÍNDICE DE PLASTICIDAD	CLASIFICACIÓN DEL SUELO	PERMEABILIDAD EN LABORATORIO K20 (cm/s)	PERMEABILIDAD EN CAMPO Km (cm/s)	CONTENIDO DE HIDROCARBURO
28	ARENA (S)	NL	NP	0	SM	2,04E-02	2,99E-03	5,5%
29	ARENA (S)	NL	NP	0	SM	1,79E-02	3,28E-03	5,5%
30	ARENA (S)	NL	NP	0	SM	3,37E-02	3,43E-03	6%

En el diagrama de barras que se muestra a continuación se presentan los datos obtenidos de los ensayos de permeabilidad en campo y en laboratorio, con el fin de contrastar el comportamiento de cada una de las muestras.



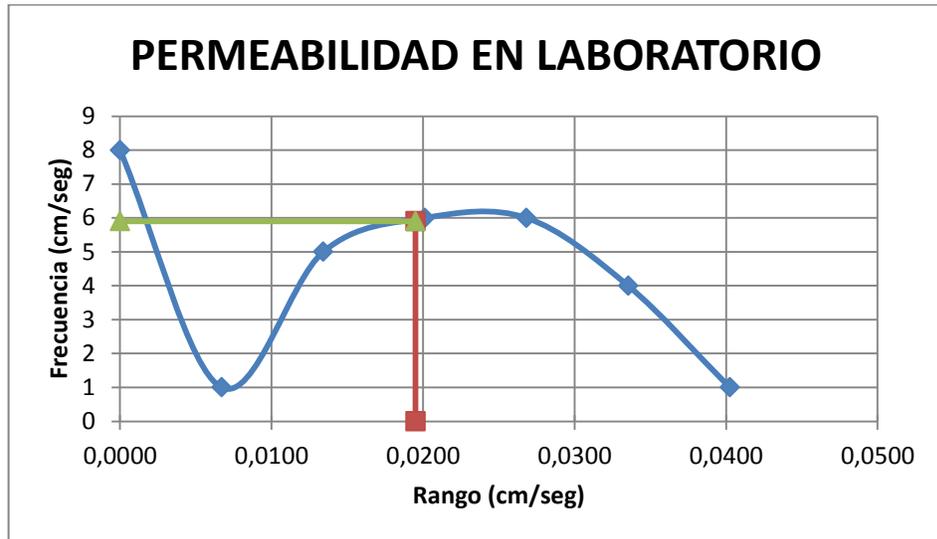
4.2. ESTADISTICA DESCRIPTIVA

A continuación se muestra un análisis estadístico de la permeabilidad en laboratorio y en campo, respectivamente, donde se aprecia el comportamiento general de las muestras.

Permeabilidad en laboratorio

Máximo (cm/seg)	0,04024
Mínimo (cm/seg)	0,000002
Xprom (cm/seg)	0,01950
σ (cm/seg)	0,01304
n (%)	66,88225
R (cm/seg)	0,04024
Amplitud (cm/seg)	0,007
No. de intervalos	6

No Categoría	Intervalos Kg / cm ²	f _i	F _i	h _i	H _i
1	[0,000 - 0,0067)	8	8	0,27	0,27
2	(0,0067 0,0134)	1	9	0,03	0,30
3	(0,0134– 0,0201)	5	14	0,17	0,47
4	(0,0201– 0,0268)	6	20	0,20	0,67
5	(0,0268– 0,0335)	6	26	0,20	0,87
6	(0,0335- 0,0402]	4	30	0,13	1,00
		30		1,00	

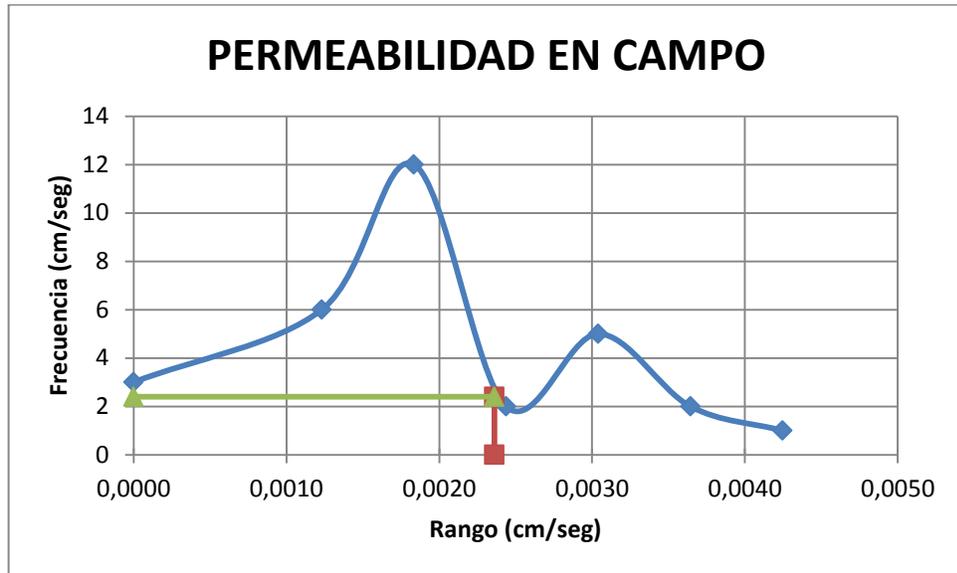


Permeabilidad de campo

Máximo (cm/seg)	0,00425
Mínimo (cm/seg)	0,00063
Xprom (cm/seg)	0,00236
σ (cm/seg)	0,00098
v (%)	41,34541
R (cm/seg)	0,00362
Amplitud (cm/seg)	0,001
No. de intervalos	6

No Categoría	Intervalos Kg / cm ²	f.	F.	h.	H.
1	[0,000 - 0,0012)	3	3	0,10	0,10
2	(0,0012– 0,0018)	6	9	0,20	0,30
3	(0,0018– 0,0024)	12	21	0,40	0,70
4	(0,0024– 0,0030)	2	23	0,07	0,77
5	(0,0030– 0,0036)	5	28	0,17	0,93
6	(0,0036- 0,0042]	2	30	0,07	1,00
		30		1,00	

PERMEABILIDAD EN CAMPO



5. ANALISIS DE RESULTADOS

- Los resultados obtenidos de los ensayos de límite líquido presentaron valores entre 20,8 y 34,8 y en cuanto a los límites plásticos se obtuvieron valores entre 16 y 28,5.
- En cuanto a los valores de índice de plasticidad se obtuvieron resultados entre 0 y 3,8.
- Los valores de permeabilidad encontradas en el laboratorio fueron del orden de $2,01E-06$ y $4,02E-02$ y en el campo los valores oscilaron entre $6,28E-04$ y $4,25E-03$.
- Los suelos analizados presentaron un porcentaje de hidrocarburo entre el 4 y 6 %.

6. CONCLUSIONES

Con respecto a la clasificación de los suelos

De acuerdo a los resultados de clasificación todos los suelos encontrados en el terreno ubicado al noroeste de la empresa ECOPETROL S.A., en Barrancabermeja, se clasificaron de acuerdo a la SUCS como Limos arenosos (SM). La clasificación de los suelos se puede resumir como se evidencia:

- El suelo analizado no presentó valores de coeficientes de uniformidad ni de curvatura debido a la no presencia de tamaños que pasan por el tamiz No. 10.
- Los resultados obtenidos en el límite líquido presentan un valor entre 20,8 y 34,8 y en el límite plástico se muestran valores entre 16 y 28,5.
- El índice de plasticidad se obtiene de la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico dando como resultado valores entre 0 y 3,8. Teniendo en cuenta estos valores se puede decir que el suelo analizado presenta una plasticidad baja de acuerdo a la carta de plasticidad.

Con respecto a la permeabilidad

Se encontraron valores de permeabilidad en el laboratorio del orden de $2,01E^{-06}$ y $4,02E^{-02}$ y en el campo mediante el método de infiltración de $6,28E^{-04}$ y $4,25E^{-03}$. Los datos encontrados de k en laboratorio presentaron una media de $1,97E^{-02}$ y una desviación estándar de $1,30E^{-02}$, de igual manera en el campo se encontraron valores de media de $2,36E^{-03}$ y desviación de $9,76E^{-04}$.

La mayoría de arenas estudiadas fueron analizadas por el método de cabeza constante a excepción de las muestras 11, 13, 14, 17, 18, 19 y 23 que requirieron ser analizadas mediante el método de carga variable debido a que después de 1 hora de saturación de la muestra por ella no pasaba fluido

Los resultados de permeabilidad de laboratorio dieron más dispersos que los de campo debido a múltiples factores de los cuales los más relevantes parecen ser los errores sistemáticos tales como:

- El tiempo transcurrido entre el trabajo de campo y el de laboratorio, de aproximadamente 2 semanas; tiempo en el cual las características de las muestras pudieron alterarse, aun cuando se mantuvieron en estado de humedad natural.

- La temperatura es otro factor relevante debido a la diferencia entre los ensayos in situ y los de laboratorio. El rango de la temperatura presentada en campo durante los ensayos oscilaba entre 26°C hasta 42°C. Por otro lado los valores de temperatura del laboratorio estuvieron entre 23.5°C y 25.5°C.
- El almacenamiento de las muestra para ser transportadas y mantenidas en laboratorio se realizó en una cava, pudiendo este tipo de almacenamiento afectar las características naturales de las muestras.
- Algunas muestras tuvieron que ser remodeladas en laboratorio por la falta de moldes para toma de muestra inalterada y porque algunas en el proceso de ensayo se desmoronaron. Estas pudieron ser alteradas en cuanto a compactación y eliminación por ende de vacíos, y correspondieron a las muestras números 11, 13, 17, 18, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29 y 30.

Con respecto a la cantidad de hidrocarburo presente en los suelos analizados

Los suelos analizados presentaron un porcentaje entre el 4 y 6 % de hidrocarburo, siendo un grado de contaminación considerable para tener en cuenta. Estos porcentajes fueron analizados en los laboratorios de ECOPETROL S.A. por el método de retorta ISO 10414-2:2011.

De acuerdo a los análisis efectuados a los suelos estudiados en este proyecto, la cantidad de hidrocarburo afecta la permeabilidad, a mayor cantidad de hidrocarburo el suelo se vuelve más permeable.

7. RECOMENDACIONES

Recomendaciones para la realización de la prueba de permeabilidad en campo:

- Construir un molde metálico con las dimensiones, diámetro y altura, deseadas con el fin de insertarlo en el suelo y así obtener un hoyo uniforme.
- Posteriormente, recubrir las paredes con algún tipo de parafina para así lograr que el suelo absorba el agua por la parte inferior solamente, para lograr evitar una alteración en la medida de la permeabilidad.
- En cuanto al transporte de las muestras se recomienda que se haga lo más pronto posible. Además, almacenar las muestras tomadas en recipientes herméticos. Lo anterior se propone con el fin de evitar la pérdida de las características naturales del suelo.

8. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alcaldía Barrancabermeja. En línea: [http://www.barrancabermeja.gov.co/alcaldia/index.php?option=com_content &view=article&id=448&Itemid=688](http://www.barrancabermeja.gov.co/alcaldia/index.php?option=com_content&view=article&id=448&Itemid=688). Consultado en 29 de Julio de 2012.

Barrancabermeja. En línea: [http://www.movimientodevictimas.org/~nuncamas/images/stories/zona5/ BARRANCABERMEJA.pdf](http://www.movimientodevictimas.org/~nuncamas/images/stories/zona5/BARRANCABERMEJA.pdf). Consultado en 29 de Julio de 2012.

Barrancabermeja. En línea: <http://wiki.neotropicos.org/index.php?title=Barrancabermeja>. Consultado en 29 de Julio de 2012.

BERRY, Peter y REID, David. Mecánica de suelos. Editorial McGraw-Hill interamericana S.A., 1993. 415p.

BOWLES, Joseph. Propiedades geofísicas de los suelos. Bogotá: McGraw-Hill latinoamerica S.A., 1982. 490p.

CROSARA, Alicia. El suelo y los problemas ambientales. En línea: [http://edafologia.fcien.edu.uy/archivos/Suelos%20y%20problemas%20ambientales .pdf](http://edafologia.fcien.edu.uy/archivos/Suelos%20y%20problemas%20ambientales.pdf). Consultado en 4 de Agosto de 2012.

DAS, Braja. Soil mechanics laboratory manual. 6 Ed. New York: Oxford university press, 2002. 215p.

Domingo Gómez. Artículo "Responsabilidad por daño ambiental en la actividad petrolera de Colombia" en Responsabilidad por daños ambientales. Universidad Externado de Colombia. 2001.P.123 34

FRERS, Cristian (14 de Diciembre de 2008). EcoLaMancha. La contaminación de los suelos. En línea: [http://www.ecolamancha.org/index.php?Option=com_content &view=article&id=638:-la-contaminacion-de-los-suelos&catid=40:contaminacion &Itemid=63](http://www.ecolamancha.org/index.php?Option=com_content&view=article&id=638:-la-contaminacion-de-los-suelos&catid=40:contaminacion&Itemid=63). Consultado en 31 de Agosto de 2012.

GARCÍA VILLANUEVA, Luis Antonio (Abril 2010). Revista virtual pro procesos industriales. Suelos contaminados. En línea: http://www.revistavirtualpro.com/files/ED_201004.pdf. Consultado en 31 de Julio de 2012.

GUTIERREZ, Rello. ¿Qué es un hidrocarburo?. En línea: <http://www.cantuss.info/a/ciencia/2010/11/Que-es-un-hidrocarburo.html>. Consultado en 3 de Agosto de 2012.

HERNÁNDEZ VIZCARRA, Francisco (2010). Pruebas de permeabilidad (resumen). En línea: <http://es.scribd.com/doc/48103987/RESUMEN-PERMEABILIDAD-EN-CAMPO>. Consultado en 7 de Agosto de 2012.

HOYOS, Fabian. En línea: http://www.fabianhoyos.com/pdfs/Geotecnia_DiccionarioBasico/Diccionario%20D.pdf. Consultado en 3 de Agosto de 2012.

INGENIEROS MILITARES, Escuela de. Manual de laboratorio de suelos. Bogotá.: Editorial Margabby Ltda., 1989. 170p.

INSTITUTO NACIONAL DE VIAS. Especificaciones técnicas: Análisis granulométrico de suelos por tamizado. INVIAS, 2007. 6 p. (I.N.V. E 123).

INSTITUTO NACIONAL DE VIAS. Especificaciones técnicas: Determinación del límite líquido de los suelos. INVIAS, 2007. 13 p. (I.N.V. E 125).

INSTITUTO NACIONAL DE VIAS. Especificaciones técnicas: Límite plástico e índice de plasticidad de los suelos. INVIAS, 2007. 7 p. (I.N.V. E 126).

JIMENEZ, José. Mecánica del suelo y sus aplicaciones a la ingeniería. Madrid.: Editorial DOSSAT S.A., 1954. 521p.

La guía de química. Clasificación de los hidrocarburos. En línea: <http://quimica.laguia2000.com/enlaces-quimicos/clasificacion-de-los-hidrocarburos>. Consultado en 5 de Agosto de 2012.

MORENO, Luis Carlos. Ubicación geográfica de Barrancabermeja. En línea: <http://www.luiscarlosmoreno.com/aulamusical2008/datos/barrancabermeja/ubicacion-geografica.html>. Consultado en 1 de Agosto de 2012.

Permeabilidad del suelo. En línea: ftp://ftp.fao.org/fi/CDrom/FAO_Training/FAO_Training/General/x6706s/x6706s09.htm. Consultado en 3 de Agosto de 2012.

RUIZ, Gonzalo (2011). Hidrocarburos. En línea: <http://erenovable.com/hidrocarburos/>. Consultado en 4 de Agosto de 2012.

SABROSO GONZÁLEZ, María del Carmen y PARTOR EIXARCH, Ana (2004). Guía sobre suelos contaminados. En línea: http://www.conectapyme.com/files/medio/guia_suelos_contaminados.pdf. Consultado en 5 de Agosto de 2012.

TORRES DELGADO, Katerine y ZULUAGA MONTOYA, Tatiana (2009). Biorremediación de suelos contaminados por hidrocarburos. En línea: http://www.bdigital.unal.edu.co/815/1/32242005_2009.pdf. Consultado en 5 de Agosto de 2012.

UNIVERSIDAD DE CHILE. Suelos contaminados con hidrocarburos [en línea]. [Citado 15 de Febrero de 2012] Disponible en: <http://cabierta.uchile.cl/revista/26/articulos/pdf/rev6.pdf>

Universidad Nacional de Colombia sede Medellín. En línea: <http://www.redaguas.unalmed.edu.co/default.php?link=recursos&sub=suelo&item=contaminación>. Consultado en 5 de Agosto de 2012.

WHITLOW, Roy. Fundamentos de mecánica de suelos. Cuernavaca.: Editorial continental S.A., 1994. 583p.

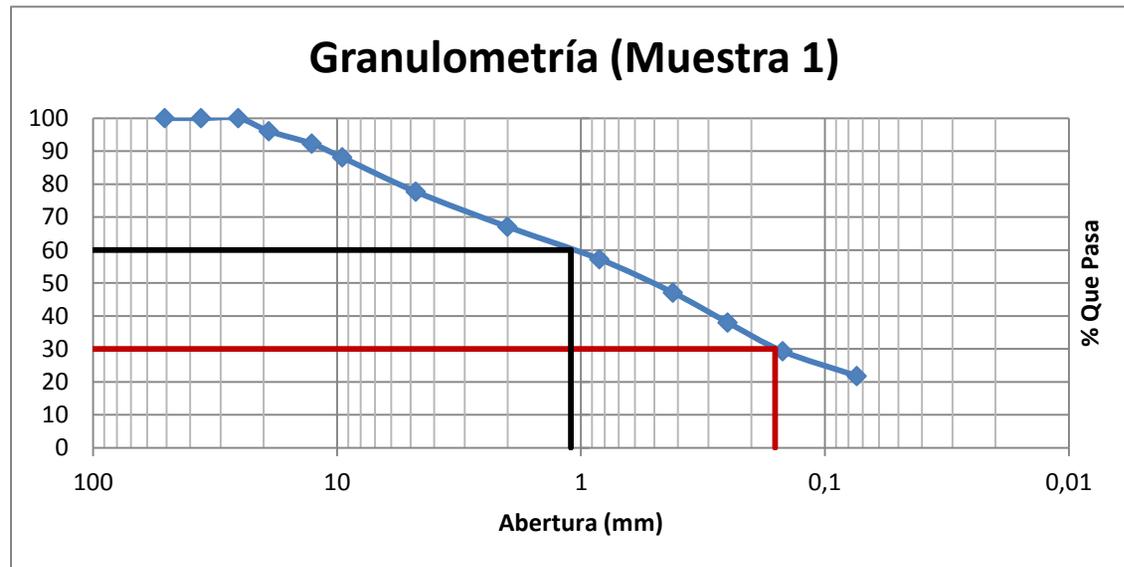
ANEXOS

ANEXO 1. GRANULOMETRÍA Y LÍMITES

MUESTRA 1

Muestra N°1						
Peso 1	657,6	Peso 2	514,2			
Tamiz N°	Abertura (mm)	Peso suelo retenido (gr)		% Retenido parcial	% Retenido acumulado	% Que pasa
2"	50,8			0	0	100
1 1/2"	36,1			0	0	100
1"	25,4			0	0	100
3/4"	19,05	25,8		3,9	3,9	96,1
1/2"	12,7	24,9		3,8	7,7	92,3
3/8"	9,52	27,6		4,2	11,9	88,1
4	4,75	68,4		10,4	22,3	77,7
10	2	69,9		10,6	32,9	67,1
20	0,84	64,5		9,8	42,7	57,3
40	0,42	66,7		10,1	52,9	47,1
60	0,25	59,9		9,1	62,0	38,0
100	0,149	57,2		8,7	70,7	29,3
200	0,074	49,3		7,5	78,2	21,8
Pasa 200		143,4		21,8	100,0	0,0
		Total	657,6			

D10	0		>3" (%)	
D30	0,16		G (%)	22,3
D60	1,1		S (%)	55,9
Cu	NO HAY		F (%)	21,8
Cc	NO HAY			



Prueba N°	Cápsula N°	N° Golpes	Peso cápsula + suelo húmedo (g)	Peso cápsula + suelo seco (g)	Peso del agua (g)	Peso de la cápsula (g)	Peso del suelo seco (g)	Contenido de agua (%)
LÍMITE LÍQUIDO								
NO LIQUIDO								
LÍMITE PLÁSTICO								
NO PLASTICO								

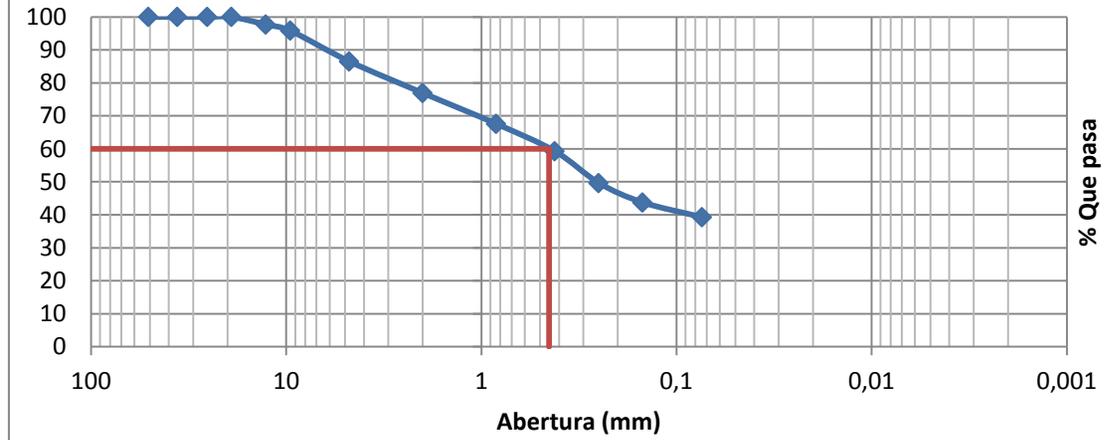
Límite líquido	NL
Límite plástico	NP
Índice de plasticidad	0,0

MUESTRA 2

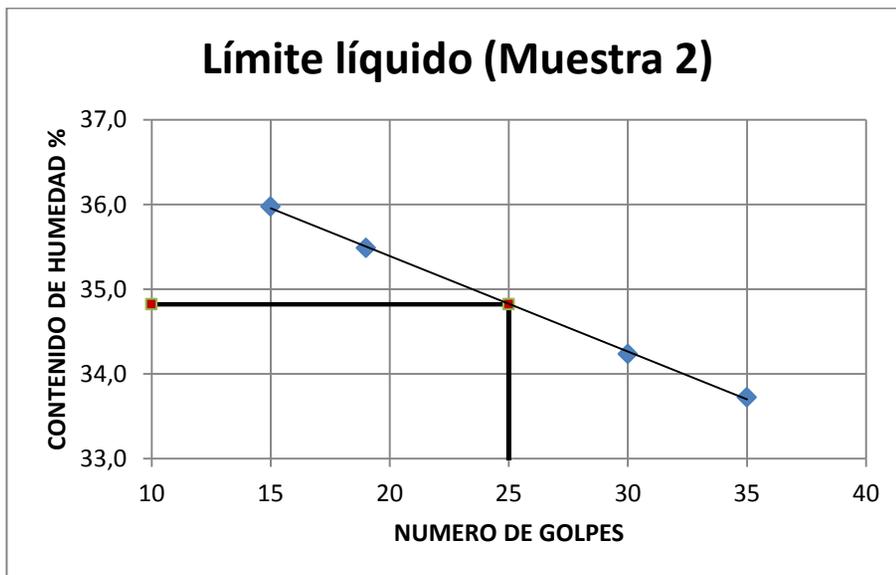
Muestra N°2						
Peso 1	497,3	Peso 2	301,9			
Tamiz N°	Abertura (mm)	Peso suelo retenido (gr)		% Retenido parcial	% Retenido acumulado	% Que pasa
2"	50,8			0	0	100
1 1/2"	36,1			0	0	100
1"	25,4			0	0	100
3/4"	19,05			0	0	100
1/2"	12,7		11,5	2,3	2,3	97,7
3/8"	9,52		9,3	1,9	4,2	95,8
4	4,75		46,3	9,3	13,5	86,5
10	2		47,5	9,6	23,0	77,0
20	0,84		46,5	9,4	32,4	67,6
40	0,42		41,4	8,3	40,7	59,3
60	0,25		47,9	9,6	50,4	49,6
100	0,149		29,3	5,9	56,2	43,8
200	0,074		22,2	4,5	60,7	39,3
Pasa 200			195,4	39,3	100	0,0
		Total	497,3			

D10	0			>3" (%)	
D30	0			G (%)	13,5
D60	0,45			S (%)	47,2
Cu	NO HAY			F (%)	39,3
Cc	NO HAY				

Granulometría (Muestra 2)



Prueba N°	Cápsula N°	N° Golpes	Peso cápsula + suelo húmedo (g)	Peso cápsula + suelo seco (g)	Peso del agua (g)	Peso de la cápsula (g)	Peso del suelo seco (g)	Contenido de agua (%)
LÍMITE LÍQUIDO								
1	56	35	34,42	27,5	6,92	6,98	20,52	33,7
2	93	30	36,61	29,5	7,11	8,73	20,77	34,2
3	83	19	29,29	23,9	5,39	8,71	15,19	35,5
4	102	15	25,55	21,1	4,45	8,73	12,37	36,0
LÍMITE PLÁSTICO								
1	22		15,5	13,38	2,12	6,65	6,73	31,5
2	96		18,7	16,19	2,51	8,27	7,92	31,7
PROMEDIO								31,6

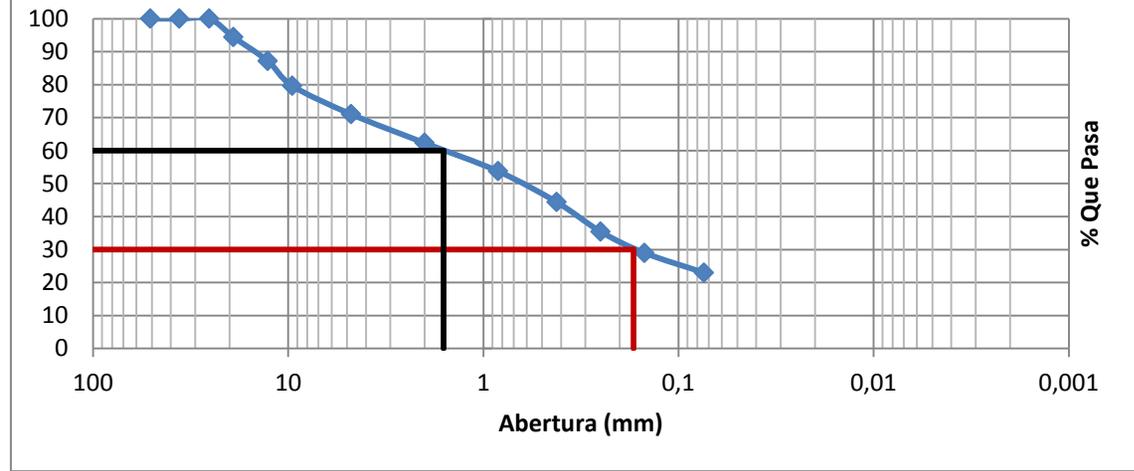


Límite líquido	34,8
Límite plástico	31,6
Índice de plasticidad	3,2

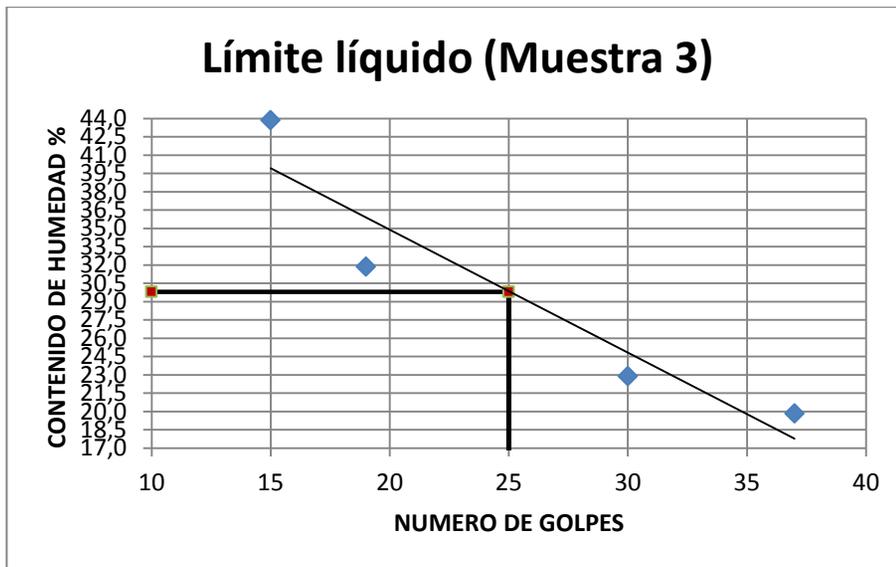
MUESTRA 3

Muestra N°3						
Peso 1	834,8	Peso 2	642,9			
Tamiz N°	Abertura (mm)	Peso suelo retenido (gr)		% Retenido parcial	% Retenido acumulado	% Que pasa
2"	50,8			0	0	100
1 1/2"	36,1			0	0	100
1"	25,4			0	0	100
3/4"	19,05	46,8		5,6	5,6	94,4
1/2"	12,7	60,6		7,3	12,9	87,1
3/8"	9,52	62,7		7,5	20,4	79,6
4	4,75	71,9		8,6	29,0	71,0
10	2	72,6		8,7	37,7	62,3
20	0,84	71,7		8,6	46,3	53,7
40	0,42	78,3		9,4	55,7	44,3
60	0,25	74,9		9,0	64,6	35,4
100	0,149	53,6		6,4	71,0	29,0
200	0,074	49,8		6,0	77,0	23,0
Pasa 200		191,9		23,0	100	0,0
		Total	834,8			
D10	0			>3" (%)		
D30	0,17			G (%)	29,0	
D60	1,6			S (%)	48,0	
Cu	NO HAY			F (%)	23,0	
Cc	NO HAY					

Granulometría (Muestra 3)



Prueba N°	Cápsula N°	Nº Golpes	Peso cápsula + suelo húmedo (g)	Peso cápsula + suelo seco (g)	Peso del agua (g)	Peso de la cápsula (g)	Peso del suelo seco (g)	Contenido de agua (%)	
LÍMITE LÍQUIDO									
1	96	37	35,05	30,62	4,43	8,28	22,34	19,8	
2	56	30	38,42	32,57	5,85	7	25,57	22,9	
3	22	19	31,95	25,84	6,11	6,65	19,19	31,8	
4	93	15	33,75	26,12	7,63	8,72	17,40	43,9	
LÍMITE PLÁSTICO									
1	102		17,2	15,07	2,13	7,73	7,34	29,0	
2	83		17,83	15,38	2,45	6,71	8,67	28,3	
								PROMEDIO	28,6

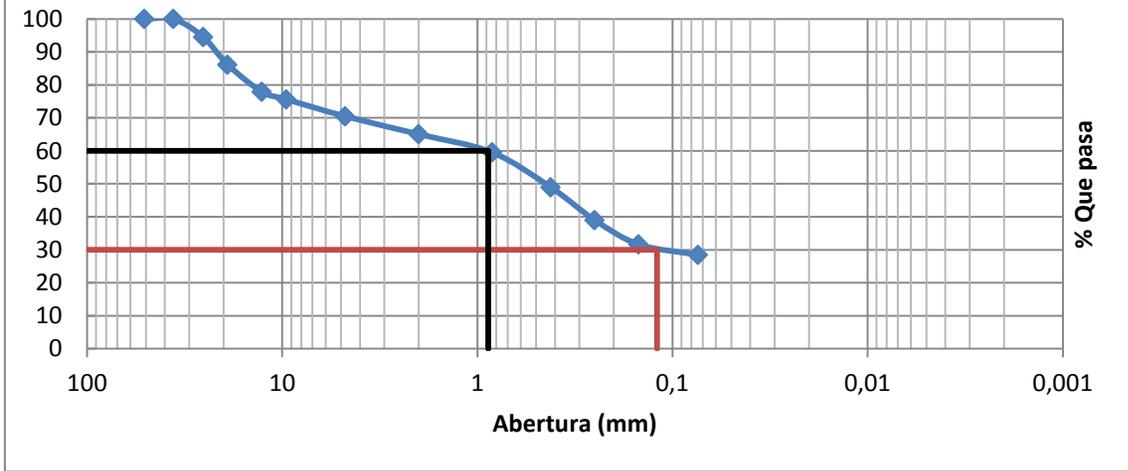


Límite líquido	29,8
Límite plástico	28,6
Índice de plasticidad	1,2

MUESTRA 4

Muestra N°4					
Peso 1	985	Peso 2	705		
Tamiz N°	Abertura (mm)	Peso suelo retenido (gr)	% Retenido parcial	% Retenido acumulado	% Que pasa
2"	50,8		0	0	100
1 1/2"	36,1		0	0	100
1"	25,4	54	5,5	5,5	94,5
3/4"	19,05	82,5	8,4	13,9	86,1
1/2"	12,7	81,5	8,3	22,1	77,9
3/8"	9,52	22,3	2,3	24,4	75,6
4	4,75	50,6	5,1	29,5	70,5
10	2	53,3	5,4	34,9	65,1
20	0,84	54,6	5,5	40,5	59,5
40	0,42	104,2	10,6	51,1	48,9
60	0,25	98,2	10,0	61,0	39,0
100	0,149	72,2	7,3	68,4	31,6
200	0,074	31,6	3,2	71,6	28,4
Pasa 200		280	28,43	100	0
		Total	985		
D10	0			>3" (%)	
D30	0,12			G (%)	29,53
D60	0,88			S (%)	42,04
Cu	NO HAY			F (%)	28,43
Cc	NO HAY				

Granulometría (Muestra 4)



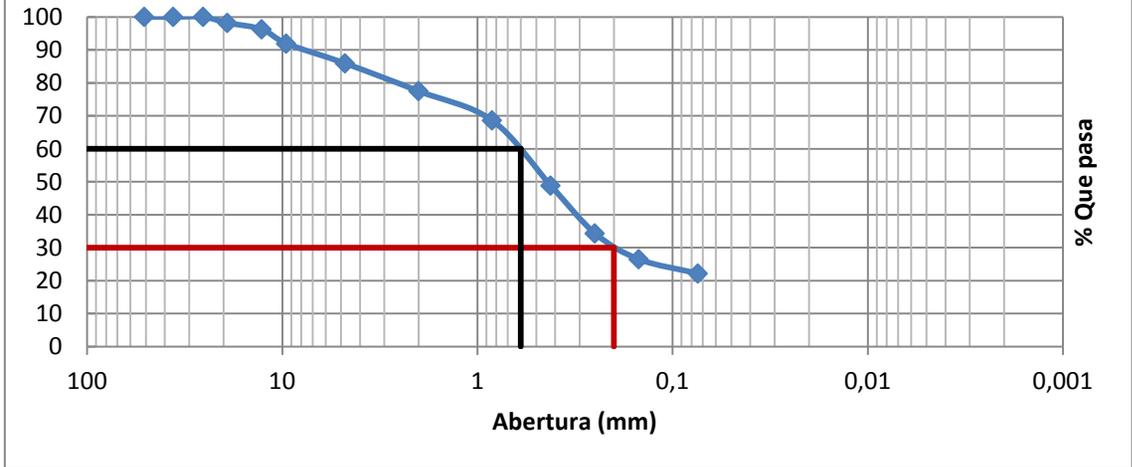
Prueba N°	Cápsula N°	N° Golpes	Peso cápsula + suelo húmedo (g)	Peso cápsula + suelo seco (g)	Peso del agua (g)	Peso de la cápsula (g)	Peso del suelo seco (g)	Contenido de agua (%)
LÍMITE LÍQUIDO								
NO LIQUIDO								
LÍMITE PLÁSTICO								
NO PLASTICO								

Límite líquido	NL
Límite plástico	NP
Índice de plasticidad	0,0

MUESTRA 5

Muestra N°5						
Peso 1	594,2	Peso 2	462,6			
Tamiz N°	Abertura (mm)	Peso suelo retenido (gr)		% Retenido parcial	% Retenido acumulado	% Que pasa
2"	50,8			0	0	100
1 1/2"	36,1			0	0	100
1"	25,4			0	0	100
3/4"	19,05	10,7		1,8	1,8	98,2
1/2"	12,7	11,6		2,0	3,8	96,2
3/8"	9,52	25,6		4,3	8,1	91,9
4	4,75	35,9		6,0	14,1	85,9
10	2	49,9		8,4	22,5	77,5
20	0,84	52,8		8,9	31,4	68,6
40	0,42	117,8		19,8	51,2	48,8
60	0,25	85,7		14,4	65,6	34,4
100	0,149	46,7		7,9	73,5	26,5
200	0,074	25,9		4,4	77,9	22,1
Pasa 200		131,6		22,1	100,0	0,0
		Total	594,2			
D10	0			>3" (%)		
D30	0,2			G (%)	14,1	
D60	0,6			S (%)	63,7	
Cu	NO HAY			F (%)	22,1	
Cc	NO HAY					

Granulometría (Muestra 5)



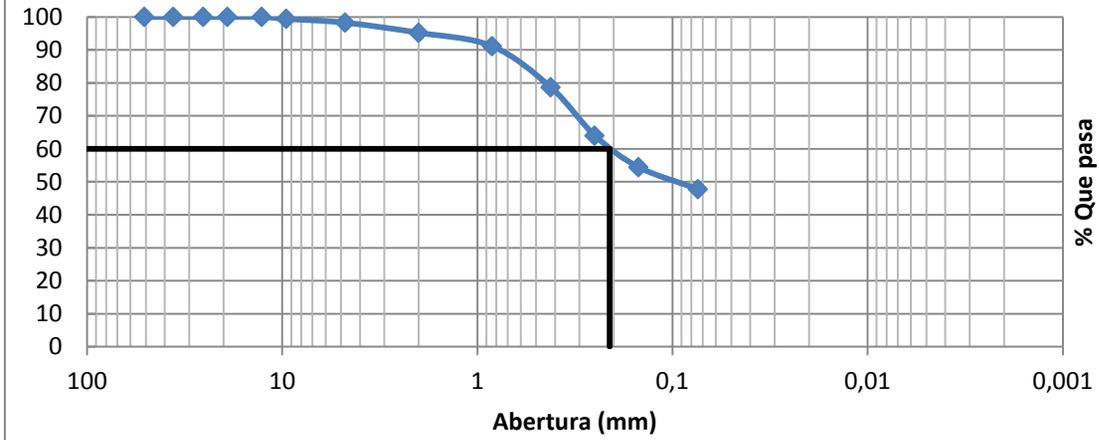
Prueba N°	Cápsula N°	N° Golpes	Peso cápsula + suelo húmedo (g)	Peso cápsula + suelo seco (g)	Peso del agua (g)	Peso de la cápsula (g)	Peso del suelo seco (g)	Contenido de agua (%)
LÍMITE LÍQUIDO								
NO LIQUIDO								
LÍMITE PLÁSTICO								
NO PLASTICO								

Límite líquido	NL
Límite plástico	NP
Índice de plasticidad	0,0

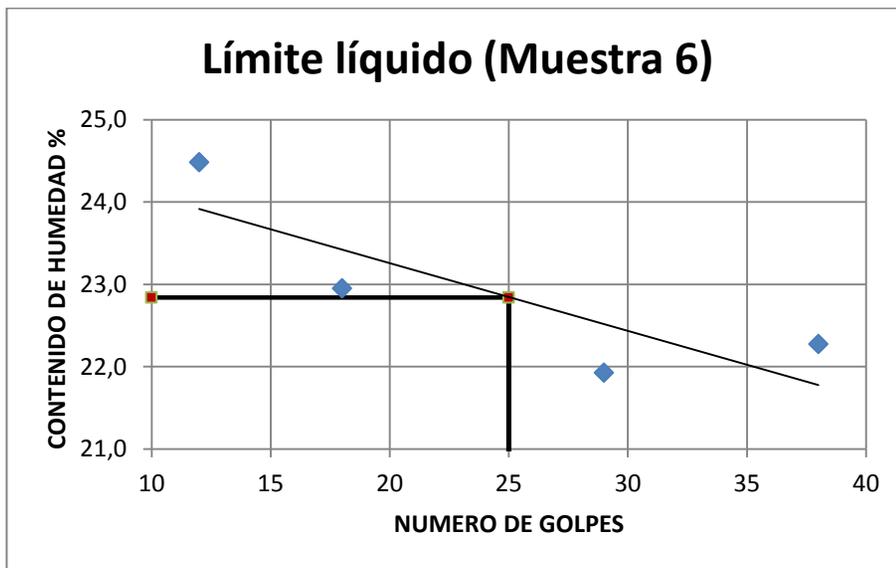
MUESTRA 6

Muestra N°6						
Peso 1	608	Peso 2	317,5			
Tamiz N°	Abertura (mm)	Peso suelo retenido (gr)		% Retenido parcial	% Retenido acumulado	% Que pasa
2"	50,8			0	0	100
1 1/2"	36,1			0	0	100
1"	25,4			0	0	100
3/4"	19,05			0	0	100
1/2"	12,7			0	0	100
3/8"	9,52	3,6		0,6	0,6	99,4
4	4,75	7		1,2	1,7	98,3
10	2	18,5		3,0	4,8	95,2
20	0,84	24,8		4,1	8,9	91,1
40	0,42	76		12,5	21,4	78,6
60	0,25	88,9		14,6	36,0	64,0
100	0,149	58,2		9,6	45,6	54,4
200	0,074	40,5		6,7	52,2	47,8
Pasa 200		290,5		47,8	100,0	0,0
		Total	608			
D10	0			>3" (%)		
D30	0			G (%)	1,7	
D60	0,21			S (%)	50,5	
Cu	NO HAY			F (%)	47,8	
Cc	NO HAY					

Granulometría (Muestra 6)



Prueba N°	Cápsula N°	Nº Golpes	Peso cápsula + suelo húmedo (g)	Peso cápsula + suelo seco (g)	Peso del agua (g)	Peso de la cápsula (g)	Peso del suelo seco (g)	Contenido de agua (%)	
LÍMITE LÍQUIDO									
1	122	38	29,61	25,77	3,84	8,53	17,24	22,3	
2	47	29	25,98	22,54	3,44	6,85	15,69	21,9	
3	64	18	25,58	22,08	3,50	6,83	15,25	23,0	
4	182	12	29,58	25,45	4,13	8,58	16,87	24,5	
LÍMITE PLÁSTICO									
1	108		16,54	14,91	1,63	6,92	7,99	20,4	
2	128		21,13	18,78	2,35	7,06	11,72	20,1	
								PROMEDIO	20,2



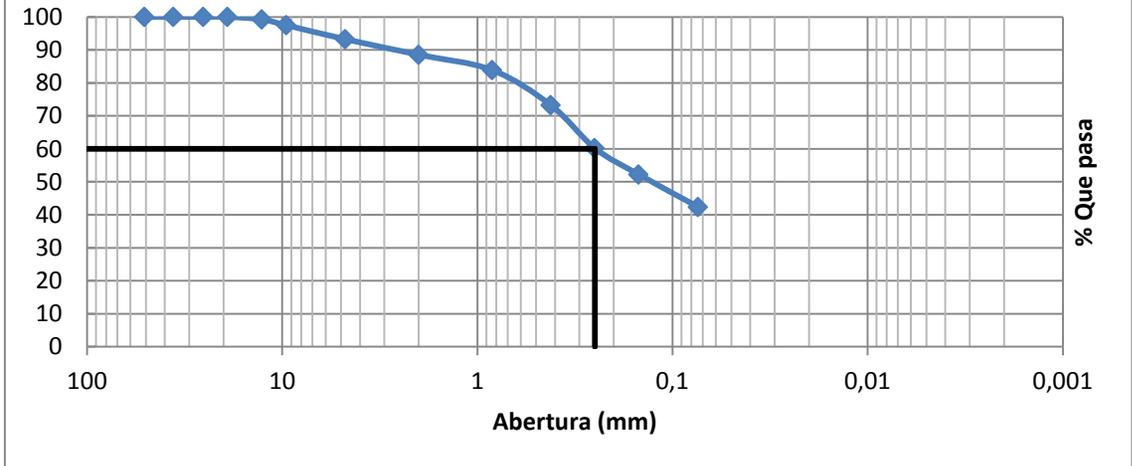
Límite líquido	22,8
Límite plástico	20,2
Índice de plasticidad	2,6

MUESTRA 7

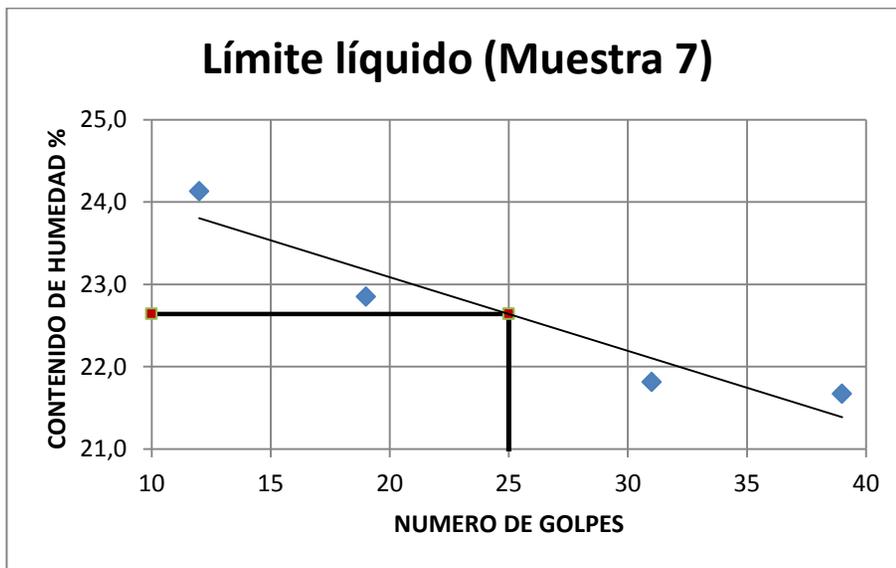
Muestra N°7						
Peso 1	727,2	Peso 2	418,8			
Tamiz N°	Abertura (mm)	Peso suelo retenido (gr)		% Retenido parcial	% Retenido acumulado	% Que pasa
2"	50,8			0	0	100
1 1/2"	36,1			0	0	100
1"	25,4			0	0	100
3/4"	19,05			0	0	100
1/2"	12,7	5,4		0,7	0,7	99,3
3/8"	9,52	12,9		1,8	2,5	97,5
4	4,75	30,8		4,2	6,8	93,2
10	2	34,2		4,7	11,5	88,5
20	0,84	33,9		4,7	16,1	83,9
40	0,42	77,5		10,7	26,8	73,2
60	0,25	94,8		13,0	39,8	60,2
100	0,149	57,9		8,0	47,8	52,2
200	0,074	71,4		9,8	57,6	42,4
Pasa 200		308,4		42,4	100,0	0,0
		Total	727,2			

D10	0		>3" (%)	
D30	0		G (%)	6,8
D60	0,25		S (%)	50,8
Cu	NO HAY		F (%)	42,4
Cc	NO HAY			

Granulometría (Muestra 7)



Prueba N°	Cápsula N°	Nº Golpes	Peso cápsula + suelo húmedo (g)	Peso cápsula + suelo seco (g)	Peso del agua (g)	Peso de la cápsula (g)	Peso del suelo seco (g)	Contenido de agua (%)
LÍMITE LÍQUIDO								
1	1003	39	43,45	36,94	6,51	6,9	30,04	21,7
2	116	31	22,57	19,71	2,86	6,6	13,11	21,8
3	100	19	25,67	22,51	3,16	8,68	13,83	22,8
4	172	12	28,74	24,51	4,23	6,98	17,53	24,1
LÍMITE PLÁSTICO								
1	199		24,8	21,64	3,16	7,09	14,55	21,7
2	39		20,85	18,53	2,32	6,94	11,59	20,0
PROMEDIO								20,9



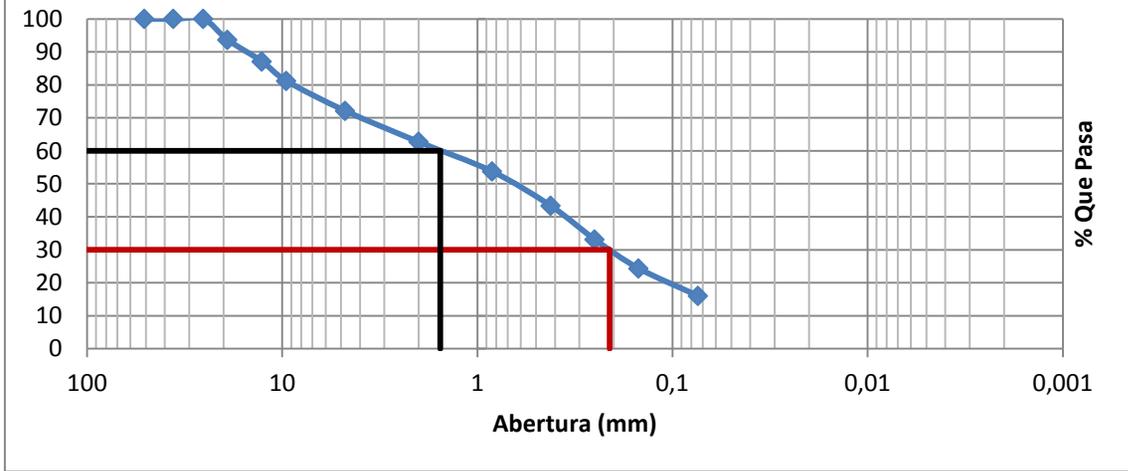
Límite líquido	22,6
Límite plástico	20,9
Índice de plasticidad	1,8

MUESTRA 8

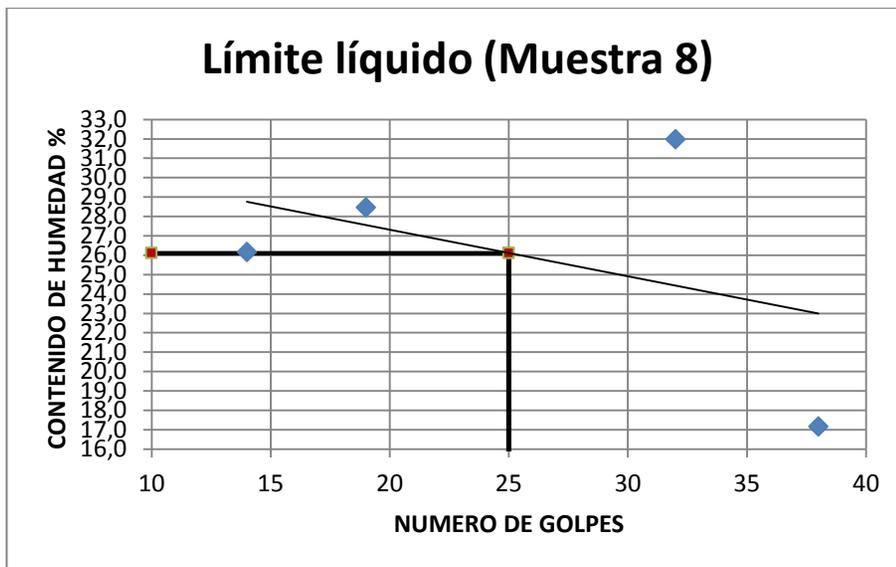
Muestra N°8						
Peso 1	938,7	Peso 2	788,1			
Tamiz N°	Abertura (mm)	Peso suelo retenido (gr)		% Retenido parcial	% Retenido acumulado	% Que pasa
2"	50,8			0,0	0,0	100,0
1 1/2"	36,1			0,0	0,0	100,0
1"	25,4			0,0	0,0	100,0
3/4"	19,05		59,5	6,3	6,3	93,7
1/2"	12,7		61,4	6,5	12,9	87,1
3/8"	9,52		55,4	5,9	18,8	81,2
4	4,75		85,4	9,1	27,9	72,1
10	2		88,3	9,4	37,3	62,7
20	0,84		84,1	9,0	46,2	53,8
40	0,42		98,2	10,5	56,7	43,3
60	0,25		95,6	10,2	66,9	33,1
100	0,149		82,2	8,8	75,6	24,4
200	0,074		78	8,3	84,0	16,0
Pasa 200			150,6	16,0	100	0,0
		Total	938,7			

D10	0			>3" (%)	
D30	0,21			G (%)	27,9
D60	1,55			S (%)	56,1
Cu	NO HAY			F (%)	16,0

Granulometría (Muestra 8)



Prueba N°	Cápsula N°	N° Golpes	Peso cápsula + suelo húmedo (g)	Peso cápsula + suelo seco (g)	Peso del agua (g)	Peso de la cápsula (g)	Peso del suelo seco (g)	Contenido de agua (%)	
LÍMITE LÍQUIDO									
1	1003	38	38,92	34,23	4,69	6,9	27,33	17,2	
2	96	32	32,64	26,72	5,92	8,2	18,52	32,0	
3	199	19	29,89	24,82	5,07	7	17,82	28,5	
4	93	14	32,43	27,53	4,90	8,8	18,73	26,2	
LÍMITE PLÁSTICO									
1	102		24,42	21,43	2,99	8,77	12,66	23,6	
2	56		23,94	20,84	3,10	7,04	13,80	22,5	
								PROMEDIO	23,0



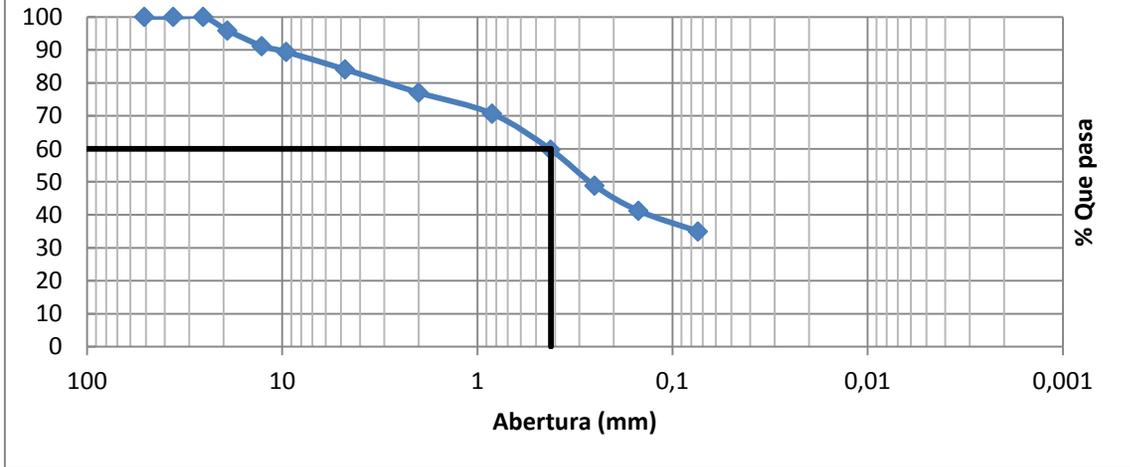
Límite líquido	26,1
Límite plástico	23,0
Índice de plasticidad	3,1

MUESTRA 9

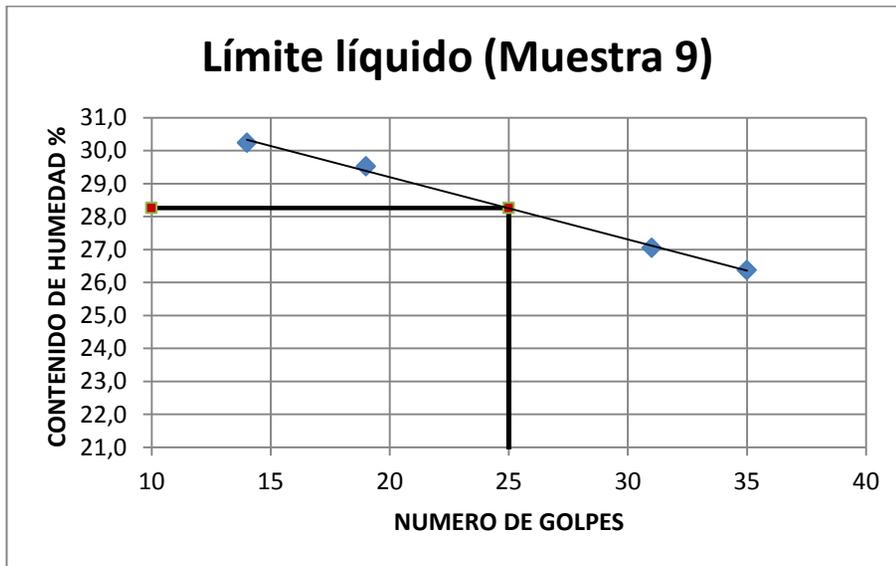
Muestra N°9					
Peso 1	687,8	Peso 2	447,4		
Tamiz N°	Abertura (mm)	Peso suelo retenido (gr)	% Retenido parcial	% Retenido acumulado	% Que pasa
2"	50,8		0	0	100
1 1/2"	36,1		0	0	100
1"	25,4		0	0	100
3/4"	19,05	28,3	4,1	4,1	95,9
1/2"	12,7	32,4	4,7	8,8	91,2
3/8"	9,52	12,4	1,8	10,6	89,4
4	4,75	36,4	5,3	15,9	84,1
10	2	48,3	7,0	22,9	77,1
20	0,84	44,1	6,4	29,4	70,6
40	0,42	75,2	10,9	40,3	59,7
60	0,25	75,1	10,9	51,2	48,8
100	0,149	52,2	7,6	58,8	41,2
200	0,074	43	6,3	65,0	35,0
Pasa 200		240,4	35,0	100,0	0,0
		Total	687,8		

D10	0		>3" (%)	
D30	0		G (%)	15,9
D60	0,42		S (%)	49,1
Cu	NO HAY		F (%)	35,0
Cc	NO HAY			

Granulometría (Muestra 9)



Prueba N°	Cápsula N°	Nº Golpes	Peso cápsula + suelo húmedo (g)	Peso cápsula + suelo seco (g)	Peso del agua (g)	Peso de la cápsula (g)	Peso del suelo seco (g)	Contenido de agua (%)	
LÍMITE LÍQUIDO									
1	96	35	27,13	23,2	3,93	8,3	14,90	26,4	
2	83	31	27,07	23,17	3,90	8,75	14,42	27,0	
3	102	19	25,22	21,47	3,75	8,77	12,70	29,5	
4	22	14	22,77	19,03	3,74	6,66	12,37	30,2	
LÍMITE PLÁSTICO									
1	56		22,34	19,5	2,84	8,22	11,28	25,2	
2	93		22,42	19,7	2,72	8,76	10,94	24,9	
								PROMEDIO	25,0



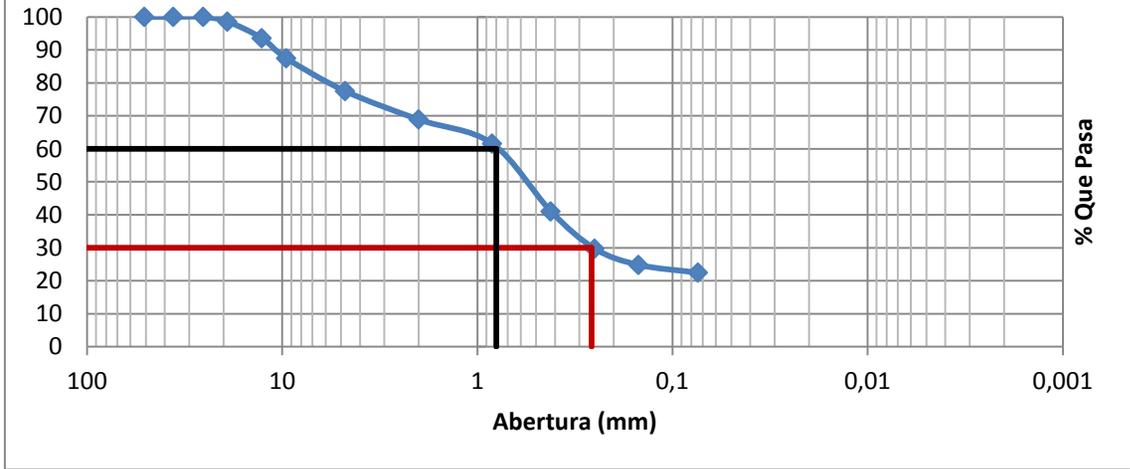
Límite líquido	28,3
Límite plástico	25,0
Índice de plasticidad	3,2

MUESTRA 10

Muestra N°10						
Peso 1	1578,3	Peso 2	1224,2			
Tamiz N°	Abertura (mm)	Peso suelo retenido (gr)		% Retenido parcial	% Retenido acumulado	% Que pasa
2"	50,8			0	0	100
1 1/2"	36,1			0	0	100
1"	25,4			0	0	100
3/4"	19,05		22,6	1,4	1,4	98,6
1/2"	12,7		79,4	5,0	6,5	93,5
3/8"	9,52		95,9	6,1	12,5	87,5
4	4,75		157,5	10,0	22,5	77,5
10	2		135,5	8,6	31,1	68,9
20	0,84		115	7,3	38,4	61,6
40	0,42		324,7	20,6	59,0	41,0
60	0,25		178,8	11,3	70,3	29,7
100	0,149		77,4	4,9	75,2	24,8
200	0,074		37,4	2,4	77,6	22,4
Pasa 200			354,1	22,4	100	0
		Total	1578,3			

D10	0			>3" (%)	
D30	0,26			G (%)	22,5
D60	0,8			S (%)	55,0
Cu	NO HAY			F (%)	22,4
Cc	NO HAY				

Granulometría (Muestra 10)



Prueba N°	Cápsula N°	N° Golpes	Peso cápsula + suelo húmedo (g)	Peso cápsula + suelo seco (g)	Peso del agua (g)	Peso de la cápsula (g)	Peso del suelo seco (g)	Contenido de agua (%)
LÍMITE LÍQUIDO								
NO LIQUIDO								
LÍMITE PLÁSTICO								
NO PLASTICO								

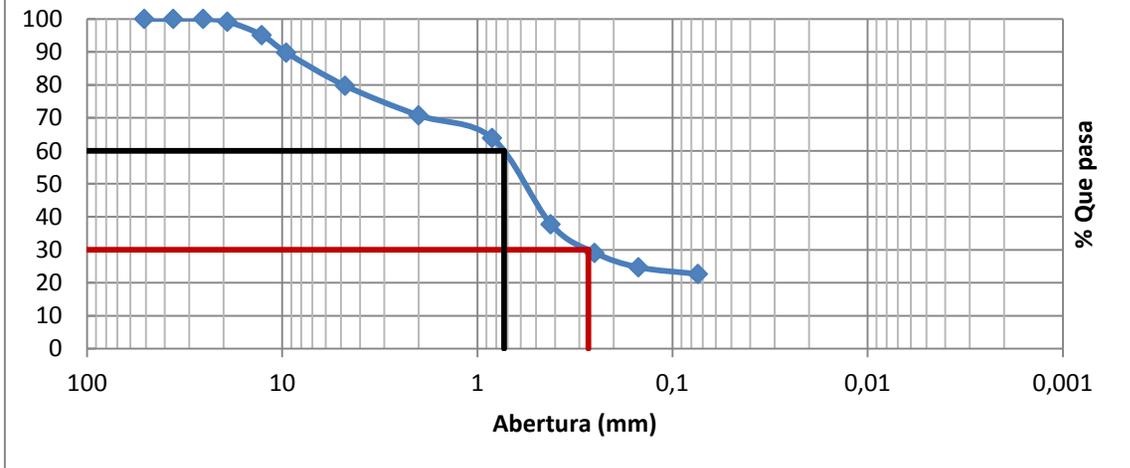
Límite líquido	NL
Límite plástico	NP
Índice de plasticidad	0,0

MUESTRA 11

Muestra N°11						
Peso 1	1856,4	Peso 2	1436			
Tamiz N°	Abertura (mm)	Peso suelo retenido (gr)		% Retenido parcial	% Retenido acumulado	% Que pasa
2"	50,8			0	0	100
1 1/2"	36,1			0	0	100
1"	25,4			0	0	100
3/4"	19,05	15,6		0,8	0,8	99,2
1/2"	12,7	75,4		4,1	4,9	95,1
3/8"	9,52	98,6		5,3	10,2	89,8
4	4,75	186,8		10,1	20,3	79,7
10	2	166,3		9,0	29,2	70,8
20	0,84	127		6,8	36,1	63,9
40	0,42	486,3		26,2	62,3	37,7
60	0,25	160,6		8,7	70,9	29,1
100	0,149	81,9		4,4	75,3	24,7
200	0,074	37,5		2,0	77,4	22,6
Pasa 200		420,4		22,6	100,0	0,0
		Total	1856,4			

D10	0			>3" (%)	
D30	0,27			G (%)	20,3
D60	0,73			S (%)	57,1
Cu	NO HAY			F (%)	22,6
Cc	NO HAY				

Granulometría (Muestra 11)



Prueba N°	Cápsula N°	N° Golpes	Peso cápsula + suelo húmedo (g)	Peso cápsula + suelo seco (g)	Peso del agua (g)	Peso de la cápsula (g)	Peso del suelo seco (g)	Contenido de agua (%)
LÍMITE LÍQUIDO								
NO LIQUIDO								
LÍMITE PLÁSTICO								
NO PLASTICO								

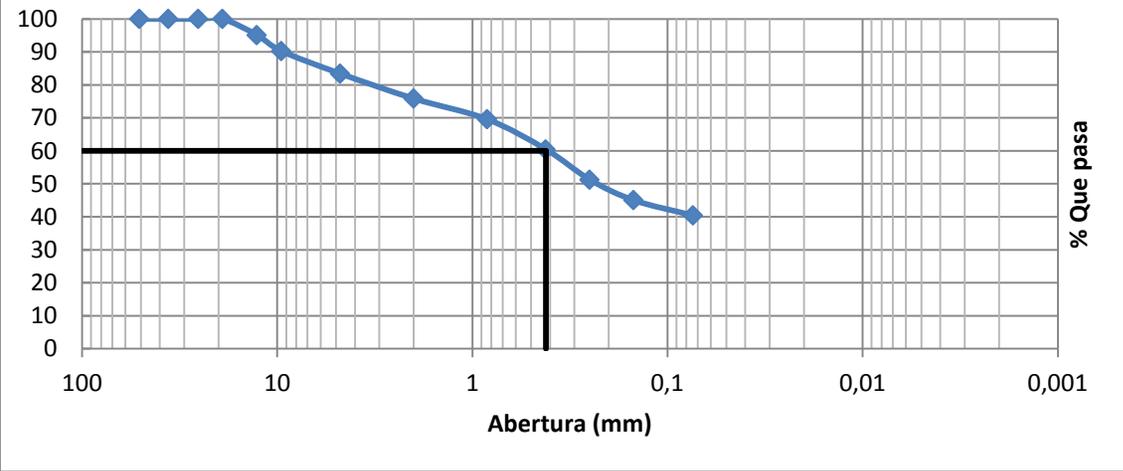
Límite líquido	NL
Límite plástico	NP
Índice de plasticidad	0,0

MUESTRA 12

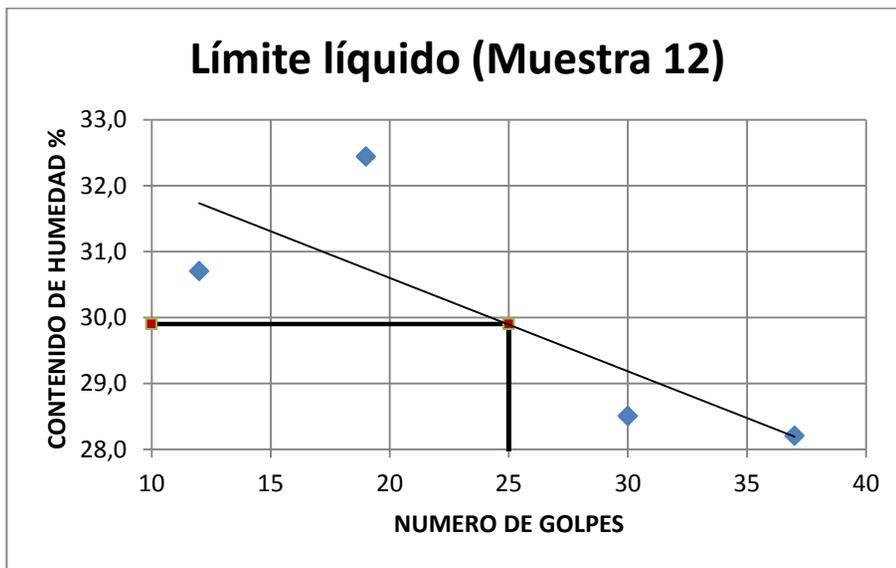
Muestra N°12						
Peso 1	796,8	Peso 2	474,9			
Tamiz N°	Abertura (mm)	Peso suelo retenido (gr)		% Retenido parcial	% Retenido acumulado	% Que pasa
2"	50,8			0	0	100
1 1/2"	36,1			0	0	100
1"	25,4			0	0	100
3/4"	19,05			0	0	100
1/2"	12,7	38,8		4,9	4,9	95,1
3/8"	9,52	38,8		4,9	9,7	90,3
4	4,75	54,5		6,8	16,6	83,4
10	2	60,3		7,6	24,1	75,9
20	0,84	49,9		6,3	30,4	69,6
40	0,42	72,8		9,1	39,5	60,5
60	0,25	73,3		9,2	48,7	51,3
100	0,149	49,6		6,2	55,0	45,0
200	0,074	36,9		4,6	59,6	40,4
Pasa 200		321,9		40,4	100,0	0,0
		Total	796,8			

D10	0		>3" (%)	
D30	0		G (%)	16,6
D60	0,42		S (%)	43,0
Cu	NO HAY		F (%)	40,4
Cc	NO HAY			

Granulometría (Muestra 12)



Prueba N°	Cápsula N°	Nº Golpes	Peso cápsula + suelo húmedo (g)	Peso cápsula + suelo seco (g)	Peso del agua (g)	Peso de la cápsula (g)	Peso del suelo seco (g)	Contenido de agua (%)	
LÍMITE LÍQUIDO									
1	100	37	27,17	23,1	4,07	8,67	14,43	28,2	
2	116	30	28,32	23,5	4,82	6,59	16,91	28,5	
3	199	19	23,4	19,4	4,00	7,07	12,33	32,4	
4	172	12	25,93	21,5	4,43	7,07	14,43	30,7	
LÍMITE PLÁSTICO									
1	39		21,78	18,7	3,08	6,92	11,78	26,1	
2	1003		24,8	21,1	3,70	6,89	14,21	26,0	
								PROMEDIO	26,1



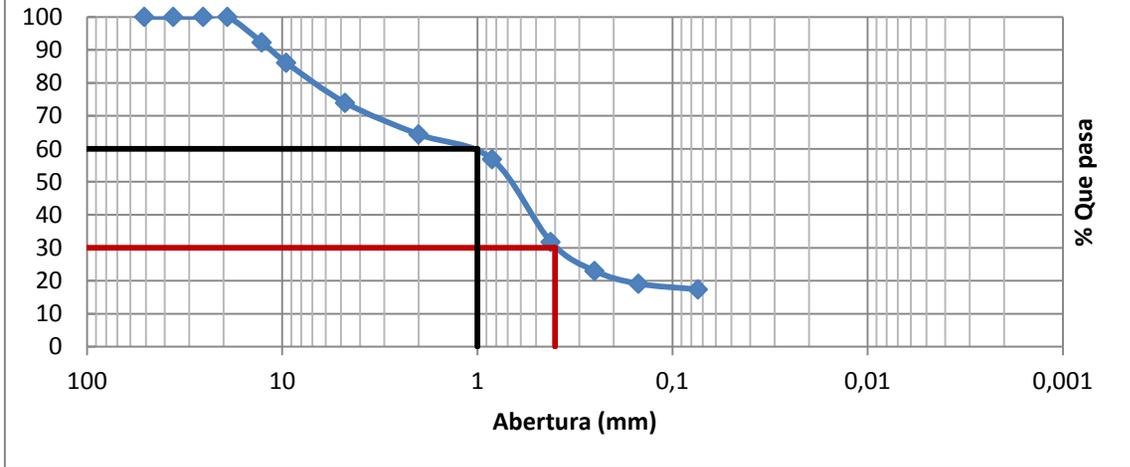
Límite líquido	29,9
Límite plástico	26,1
Índice de plasticidad	3,8

MUESTRA 13

Muestra N°13						
Peso 1	1767,6	Peso 2	1460,6			
Tamiz N°	Abertura (mm)	Peso suelo retenido (gr)		% Retenido parcial	% Retenido acumulado	% Que pasa
2"	50,8			0	0	100
1 1/2"	36,1			0	0	100
1"	25,4			0	0	100
3/4"	19,05			0	0	100
1/2"	12,7		136,6	7,7	7,7	92,3
3/8"	9,52		109,1	6,2	13,9	86,1
4	4,75		214,4	12,1	26,0	74,0
10	2		169,2	9,6	35,6	64,4
20	0,84		133,2	7,5	43,1	56,9
40	0,42		443,8	25,1	68,2	31,8
60	0,25		155,5	8,8	77,0	23,0
100	0,149		68,2	3,9	80,9	19,1
200	0,074		30,6	1,7	82,6	17,4
Pasa 200			307	17,4	100,0	0,0
		Total	1767,6			

D10	0		>3" (%)	
D30	0,4		G (%)	26,0
D60	1		S (%)	56,6
Cu	NO HAY		F (%)	17,4
Cc	NO HAY			

Granulometría (Muestra 13)



Prueba N°	Cápsula N°	Nº Golpes	Peso cápsula + suelo húmedo (g)	Peso cápsula + suelo seco (g)	Peso del agua (g)	Peso de la cápsula (g)	Peso del suelo seco (g)	Contenido de agua (%)
LÍMITE LÍQUIDO								
NO LIQUIDO								
LÍMITE PLÁSTICO								
NO PLASTICO								

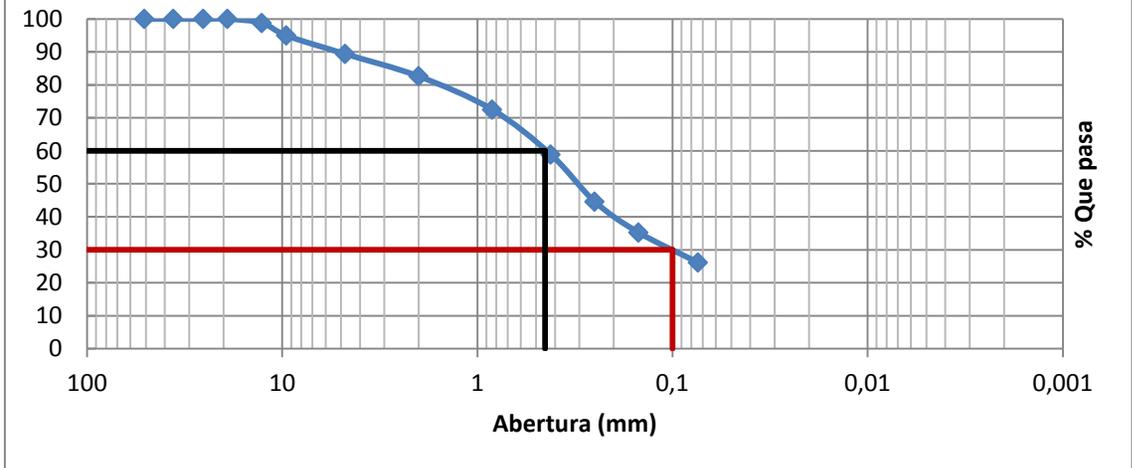
Límite líquido	NL
Límite plástico	NP
Índice de plasticidad	0,0

MUESTRA 14

Muestra N°14					
Peso 1	570,3	Peso 2	421,2		
Tamiz N°	Abertura (mm)	Peso suelo retenido (gr)	% Retenido parcial	% Retenido acumulado	% Que pasa
2"	50,8		0	0	100
1 1/2"	36,1		0	0	100
1"	25,4		0	0	100
3/4"	19,05		0	0	100
1/2"	12,7	6,9	1,2	1,2	98,8
3/8"	9,52	21,9	3,8	5,0	95,0
4	4,75	31,8	5,6	10,6	89,4
10	2	38,6	6,8	17,4	82,6
20	0,84	57,5	10,1	27,5	72,5
40	0,42	77,9	13,7	41,1	58,9
60	0,25	81,5	14,3	55,4	44,6
100	0,149	53,4	9,4	64,8	35,2
200	0,074	51,7	9,1	73,9	26,1
Pasa 200		149,1	26,1	100,0	0,0
		Total	570,3		

D10	0		>3" (%)	
D30	0,1		G (%)	10,6
D60	0,45		S (%)	63,2
Cu	NO HAY		F (%)	26,1
Cc	NO HAY			

Granulometría (Muestra 14)



Prueba N°	Cápsula N°	N° Golpes	Peso cápsula + suelo húmedo (g)	Peso cápsula + suelo seco (g)	Peso del agua (g)	Peso de la cápsula (g)	Peso del suelo seco (g)	Contenido de agua (%)
LÍMITE LÍQUIDO								
NO LIQUIDO								
LÍMITE PLÁSTICO								
NO PLASTICO								

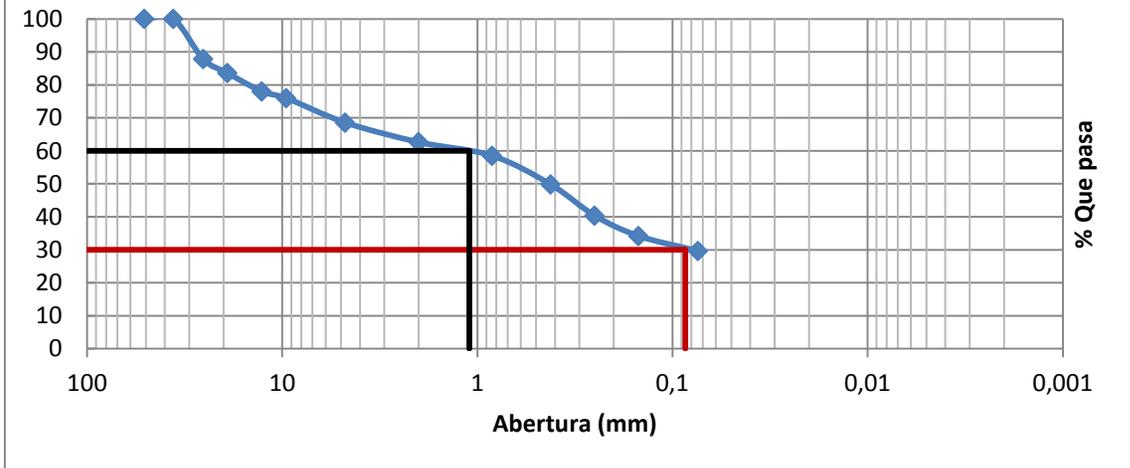
Límite líquido	NL
Límite plástico	NP
Índice de plasticidad	0,0

MUESTRA 15

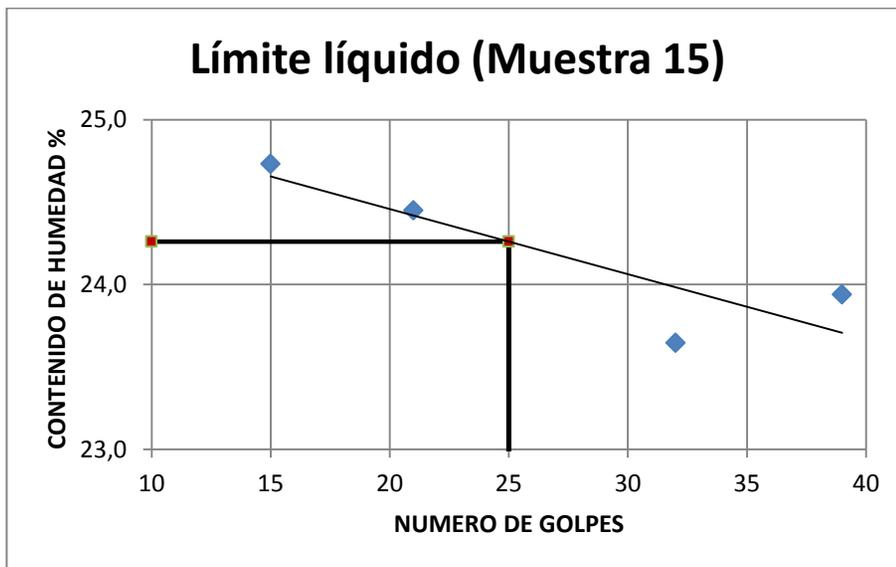
Muestra N°15						
Peso 1	900,2	Peso 2	633,5			
Tamiz N°	Abertura (mm)	Peso suelo retenido (gr)		% Retenido parcial	% Retenido acumulado	% Que pasa
2"	50,8			0	0	100
1 1/2"	36,1			0	0	100
1"	25,4	109,8		12,2	12,2	87,8
3/4"	19,05	38,2		4,2	16,4	83,6
1/2"	12,7	50,2		5,6	22,0	78,0
3/8"	9,52	18,2		2,0	24,0	76,0
4	4,75	66,5		7,4	31,4	68,6
10	2	53,4		5,9	37,4	62,6
20	0,84	37,2		4,1	41,5	58,5
40	0,42	78,7		8,7	50,2	49,8
60	0,25	85,1		9,5	59,7	40,3
100	0,149	55,2		6,1	65,8	34,2
200	0,074	41		4,6	70,4	29,6
Pasa 200		266,7		29,6	100,0	0,0
		Total	900,2			

D10	0			>3" (%)	
D30	0,086			G (%)	31,4
D60	1,1			S (%)	38,9
Cu	NO HAY			F (%)	29,6
Cc	NO HAY				

Granulometría (Muestra 15)



Prueba N°	Cápsula N°	Nº Golpes	Peso cápsula + suelo húmedo (g)	Peso cápsula + suelo seco (g)	Peso del agua (g)	Peso de la cápsula (g)	Peso del suelo seco (g)	Contenido de agua (%)	
LÍMITE LÍQUIDO									
1	108	39	22,4	19,41	2,99	6,92	12,49	23,9	
2	182	32	28,66	24,82	3,84	8,58	16,24	23,6	
3	64	21	22,1	19,1	3,00	6,83	12,27	24,4	
4	128	15	27,94	23,8	4,14	7,06	16,74	24,7	
LÍMITE PLÁSTICO									
1	47		16,38	14,59	1,79	6,85	7,74	23,1	
2	122		16,15	14,72	1,43	8,53	6,19	23,1	
								PROMEDIO	23,1

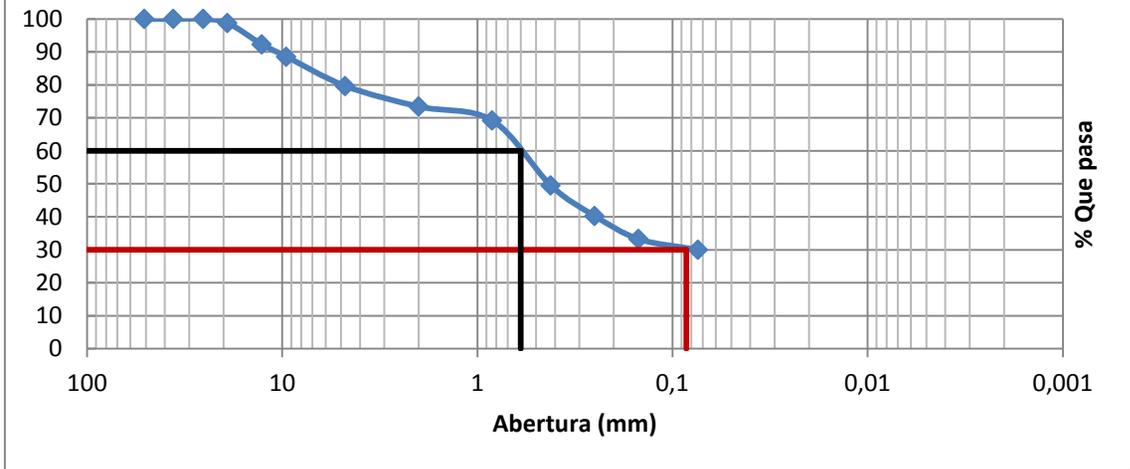


Límite líquido	24,3
Límite plástico	23,1
Índice de plasticidad	1,1

MUESTRA 16

Muestra N°16						
Peso 1	2006,8	Peso 2	1405,1			
Tamiz N°	Abertura (mm)	Peso suelo retenido (gr)		% Retenido parcial	% Retenido acumulado	% Que pasa
2"	50,8			0	0	100
1 1/2"	36,1			0	0	100
1"	25,4			0	0	100
3/4"	19,05	24,7		1,2	1,2	98,8
1/2"	12,7	130,1		6,5	7,7	92,3
3/8"	9,52	74,6		3,7	11,4	88,6
4	4,75	178,6		8,9	20,3	79,7
10	2	125,3		6,2	26,6	73,4
20	0,84	84		4,2	30,8	69,2
40	0,42	396,6		19,8	50,5	49,5
60	0,25	185,2		9,2	59,8	40,2
100	0,149	140,6		7,0	66,8	33,2
200	0,074	65,4		3,3	70,0	30,0
Pasa 200		601,7		30,0	100,0	0,0
		Total	2006,8			
D10	0			>3" (%)		
D30	0,085			G (%)	20,3	
D60	0,6			S (%)	49,7	
Cu	NO HAY			F (%)	30,0	
Cc	NO HAY					

Granulometría (Muestra 16)



Prueba N°	Cápsula N°	Nº Golpes	Peso cápsula + suelo húmedo (g)	Peso cápsula + suelo seco (g)	Peso del agua (g)	Peso de la cápsula (g)	Peso del suelo seco (g)	Contenido de agua (%)
LÍMITE LÍQUIDO								
NO LIQUIDO								
LÍMITE PLÁSTICO								
NO PLASTICO								

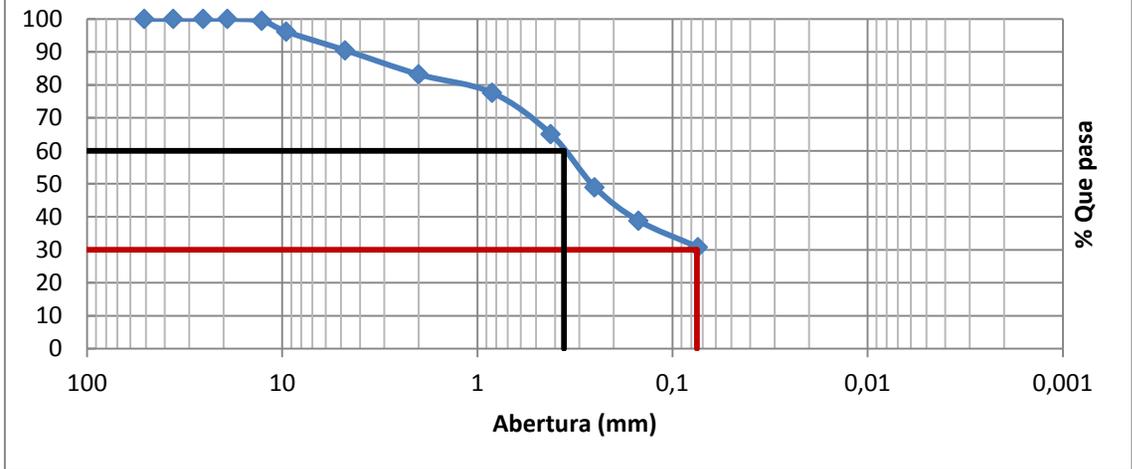
Límite líquido	NL
Límite plástico	NP
Índice de plasticidad	0,0

MUESTRA 17

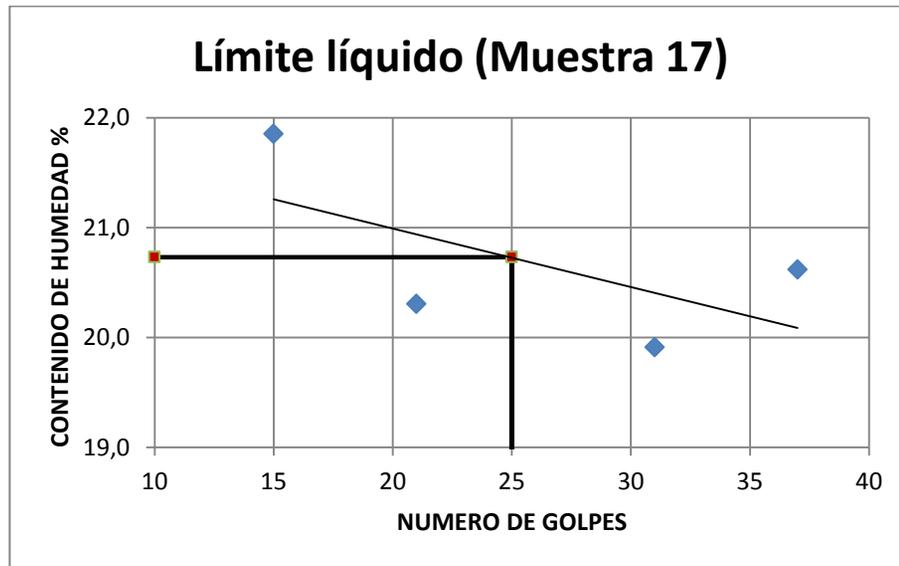
Muestra N°17						
Peso 1	678,3	Peso 2	469,4			
Tamiz N°	Abertura (mm)	Peso suelo retenido (gr)		% Retenido parcial	% Retenido acumulado	% Que pasa
2"	50,8			0	0	100
1 1/2"	36,1			0	0	100
1"	25,4			0	0	100
3/4"	19,05			0	0	100
1/2"	12,7	3,9		0,6	0,6	99,4
3/8"	9,52	22,3		3,3	3,9	96,1
4	4,75	38,3		5,6	9,5	90,5
10	2	49,6		7,3	16,8	83,2
20	0,84	37,6		5,5	22,4	77,6
40	0,42	85,2		12,6	34,9	65,1
60	0,25	109,4		16,1	51,1	48,9
100	0,149	68,9		10,2	61,2	38,8
200	0,074	54,2		8,0	69,2	30,8
Pasa 200		208,9		30,8	100,0	0,0
		Total	678,3			

D10	0			>3" (%)	
D30	0,075			G (%)	9,5
D60	0,36			S (%)	59,7
Cu	NO HAY			F (%)	30,8
Cc	NO HAY				

Granulometría (Muestra 17)



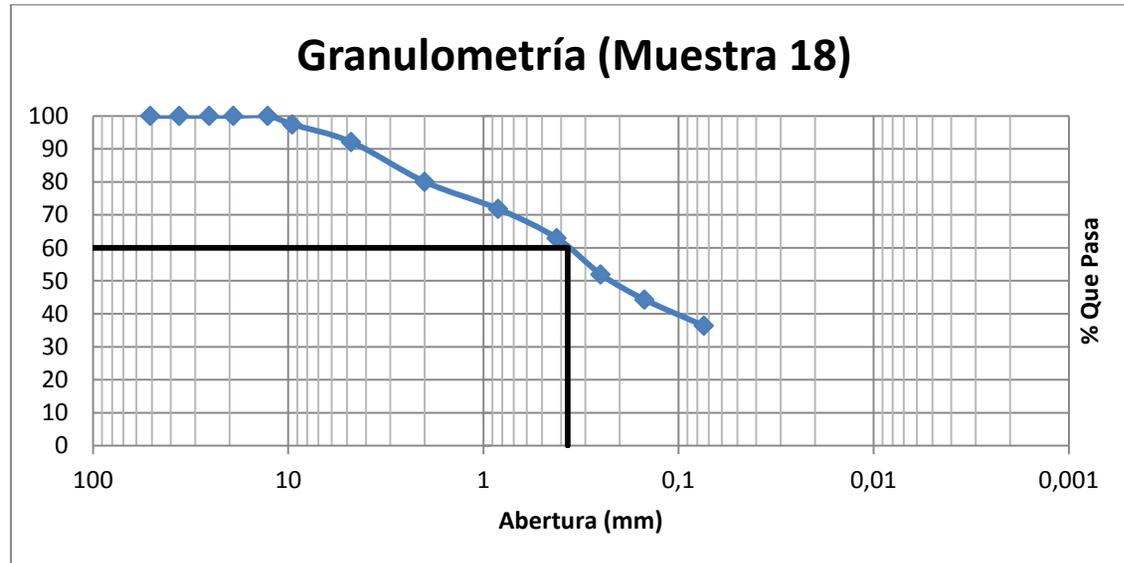
Prueba N°	Cápsula N°	Nº Golpes	Peso cápsula + suelo húmedo (g)	Peso cápsula + suelo seco (g)	Peso del agua (g)	Peso de la cápsula (g)	Peso del suelo seco (g)	Contenido de agua (%)
LÍMITE LÍQUIDO								
1	172	37	35,4	30,54	4,86	6,97	23,57	20,6
2	199	31	31,17	27,17	4,00	7,08	20,09	19,9
3	1003	21	29,05	25,31	3,74	6,89	18,42	20,3
4	116	15	26,44	22,88	3,56	6,59	16,29	21,9
LÍMITE PLÁSTICO								
1	39		17,66	15,97	1,69	6,92	9,05	18,7
2	100		19,19	17,64	1,55	8,68	8,96	17,3
PROMEDIO								18,0



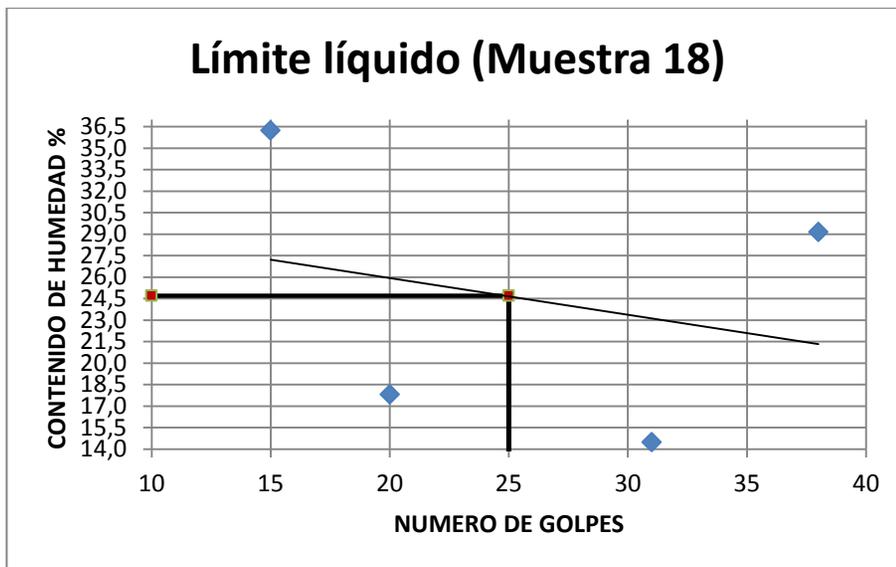
Límite líquido	20,7
Límite plástico	18,0
Índice de plasticidad	2,7

Muestra 18

Muestra N°18						
Peso 1	523,8	Peso 2	333,4			
Tamiz N°	Abertura (mm)	Peso suelo retenido (gr)		% Retenido parcial	% Retenido acumulado	% Que pasa
2"	50,8			0,0	0,0	100,0
1 1/2"	36,1			0,0	0,0	100,0
1"	25,4			0,0	0,0	100,0
3/4"	19,05			0,0	0,0	100,0
1/2"	12,7			0,0	0,0	100,0
3/8"	9,52	13,4		2,6	2,6	97,4
4	4,75	28		5,3	7,9	92,1
10	2	63,1		12,0	20,0	80,0
20	0,84	43,1		8,2	28,2	71,8
40	0,42	46,5		8,9	37,1	62,9
60	0,25	57,5		11,0	48,0	52,0
100	0,149	40,2		7,7	55,7	44,3
200	0,074	41,6		7,9	63,7	36,3
Pasa 200		190,4		36,3	100,0	0,0
		Total	523,8			
D10	0			>3" (%)		
D30	0,075			G (%)	7,9	
D60	0,37			S (%)	55,7	
Cu	NO HAY			F (%)	36,3	
Cc	NO HAY					



Prueba N°	Cápsula N°	Nº Golpes	Peso cápsula + suelo húmedo (g)	Peso cápsula + suelo seco (g)	Peso del agua (g)	Peso de la cápsula (g)	Peso del suelo seco (g)	Contenido de agua (%)	
LÍMITE LÍQUIDO									
1	122	38	30,74	25,73	5,01	8,53	17,20	29,1	
2	39	31	34,22	30,77	3,45	6,92	23,85	14,5	
3	1003	20	33,56	29,53	4,03	6,89	22,64	17,8	
4	47	15	29,86	23,74	6,12	6,85	16,89	36,2	
LÍMITE PLÁSTICO									
1	100		19,35	17,36	1,99	8,7	8,66	23,0	
2	199		18,42	16,22	2,20	6,98	9,24	23,8	
								PROMEDIO	23,4



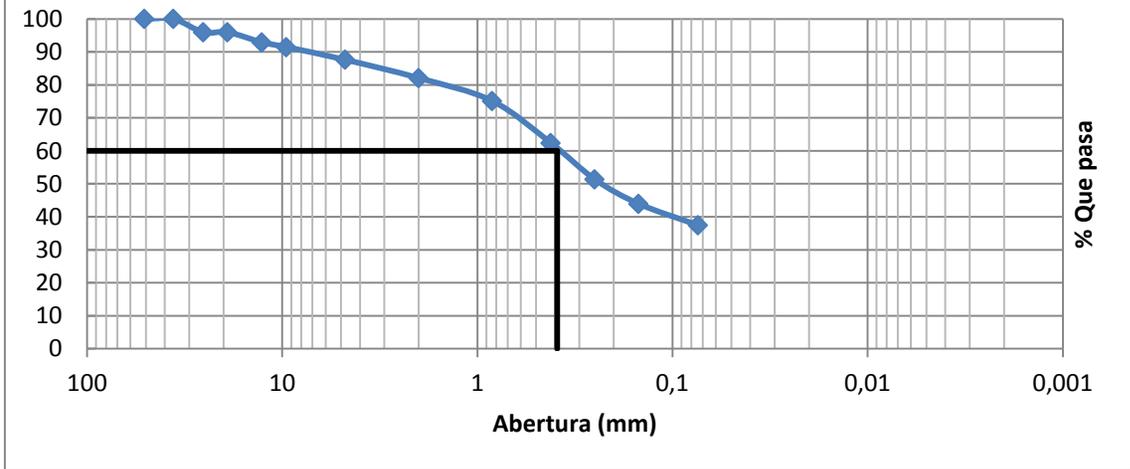
Límite líquido	24,7
Límite plástico	23,4
Índice de plasticidad	1,3

MUESTRA 19

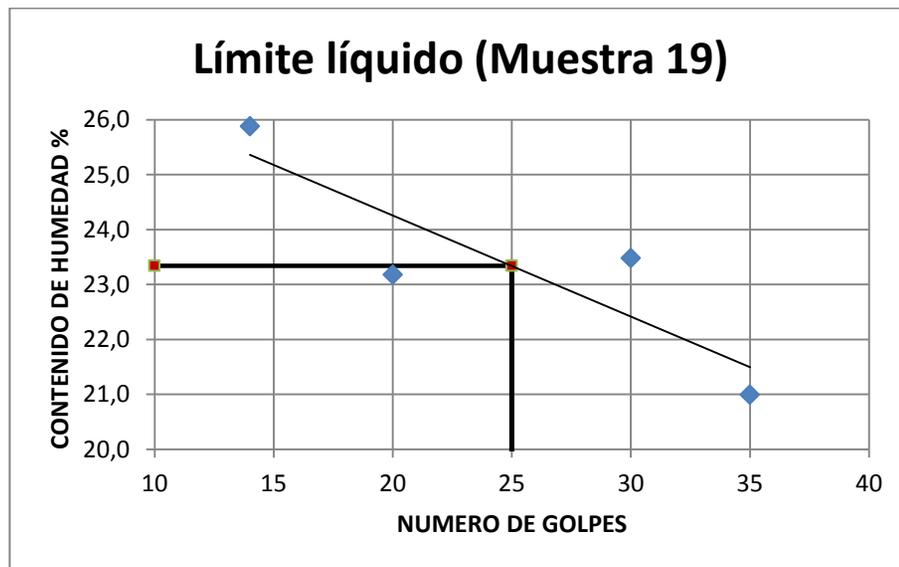
Muestra N°19						
Peso 1	669,1	Peso 2	418,5			
Tamiz N°	Abertura (mm)	Peso suelo retenido (gr)		% Retenido parcial	% Retenido acumulado	% Que pasa
2"	50,8			0	0	100
1 1/2"	36,1			0	0	100
1"	25,4	27		4,0	4,0	96,0
3/4"	19,05			0,0	4,0	96,0
1/2"	12,7	20,4		3,0	7,1	92,9
3/8"	9,52	9,7		1,4	8,5	91,5
4	4,75	25,7		3,8	12,4	87,6
10	2	37		5,5	17,9	82,1
20	0,84	46,5		6,9	24,9	75,1
40	0,42	85,4		12,8	37,6	62,4
60	0,25	73,8		11,0	48,6	51,4
100	0,149	49,6		7,4	56,1	43,9
200	0,074	43,4		6,5	62,5	37,5
Pasa 200		250,6		37,5	100,0	0,0
		Total	669,1			

D10	0		>3" (%)	
D30	0		G (%)	12,4
D60	0,39		S (%)	50,2
Cu	NO HAY		F (%)	37,5
Cc	NO HAY			

Granulometría (Muestra 19)



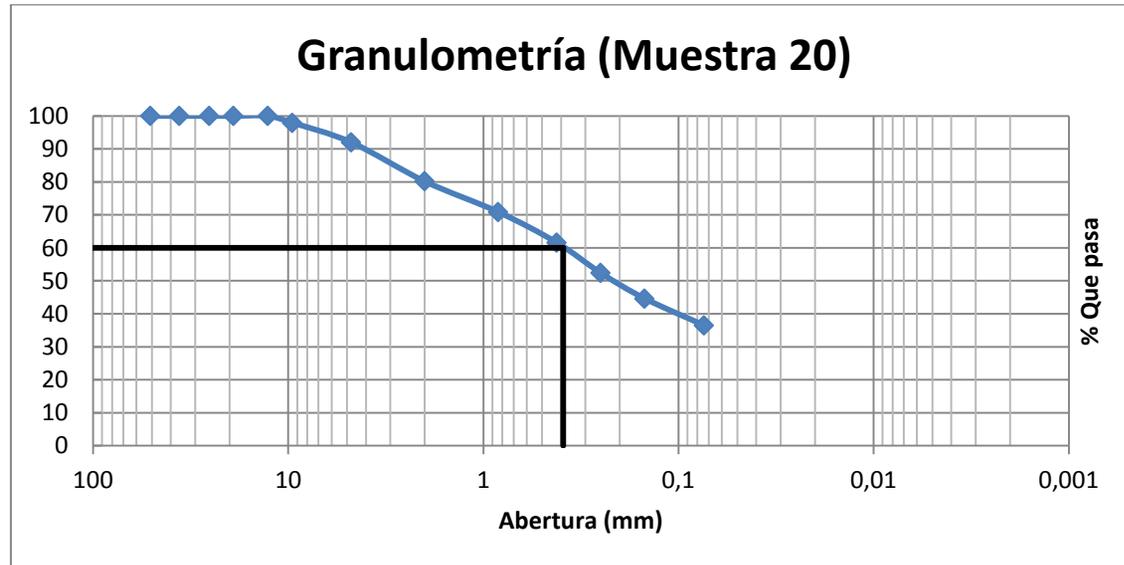
Prueba N°	Cápsula N°	Nº Golpes	Peso cápsula + suelo húmedo (g)	Peso cápsula + suelo seco (g)	Peso del agua (g)	Peso de la cápsula (g)	Peso del suelo seco (g)	Contenido de agua (%)	
LÍMITE LÍQUIDO									
1	102	35	31,4	27,47	3,93	8,75	18,72	21,0	
2	83	30	29,67	25,69	3,98	8,74	16,95	23,5	
3	93	20	28,36	24,67	3,69	8,75	15,92	23,2	
4	96	14	29,02	24,76	4,26	8,3	16,46	25,9	
LÍMITE PLÁSTICO									
1	22		14,52	13,2	1,32	6,66	6,54	20,2	
2	56		17,88	15,88	2,00	7	8,88	22,5	
								PROMEDIO	21,4



Límite líquido	23,3
Límite plástico	21,4
Índice de plasticidad	2,0

- MUESTRA 20

Muestra N°20						
Peso 1	572	Peso 2	363,2			
Tamiz N°	Abertura (mm)	Peso suelo retenido (gr)		% Retenido parcial	% Retenido acumulado	% Que pasa
2"	50,8			0	0	100
1 1/2"	36,1			0	0	100
1"	25,4			0	0	100
3/4"	19,05			0	0	100
1/2"	12,7			0	0	100
3/8"	9,52	11,8		2,1	2,1	97,9
4	4,75	34		5,9	8,0	92,0
10	2	67,6		11,8	19,8	80,2
20	0,84	53,1		9,3	29,1	70,9
40	0,42	53,3		9,3	38,4	61,6
60	0,25	52,7		9,2	47,6	52,4
100	0,149	44,2		7,7	55,4	44,6
200	0,074	46,5		8,1	63,5	36,5
Pasa 200		208,8		36,5	100,0	0,0
		Total	572			
D10	0			>3" (%)		
D30	0			G (%)	8,0	
D60	0,39			S (%)	55,5	
Cu	NO HAY			F (%)	36,5	
Cc	NO HAY					



Prueba N°	Cápsula N°	Nº Golpes	Peso cápsula + suelo húmedo (g)	Peso cápsula + suelo seco (g)	Peso del agua (g)	Peso de la cápsula (g)	Peso del suelo seco (g)	Contenido de agua (%)
LÍMITE LÍQUIDO								
NO LIQUIDO								
LÍMITE PLÁSTICO								
NO PLASTICO								

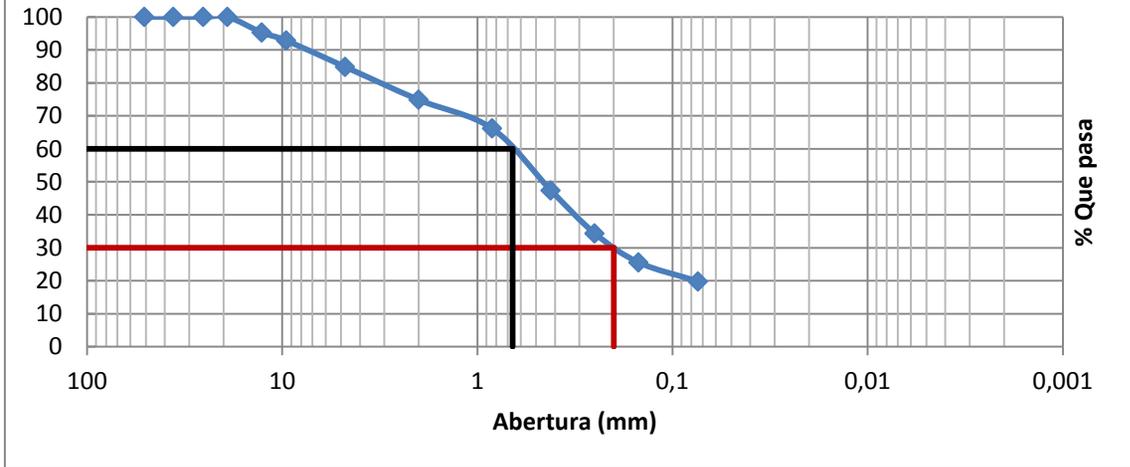
Límite líquido	NL
Límite plástico	NP
Índice de plasticidad	0,0

MUESTRA 21

Muestra N°21						
Peso 1	872,5	Peso 2	699,7			
Tamiz N°	Abertura (mm)	Peso suelo retenido (gr)		% Retenido parcial	% Retenido acumulado	% Que pasa
2"	50,8			0	0	100
1 1/2"	36,1			0	0	100
1"	25,4			0	0	100
3/4"	19,05			0	0	100
1/2"	12,7	41,5		4,8	4,8	95,2
3/8"	9,52	21		2,4	7,2	92,8
4	4,75	69,9		8,0	15,2	84,8
10	2	86,8		9,9	25,1	74,9
20	0,84	75,9		8,7	33,8	66,2
40	0,42	163,8		18,8	52,6	47,4
60	0,25	114		13,1	65,7	34,3
100	0,149	76,7		8,8	74,5	25,5
200	0,074	50,1		5,7	80,2	19,8
Pasa 200		172,8		19,8	100,0	0,0
		Total	872,5			

D10	0			>3" (%)	
D30	0,2			G (%)	15,2
D60	0,66			S (%)	65,0
Cu	NO HAY			F (%)	19,8
Cc	NO HAY				

Granulometría (Muestra 21)



Prueba N°	Cápsula N°	N° Golpes	Peso cápsula + suelo húmedo (g)	Peso cápsula + suelo seco (g)	Peso del agua (g)	Peso de la cápsula (g)	Peso del suelo seco (g)	Contenido de agua (%)
LÍMITE LÍQUIDO								
NO LIQUIDO								
LÍMITE PLÁSTICO								
NO PLASTICO								

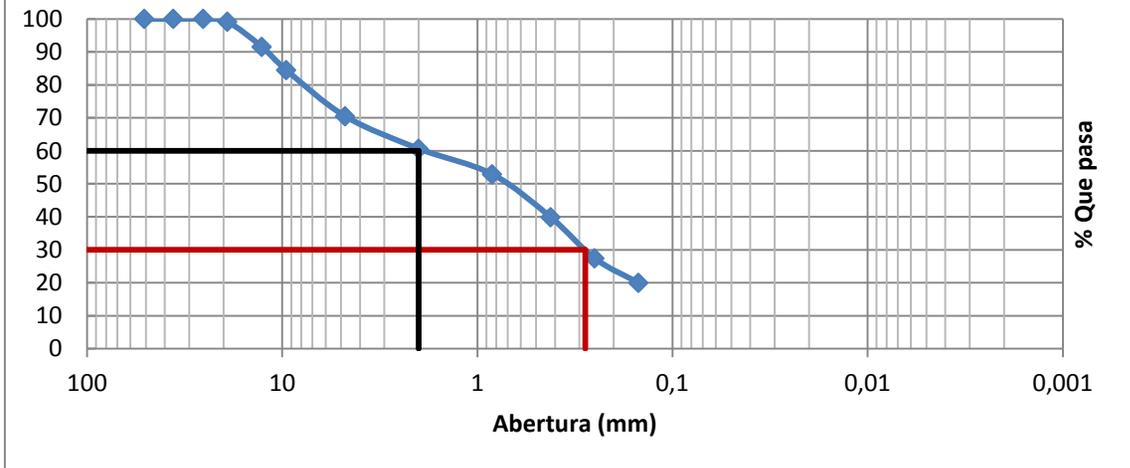
Límite líquido	NL
Límite plástico	NP
Índice de plasticidad	0,0

MUESTRA 22

Muestra N°22					
Peso 1	757	Peso 2	636,5		
Tamiz N°	Abertura (mm)	Peso suelo retenido (gr)	% Retenido parcial	% Retenido acumulado	% Que pasa
2"	50,8		0	0	100
1 1/2"	36,1		0	0	100
1"	25,4		0	0	100
3/4"	19,05	6,8	0,9	0,9	99,1
1/2"	12,7	57,5	7,6	8,5	91,5
3/8"	9,52	53,2	7,0	15,5	84,5
4	4,75	106,1	14,0	29,5	70,5
10	2	74,2	9,8	39,3	60,7
20	0,84	58,5	7,7	47,1	52,9
40	0,42	99,2	13,1	60,2	39,8
60	0,25	94,4	12,5	72,6	27,4
100	0,149	56,2	7,4	80,1	19,9
200	0,074	30,4	4,0	84,1	15,9
Pasa 200		120,5	15,9	100,0	0,0
		Total	757		

D10	0		>3" (%)	
D30	0,28		G (%)	29,5
D60	2		S (%)	54,5
Cu	NO HAY		F (%)	15,9
Cc	NO HAY			

Granulometría (Muestra 22)



Prueba N°	Cápsula N°	N° Golpes	Peso cápsula + suelo húmedo (g)	Peso cápsula + suelo seco (g)	Peso del agua (g)	Peso de la cápsula (g)	Peso del suelo seco (g)	Contenido de agua (%)
LÍMITE LÍQUIDO								
NO LIQUIDO								
LÍMITE PLÁSTICO								
NO PLASTICO								

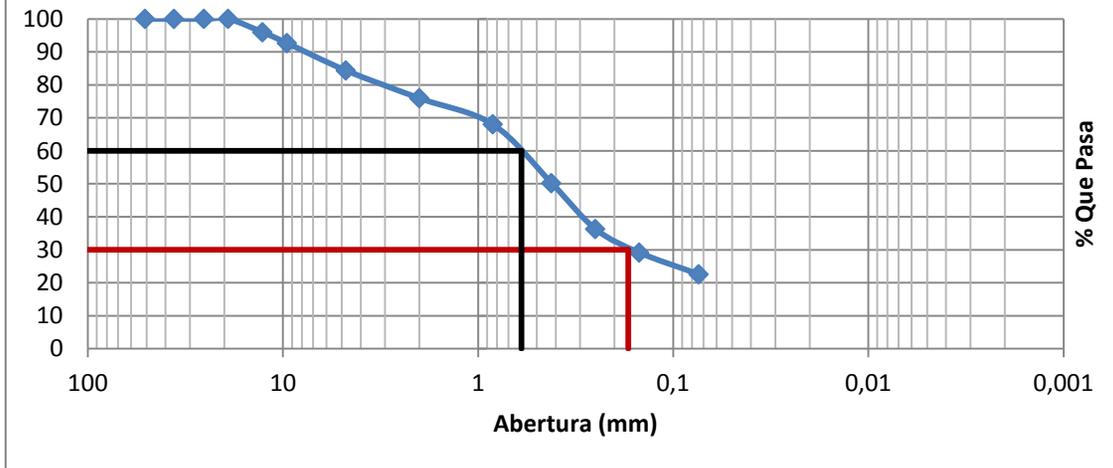
Límite líquido	NL
Límite plástico	NP
Índice de plasticidad	0,0

MUESTRA 23

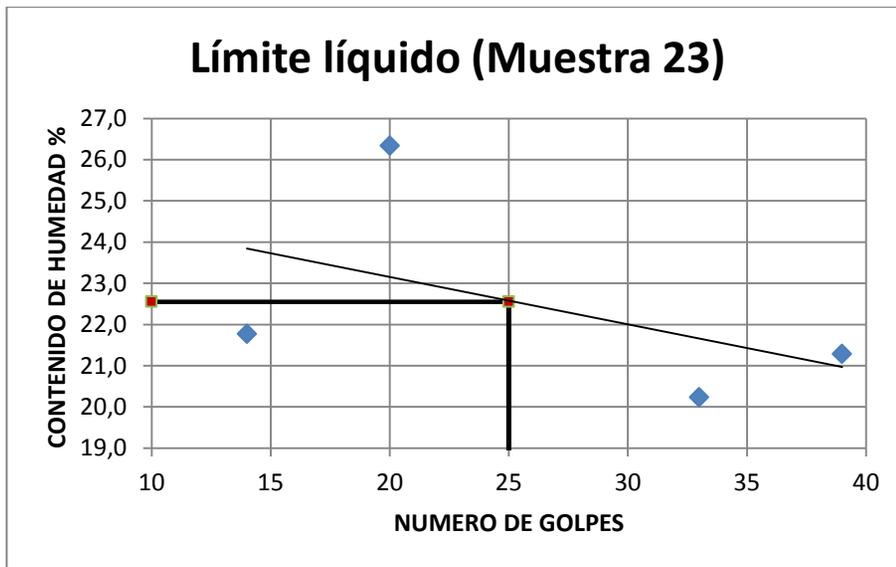
Muestra N°23						
Peso 1	794,2	Peso 2	614,9			
Tamiz N°	Abertura (mm)	Peso suelo retenido (gr)		% Retenido parcial	% Retenido acumulado	% Que pasa
2"	50,8			0,0	0,0	100,0
1 1/2"	36,1			0,0	0,0	100,0
1"	25,4			0,0	0,0	100,0
3/4"	19,05			0,0	0,0	100,0
1/2"	12,7		32,1	4,0	4,0	96,0
3/8"	9,52		26,2	3,3	7,3	92,7
4	4,75		65,9	8,3	15,6	84,4
10	2		66,7	8,4	24,0	76,0
20	0,84		63,2	8,0	32,0	68,0
40	0,42		141,3	17,8	49,8	50,2
60	0,25		110,7	13,9	63,7	36,3
100	0,149		56,7	7,1	70,9	29,1
200	0,074		52,1	6,6	77,4	22,6
Pasa 200			179,3	22,6	100,0	0,0
		Total	794,2			

D10	0			>3" (%)	
D30	0,17			G (%)	15,6
D60	0,6			S (%)	61,8
Cu	NO HAY			F (%)	22,6
Cc	NO HAY				

Granulometría (Muestra 23)



Prueba N°	Cápsula N°	N° Golpes	Peso cápsula + suelo húmedo (g)	Peso cápsula + suelo seco (g)	Peso del agua (g)	Peso de la cápsula (g)	Peso del suelo seco (g)	Contenido de agua (%)	
LÍMITE LÍQUIDO									
1	100	39	35,31	30,64	4,67	8,7	21,94	21,3	
2	83	33	33,74	29,53	4,21	8,72	20,81	20,2	
3	93	20	28,85	24,66	4,19	8,75	15,91	26,3	
4	96	14	33,53	29,02	4,51	8,3	20,72	21,8	
LÍMITE PLÁSTICO									
1	1003		20,33	18,12	2,21	6,92	11,20	19,7	
2	102		19,76	17,96	1,80	8,75	9,21	19,5	
								PROMEDIO	19,6

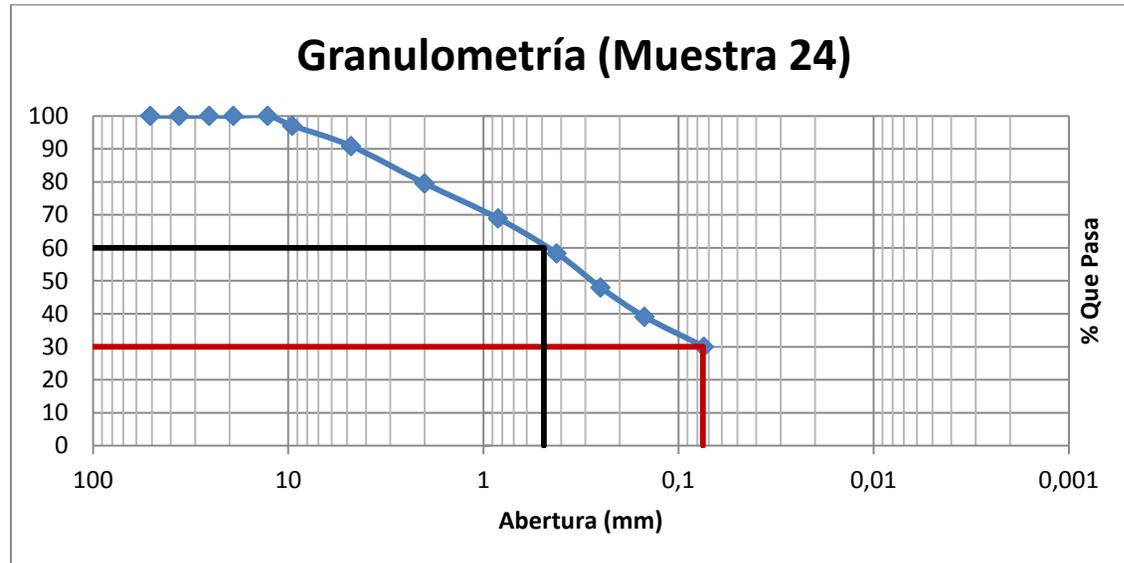


Límite líquido	22,6
Límite plástico	19,6
Índice de plasticidad	2,9

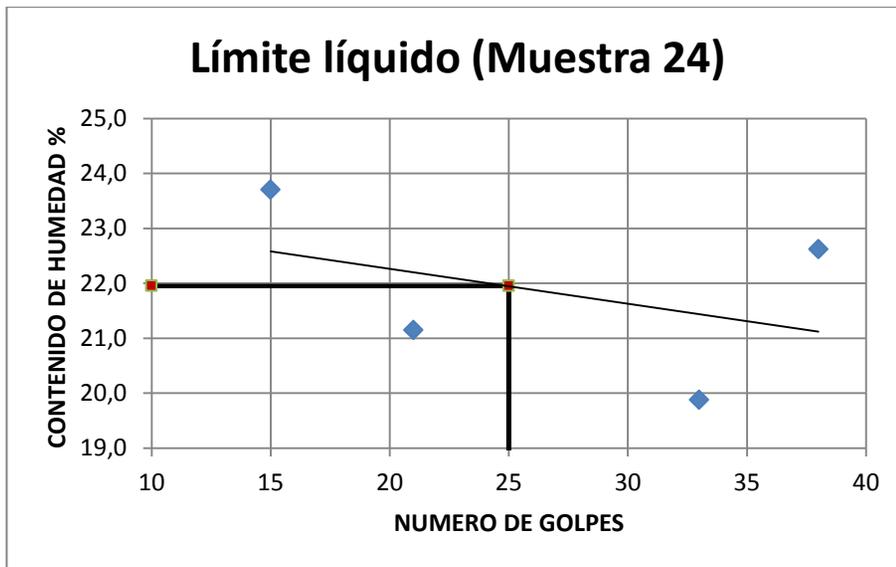
MUESTRA 24

Muestra N°24						
Peso 1	641,2	Peso 2	448,7			
Tamiz N°	Abertura (mm)	Peso suelo retenido (gr)		% Retenido parcial	% Retenido acumulado	% Que pasa
2"	50,8			0,0	0,0	100,0
1 1/2"	36,1			0,0	0,0	100,0
1"	25,4			0,0	0,0	100,0
3/4"	19,05			0,0	0,0	100,0
1/2"	12,7			0,0	0,0	100,0
3/8"	9,52		18,9	2,9	2,9	97,1
4	4,75		39,7	6,2	9,1	90,9
10	2		72,4	11,3	20,4	79,6
20	0,84		68,2	10,6	31,1	68,9
40	0,42		68,1	10,6	41,7	58,3
60	0,25		66,5	10,4	52,1	47,9
100	0,149		56,6	8,8	60,9	39,1
200	0,074		58,3	9,1	70,0	30,0
Pasa 200			192,5	30,0	100,0	0,0
		Total	641,2			

D10	0		>3" (%)	
D30	0,075		G (%)	9,1
D60	0,49		S (%)	60,8
Cu	NO HAY		F (%)	30,0
Cc	NO HAY			



Prueba N°	Cápsula N°	N° Golpes	Peso cápsula + suelo húmedo (g)	Peso cápsula + suelo seco (g)	Peso del agua (g)	Peso de la cápsula (g)	Peso del suelo seco (g)	Contenido de agua (%)	
LÍMITE LÍQUIDO									
1	102	38	33,74	29,13	4,61	8,75	20,38	22,6	
2	56	33	35,77	31	4,77	7	24,00	19,9	
3	100	21	36,12	31,33	4,79	8,68	22,65	21,1	
4	22	15	34,35	29,05	5,30	6,69	22,36	23,7	
LÍMITE PLÁSTICO									
1	83		23,72	21,42	2,30	8,72	12,70	18,1	
2	93		22,15	19,98	2,17	8,75	11,23	19,3	
								PROMEDIO	18,7



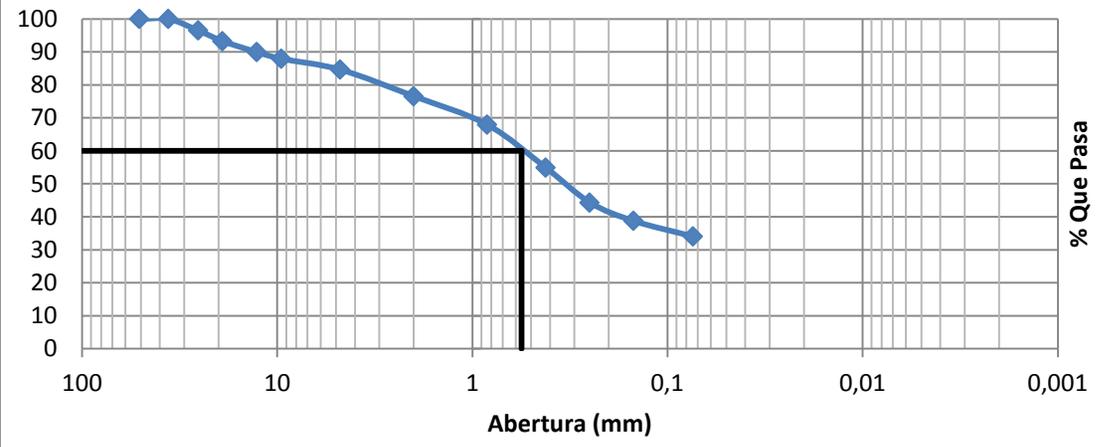
Límite líquido	22,0
Límite plástico	18,7
Índice de plasticidad	3,2

MUESTRA 25

Muestra N°25						
Peso 1	624,3	Peso 2	411,8			
Tamiz N°	Abertura (mm)	Peso suelo retenido (gr)		% Retenido parcial	% Retenido acumulado	% Que pasa
2"	50,8			0,0	0,0	100,0
1 1/2"	36,1			0,0	0,0	100,0
1"	25,4	21,9		3,5	3,5	96,5
3/4"	19,05	20,1		3,2	6,7	93,3
1/2"	12,7	20,9		3,3	10,1	89,9
3/8"	9,52	12,5		2,0	12,1	87,9
4	4,75	20,6		3,3	15,4	84,6
10	2	50,2		8,0	23,4	76,6
20	0,84	53,9		8,6	32,1	67,9
40	0,42	81,6		13,1	45,1	54,9
60	0,25	65,8		10,5	55,7	44,3
100	0,149	34,9		5,6	61,3	38,7
200	0,074	29,4		4,7	66,0	34,0
Pasa 200		212,5		34,0	100,0	0,0
		Total	624,3			

D10	0		>3" (%)	
D30	0		G (%)	15,4
D60	0,56		S (%)	50,6
Cu	NO HAY		F (%)	34,0
Cc	NO HAY			

Granulometría (Muestra 25)



Prueba N°	Cápsula N°	N° Golpes	Peso cápsula + suelo húmedo (g)	Peso cápsula + suelo seco (g)	Peso del agua (g)	Peso de la cápsula (g)	Peso del suelo seco (g)	Contenido de agua (%)
LÍMITE LÍQUIDO								
NO LIQUIDO								
LÍMITE PLÁSTICO								
NO PLASTICO								

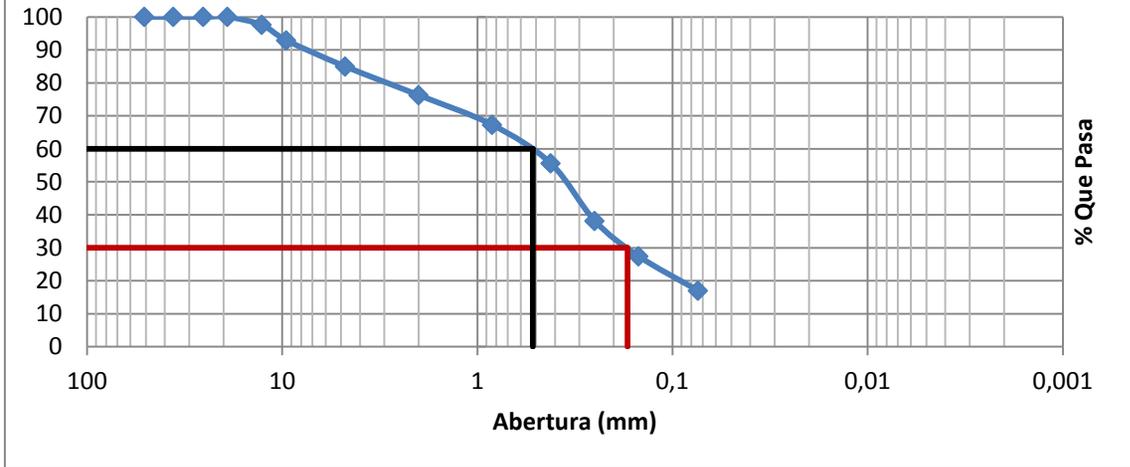
Límite líquido	NL
Límite plástico	NP
Índice de plasticidad	0,0

MUESTRA 26

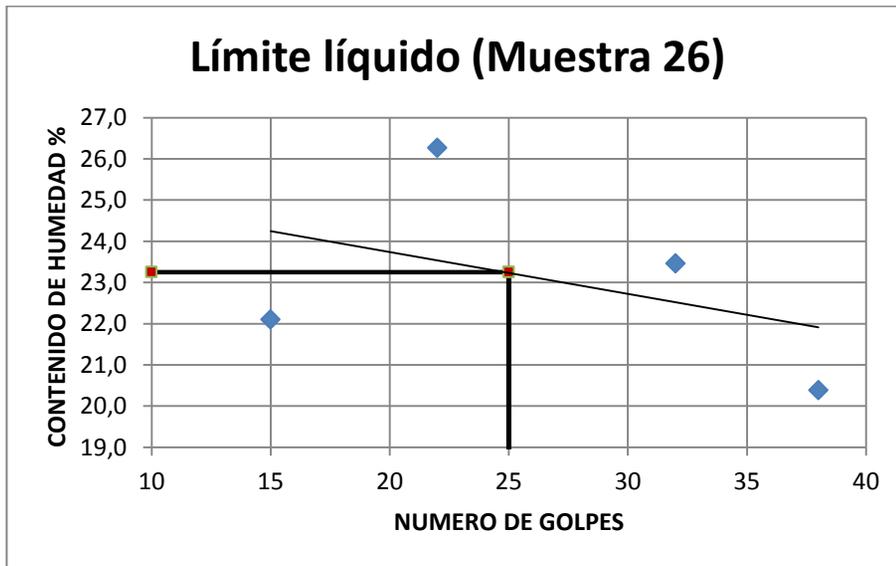
Muestra N°26						
Peso 1	828,4	Peso 2	687,5			
Tamiz N°	Abertura (mm)	Peso suelo retenido (gr)		% Retenido parcial	% Retenido acumulado	% Que pasa
2"	50,8			0,0	0,0	100,0
1 1/2"	36,1			0,0	0,0	100,0
1"	25,4			0,0	0,0	100,0
3/4"	19,05			0,0	0,0	100,0
1/2"	12,7		20,2	2,4	2,4	97,6
3/8"	9,52		38,6	4,7	7,1	92,9
4	4,75		65,7	7,9	15,0	85,0
10	2		71,9	8,7	23,7	76,3
20	0,84		74,6	9,0	32,7	67,3
40	0,42		97,1	11,7	44,4	55,6
60	0,25		144,3	17,4	61,9	38,1
100	0,149		88,9	10,7	72,6	27,4
200	0,074		86,2	10,4	83,0	17,0
Pasa 200			140,9	17,0	100,0	0,0
		Total	828,4			

D10	0			>3" (%)	
D30	0,17			G (%)	15,0
D60	0,52			S (%)	68,0
Cu	NO HAY			F (%)	17,0
Cc	NO HAY				

Granulometría (Muestra 26)



Prueba N°	Cápsula N°	Nº Golpes	Peso cápsula + suelo húmedo (g)	Peso cápsula + suelo seco (g)	Peso del agua (g)	Peso de la cápsula (g)	Peso del suelo seco (g)	Contenido de agua (%)	
LÍMITE LÍQUIDO									
1	100	38	33,64	29,41	4,23	8,66	20,75	20,4	
2	102	32	28,85	25,03	3,82	8,75	16,28	23,5	
3	93	22	29,47	25,16	4,31	8,75	16,41	26,3	
4	22	15	33,88	28,96	4,92	6,7	22,26	22,1	
LÍMITE PLÁSTICO									
1	22		14,52	13,55	0,97	8,71	4,84	20,0	
2	56		17,88	16,09	1,79	7,02	9,07	19,7	
								PROMEDIO	19,9

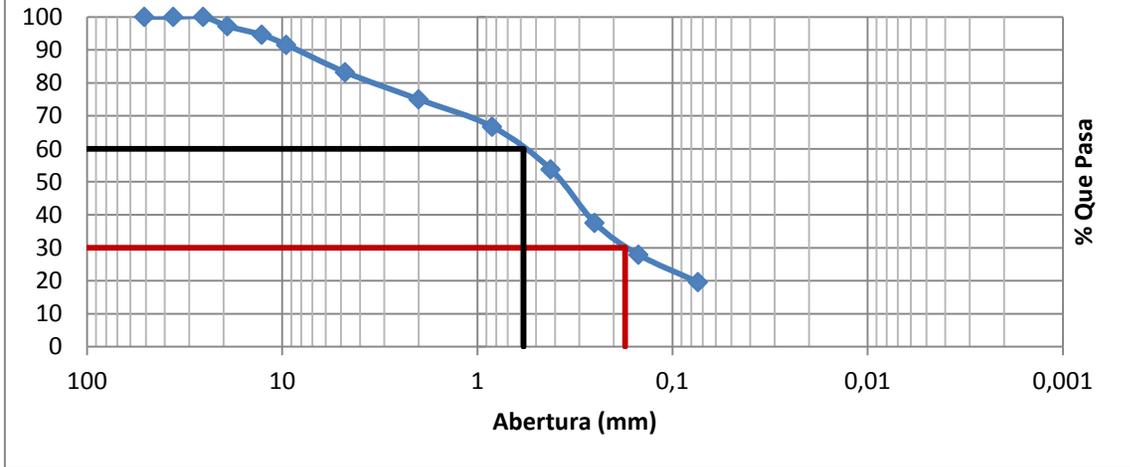


Límite líquido	23,3
Límite plástico	19,9
Índice de plasticidad	3,4

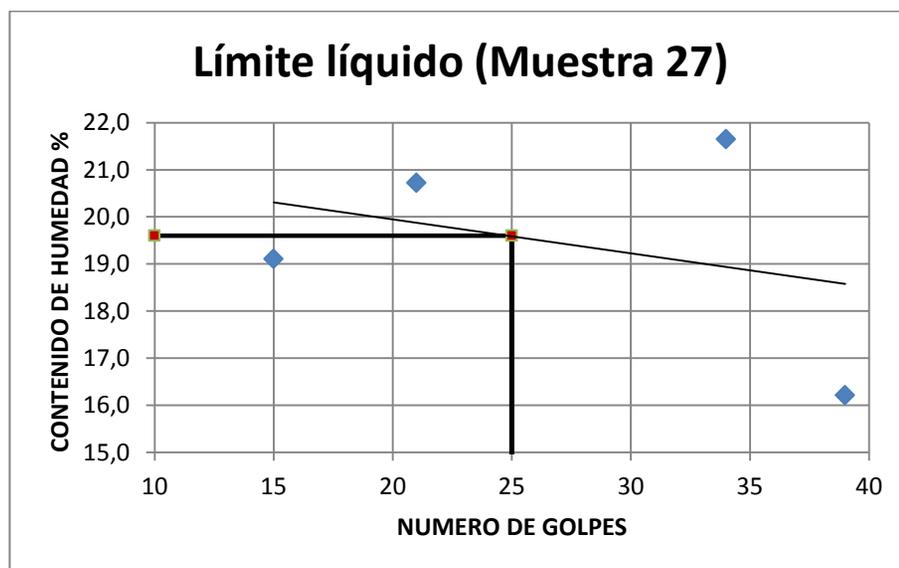
MUESTRA 27

Muestra N°27						
Peso 1	942,7	Peso 2	758,1			
Tamiz N°	Abertura (mm)	Peso suelo retenido (gr)		% Retenido parcial	% Retenido acumulado	% Que pasa
2"	50,8			0,0	0,0	100,0
1 1/2"	36,1			0,0	0,0	100,0
1"	25,4			0,0	0,0	100,0
3/4"	19,05	26,4		2,8	2,8	97,2
1/2"	12,7	24,9		2,6	5,4	94,6
3/8"	9,52	28,3		3,0	8,4	91,6
4	4,75	78,4		8,3	16,8	83,2
10	2	77,6		8,2	25,0	75,0
20	0,84	78,1		8,3	33,3	66,7
40	0,42	122,3		13,0	46,3	53,7
60	0,25	152,7		16,2	62,4	37,6
100	0,149	91,2		9,7	72,1	27,9
200	0,074	78,2		8,3	80,4	19,6
Pasa 200		184,6		19,6	100,0	0,0
		Total	942,7			
D10	0			>3" (%)		
D30	0,175			G (%)	16,8	
D60	0,58			S (%)	63,7	
Cu	NO HAY			F (%)	19,6	
Cc	NO HAY					

Granulometría (Muestra 27)



Prueba N°	Cápsula N°	N° Golpes	Peso cápsula + suelo húmedo (g)	Peso cápsula + suelo seco (g)	Peso del agua (g)	Peso de la cápsula (g)	Peso del suelo seco (g)	Contenido de agua (%)	
LÍMITE LÍQUIDO									
1	1003	39	35,74	31,72	4,02	6,92	24,80	16,2	
2	102	34	32,91	28,61	4,30	8,75	19,86	21,7	
3	96	21	29,68	26,01	3,67	8,3	17,71	20,7	
4	93	15	33,87	29,84	4,03	8,75	21,09	19,1	
LÍMITE PLÁSTICO									
1	22		14,52	13,32	1,20	6,7	6,62	18,1	
2	56		17,88	16,22	1,66	7	9,22	18,0	
								PROMEDIO	18,1



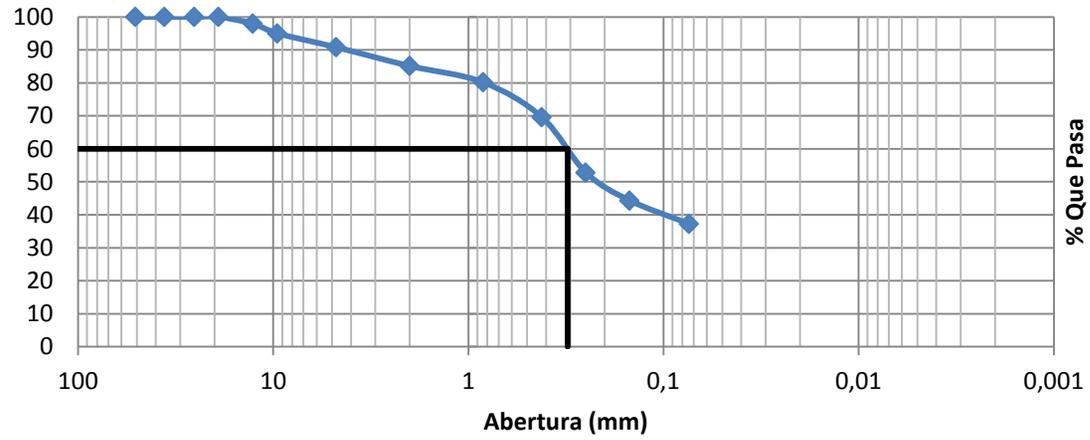
Límite líquido	19,6
Límite plástico	18,1
Índice de plasticidad	1,5

MUESTRA 28

Muestra N°28						
Peso 1	522,8	Peso 2	327,9			
Tamiz N°	Abertura (mm)	Peso suelo retenido (gr)		% Retenido parcial	% Retenido acumulado	% Que pasa
2"	50,8			0,0	0,0	100,0
1 1/2"	36,1			0,0	0,0	100,0
1"	25,4			0,0	0,0	100,0
3/4"	19,05			0,0	0,0	100,0
1/2"	12,7	10,7		2,0	2,0	98,0
3/8"	9,52	15,3		2,9	5,0	95,0
4	4,75	22,1		4,2	9,2	90,8
10	2	29,6		5,7	14,9	85,1
20	0,84	25,9		5,0	19,8	80,2
40	0,42	55,4		10,6	30,4	69,6
60	0,25	87,7		16,8	47,2	52,8
100	0,149	44,3		8,5	55,7	44,3
200	0,074	36,9		7,1	62,7	37,3
Pasa 200		194,9		37,3	100,0	0,0
		Total	522,8			

D10	0		>3" (%)	
D30	0		G (%)	9,2
D60	0,31		S (%)	53,5
Cu	NO HAY		F (%)	37,3
Cc	NO HAY			

Granulometría (Muestra 28)



Prueba N°	Cápsula N°	N° Golpes	Peso cápsula + suelo húmedo (g)	Peso cápsula + suelo seco (g)	Peso del agua (g)	Peso de la cápsula (g)	Peso del suelo seco (g)	Contenido de agua (%)
LÍMITE LÍQUIDO								
NO LIQUIDO								
LÍMITE PLÁSTICO								
NO PLASTICO								

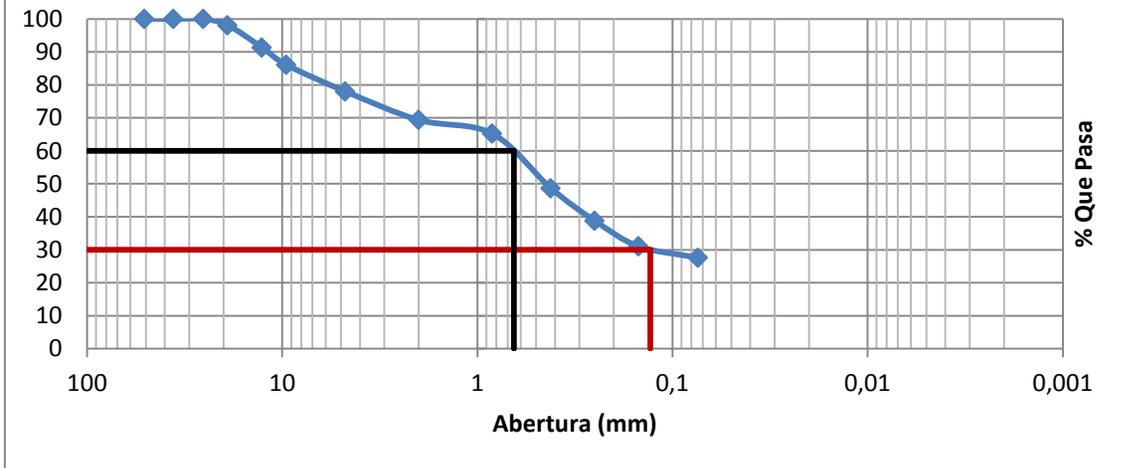
Límite líquido	NL
Límite plástico	NP
Índice de plasticidad	0,0

MUESTRA 29

Muestra N°29						
Peso 1	1798,2	Peso 2	1302,1			
Tamiz N°	Abertura (mm)	Peso suelo retenido (gr)		% Retenido parcial	% Retenido acumulado	% Que pasa
2"	50,8			0,0	0,0	100,0
1 1/2"	36,1			0,0	0,0	100,0
1"	25,4			0,0	0,0	100,0
3/4"	19,05	33,7		1,9	1,9	98,1
1/2"	12,7	122,1		6,8	8,7	91,3
3/8"	9,52	94,5		5,3	13,9	86,1
4	4,75	144,8		8,1	22,0	78,0
10	2	155,7		8,7	30,6	69,4
20	0,84	73,9		4,1	34,7	65,3
40	0,42	298,4		16,6	51,3	48,7
60	0,25	177,9		9,9	61,2	38,8
100	0,149	139,2		7,7	69,0	31,0
200	0,074	61,9		3,4	72,4	27,6
Pasa 200		496,1		27,6	100,0	0,0
		Total	1798,2			

D10	0		>3" (%)	
D30	0,13		G (%)	22,0
D60	0,65		S (%)	50,4
Cu	NO HAY		F (%)	27,6
Cc	NO HAY			

Granulometría (Muestra 29)



Prueba N°	Cápsula N°	Nº Golpes	Peso cápsula + suelo húmedo (g)	Peso cápsula + suelo seco (g)	Peso del agua (g)	Peso de la cápsula (g)	Peso del suelo seco (g)	Contenido de agua (%)
LÍMITE LÍQUIDO								
NO LIQUIDO								
LÍMITE PLÁSTICO								
NO PLASTICO								

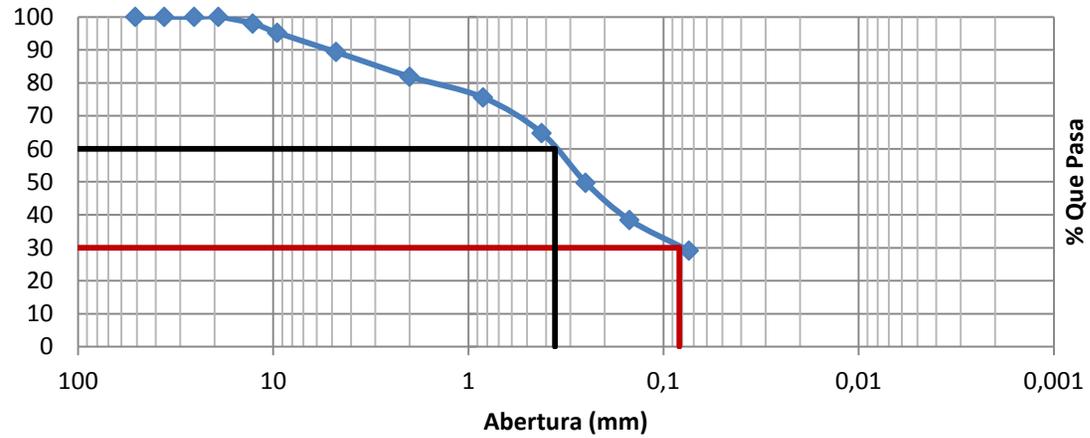
Límite líquido	NL
Límite plástico	NP
Índice de plasticidad	0,0

MUESTRA 30

Muestra N°30						
Peso 1	548,2	Peso 2	388,7			
Tamiz N°	Abertura (mm)	Peso suelo retenido (gr)		% Retenido parcial	% Retenido acumulado	% Que pasa
2"	50,8			0,0	0,0	100,0
1 1/2"	36,1			0,0	0,0	100,0
1"	25,4			0,0	0,0	100,0
3/4"	19,05			0,0	0,0	100,0
1/2"	12,7	10,9		2,0	2,0	98,0
3/8"	9,52	15,4		2,8	4,8	95,2
4	4,75	32,1		5,9	10,7	89,3
10	2	40,9		7,5	18,1	81,9
20	0,84	34,7		6,3	24,4	75,6
40	0,42	59,2		10,8	35,2	64,8
60	0,25	82,4		15,0	50,3	49,7
100	0,149	61,9		11,3	61,6	38,4
200	0,074	51,2		9,3	70,9	29,1
Pasa 200		159,5		29,1	100,0	0,0
		Total	548,2			

D10		>3" (%)	
D30	0,083	G (%)	10,7
D60	0,36	S (%)	60,3
Cu	NO HAY	F (%)	29,1
Cc	NO HAY		

Granulometría (Muestra 30)



Prueba N°	Cápsula N°	N° Golpes	Peso cápsula + suelo húmedo (g)	Peso cápsula + suelo seco (g)	Peso del agua (g)	Peso de la cápsula (g)	Peso del suelo seco (g)	Contenido de agua (%)
LÍMITE LÍQUIDO								
NO LIQUIDO								
LÍMITE PLÁSTICO								
NO PLASTICO								

Límite líquido	NL
Límite plástico	NP
Índice de plasticidad	0,0

ANEXO 2. PERMEABILIDAD EN LABORATORIO

MUESTRA 1

DIMENSIONES DE LA MUESTRA 1	
Diámetro	6,2
Altura	2,76
Peso suelo húmedo + anillo	249,2
Peso anillo	94,2
Peso suelo húmedo	155
Área	30,19
Volumen	83,33
Cabeza constante	74

cm
cm
gr
gr
gr
cm²
cm³
cm

Peso del suelo húmedo	155	gr
Peso específico	1,8601516	gr/cm ³

ENSAYO N°	t (seg)	Q (cm ³)	T (°C)	K _T (cm/seg)	n _T /n ₂₀	K ₂₀ (cm/seg)
1	60	900	25	0,04447394	0,8893	0,03955067
2	60	900	25	0,04447394	0,8893	0,03955067
3	60	900	25	0,04447394	0,8893	0,03955067
4						
PROMEDIO	60	900	25	0,04447394	0,8893	3,96E-02

MUESTRA 2

DIMENSIONES DE LA MUESTRA 2	
Diámetro	6,34 cm
Altura	2,69 cm
Peso suelo húmedo + anillo	224,7 gr
Peso anillo	93,3 gr
Peso suelo húmedo	131,4 gr
Área	31,57 cm ²
Volumen	84,92 cm ³
Cabeza constante	73,5 cm

Peso del suelo húmedo	131,4 gr
Peso específico	1,54729696 gr/cm ³

ENSAYO N°	t (seg)	Q (cm ³)	T (°C)	K _T (cm/seg)	n _T /n ₂₀	K ₂₀ (cm/seg)
1	90	700	25	0,03246038	0,8893	0,02886701
2	90	700	25	0,03246038	0,8893	0,02886701
3	90	700	25	0,03246038	0,8893	0,02886701
4						
PROMEDIO	90	700	25	0,03246038	0,8893	2,89E-02

MUESTRA 3

DIMENSIONES DE LA MUESTRA 3	
Diámetro	6,31 cm
Altura	2,62 cm
Peso suelo húmedo + anillo	242,8 gr
Peso anillo	86,1 gr
Peso suelo húmedo	156,7 gr
Área	31,27 cm ²
Volumen	81,93 cm ³
Cabeza constante	71 cm

Peso del suelo húmedo	156,7 gr
Peso específico	1,9125733 gr/cm ³

ENSAYO N°	t (seg)	Q (cm ³)	T (°C)	K _T (cm/seg)	n _T /n ₂₀	K ₂₀ (cm/seg)
1	480	500	24	0,02458397	0,9097	0,02236404
2	480	500	24	0,02458397	0,9097	0,02236404
3	480	500	24	0,02458397	0,9097	0,02236404
4						
PROMEDIO	480	500	24	0,02458397	0,9097	2,24E-02

MUESTRA 4

DIMENSIONES DE LA MUESTRA 4	
Diámetro	6,32 cm
Altura	2,78 cm
Peso suelo húmedo + anillo	216,8 gr
Peso anillo	91,9 gr
Peso suelo húmedo	124,9 gr
Área	31,37 cm ²
Volumen	87,21 cm ³
Cabeza constante	73 cm

Peso del suelo húmedo	124,9 gr
Peso específico	1,43216346 gr/cm ³

ENSAYO N°	t (seg)	Q (cm ³)	T (°C)	K _T (cm/seg)	n _T /n ₂₀	K ₂₀ (cm/seg)
1	60	770	24,5	0,03815237	0,8995	0,03431806
2	60	770	24,5	0,03815237	0,8995	0,03431806
3	60	770	24,5	0,03815237	0,8995	0,03431806
4						
PROMEDIO	60	770	24,5	0,03815237	0,8995	3,43E-02

MUESTRA 5

DIMENSIONES DE LA MUESTRA 5	
Diámetro	6,38 cm
Altura	2,54 Cm
Peso suelo húmedo + anillo	245,5 Gr
Peso anillo	87,9 Gr
Peso suelo húmedo	157,6 Gr
Área	31,97 cm ²
Volumen	81,20 cm ³
Cabeza constante	73,5 Cm

Peso del suelo húmedo	157,6 gr
Peso específico	1,94084227 gr/cm ³

ENSAYO N°	t (seg)	Q (cm ³)	T (°C)	K _T (cm/seg)	n _T /n ₂₀	K ₂₀ (cm/seg)
1	300	440	24	0,01981781	0,9097	0,01802826
2	300	440	24	0,01981781	0,9097	0,01802826
3	300	440	24	0,01981781	0,9097	0,01802826
4						
PROMEDIO	300	440	24	0,01981781	0,9097	1,80E-02

MUESTRA 6

DIMENSIONES DE LA MUESTRA 6	
Diámetro	6,34 cm
Altura	2,53 cm
Peso suelo húmedo + anillo	244,3 gr
Peso anillo	93,9 gr
Peso suelo húmedo	150,4 gr
Área	31,57 cm ²
Volumen	79,87 cm ³
Cabeza constante	73,5 cm

Peso del suelo húmedo	150,4 gr
Peso específico	1,88303288 gr/cm ³

ENSAYO N°	t (seg)	Q (cm ³)	T (°C)	K _T (cm/seg)	n _T /n ₂₀	K ₂₀ (cm/seg)
1	90	660	24	0,02998448	0,9097	0,02727688
2	90	660	24	0,02998448	0,9097	0,02727688
3	90	660	24	0,02998448	0,9097	0,02727688
4						
PROMEDIO	90	660	24	0,02998448	0,9097	2,73E-02

MUESTRA 7

DIMENSIONES DE LA MUESTRA 7	
Diámetro	6,3 cm
Altura	2,7 cm
Peso suelo húmedo + anillo	254,1 gr
Peso anillo	90,4 gr
Peso suelo húmedo	163,7 gr
Área	31,17 cm ²
Volumen	84,17 cm ³
Cabeza constante	73,5 cm

Peso del suelo húmedo	163,7 gr
Peso específico	1,94497006 gr/cm ³

ENSAYO N°	t (seg)	Q (cm ³)	T (°C)	K _T (cm/seg)	n _T /n ₂₀	K ₂₀ (cm/seg)
1	60	960	25	0,04525178	0,8893	0,04024241
2	60	960	25	0,04525178	0,8893	0,04024241
3	60	960	25	0,04525178	0,8893	0,04024241
4						
PROMEDIO	60	960	25	0,04525178	0,8893	4,02E-02

MUESTRA 8

DIMENSIONES DE LA MUESTRA 8	
Diámetro	6,3 cm
Altura	2,6 cm
Peso suelo húmedo + anillo	256,6 gr
Peso anillo	91,8 gr
Peso suelo húmedo	164,8 gr
Área	31,17 cm ²
Volumen	81,05 cm ³
Cabeza constante	74 cm

Peso del suelo húmedo	164,8 gr
Peso específico	2,03334871 gr/cm ³

ENSAYO N°	t (seg)	Q (cm ³)	T (°C)	K _T (cm/seg)	n _T /n ₂₀	K ₂₀ (cm/seg)
1	210	640	23,5	0,030696	0,9204	0,0282526
2	210	640	23,5	0,030696	0,9204	0,0282526
3	210	640	23,5	0,030696	0,9204	0,0282526
4						
PROMEDIO	210	640	23,5	0,030696	0,9204	2,83E-02

MUESTRA 9

DIMENSIONES DE LA MUESTRA 9	
Diámetro	6,39 cm
Altura	2,62 cm
Peso suelo húmedo + anillo	242 gr
Peso anillo	87,5 gr
Peso suelo húmedo	154,5 gr
Área	32,07 cm ²
Volumen	84,02 cm ³
Cabeza constante	74 cm

Peso del suelo húmedo	154,5 gr
Peso específico	1,83880036 gr/cm ³

ENSAYO N°	t (seg)	Q (cm ³)	T (°C)	K _T (cm/seg)	n _T /n ₂₀	K ₂₀ (cm/seg)
1	120	845	24,5	0,03807743	0,8995	0,03425064
2	120	845	24,5	0,03807743	0,8995	0,03425064
3	120	845	24,5	0,03807743	0,8995	0,03425064
4						
PROMEDIO	120	845	24,5	0,03807743	0,8995	3,43E-02

MUESTRA 10

DIMENSIONES DE LA MUESTRA 10	
Diámetro	6,3 cm
Altura	2,54 cm
Peso suelo húmedo + anillo	249,9 gr
Peso anillo	90,1 gr
Peso suelo húmedo	159,8 gr
Área	31,17 cm ²
Volumen	79,18 cm ³
Cabeza constante	74 cm

Peso del suelo húmedo	159,8 gr
Peso específico	2,01823188 gr/cm ³

ENSAYO N°	t (seg)	Q (cm ³)	T (°C)	K _T (cm/seg)	n _T /n ₂₀	K ₂₀ (cm/seg)
1	420	160	24	0,00734072	0,9097	0,00667785
2	420	160	24	0,00734072	0,9097	0,00667785
3	420	160	24	0,00734072	0,9097	0,00667785
4						
PROMEDIO	420	160	24	0,00734072	0,9097	6,68E-03

MUESTRA 11 (CABEZA VARIABLE)

DIMENSIONES DE LA MUESTRA 11	
Diámetro	6,32 cm
Altura	2,52 cm
Peso suelo húmedo + anillo	263,3 gr
Peso anillo	91,7 gr
Peso suelo húmedo	171,6 gr
Área	31,37 cm ²
Volumen	79,05 cm ³
Diámetro de la pipeta	0,9 cm
Área de la pipeta	0,63617251 cm ²

Peso del suelo húmedo	171,6 gr
Peso específico	2,17065943 gr/cm ³

ENSAYO N°	h1 (cm)	h2 (cm)	t (seg)	T (°C)	K _T (cm/seg)	n _T /n ₂₀	K ₂₀ (cm/seg)
1	70	56	120	25,5	9,49217E-05	0,8794	8,34742E-05
2	70	56,6	120	25,5	9,03883E-05	0,8794	7,94875E-05
3	70	56,7	120	25,5	8,96374E-05	0,8794	7,88271E-05
4	70	57	120	25,5	8,73926E-05	0,8794	7,68531E-05
PROMEDIO	70	56,575	120	25,5	9,0585E-05	0,8794	7,96604E-05

MUESTRA 12

DIMENSIONES DE LA MUESTRA 12	
Diámetro	6,38 cm
Altura	2,74 cm
Peso suelo húmedo + anillo	254,8 gr
Peso anillo	92,3 gr
Peso suelo húmedo	162,5 gr
Área	31,97 cm ²
Volumen	87,60 cm ³
Cabeza constante	74 cm

Peso del suelo húmedo	162,5 gr
Peso específico	1,85511377 gr/cm ³

ENSAYO N°	t (seg)	Q (cm ³)	T (°C)	K _T (cm/seg)	n _T /n ₂₀	K ₂₀ (cm/seg)
1	90	770	24,5	0,03640083	0,8995	0,03274254
2	90	770	24,5	0,03640083	0,8995	0,03274254
3	90	770	24,5	0,03640083	0,8995	0,03274254
4						
PROMEDIO	90	770	24,5	0,03640083	0,8995	3,27E-02

MUESTRA 13 (CABEZA VARIABLE)

DIMENSIONES DE LA MUESTRA 13	
Diámetro	6,34 cm
Altura	2,76 cm
Peso suelo húmedo + anillo	262,7 gr
Peso anillo	86,9 gr
Peso suelo húmedo	175,8 gr
Área	31,57 cm ²
Volumen	87,13 cm ³
Diámetro de la pipeta	0,9 cm
Área de la pipeta	0,63617251 cm ²

Peso del suelo húmedo	175,8 gr
Peso específico	2,01762465 gr/cm ³

ENSAYO N°	h1 (cm)	h2 (cm)	t (seg)	T (°C)	K _T (cm/seg)	n _T /n ₂₀	K ₂₀ (cm/seg)
1	70	30	120	24,5	0,000392267	0,8995	0,000352844
2	70	31,5	120	24,5	0,000369679	0,8995	0,000332526
3	70	36	120	24,5	0,000307859	0,8995	0,000276919
4	70	37,7	120	24,5	0,000286497	0,8995	0,000257704
PROMEDIO	70	33,8	120	24,5	0,000339075	0,8995	0,000304998

MUESTRA 14 (CABEZA VARIABLE)

DIMENSIONES DE LA MUESTRA 14	
Diámetro	6,32 cm
Altura	2,73 cm
Peso suelo húmedo + anillo	274,5 gr
Peso anillo	93,8 gr
Peso suelo húmedo	180,7 gr
Área	31,37 cm ²
Volumen	85,64 cm ³
Diámetro de la pipeta	0,9 cm
Área de la pipeta	0,63617251 cm ²

Peso del suelo húmedo	180,7 gr
Peso específico	2,10994168 gr/cm ³

ENSAYO N°	h1 (cm)	h2 (cm)	t (seg)	T (°C)	K _T (cm/seg)	n _T /n ₂₀	K ₂₀ (cm/seg)
1	70	36,8	120	24,5	0,000296314	0,8995	0,000266535
2	70	37	120	24,5	0,000293817	0,8995	0,000264288
3	70	37,3	120	24,5	0,000290095	0,8995	0,000260941
4	70	38,5	120	24,5	0,000275503	0,8995	0,000247815
PROMEDIO	70	37,4	120	24,5	0,000288932	0,8995	0,000259895

MUESTRA 15

DIMENSIONES DE LA MUESTRA 15	
Diámetro	6,36 cm
Altura	2,6 cm
Peso suelo húmedo + anillo	233,2 gr
Peso anillo	86,6 gr
Peso suelo húmedo	146,6 gr
Área	31,77 cm ²
Volumen	82,60 cm ³
Cabeza constante	73,5 cm

Peso del suelo húmedo	146,6 gr
Peso específico	1,77482482 gr/cm ³

ENSAYO N°	t (seg)	Q (cm ³)	T (°C)	K _T (cm/seg)	n _T /n ₂₀	K ₂₀ (cm/seg)
1	180	460	24	0,02134162	0,9097	0,01941448
2	180	460	24	0,02134162	0,9097	0,01941448
3	180	460	24	0,02134162	0,9097	0,01941448
4						
PROMEDIO	180	460	24	0,02134162	0,9097	1,94E-02

MUESTRA 16

DIMENSIONES DE LA MUESTRA 16	
Diámetro	6,38 cm
Altura	2,65 cm
Peso suelo húmedo + anillo	256,7 gr
Peso anillo	91,4 gr
Peso suelo húmedo	165,3 gr
Área	31,97 cm ²
Volumen	84,72 cm ³
Cabeza constante	71 cm

Peso del suelo húmedo	165,3 gr
Peso específico	1,95116827 gr/cm ³

ENSAYO N°	t (seg)	Q (cm ³)	T (°C)	K _T (cm/seg)	n _T /n ₂₀	K ₂₀ (cm/seg)
1	330	290	24	0,01410724	0,9097	0,01283336
2	330	290	24	0,01410724	0,9097	0,01283336
3	330	290	24	0,01410724	0,9097	0,01283336
4						
PROMEDIO	330	290	24	0,01410724	0,9097	1,28E-02

MUESTRA 17 (CABEZA VARIABLE)

DIMENSIONES DE LA MUESTRA 17	
Diámetro	6,31 cm
Altura	2,63 cm
Peso suelo húmedo + anillo	254,7 gr
Peso anillo	87,1 gr
Peso suelo húmedo	167,6 gr
Área	31,27 cm ²
Volumen	82,24 cm ³
Diámetro de la pipeta	0,9 cm
Área de la pipeta	0,63617251 cm ²

Peso del suelo húmedo	167,6 gr
Peso específico	2,03783328 gr/cm ³

ENSAYO N°	h1 (cm)	h2 (cm)	t (seg)	T (°C)	K _T (cm/seg)	n _T /n ₂₀	K ₂₀ (cm/seg)
1	70	66,3	120	23,5	2,41855E-05	0,9204	2,22603E-05
2	70	66,7	120	23,5	2,15066E-05	0,9204	1,97947E-05
3	70	66,9	120	24	2,01732E-05	0,9097	1,83515E-05
4	70	66,9	120	24	2,01732E-05	0,9097	1,83515E-05
PROMEDIO	70	66,7	120	23,75	2,15096E-05	0,91505	1,96895E-05

MUESTRA 18 (CABEZA VARIABLE)

DIMENSIONES DE LA MUESTRA 18	
Diámetro	6,31 cm
Altura	2,69 cm
Peso suelo húmedo + anillo	266,5 gr
Peso anillo	90,9 gr
Peso suelo húmedo	175,6 gr
Área	31,27 cm ²
Volumen	84,12 cm ³
Diámetro de la pipeta	0,9 cm
Área de la pipeta	0,63617251 cm ²

Peso del suelo húmedo	175,6 gr
Peso específico	2,08748141 gr/cm ³

ENSAYO N°	h1 (cm)	h2 (cm)	t (seg)	T (°C)	K _T (cm/seg)	n _T /n ₂₀	K ₂₀ (cm/seg)
1	70	66,3	1200	23,5	2,47372E-06	0,9204	2,27681E-06
2	70	66,7	1200	23,5	2,19972E-06	0,9204	2,02463E-06
3	70	66,9	1200	24	2,06334E-06	0,9097	1,87702E-06
4	70	66,9	1200	24	2,06334E-06	0,9097	1,87702E-06
PROMEDIO	70	66,7	1200	23,75	2,20003E-06	0,91505	2,01387E-06

MUESTRA 19 (CABEZA VARIABLE)

DIMENSIONES DE LA MUESTRA 19	
Diámetro	6,39 cm
Altura	2,54 cm
Peso suelo húmedo + anillo	226,8 gr
Peso anillo	92,7 gr
Peso suelo húmedo	134,1 gr
Área	32,07 cm ²
Volumen	81,46 cm ³
Diámetro de la pipeta	0,9 cm
Área de la pipeta	0,63617251 cm ²

Peso del suelo húmedo	134,1 gr
Peso específico	1,64627525 gr/cm ³

ENSAYO N°	h1 (cm)	h2 (cm)	t (seg)	T (°C)	K _T (cm/seg)	n _T /n ₂₀	K ₂₀ (cm/seg)
1	70	17,7	1500	23,5	4,61336E-05	0,9204	4,24614E-05
2	70	17,9	1500	23,5	4,57566E-05	0,9204	4,21144E-05
3	70	24	1500	23,5	3,5917E-05	0,9204	3,3058E-05
4	70	26	1500	23,5	3,32313E-05	0,9204	3,05861E-05
PROMEDIO	70	21,4	1500	23,5	4,02596E-05	0,9204	3,7055E-05

MUESTRA 20

DIMENSIONES DE LA MUESTRA 20	
Diámetro	6,32 cm
Altura	2,78 cm
Peso suelo húmedo + anillo	237,8 gr
Peso anillo	101,8 gr
Peso suelo húmedo	136 gr
Área	31,37 cm ²
Volumen	87,21 cm ³
Cabeza constante	73,5 cm

Peso del suelo húmedo	136	gr
Peso específico	1,5594414	gr/cm ³

ENSAYO N°	t (seg)	Q (cm ³)	T (°C)	K _T (cm/seg)	n _T /n ₂₀	K ₂₀ (cm/seg)
1	60	660	25	0,03182998	0,8893	0,0283064
2	60	660	25	0,03182998	0,8893	0,0283064
3	60	660	25	0,03182998	0,8893	0,0283064
4						
PROMEDIO	60	660	25	0,03182998	0,8893	2,83E-02

MUESTRA 21

DIMENSIONES DE LA MUESTRA 21	
Diámetro	6,26 cm
Altura	2,62 cm
Peso suelo húmedo + anillo	263,5 gr
Peso anillo	92,3 gr
Peso suelo húmedo	171,2 gr
Área	30,78 cm ²
Volumen	80,64 cm ³
Cabeza constante	73,5 cm

Peso del suelo húmedo	171,2 gr
Peso específico	2,12306312 gr/cm ³

ENSAYO N°	t (seg)	Q (cm ³)	T (°C)	K _T (cm/seg)	n _T /n ₂₀	K ₂₀ (cm/seg)
1	90	540	24	0,02605895	0,9097	0,02370583
2	90	540	24	0,02605895	0,9097	0,02370583
3	90	540	24	0,02605895	0,9097	0,02370583
4						
PROMEDIO	90	540	24	0,02605895	0,9097	2,37E-02

MUESTRA 22

DIMENSIONES DE LA MUESTRA 22	
Diámetro	6,36 cm
Altura	2,66 cm
Peso suelo húmedo + anillo	237,6 gr
Peso anillo	89,3 gr
Peso suelo húmedo	148,3 gr
Área	31,77 cm ²
Volumen	84,51 cm ³
Cabeza constante	73,5 cm

Peso del suelo húmedo	148,3 gr
Peso específico	1,75490813 gr/cm ³

ENSAYO N°	t (seg)	Q (cm ³)	T (°C)	K _T (cm/seg)	n _T /n ₂₀	K ₂₀ (cm/seg)
1	90	635	24	0,03014058	0,9097	0,02741889
2	90	635	24	0,03014058	0,9097	0,02741889
3	90	635	24	0,03014058	0,9097	0,02741889
4						
PROMEDIO	90	635	24	0,03014058	0,9097	2,74E-02

MUESTRA 23 (CABEZA VARIABLE)

DIMENSIONES DE LA MUESTRA 23	
Diámetro	6,34 cm
Altura	2,66 cm
Peso suelo húmedo + anillo	258 gr
Peso anillo	92,2 gr
Peso suelo húmedo	165,8 gr
Área	31,57 cm ²
Volumen	83,98 cm ³
Diámetro de la pipeta	0,9 cm
Área de la pipeta	0,63617251 cm ²

Peso del suelo húmedo	165,8 gr
Peso específico	1,97439243 gr/cm ³

ENSAYO N°	h1 (cm)	h2 (cm)	t (seg)	T (°C)	K _T (cm/seg)	n _T /n ₂₀	K ₂₀ (cm/seg)
1	70	57	270	24,5	4,07407E-05	0,8995	3,66463E-05
2	70	57,3	270	24,5	3,96998E-05	0,8995	3,57099E-05
3	70	57,4	270	24,5	3,9354E-05	0,8995	3,53989E-05
4	70	57,4	270	24,5	3,9354E-05	0,8995	3,53989E-05
PROMEDIO	70	57,275	270	24,5	3,97871E-05	0,8995	3,57885E-05

MUESTRA 24

DIMENSIONES DE LA MUESTRA 24	
Diámetro	6,39 cm
Altura	2,69 cm
Peso suelo húmedo + anillo	257,5 gr
Peso anillo	90,1 gr
Peso suelo húmedo	167,4 gr
Área	32,07 cm ²
Volumen	86,27 cm ³
Cabeza constante	71 cm

Peso del suelo húmedo	167,4 gr
Peso específico	1,94048621 gr/cm ³

ENSAYO N°	t (seg)	Q (cm ³)	T (°C)	K _T (cm/seg)	n _T /n ₂₀	K ₂₀ (cm/seg)
1	180	490	25	0,02315567	0,8893	0,02059234
2	180	490	25	0,02315567	0,8893	0,02059234
3	180	490	25	0,02315567	0,8893	0,02059234
4						
PROMEDIO	180	490	25	0,02315567	0,8893	2,06E-02

MUESTRA 25

DIMENSIONES DE LA MUESTRA 25	
Diámetro	6,32 cm
Altura	2,54 cm
Peso suelo húmedo + anillo	249,1 gr
Peso anillo	93 gr
Peso suelo húmedo	156,1 gr
Área	31,37 cm ²
Volumen	79,68 cm ³
Cabeza constante	71 cm

Peso del suelo húmedo	156,1 gr
Peso específico	1,95904374 gr/cm ³

ENSAYO N°	t (seg)	Q (cm ³)	T (°C)	K _T (cm/seg)	n _T /n ₂₀	K ₂₀ (cm/seg)
1	180	620	25	0,02828147	0,8893	0,02515071
2	180	620	25	0,02828147	0,8893	0,02515071
3	180	620	25	0,02828147	0,8893	0,02515071
4						
PROMEDIO	180	620	25	0,02828147	0,8893	2,52E-02

MUESTRA 26

DIMENSIONES DE LA MUESTRA 26	
Diámetro	6,33 cm
Altura	2,72 cm
Peso suelo húmedo + anillo	259,1 gr
Peso anillo	90,3 gr
Peso suelo húmedo	168,8 gr
Área	31,47 cm ²
Volumen	85,60 cm ³
Cabeza constante	71 cm

Peso del suelo húmedo	168,8 gr
Peso específico	1,97199233 gr/cm ³

ENSAYO N°	t (seg)	Q (cm ³)	T (°C)	K _T (cm/seg)	n _T /n ₂₀	K ₂₀ (cm/seg)
1	300	400	23,5	0,0207207	0,9204	0,01907133
2	300	400	23,5	0,0207207	0,9204	0,01907133
3	300	400	23,5	0,0207207	0,9204	0,01907133
4						
PROMEDIO	300	400	23,5	0,0207207	0,9204	1,91E-02

MUESTRA 27

DIMENSIONES DE LA MUESTRA 27	
Diámetro	6,3
Altura	2,52
Peso suelo húmedo + anillo	254,9
Peso anillo	91
Peso suelo húmedo	163,9
Área	31,17
Volumen	78,55
Cabeza constante	71

cm
cm
gr
gr
gr
cm²
cm³
cm

Peso del suelo húmedo	163,9
Peso específico	2,08644248

gr
gr/cm³

ENSAYO N°	t (seg)	Q (cm ³)	T (°C)	K _T (cm/seg)	n _T /n ₂₀	K ₂₀ (cm/seg)
1	240	500	23	0,02475212	0,9311	0,0230467
2	240	500	23	0,02475212	0,9311	0,0230467
3	240	500	23	0,02475212	0,9311	0,0230467
4						
PROMEDIO	240	500	23	0,02475212	0,9311	2,30E-02

MUESTRA 28

DIMENSIONES DE LA MUESTRA 28	
Diámetro	6,31 cm
Altura	2,66 cm
Peso suelo húmedo + anillo	252,9 gr
Peso anillo	88,6 gr
Peso suelo húmedo	164,3 gr
Área	31,27 cm ²
Volumen	83,18 cm ³
Cabeza constante	71 cm

Peso del suelo húmedo	164,3 gr
Peso específico	1,97517833 gr/cm ³

ENSAYO N°	t (seg)	Q (cm ³)	T (°C)	K _T (cm/seg)	n _T /n ₂₀	K ₂₀ (cm/seg)
1	210	450	24	0,02246337	0,9097	0,02043493
2	210	450	24	0,02246337	0,9097	0,02043493
3	210	450	24	0,02246337	0,9097	0,02043493
4						
PROMEDIO	210	450	24	0,02246337	0,9097	2,04E-02

MUESTRA 29

DIMENSIONES DE LA MUESTRA 29	
Diámetro	6,35 cm
Altura	2,44 cm
Peso suelo húmedo + anillo	250,4 gr
Peso anillo	83,8 gr
Peso suelo húmedo	166,6 gr
Área	31,67 cm ²
Volumen	77,27 cm ³
Cabeza constante	71 cm

Peso del suelo húmedo	166,6 gr
Peso específico	2,1559904 gr/cm ³

ENSAYO N°	t (seg)	Q (cm ³)	T (°C)	K _T (cm/seg)	n _T /n ₂₀	K ₂₀ (cm/seg)
1	180	450	24,5	0,01993148	0,8995	0,01792837
2	180	450	24,5	0,01993148	0,8995	0,01792837
3	180	450	24,5	0,01993148	0,8995	0,01792837
4						
PROMEDIO	180	450	24,5	0,01993148	0,8995	1,79E-02

MUESTRA 30

DIMENSIONES DE LA MUESTRA 30	
Diámetro	6,33 cm
Altura	2,79 cm
Peso suelo húmedo + anillo	223,9 gr
Peso anillo	95,2 gr
Peso suelo húmedo	128,7 gr
Área	31,47 cm ²
Volumen	87,80 cm ³
Cabeza constante	71 cm

Peso del suelo húmedo	128,7 gr
Peso específico	1,46580442 gr/cm ³

ENSAYO N°	t (seg)	Q (cm ³)	T (°C)	K _T (cm/seg)	n _T /n ₂₀	K ₂₀ (cm/seg)
1	120	690	23,5	0,03666306	0,9204	0,03374468
2	120	690	23,5	0,03666306	0,9204	0,03374468
3	120	690	23,5	0,03666306	0,9204	0,03374468
4						
PROMEDIO	120	690	23,5	0,03666306	0,9204	3,37E-02

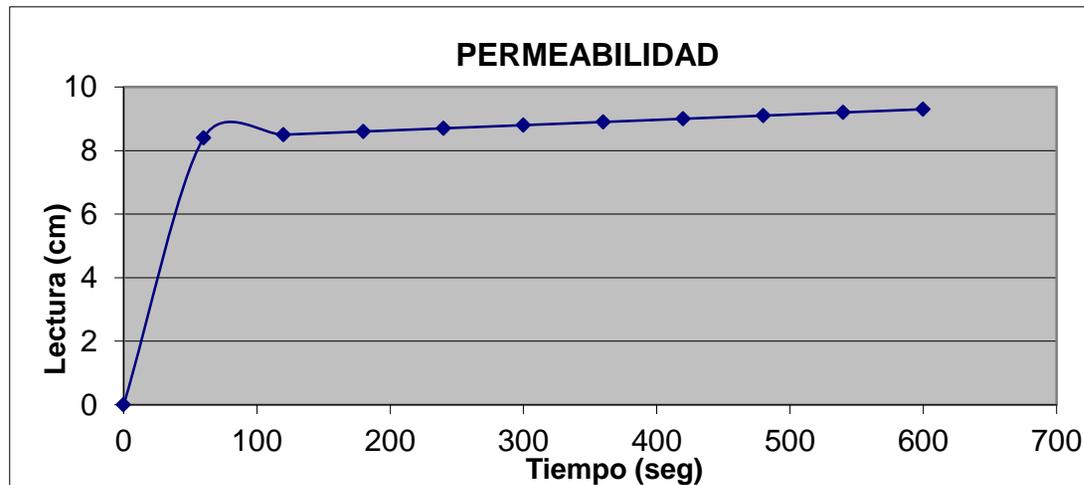
ANEXO 3. PERMEABILIDAD EN CAMPO

MUESTRA 1

Números de muestra			
N°		1	
Dimensiones de la muestra			
D(cm)		15	
H(cm)		15,3	
Ensayo	h (cm)	t (min)	T (°C)
0	7,9	1'00	22
1	8,4	1'00	22
2	8,5	1'00	22
3	8,6	1'00	22
4	8,7	1'00	22
5	8,8	1'00	22
6	8,9	1'00	22
7	9	1'00	22
8	9,1	1'00	22
9	9,2	1'00	22
10	9,3	1'00	22

DIMENSIONES		TEMP. (°)	22
DIAMETRO(cm)	15,0		
ALTURA (cm)	15,3		
AREA (cm ²)	176,72		

Tiempo (Seg)	Lectura (cm)	h_1 (cm)	h_2 (cm)	Km	
0	0	7,9	7,9		
60	8,4	7,9	7,4	0,002027425	
120	8,5	7,9	7,3	0,002449316	
180	8,6	7,9	7,2	0,002877027	
240	8,7	7,9	7,1	0,003310720	
300	8,8	7,9	7,0	0,003750565	
360	8,9	7,9	6,9	0,004196739	
420	9	7,9	6,8	0,004649427	
480	9,1	7,9	6,7	0,005108821	
540	9,2	7,9	6,6	0,005575124	
600	9,3	7,9	6,5	0,006048547	
				$K_{prom}(cm/seg) =$	0,003999371
				$K_{prom}(m/seg) =$	3,99937E-05

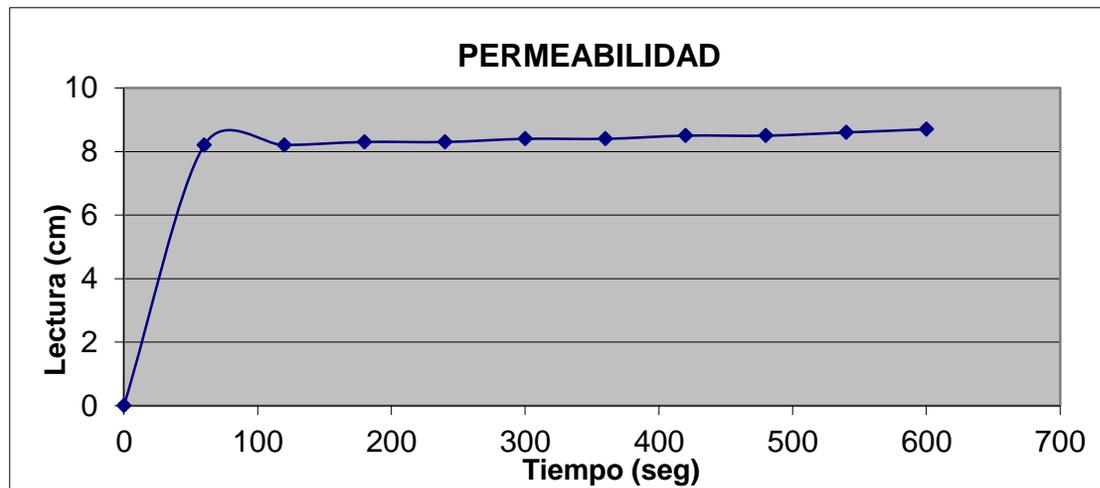


MUESTRA 2

Números de muestra			
N°		2	
Dimensiones de la muestra			
D(cm)		15	
H(cm)		14,5	
Ensayo	h (cm)	t (min)	T (°C)
0	8,1	1'00	24
1	8,2	1'00	24
2	8,2	1'00	24
3	8,3	1'00	24
4	8,3	1'00	24
5	8,4	1'00	24
6	8,4	1'00	24
7	8,5	1'00	24
8	8,5	1'00	24
9	8,6	1'00	24
10	8,7	1'00	22

DIMENSIONES		TEMP. (°)	24
DIAMETRO(cm)	15,0		
ALTURA (cm)	14,5		
AREA (cm ²)	176,72		

Tiempo (Seg)	Lectura (cm)	h_1 (cm)	h_2 (cm)	Km
0	0	8,1	8,1	
60	8,2	8,1	8,0	0,000385204
120	8,2	8,1	8,0	0,000385204
180	8,3	8,1	7,9	0,000775254
240	8,3	8,1	7,9	0,000775254
300	8,4	8,1	7,8	0,001170273
360	8,4	8,1	7,8	0,001170273
420	8,5	8,1	7,7	0,001570389
480	8,5	8,1	7,7	0,001570389
540	8,6	8,1	7,6	0,001975735
600	8,7	8,1	7,5	0,002386451
$K_{prom}(cm/seg) =$				0,001216443
$K_{prom}(m/seg) =$				1,21644E-05

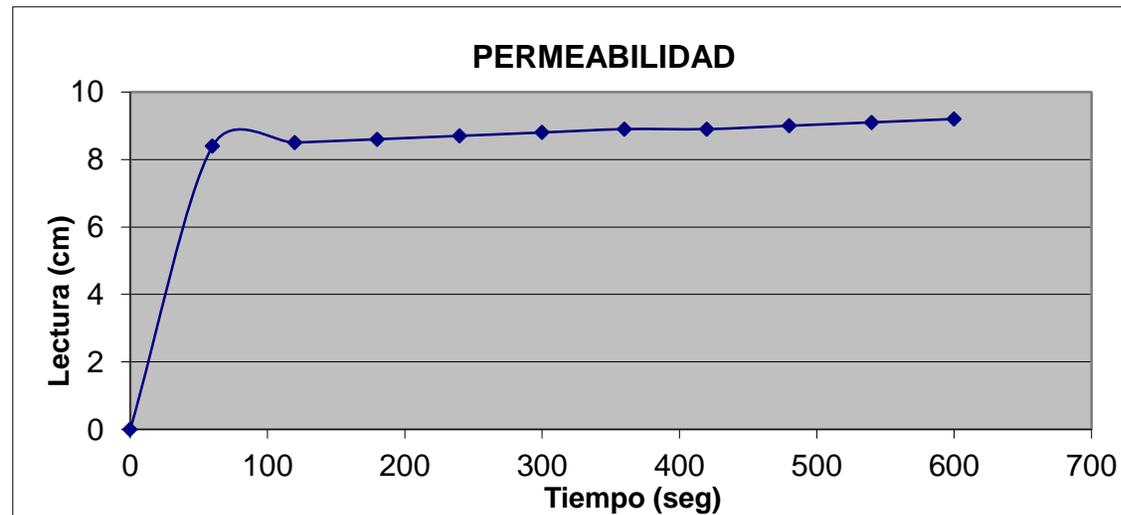


MUESTRA 3

Números de muestra			
N°		3	
Dimensiones de la muestra			
D(cm)		15	
H(cm)		13	
Ensayo	h (cm)	t (min)	T (°C)
0	8,3	1'00	25
1	8,4	1'00	25
2	8,5	1'00	25
3	8,6	1'00	25
4	8,7	1'00	25
5	8,8	1'00	25
6	8,9	1'00	25
7	8,9	1'00	25
8	9	1'00	25
9	9,1	1'00	25
10	9,2	1'00	25

DIMENSIONES		TEMP. (°)	25
DIAMETRO(cm)	15,0		
ALTURA (cm)	13		
AREA (cm ²)	176,72		

Tiempo (Seg)	Lectura (cm)	h_1 (cm)	h_2 (cm)	Km	
0	0	8,3	8,3		
60	8,4	8,3	8,2	0,000375866	
120	8,5	8,3	8,1	0,000756344	
180	8,6	8,3	8,0	0,001141548	
240	8,7	8,3	7,9	0,001531598	
300	8,8	8,3	7,8	0,001926617	
360	8,9	8,3	7,7	0,002326733	
420	8,9	8,3	7,7	0,002326733	
480	9	8,3	7,6	0,002732079	
540	9,1	8,3	7,5	0,003142794	
600	9,2	8,3	7,4	0,003559023	
				$K_{prom}(cm/seg) =$	0,001981933
				$K_{prom}(m/seg) =$	1,98193E-05

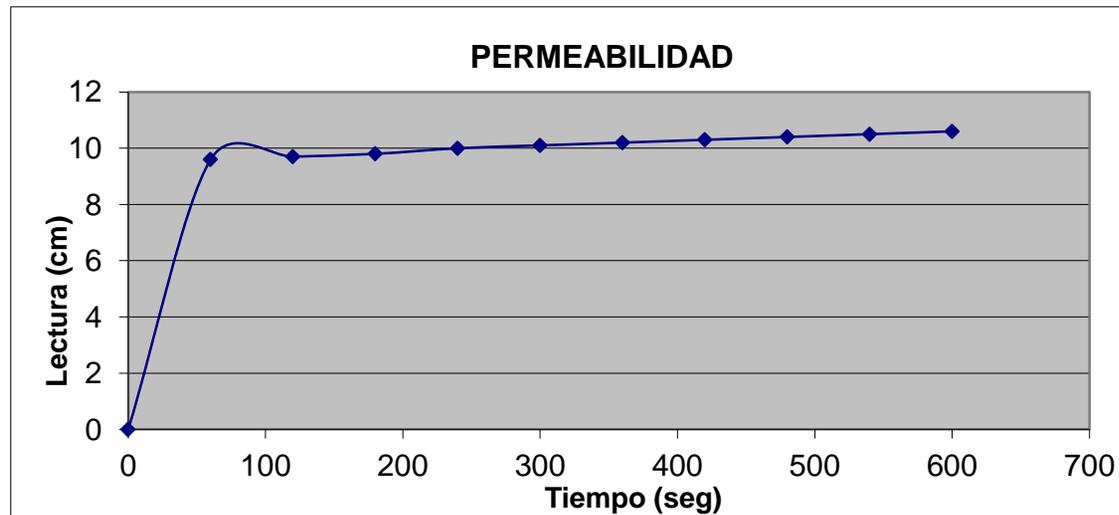


MUESTRA 4

Números de muestra			
N°		4	
Dimensiones de la muestra			
D(cm)		15	
H(cm)		14,1	
Ensayo	h (cm)	t (min)	T (°C)
0	9,6	1'00	25
1	9,6	1'00	25
2	9,7	1'00	25
3	9,8	1'00	25
4	10	1'00	25
5	10,1	1'00	25
6	10,2	1'00	25
7	10,3	1'00	25
8	10,4	1'00	25
9	10,5	1'00	25
10	10,6	1'00	25

DIMENSIONES		TEMP. (°)	25
DIAMETRO(cm)	15,0		
ALTURA (cm)	14,1		
AREA (cm ²)	176,72		

Tiempo (Seg)	Lectura (cm)	h_1 (cm)	h_2 (cm)	Km
0	0	9,6	9,6	
60	9,6	9,6	9,6	0
120	9,7	9,6	9,5	0,000324700
180	9,8	9,6	9,4	0,000652836
240	10	9,6	9,2	0,001319712
300	10,1	9,6	9,1	0,001658607
360	10,2	9,6	9,0	0,002001246
420	10,3	9,6	8,9	0,002347714
480	10,4	9,6	8,8	0,002698097
540	10,5	9,6	8,7	0,003052484
600	10,6	9,6	8,6	0,003410969
$K_{prom}(cm/seg) =$				0,001746636
$K_{prom}(m/seg) =$				1,74664E-05

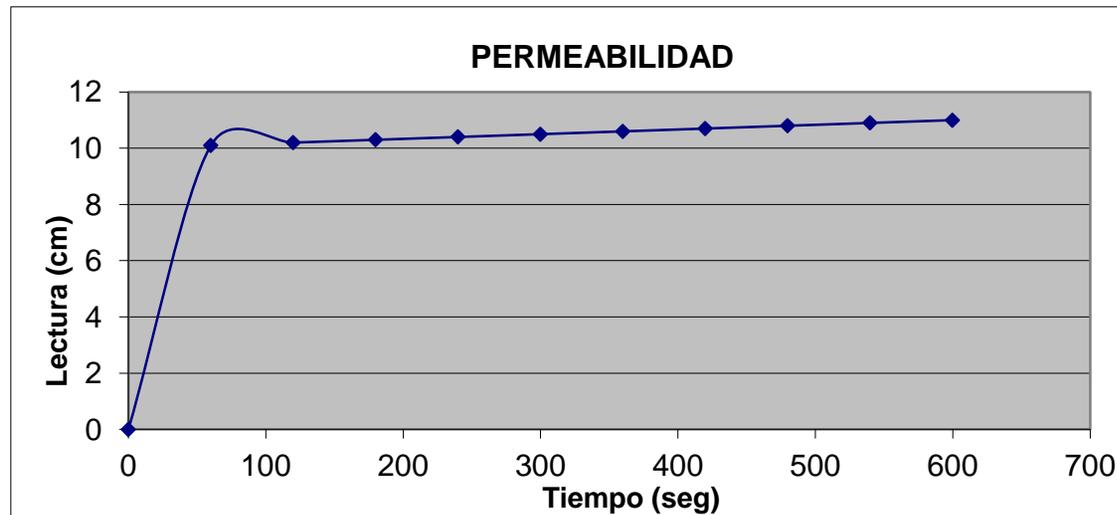


MUESTRA 5

Números de muestra			
N°		5	
Dimensiones de la muestra			
D(cm)		15	
H(cm)		13,9	
Ensayo	h (cm)	t (min)	T (°C)
0	10	1'00	28
1	10,1	1'00	28
2	10,2	1'00	28
3	10,3	1'00	28
4	10,4	1'00	28
5	10,5	1'00	28
6	10,6	1'00	28
7	10,7	1'00	28
8	10,8	1'00	28
9	10,9	1'00	28
10	11	1'00	28

DIMENSIONES		TEMP. (°)	28
DIAMETRO(cm)	15,0		
ALTURA (cm)	13,9		
AREA (cm ²)	176,72		

Tiempo (Seg)	Lectura (cm)	h_1 (cm)	h_2 (cm)	Km	
0	0	10,0	10,0		
60	10,1	10,0	9,9	0,000311646	
120	10,2	10,0	9,8	0,000626457	
180	10,3	10,0	9,7	0,000944496	
240	10,4	10,0	9,6	0,001265831	
300	10,5	10,0	9,5	0,001590531	
360	10,6	10,0	9,4	0,001918667	
420	10,7	10,0	9,3	0,002250312	
480	10,8	10,0	9,2	0,002585543	
540	10,9	10,0	9,1	0,002924438	
600	11	10,0	9,0	0,003267077	
				$K_{prom}(cm/seg) =$	0,00176850
				$K_{prom}(m/seg) =$	1,7685E-05

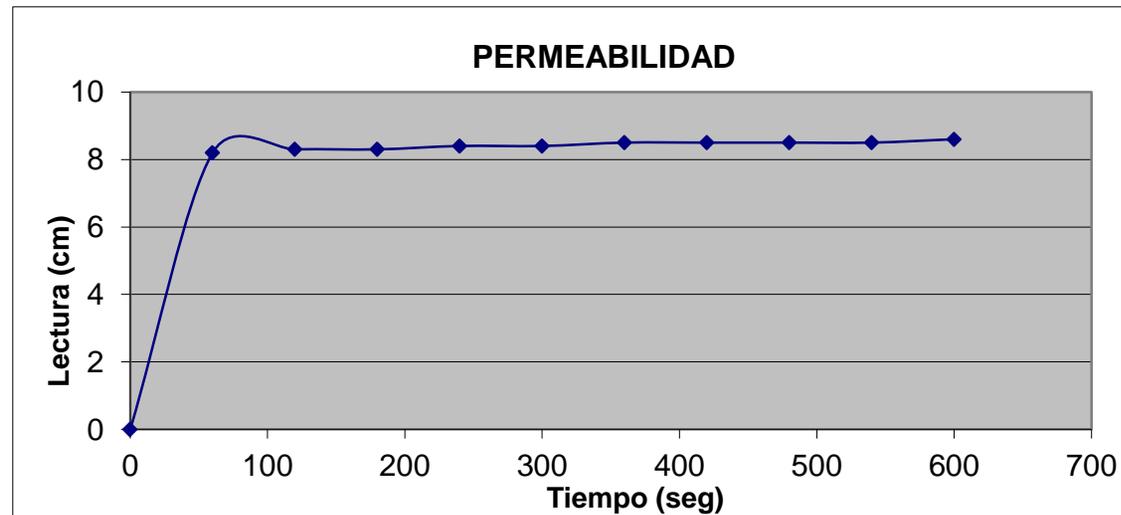


MUESTRA 6

Números de muestra			
N°		6	
Dimensiones de la muestra			
D(cm)		15	
H(cm)		12,9	
Ensayo	h (cm)	t (min)	T (°C)
0	8,1	1'00	29
1	8,2	1'00	29
2	8,3	1'00	29
3	8,3	1'00	29
4	8,4	1'00	29
5	8,4	1'00	29
6	8,5	1'00	29
7	8,5	1'00	29
8	8,5	1'00	29
9	8,5	1'00	29
10	8,6	1'00	29

DIMENSIONES		TEMP. (°)	29
DIAMETRO(cm)	15,0		
ALTURA (cm)	12,9		
AREA (cm ²)	176,72		

Tiempo (Seg)	Lectura (cm)	h_1 (cm)	h_2 (cm)	Km
0	0	8,1	8,1	
60	8,2	8,1	8,0	0,000385204
120	8,3	8,1	7,9	0,000775254
180	8,3	8,1	7,9	0,000775254
240	8,4	8,1	7,8	0,001170273
300	8,4	8,1	7,8	0,001170273
360	8,5	8,1	7,7	0,001570389
420	8,5	8,1	7,7	0,001570389
480	8,5	8,1	7,7	0,001570389
540	8,5	8,1	7,7	0,001570389
600	8,6	8,1	7,6	0,001975735
$K_{prom}(cm/seg) =$				0,001253355
$K_{prom}(m/seg) =$				1,25335E-05

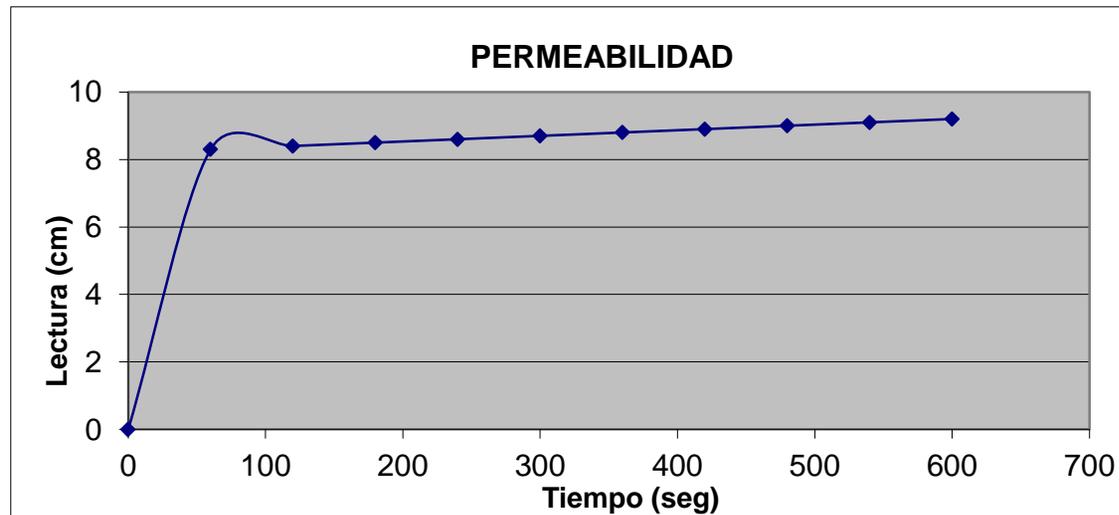


MUESTRA 7

Números de muestra			
N°		7	
Dimensiones de la muestra			
D(cm)		15	
H(cm)		13,1	
Ensayo	h (cm)	t (min)	T (°C)
0	8,2	1'00	30
1	8,3	1'00	30
2	8,4	1'00	30
3	8,5	1'00	30
4	8,6	1'00	30
5	8,7	1'00	30
6	8,8	1'00	30
7	8,9	1'00	30
8	9	1'00	30
9	9,1	1'00	30
10	9,2	1'00	30

DIMENSIONES		TEMP. (°)	30
DIAMETRO(cm)	15,0		
ALTURA (cm)	13,1		
AREA (cm ²)	176,72		

Tiempo (Seg)	Lectura (cm)	h_1 (cm)	h_2 (cm)	Km	
0	0	8,2	8,2		
60	8,3	8,2	8,1	0,000380478	
120	8,4	8,2	8,0	0,000765682	
180	8,5	8,2	7,9	0,001155732	
240	8,6	8,2	7,8	0,001550751	
300	8,7	8,2	7,7	0,001950867	
360	8,8	8,2	7,6	0,002356213	
420	8,9	8,2	7,5	0,002766928	
480	9	8,2	7,4	0,003183157	
540	9,1	8,2	7,3	0,003605048	
600	9,2	8,2	7,2	0,004032759	
				$K_{prom}(cm/seg) =$	0,002174762
				$K_{prom}(m/seg) =$	2,17476E-05

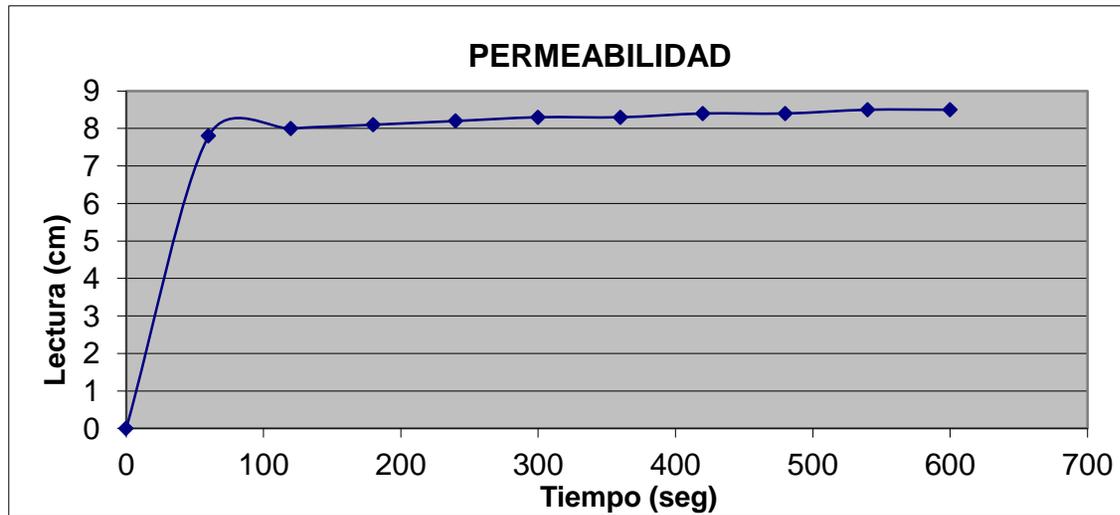


MUESTRA 8

Números de muestra			
N°		8	
Dimensiones de la muestra			
D(cm)		15	
H(cm)		12,6	
Ensayo	h (cm)	t (min)	T (°C)
0	7,7	1'00	32
1	7,8	1'00	32
2	8	1'00	32
3	8,1	1'00	32
4	8,2	1'00	32
5	8,3	1'00	32
6	8,3	1'00	32
7	8,4	1'00	32
8	8,4	1'00	32
9	8,5	1'00	32
10	8,5	1'00	32

DIMENSIONES		TEMP. (°)	32
DIAMETRO(cm)	15,0		
ALTURA (cm)	12,6		
AREA (cm ²)	176,72		

Tiempo (Seg)	Lectura (cm)	h_1 (cm)	h_2 (cm)	Km
0	0	7,7	7,7	
60	7,8	7,7	7,6	0,000405346
120	8	7,7	7,4	0,001232290
180	8,1	7,7	7,3	0,001654182
240	8,2	7,7	7,2	0,002081893
300	8,3	7,7	7,1	0,002515586
360	8,3	7,7	7,1	0,002515586
420	8,4	7,7	7,0	0,002955431
480	8,4	7,7	7,0	0,002955431
540	8,5	7,7	6,9	0,003401605
600	8,5	7,7	6,9	0,003401605
$K_{prom}(cm/seg) =$				0,002311895
$K_{prom}(m/seg) =$				2,3119E-05

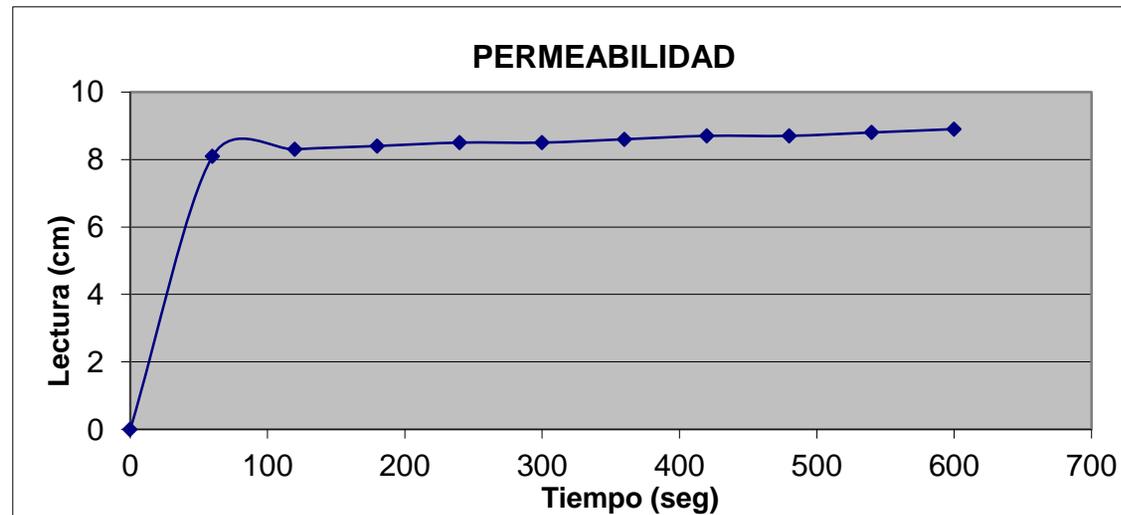


MUESTRA 9

Números de muestra			
N°		9	
Dimensiones de la muestra			
D(cm)		15	
H(cm)		12,9	
Ensayo	h (cm)	t (min)	T (°C)
0	8	1'00	33
1	8,1	1'00	33
2	8,3	1'00	33
3	8,4	1'00	33
4	8,5	1'00	33
5	8,5	1'00	33
6	8,6	1'00	33
7	8,7	1'00	33
8	8,7	1'00	33
9	8,8	1'00	33
10	8,9	1'00	33

DIMENSIONES		TEMP. (°)	33
DIAMETRO(cm)	15,0		
ALTURA (cm)	12,9		
AREA (cm ²)	176,72		

Tiempo (Seg)	Lectura (cm)	h_1 (cm)	h_2 (cm)	Km	
0	0	8,0	8,0		
60	8,1	8,0	7,9	0,000390050	
120	8,3	8,0	7,7	0,001185185	
180	8,4	8,0	7,6	0,001590531	
240	8,5	8,0	7,5	0,002001246	
300	8,5	8,0	7,5	0,002001246	
360	8,6	8,0	7,4	0,002417475	
420	8,7	8,0	7,3	0,002839366	
480	8,7	8,0	7,3	0,002839366	
540	8,8	8,0	7,2	0,003267077	
600	8,9	8,0	7,1	0,003700770	
				$K_{prom}(cm/seg) =$	0,002223231
				$K_{prom}(m/seg) =$	2,22323E-05

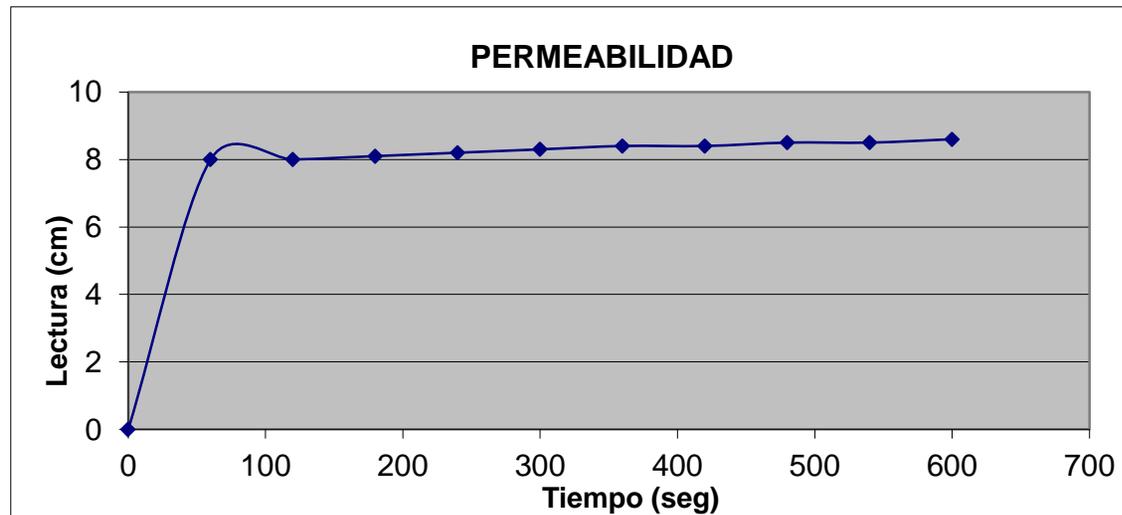


MUESTRA 10

Números de muestra			
N°		10	
Dimensiones de la muestra			
D(cm)		15	
H(cm)		12,4	
Ensayo	h (cm)	t (min)	T (°C)
0	7,8	1'00	34
1	8	1'00	34
2	8	1'00	34
3	8,1	1'00	34
4	8,2	1'00	34
5	8,3	1'00	34
6	8,4	1'00	34
7	8,4	1'00	34
8	8,5	1'00	34
9	8,5	1'00	34
10	8,6	1'00	34

DIMENSIONES		TEMP. (°)	34
DIAMETRO(cm)	15,0		
ALTURA (cm)	12,4		
AREA (cm ²)	176,72		

Tiempo (Seg)	Lectura (cm)	h_1 (cm)	h_2 (cm)	Km	
0	0	7,8	7,8		
60	8	7,8	7,6	0,000805462	
120	8	7,8	7,6	0,000805462	
180	8,1	7,8	7,5	0,001216178	
240	8,2	7,8	7,4	0,001632406	
300	8,3	7,8	7,3	0,002054298	
360	8,4	7,8	7,2	0,002482009	
420	8,4	7,8	7,2	0,002482009	
480	8,5	7,8	7,1	0,002915702	
540	8,5	7,8	7,1	0,002915702	
600	8,6	7,8	7,0	0,003355547	
				$K_{prom}(cm/seg) =$	0,002066477
				$K_{prom}(m/seg) =$	2,06648E-05

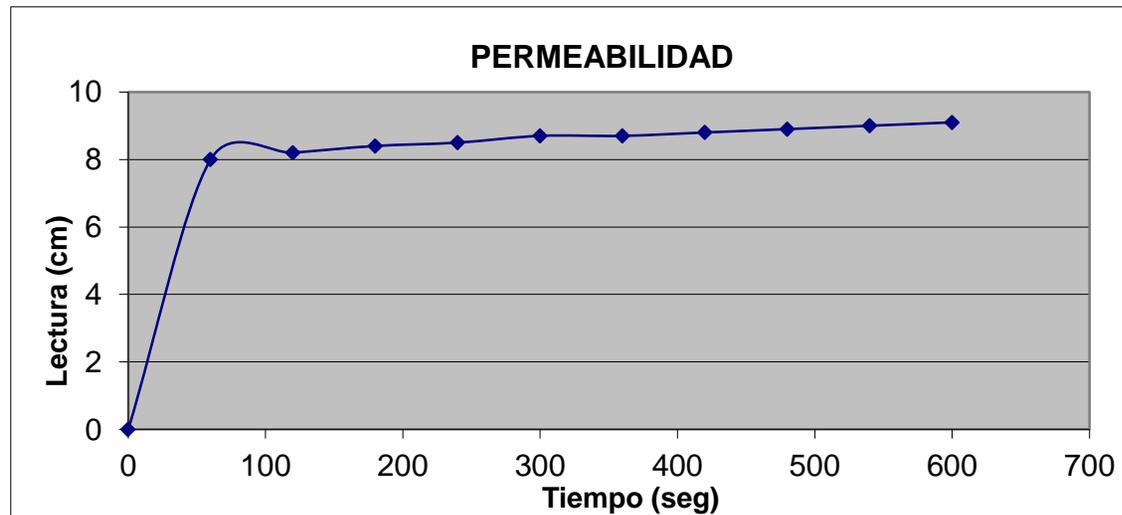


MUESTRA 11

Números de muestra			
N°		11	
Dimensiones de la muestra			
D(cm)		15	
H(cm)		12,5	
Ensayo	h (cm)	t (min)	T (°C)
0	7,8	1'00	36
1	8	1'00	36
2	8,2	1'00	36
3	8,4	1'00	36
4	8,5	1'00	36
5	8,7	1'00	36
6	8,7	1'00	36
7	8,8	1'00	36
8	8,9	1'00	36
9	9	1'00	36
10	9,1	1'00	36

DIMENSIONES		TEMP. (°)	36
DIAMETRO(cm)	15,0		
ALTURA (cm)	12,5		
AREA (cm ²)	176,72		

Tiempo (Seg)	Lectura (cm)	h_1 (cm)	h_2 (cm)	Km	
0	0	7,8	7,8		
60	8	7,8	7,6	0,000805462	
120	8,2	7,8	7,4	0,001632406	
180	8,4	7,8	7,2	0,002482009	
240	8,5	7,8	7,1	0,002915702	
300	8,7	7,8	6,9	0,003801721	
360	8,7	7,8	6,9	0,003801721	
420	8,8	7,8	6,8	0,004254408	
480	8,9	7,8	6,7	0,004713803	
540	9	7,8	6,6	0,005180106	
600	9,1	7,8	6,5	0,005653528	
				$K_{prom}(cm/seg) =$	0,003524086
				$K_{prom}(m/seg) =$	3,52409E-05

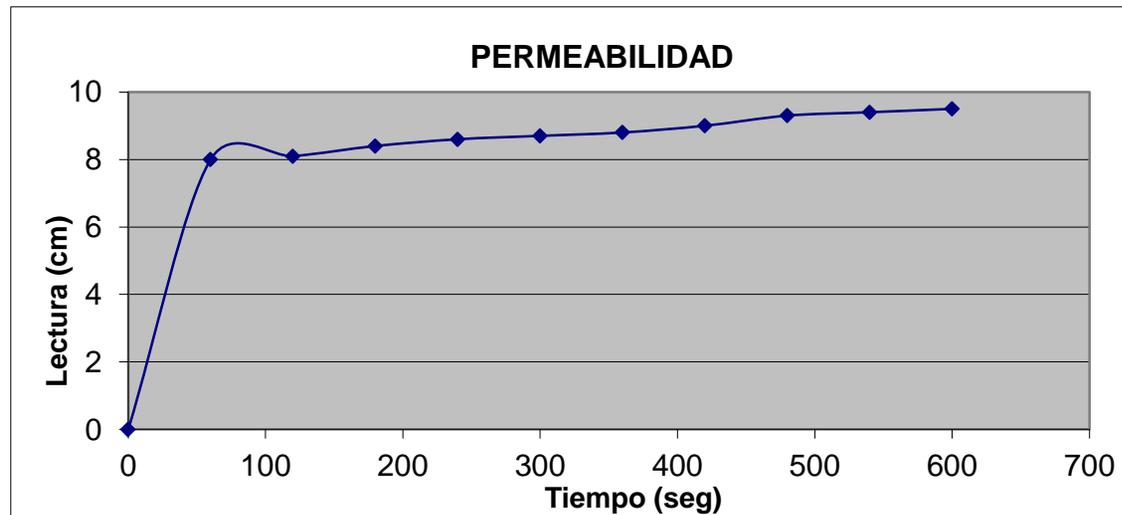


MUESTRA 12

Números de muestra			
N°		12	
Dimensiones de la muestra			
D(cm)		15	
H(cm)		12,7	
Ensayo	h (cm)	t (min)	T (°C)
0	7,8	1'00	37
1	8	1'00	37
2	8,1	1'00	37
3	8,4	1'00	37
4	8,6	1'00	37
5	8,7	1'00	37
6	8,8	1'00	37
7	9	1'00	37
8	9,3	1'00	37
9	9,4	1'00	37
10	9,5	1'00	37

DIMENSIONES		TEMP. (°)	37
DIAMETRO(cm)	15,0		
ALTURA (cm)	12,7		
AREA (cm ²)	176,72		

Tiempo (Seg)	Lectura (cm)	h_1 (cm)	h_2 (cm)	Km	
0	0	7,8	7,8		
60	8	7,8	7,6	0,000805462	
120	8,1	7,8	7,5	0,001216178	
180	8,4	7,8	7,2	0,002482009	
240	8,6	7,8	7,0	0,003355547	
300	8,7	7,8	6,9	0,003801721	
360	8,8	7,8	6,8	0,004254408	
420	9	7,8	6,6	0,005180106	
480	9,3	7,8	6,3	0,006622624	
540	9,4	7,8	6,2	0,007118771	
600	9,5	7,8	6,1	0,007622987	
				$K_{prom}(cm/seg) =$	0,004245981
				$K_{prom}(m/seg) =$	4,24598E-05

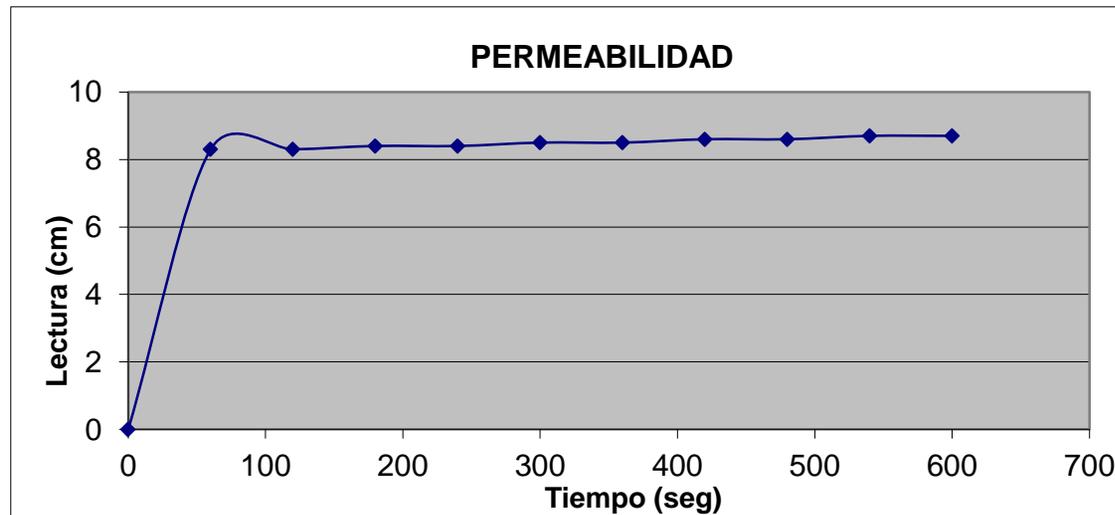


MUESTRA 13

Números de muestra			
N°		13	
Dimensiones de la muestra			
D(cm)		15	
H(cm)		12,4	
Ensayo	h (cm)	t (min)	T (°C)
0	8,2	1'00	38
1	8,3	1'00	38
2	8,3	1'00	38
3	8,4	1'00	38
4	8,4	1'00	38
5	8,5	1'00	38
6	8,5	1'00	38
7	8,6	1'00	38
8	8,6	1'00	38
9	8,7	1'00	38
10	8,7	1'00	38

DIMENSIONES		TEMP. (°)	38
DIAMETRO(cm)	15,0		
ALTURA (cm)	12,4		
AREA (cm ²)	176,72		

Tiempo (Seg)	Lectura (cm)	h_1 (cm)	h_2 (cm)	Km	
0	0	8,2	8,2		
60	8,3	8,2	8,1	0,000380478	
120	8,3	8,2	8,1	0,000380478	
180	8,4	8,2	8,0	0,000765682	
240	8,4	8,2	8,0	0,000765682	
300	8,5	8,2	7,9	0,001155732	
360	8,5	8,2	7,9	0,001155732	
420	8,6	8,2	7,8	0,001550751	
480	8,6	8,2	7,8	0,001550751	
540	8,7	8,2	7,7	0,001950867	
600	8,7	8,2	7,7	0,001950867	
				$K_{prom}(cm/seg) =$	0,001160702
				$K_{prom}(m/seg) =$	1,1607E-05

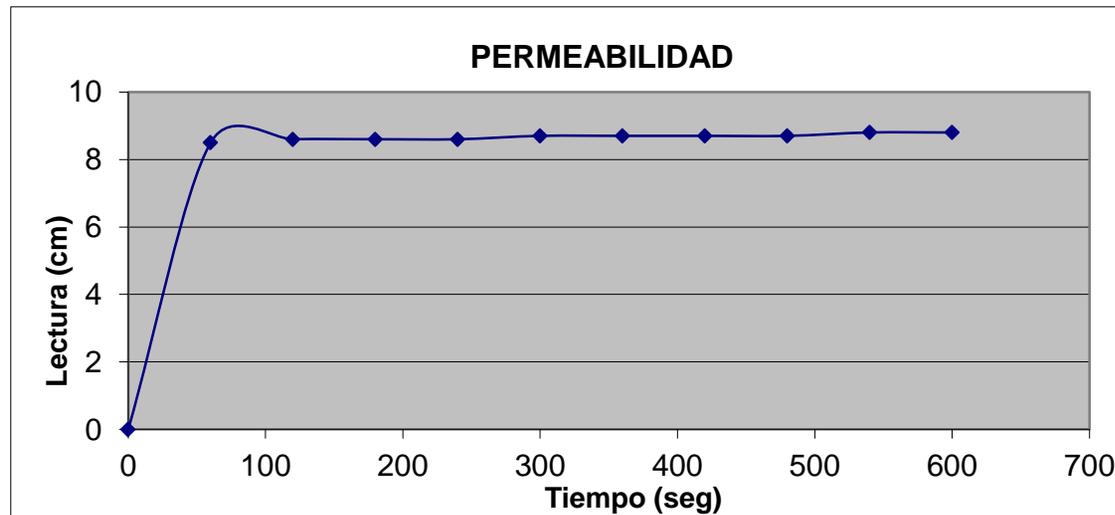


MUESTRA 14

Números de muestra			
N°		14	
Dimensiones de la muestra			
D(cm)		15	
H(cm)		13,1	
Ensayo	h (cm)	t (min)	T (°C)
0	8,5	1'00	38
1	8,5	1'00	38
2	8,6	1'00	38
3	8,6	1'00	38
4	8,6	1'00	38
5	8,7	1'00	38
6	8,7	1'00	38
7	8,7	1'00	38
8	8,7	1'00	38
9	8,8	1'00	38
10	8,8	1'00	38

DIMENSIONES		TEMP. (°)	38
DIAMETRO(cm)	15,0		
ALTURA (cm)	13,1		
AREA (cm ²)	176,72		

Tiempo (Seg)	Lectura (cm)	h_1 (cm)	h_2 (cm)	Km	
0	0	8,5	8,5		
60	8,5	8,5	8,5	0	
120	8,6	8,5	8,4	0,000366969	
180	8,6	8,5	8,4	0,000366969	
240	8,6	8,5	8,4	0,000366969	
300	8,7	8,5	8,3	0,000738334	
360	8,7	8,5	8,3	0,000738334	
420	8,7	8,5	8,3	0,000738334	
480	8,7	8,5	8,3	0,000738334	
540	8,8	8,5	8,2	0,001114200	
600	8,8	8,5	8,2	0,001114200	
				$K_{prom}(cm/seg) =$	0,000628264
				$K_{prom}(m/seg) =$	6,28264E-06

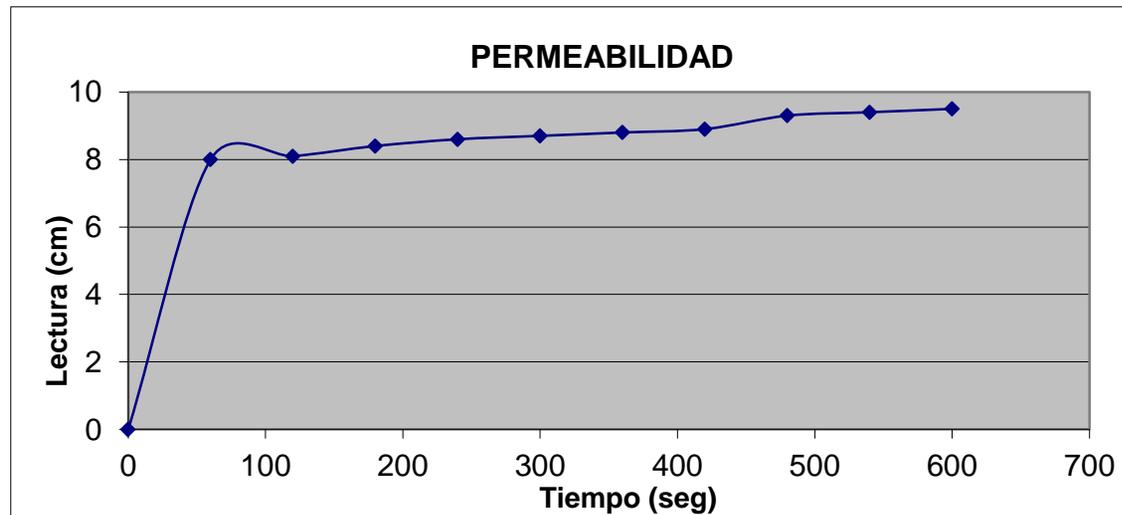


MUESTRA 15

Números de muestra			
N°		15	
Dimensiones de la muestra			
D(cm)		15	
H(cm)		12,7	
Ensayo	h (cm)	t (min)	T (°C)
0	7,8	1'00	39
1	8	1'00	39
2	8,1	1'00	39
3	8,4	1'00	39
4	8,6	1'00	39
5	8,7	1'00	39
6	8,8	1'00	39
7	9	1'00	39
8	9,3	1'00	39
9	9,4	1'00	39
10	9,5	1'00	39

DIMENSIONES		TEMP. (°)	39
DIAMETRO(cm)	15,0		
ALTURA (cm)	12,9		
AREA (cm ²)	176,72		

Tiempo (Seg)	Lectura (cm)	h_1 (cm)	h_2 (cm)	Km
0	0	7,8	7,8	
60	8	7,8	7,6	0,000805462
120	8,1	7,8	7,5	0,001216178
180	8,4	7,8	7,2	0,002482009
240	8,6	7,8	7,0	0,003355547
300	8,7	7,8	6,9	0,003801721
360	8,8	7,8	6,8	0,004254408
420	8,9	7,8	6,7	0,004713803
480	9,3	7,8	6,3	0,006622624
540	9,4	7,8	6,2	0,007118771
600	9,5	7,8	6,1	0,007622987
$K_{prom}(cm/seg) =$				0,004199351
$K_{prom}(m/seg) =$				4,19935E-05

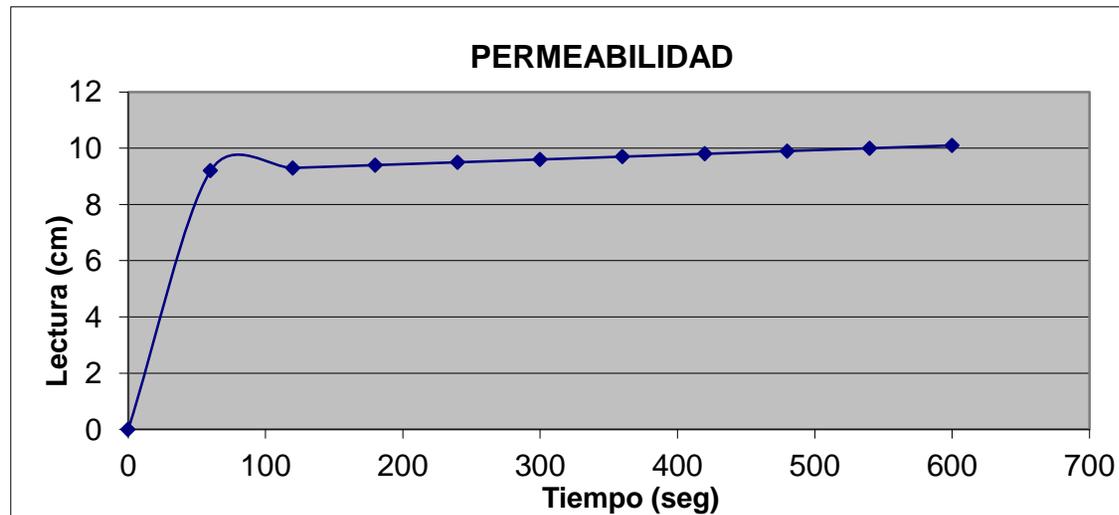


MUESTRA 16

Números de muestra			
N°		16	
Dimensiones de la muestra			
D(cm)		15	
H(cm)		13,4	
Ensayo	h (cm)	t (min)	T (°C)
0	9,1	1'00	40
1	9,2	1'00	40
2	9,3	1'00	40
3	9,4	1'00	40
4	9,5	1'00	40
5	9,6	1'00	40
6	9,7	1'00	40
7	9,8	1'00	40
8	9,9	1'00	40
9	10	1'00	40
10	10,1	1'00	40

DIMENSIONES		TEMP. (°)	40
DIAMETRO(cm)	15,0		
ALTURA (cm)	13,4		
AREA (cm ²)	176,72		

Tiempo (Seg)	Lectura (cm)	h_1 (cm)	h_2 (cm)	Km	
0	0	9,1	9,1		
60	9,2	9,1	9,0	0,000342639	
120	9,3	9,1	8,9	0,000689107	
180	9,4	9,1	8,8	0,001039490	
240	9,5	9,1	8,7	0,001393878	
300	9,6	9,1	8,6	0,001752362	
360	9,7	9,1	8,5	0,002115039	
420	9,8	9,1	8,4	0,002482009	
480	9,9	9,1	8,3	0,002853373	
540	10	9,1	8,2	0,003229239	
600	10,1	9,1	8,1	0,003609717	
				$K_{prom}(cm/seg) =$	0,001950685
				$K_{prom}(m/seg) =$	1,95069E-05

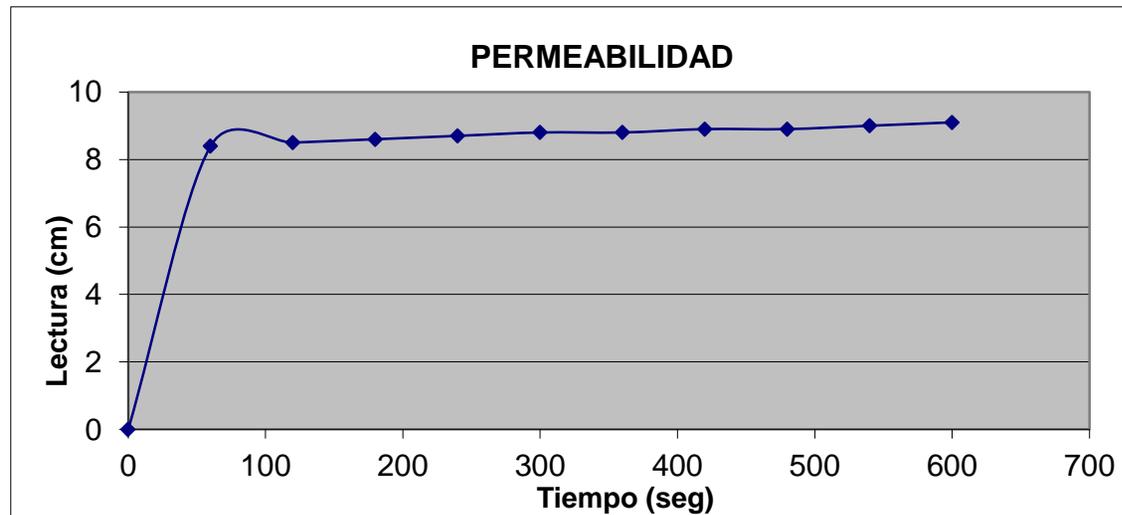


MUESTRA 17

Números de muestra			
N°		17	
Dimensiones de la muestra			
D(cm)		15	
H(cm)		12,4	
Ensayo	h (cm)	t (min)	T (°C)
0	8,3	1'00	20
1	8,4	1'00	20
2	8,5	1'00	20
3	8,6	1'00	20
4	8,7	1'00	20
5	8,8	1'00	20
6	8,8	1'00	20
7	8,9	1'00	20
8	8,9	1'00	20
9	9	1'00	20
10	9,1	1'00	20

DIMENSIONES		TEMP. (°)	20
DIAMETRO(cm)	15,0		
ALTURA (cm)	12,4		
AREA (cm ²)	176,72		

Tiempo (Seg)	Lectura (cm)	h_1 (cm)	h_2 (cm)	Km	
0	0	8,3	8,3		
60	8,4	8,3	8,2	0,000375866	
120	8,5	8,3	8,1	0,000756344	
180	8,6	8,3	8,0	0,001141548	
240	8,7	8,3	7,9	0,001531598	
300	8,8	8,3	7,8	0,001926617	
360	8,8	8,3	7,8	0,001926617	
420	8,9	8,3	7,7	0,002326733	
480	8,9	8,3	7,7	0,002326733	
540	9	8,3	7,6	0,002732079	
600	9,1	8,3	7,5	0,003142794	
				$K_{prom}(cm/seg) =$	0,001818693
				$K_{prom}(m/seg) =$	1,81869E-05

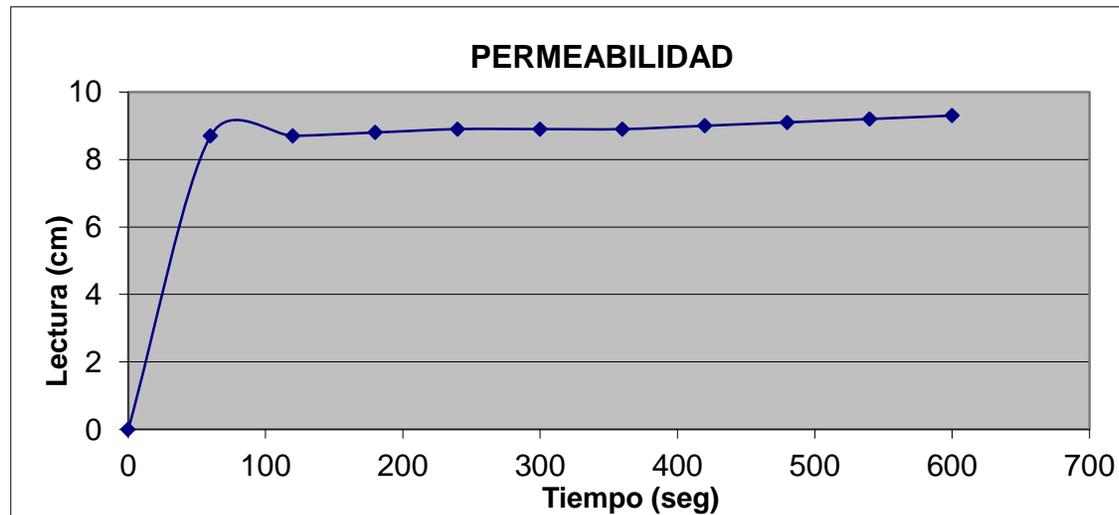


MUESTRA 18

Números de muestra			
N°		18	
Dimensiones de la muestra			
D(cm)		15	
H(cm)		12,5	
Ensayo	h (cm)	t (min)	T (°C)
0	8,6	1'00	21
1	8,7	1'00	21
2	8,7	1'00	21
3	8,8	1'00	21
4	8,9	1'00	21
5	8,9	1'00	21
6	8,9	1'00	21
7	9	1'00	21
8	9,1	1'00	21
9	9,2	1'00	21
10	9,3	1'00	21

DIMENSIONES		TEMP. (°)	21
DIAMETRO(cm)	15,0		
ALTURA (cm)	12,5		
AREA (cm ²)	176,72		

Tiempo (Seg)	Lectura (cm)	h_1 (cm)	h_2 (cm)	Km
0	0	8,6	8,6	
60	8,7	8,6	8,5	0,000362677
120	8,7	8,6	8,5	0,000362677
180	8,8	8,6	8,4	0,000729647
240	8,9	8,6	8,3	0,001101011
300	8,9	8,6	8,3	0,001101011
360	8,9	8,6	8,3	0,001101011
420	9	8,6	8,2	0,001476877
480	9,1	8,6	8,1	0,001857355
540	9,2	8,6	8,0	0,002242559
600	9,3	8,6	7,9	0,002632609
$K_{prom}(cm/seg) =$				0,001296743
$K_{prom}(m/seg) =$				1,29674E-05

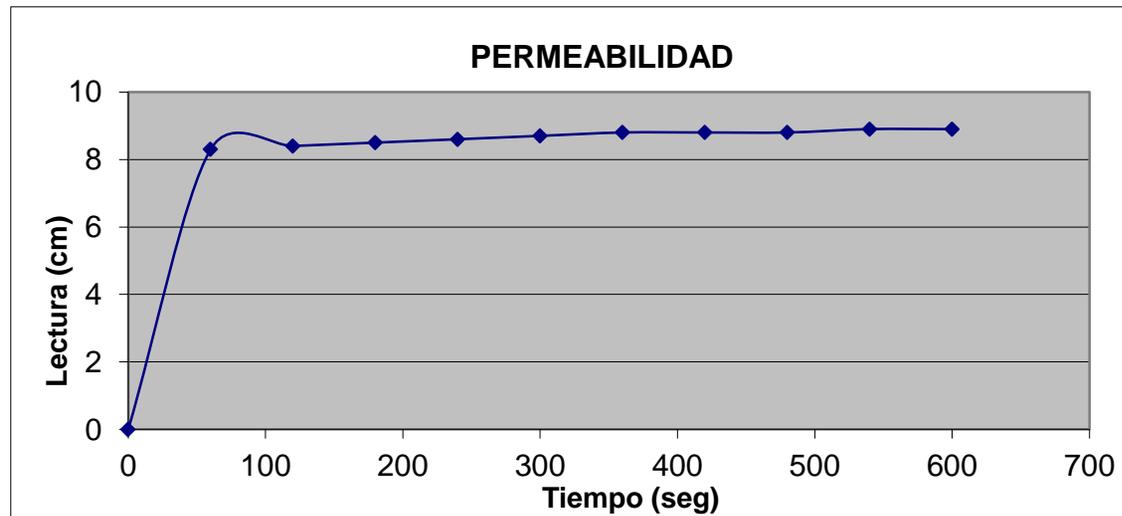


MUESTRA 19

Números de muestra			
N°		19	
Dimensiones de la muestra			
D(cm)		15	
H(cm)		12,3	
Ensayo	h (cm)	t (min)	T (°C)
0	8,2	1'00	23
1	8,3	1'00	23
2	8,4	1'00	23
3	8,5	1'00	23
4	8,6	1'00	23
5	8,7	1'00	23
6	8,8	1'00	23
7	8,8	1'00	23
8	8,8	1'00	23
9	8,9	1'00	23
10	8,9	1'00	23

DIMENSIONES		TEMP. (°)	23
DIAMETRO(cm)	15,0		
ALTURA (cm)	12,3		
AREA (cm ²)	176,72		

Tiempo (Seg)	Lectura (cm)	h_1 (cm)	h_2 (cm)	Km	
0	0	8,2	8,2		
60	8,3	8,2	8,1	0,000380478	
120	8,4	8,2	8,0	0,000765682	
180	8,5	8,2	7,9	0,001155732	
240	8,6	8,2	7,8	0,001550751	
300	8,7	8,2	7,7	0,001950867	
360	8,8	8,2	7,6	0,002356213	
420	8,8	8,2	7,6	0,002356213	
480	8,8	8,2	7,6	0,002356213	
540	8,9	8,2	7,5	0,002766928	
600	8,9	8,2	7,5	0,002766928	
				$K_{prom}(cm/seg) =$	0,001840601
				$K_{prom}(m/seg) =$	1,8406E-05

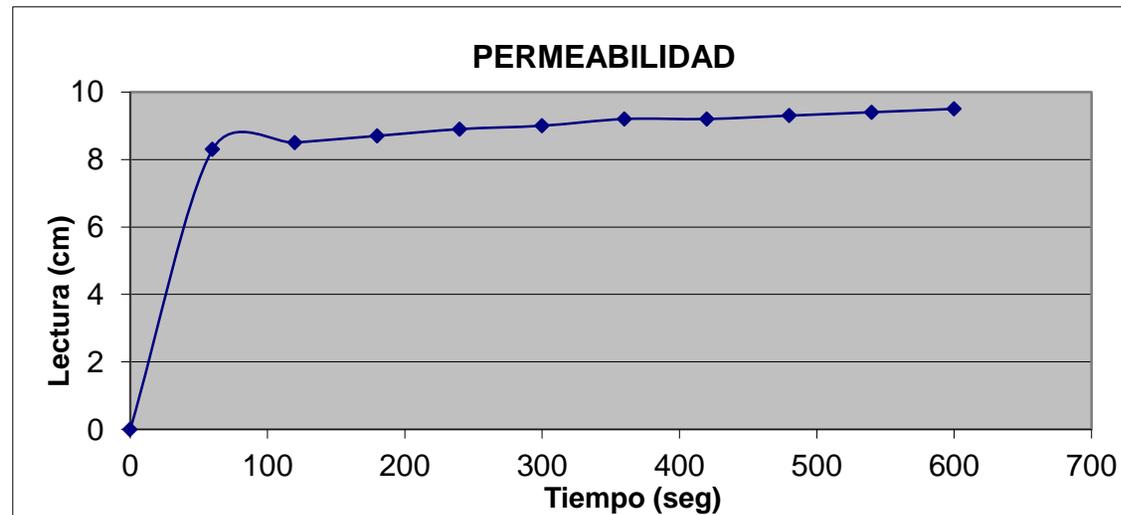


MUESTRA 20

Números de muestra			
N°		20	
Dimensiones de la muestra			
D(cm)		15	
H(cm)		12,6	
Ensayo	h (cm)	t (min)	T (°C)
0	8,2	1'00	24
1	8,3	1'00	24
2	8,5	1'00	24
3	8,7	1'00	24
4	8,9	1'00	24
5	9	1'00	24
6	9,2	1'00	24
7	9,2	1'00	24
8	9,3	1'00	24
9	9,4	1'00	24
10	9,5	1'00	24

DIMENSIONES		TEMP. (°)	24
DIAMETRO(cm)	15,0		
ALTURA (cm)	12,6		
AREA (cm ²)	176,72		

Tiempo (Seg)	Lectura (cm)	h_1 (cm)	h_2 (cm)	Km
0	0	8,2	8,2	
60	8,3	8,2	8,1	0,000380478
120	8,5	8,2	7,9	0,001155732
180	8,7	8,2	7,7	0,001950867
240	8,9	8,2	7,5	0,002766928
300	9	8,2	7,4	0,003183157
360	9,2	8,2	7,2	0,004032759
420	9,2	8,2	7,2	0,004032759
480	9,3	8,2	7,1	0,004466453
540	9,4	8,2	7,0	0,004906298
600	9,5	8,2	6,9	0,005352471
$K_{prom}(cm/seg) =$				0,00322279
$K_{prom}(m/seg) =$				3,22279E-05

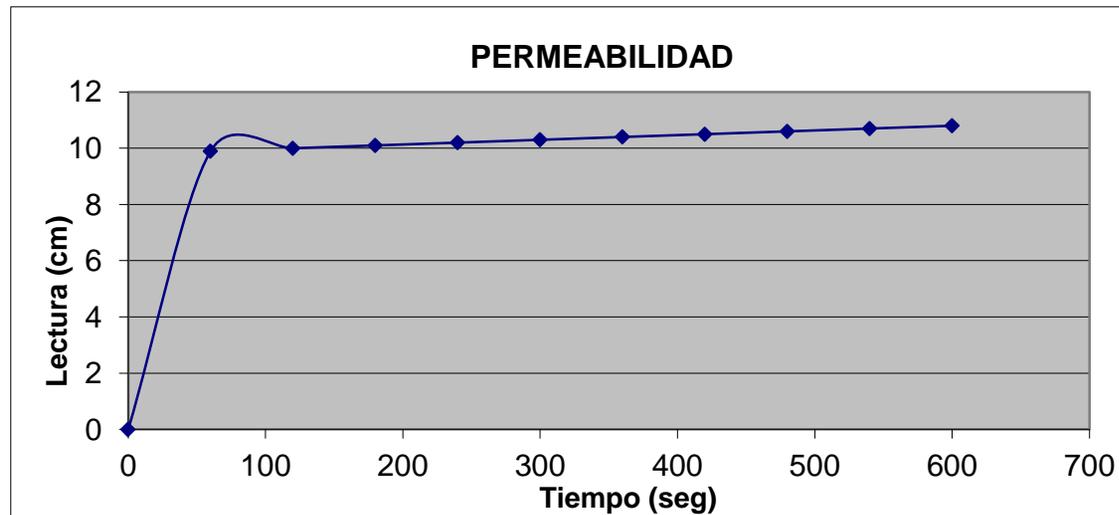


MUESTRA 21

Números de muestra			
N°		21	
Dimensiones de la muestra			
D(cm)		15	
H(cm)		14,3	
Ensayo	h (cm)	t (min)	T (°C)
0	9,8	1'00	27
1	9,9	1'00	27
2	10	1'00	27
3	10,1	1'00	27
4	10,2	1'00	27
5	10,3	1'00	27
6	10,4	1'00	27
7	10,5	1'00	27
8	10,6	1'00	27
9	10,7	1'00	27
10	10,8	1'00	27

DIMENSIONES		TEMP. (°)	27
DIAMETRO(cm)	15,0		
ALTURA (cm)	14,3		
AREA (cm ²)	176,72		

Tiempo (Seg)	Lectura (cm)	h_1 (cm)	h_2 (cm)	Km	
0	0	9,8	9,8		
60	9,9	9,8	9,7	0,000318039	
120	10	9,8	9,6	0,000639374	
180	10,1	9,8	9,5	0,000964074	
240	10,2	9,8	9,4	0,001292210	
300	10,3	9,8	9,3	0,001623855	
360	10,4	9,8	9,2	0,001959086	
420	10,5	9,8	9,1	0,002297981	
480	10,6	9,8	9,0	0,002640620	
540	10,7	9,8	8,9	0,002987088	
600	10,8	9,8	8,8	0,003337471	
				$K_{prom}(cm/seg) =$	0,00180598
				$K_{prom}(m/seg) =$	1,80598E-05

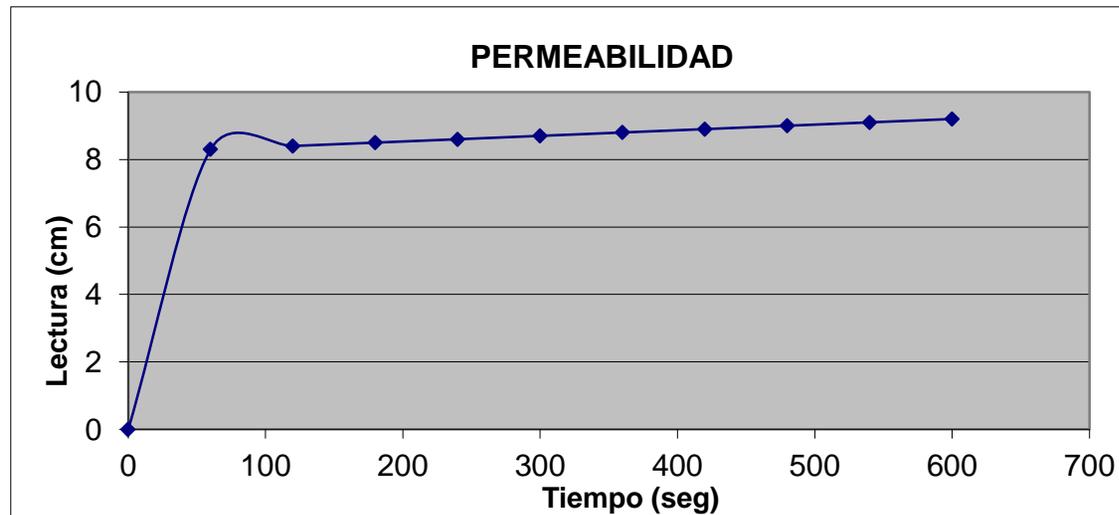


MUESTRA 22

Números de muestra			
N°		22	
Dimensiones de la muestra			
D(cm)		15	
H(cm)		12,3	
Ensayo	h (cm)	t (min)	T (°C)
0	8,2	1'00	29
1	8,3	1'00	29
2	8,4	1'00	29
3	8,5	1'00	29
4	8,6	1'00	29
5	8,7	1'00	29
6	8,8	1'00	29
7	8,9	1'00	29
8	9	1'00	29
9	9,1	1'00	29
10	9,2	1'00	29

DIMENSIONES		TEMP. (°)	29
DIAMETRO(cm)	15,0		
ALTURA (cm)	12,3		
AREA (cm ²)	176,72		

Tiempo (Seg)	Lectura (cm)	h_1 (cm)	h_2 (cm)	Km	
0	0	8,2	8,2		
60	8,3	8,2	8,1	0,000380478	
120	8,4	8,2	8,0	0,000765682	
180	8,5	8,2	7,9	0,001155732	
240	8,6	8,2	7,8	0,001550751	
300	8,7	8,2	7,7	0,001950867	
360	8,8	8,2	7,6	0,002356213	
420	8,9	8,2	7,5	0,002766928	
480	9	8,2	7,4	0,003183157	
540	9,1	8,2	7,3	0,003605048	
600	9,2	8,2	7,2	0,004032759	
				$K_{prom}(cm/seg) =$	0,002174762
				$K_{prom}(m/seg) =$	2,17476E-05

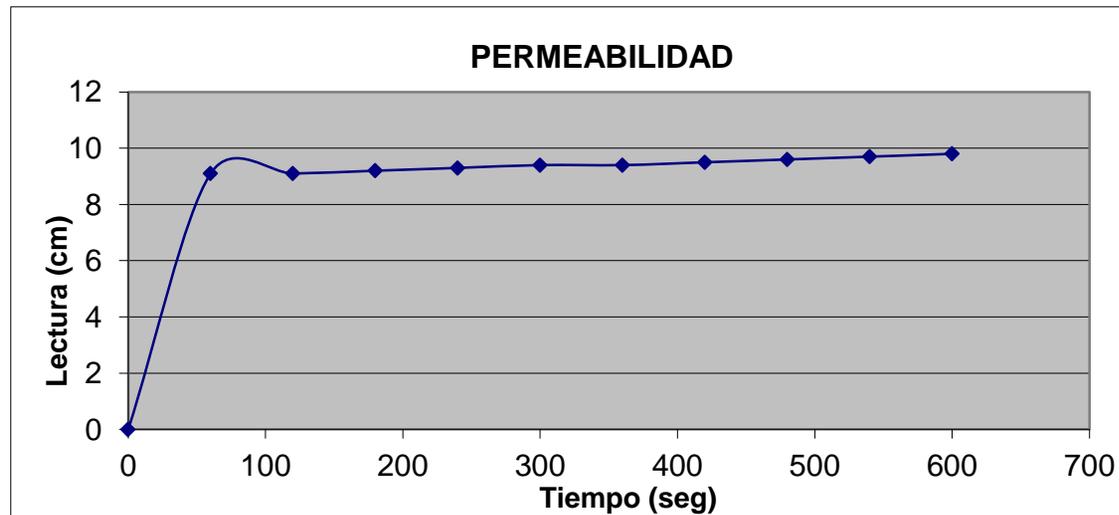


MUESTRA 23

Números de muestra			
N°		23	
Dimensiones de la muestra			
D(cm)		15	
H(cm)		13,4	
Ensayo	h (cm)	t (min)	T (°C)
0	9	1'00	33
1	9,1	1'00	33
2	9,1	1'00	33
3	9,2	1'00	33
4	9,3	1'00	33
5	9,4	1'00	33
6	9,4	1'00	33
7	9,5	1'00	33
8	9,6	1'00	33
9	9,7	1'00	33
10	9,8	1'00	33

DIMENSIONES		TEMP. (°)	33
DIAMETRO(cm)	15,0		
ALTURA (cm)	13,4		
AREA (cm ²)	176,72		

Tiempo (Seg)	Lectura (cm)	h_1 (cm)	h_2 (cm)	Km	
0	0	9,0	9,0		
60	9,1	9,0	8,9	0,000346468	
120	9,1	9,0	8,9	0,000346468	
180	9,2	9,0	8,8	0,000696851	
240	9,3	9,0	8,7	0,001051238	
300	9,4	9,0	8,6	0,001409722	
360	9,4	9,0	8,6	0,001409722	
420	9,5	9,0	8,5	0,001772400	
480	9,6	9,0	8,4	0,002139369	
540	9,7	9,0	8,3	0,002510734	
600	9,8	9,0	8,2	0,002886599	
				$K_{prom}(cm/seg) =$	0,001456957
				$K_{prom}(m/seg) =$	1,45696E-05

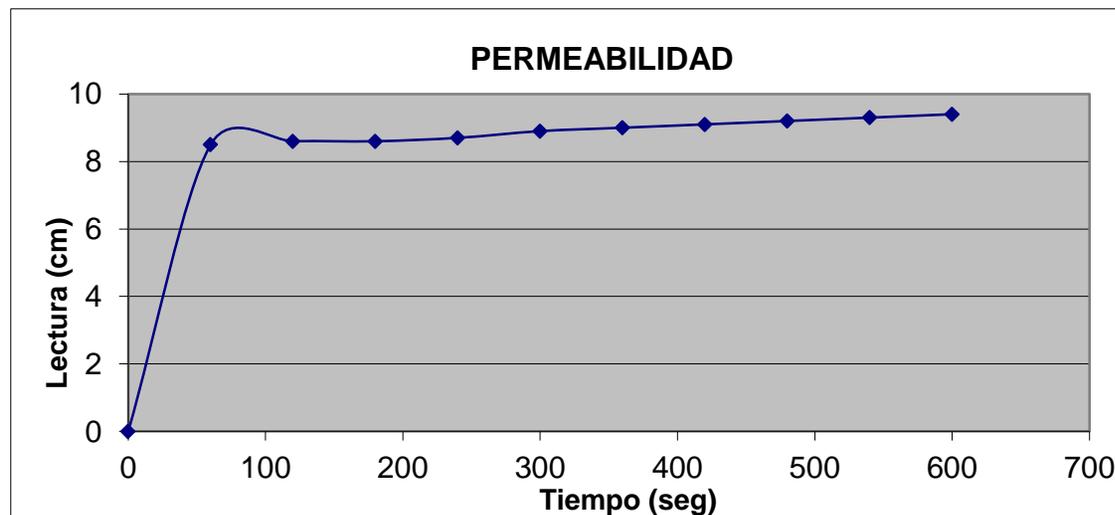


MUESTRA 24

Números de muestra			
N°		24	
Dimensiones de la muestra			
D(cm)		15	
H(cm)		13	
Ensayo	h (cm)	t (min)	T (°C)
0	8,4	1'00	36
1	8,5	1'00	36
2	8,6	1'00	36
3	8,6	1'00	36
4	8,7	1'00	36
5	8,9	1'00	36
6	9	1'00	36
7	9,1	1'00	36
8	9,2	1'00	36
9	9,3	1'00	36
10	9,4	1'00	36

DIMENSIONES		TEMP. (°)	36
DIAMETRO(cm)	15,0		
ALTURA (cm)	13		
AREA (cm ²)	176,72		

Tiempo (Seg)	Lectura (cm)	h_1 (cm)	h_2 (cm)	Km	
0	0	8,4	8,4		
60	8,5	8,4	8,3	0,000371364	
120	8,6	8,4	8,2	0,000747230	
180	8,6	8,4	8,2	0,000747230	
240	8,7	8,4	8,1	0,001127708	
300	8,9	8,4	7,9	0,001902962	
360	9	8,4	7,8	0,002297981	
420	9,1	8,4	7,7	0,002698097	
480	9,2	8,4	7,6	0,003103443	
540	9,3	8,4	7,5	0,003514159	
600	9,4	8,4	7,4	0,003930387	
				$K_{prom}(cm/seg) =$	0,002044056
				$K_{prom}(m/seg) =$	2,04406E-05

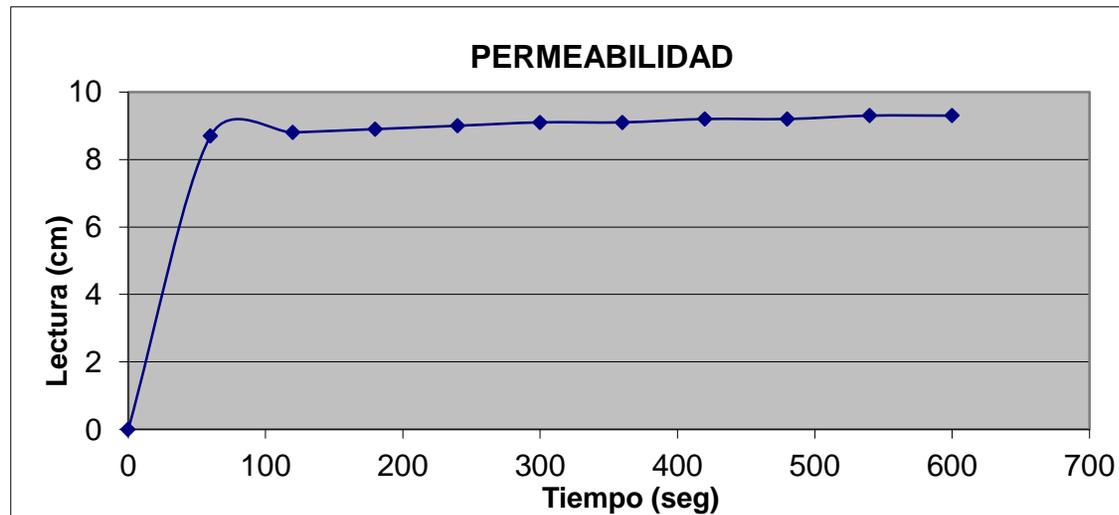


MUESTRA 25

Números de muestra			
N°		25	
Dimensiones de la muestra			
D(cm)		15	
H(cm)		13,2	
Ensayo	h (cm)	t (min)	T (°C)
0	8,5	1'00	38
1	8,7	1'00	38
2	8,8	1'00	38
3	8,9	1'00	38
4	9	1'00	38
5	9,1	1'00	38
6	9,1	1'00	38
7	9,2	1'00	38
8	9,2	1'00	38
9	9,3	1'00	38
10	9,3	1'00	38

DIMENSIONES		TEMP. (°)	38
DIAMETRO(cm)	15,0		
ALTURA (cm)	13,2		
AREA (cm ²)	176,72		

Tiempo (Seg)	Lectura (cm)	h_1 (cm)	h_2 (cm)	Km	
0	0	8,5	8,5		
60	8,7	8,5	8,3	0,000738334	
120	8,8	8,5	8,2	0,001114200	
180	8,9	8,5	8,1	0,001494677	
240	9	8,5	8,0	0,001879882	
300	9,1	8,5	7,9	0,002269932	
360	9,1	8,5	7,9	0,002269932	
420	9,2	8,5	7,8	0,002664950	
480	9,2	8,5	7,8	0,002664950	
540	9,3	8,5	7,7	0,003065066	
600	9,3	8,5	7,7	0,003065066	
				$K_{prom}(cm/seg) =$	0,002122699
				$K_{prom}(m/seg) =$	2,1227E-05

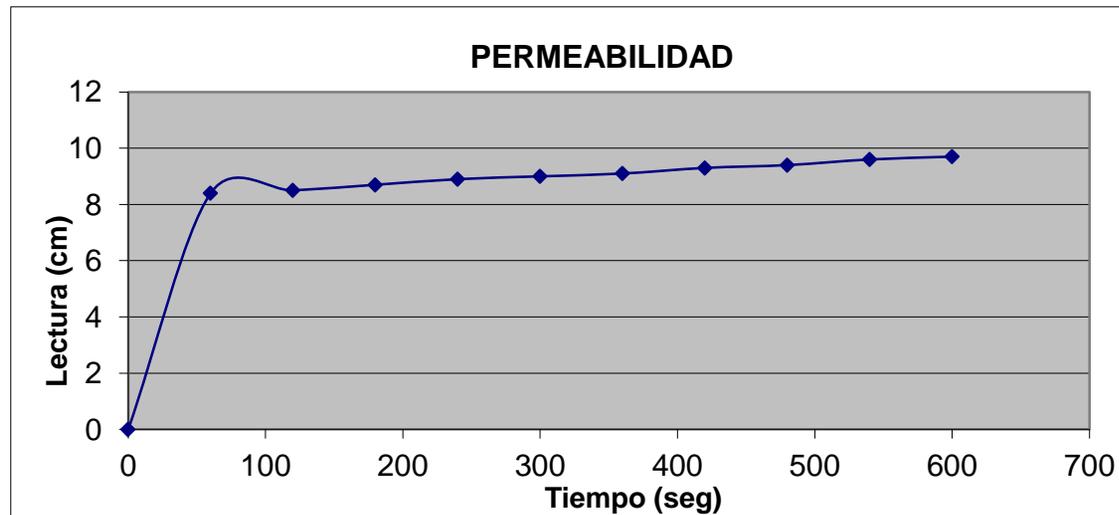


MUESTRA 26

Números de muestra			
N°		26	
Dimensiones de la muestra			
D(cm)		15	
H(cm)		12,7	
Ensayo	h (cm)	t (min)	T (°C)
0	8,2	1'00	39
1	8,4	1'00	39
2	8,5	1'00	39
3	8,7	1'00	39
4	8,9	1'00	39
5	9	1'00	39
6	9,1	1'00	39
7	9,3	1'00	39
8	9,4	1'00	39
9	9,6	1'00	39
10	9,7	1'00	39

DIMENSIONES		TEMP. (°)	39
DIAMETRO(cm)	15,0		
ALTURA (cm)	12,7		
AREA (cm ²)	176,72		

Tiempo (Seg)	Lectura (cm)	h_1 (cm)	h_2 (cm)	Km	
0	0	8,2	8,2		
60	8,4	8,2	8,0	0,000765682	
120	8,5	8,2	7,9	0,001155732	
180	8,7	8,2	7,7	0,001950867	
240	8,9	8,2	7,5	0,002766928	
300	9	8,2	7,4	0,003183157	
360	9,1	8,2	7,3	0,003605048	
420	9,3	8,2	7,1	0,004466453	
480	9,4	8,2	7,0	0,004906298	
540	9,6	8,2	6,8	0,005805159	
600	9,7	8,2	6,7	0,006264553	
				$K_{prom}(cm/seg) =$	0,003486988
				$K_{prom}(m/seg) =$	3,48699E-05

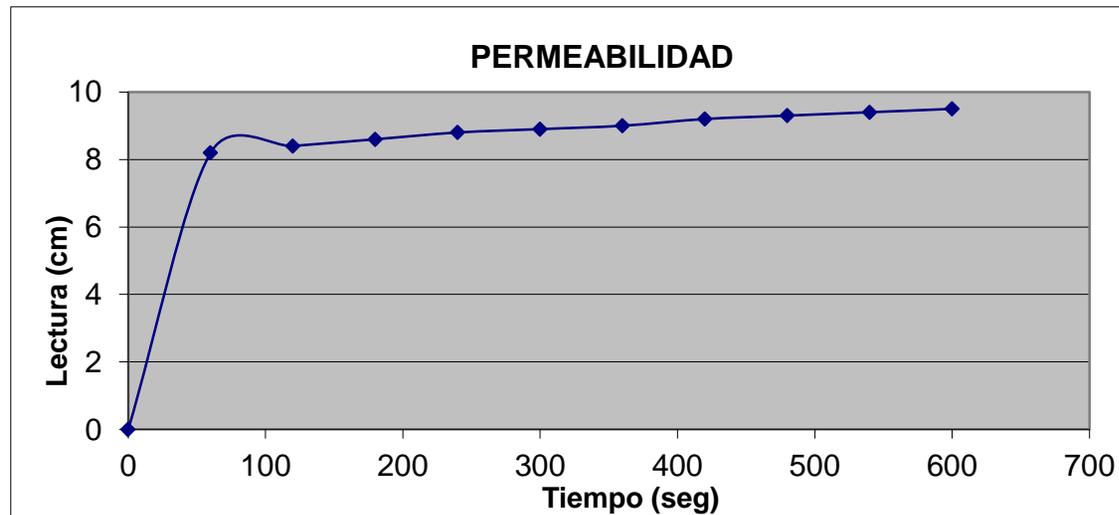


MUESTRA 27

Números de muestra			
N°		27	
Dimensiones de la muestra			
D(cm)		15	
H(cm)		12,2	
Ensayo	h (cm)	t (min)	T (°C)
0	8,1	1'00	40
1	8,2	1'00	40
2	8,4	1'00	40
3	8,6	1'00	40
4	8,8	1'00	40
5	8,9	1'00	40
6	9	1'00	40
7	9,2	1'00	40
8	9,3	1'00	40
9	9,4	1'00	40
10	9,5	1'00	40

DIMENSIONES		TEMP. (°)	40
DIAMETRO(cm)	15,0		
ALTURA (cm)	12,2		
AREA (cm ²)	176,72		

Tiempo (Seg)	Lectura (cm)	h_1 (cm)	h_2 (cm)	Km
0	0	8,1	8,1	
60	8,2	8,1	8,0	0,000385204
120	8,4	8,1	7,8	0,001170273
180	8,6	8,1	7,6	0,001975735
240	8,8	8,1	7,4	0,002802679
300	8,9	8,1	7,3	0,003224571
360	9	8,1	7,2	0,003652282
420	9,2	8,1	7,0	0,004525820
480	9,3	8,1	6,9	0,004971994
540	9,4	8,1	6,8	0,005424681
600	9,5	8,1	6,7	0,005884076
$K_{prom}(cm/seg) =$				0,003401731
$K_{prom}(m/seg) =$				3,40173E-05

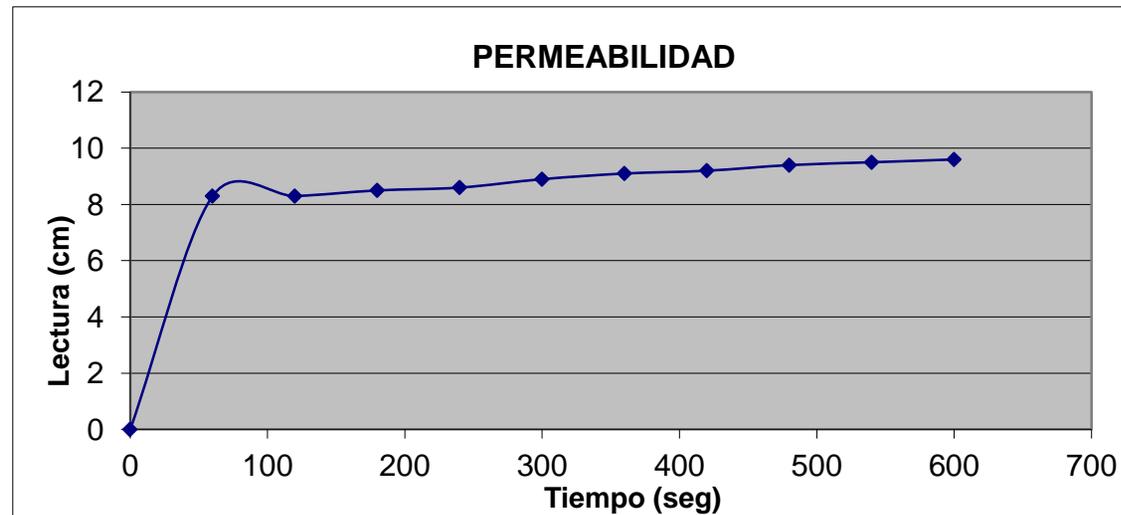


MUESTRA 28

Números de muestra			
N°		28	
Dimensiones de la muestra			
D(cm)		15	
H(cm)		12,5	
Ensayo	h (cm)	t (min)	T (°C)
0	8,2	1'00	41
1	8,3	1'00	41
2	8,3	1'00	41
3	8,5	1'00	41
4	8,6	1'00	41
5	8,9	1'00	41
6	9,1	1'00	41
7	9,2	1'00	41
8	9,4	1'00	41
9	9,5	1'00	41
10	9,6	1'00	41

DIMENSIONES		TEMP. (°)	41
DIAMETRO(cm)	15,0		
ALTURA (cm)	12,5		
AREA (cm ²)	176,72		

Tiempo (Seg)	Lectura (cm)	h_1 (cm)	h_2 (cm)	Km	
0	0	8,2	8,2		
60	8,3	8,2	8,1	0,000380478	
120	8,3	8,2	8,1	0,000380478	
180	8,5	8,2	7,9	0,001155732	
240	8,6	8,2	7,8	0,001550751	
300	8,9	8,2	7,5	0,002766928	
360	9,1	8,2	7,3	0,003605048	
420	9,2	8,2	7,2	0,004032759	
480	9,4	8,2	7,0	0,004906298	
540	9,5	8,2	6,9	0,005352471	
600	9,6	8,2	6,8	0,005805159	
				$K_{prom}(cm/seg) =$	0,002993610
				$K_{prom}(m/seg) =$	2,99361E-05

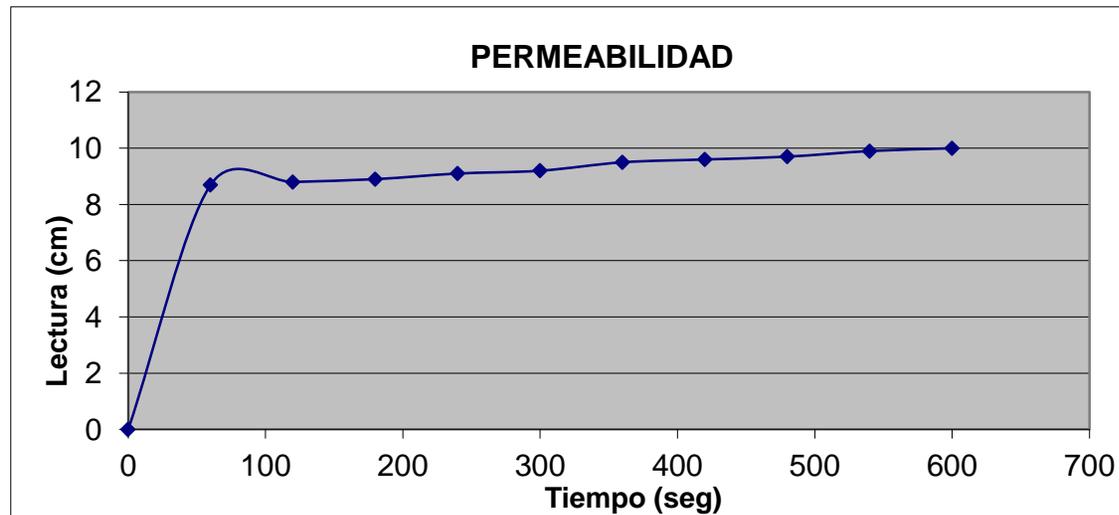


MUESTRA 29

Números de muestra			
N°		29	
Dimensiones de la muestra			
D(cm)		15	
H(cm)		12,8	
Ensayo	h (cm)	t (min)	T (°C)
0	8,5	1'00	42
1	8,7	1'00	42
2	8,8	1'00	42
3	8,9	1'00	42
4	9,1	1'00	42
5	9,2	1'00	42
6	9,5	1'00	42
7	9,6	1'00	42
8	9,7	1'00	42
9	9,9	1'00	42
10	10	1'00	42

DIMENSIONES		TEMP. (°)	42
DIAMETRO(cm)	15,0		
ALTURA (cm)	12,8		
AREA (cm ²)	176,72		

Tiempo (Seg)	Lectura (cm)	h_1 (cm)	h_2 (cm)	Km	
0	0	8,5	8,5		
60	8,7	8,5	8,3	0,000738334	
120	8,8	8,5	8,2	0,001114200	
180	8,9	8,5	8,1	0,001494677	
240	9,1	8,5	7,9	0,002269932	
300	9,2	8,5	7,8	0,002664950	
360	9,5	8,5	7,5	0,003881128	
420	9,6	8,5	7,4	0,004297356	
480	9,7	8,5	7,3	0,004719248	
540	9,9	8,5	7,1	0,005580652	
600	10	8,5	7,0	0,006020497	
				$K_{prom}(cm/seg) =$	0,003278097
				$K_{prom}(m/seg) =$	3,2781E-05

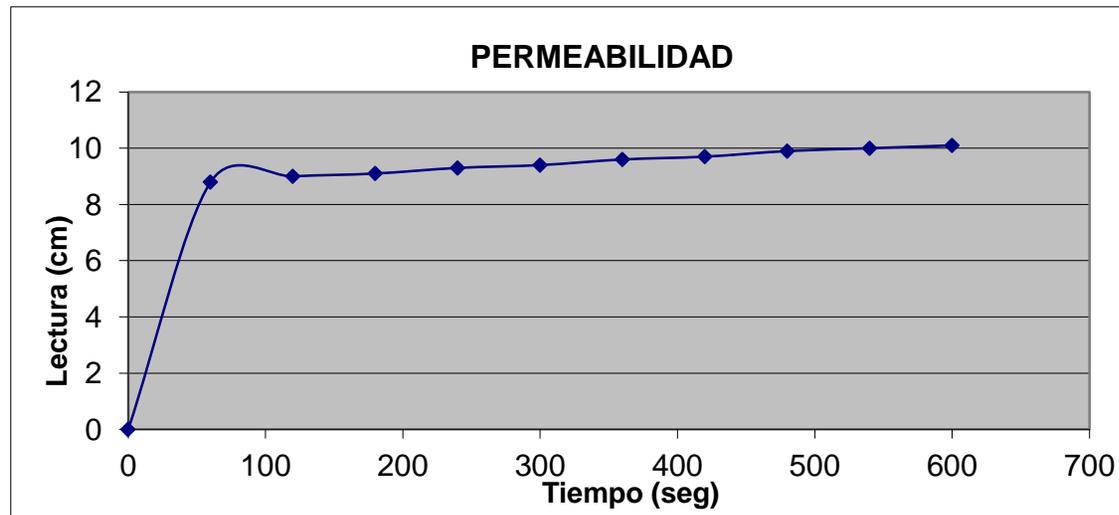


MUESTRA 30

Números de muestra			
N°		30	
Dimensiones de la muestra			
D(cm)		15	
H(cm)		13,3	
Ensayo	h (cm)	t (min)	T (°C)
0	8,6	1'00	42
1	8,8	1'00	42
2	9	1'00	42
3	9,1	1'00	42
4	9,3	1'00	42
5	9,4	1'00	42
6	9,6	1'00	42
7	9,7	1'00	42
8	9,9	1'00	42
9	10	1'00	42
10	10,1	1'00	42

DIMENSIONES		TEMP. (°)	42
DIAMETRO(cm)	15,0		
ALTURA (cm)	13,3		
AREA (cm ²)	176,72		

Tiempo (Seg)	Lectura (cm)	h_1 (cm)	h_2 (cm)	Km
0	0	8,6	8,6	
60	8,8	8,6	8,4	0,000729647
120	9	8,6	8,2	0,001476877
180	9,1	8,6	8,1	0,001857355
240	9,3	8,6	7,9	0,002632609
300	9,4	8,6	7,8	0,003027628
360	9,6	8,6	7,6	0,003833090
420	9,7	8,6	7,5	0,004243805
480	9,9	8,6	7,3	0,005081925
540	10	8,6	7,2	0,005509636
600	10,1	8,6	7,1	0,005943329
$K_{prom}(cm/seg) =$				0,003433590
$K_{prom}(m/seg) =$				3,43359E-05



ANEXO 4. CONTENIDO DE HIDROCARBURO

MUESTRA 1

MUESTRA 1		
Porcentaje en volumen (%) Aceite	$V_o =$	6
Porcentaje en volumen (%) Agua	$V_w =$	22
Porcentaje en volumen (%) Solidos	$V_s =$	72

Peso suelo + capsula =	90,26
Peso capsula =	75,13
Peso suelo =	15,13
Volumen Aceite colectado =	0,6
Volumen Agua colectado =	2,2

MUESTRA 2

MUESTRA 2		
Porcentaje en volumen (%) Aceite	$V_o =$	4
Porcentaje en volumen (%) Agua	$V_w =$	28,5
Porcentaje en volumen (%) Solidos	$V_s =$	67,5

Peso suelo + capsula =	88,31
Peso capsula =	75,13
Peso suelo =	13,18
Volumen Aceite colectado =	0,4
Volumen Agua colectado =	2,85

MUESTRA 3

MUESTRA 3		
Porcentaje en volumen (%) Aceite	$V_o =$	4
Porcentaje en volumen (%) Agua	$V_w =$	28
Porcentaje en volumen (%) Solidos	$V_s =$	68

Peso suelo + capsula =	88,97
Peso capsula =	75,13
Peso suelo =	13,84
Volumen Aceite colectado =	0,4
Volumen Agua colectado =	2,8

MUESTRA 4

MUESTRA 4		
Porcentaje en volumen (%) Aceite	$V_o =$	4
Porcentaje en volumen (%) Agua	$V_w =$	26,5
Porcentaje en volumen (%) Solidos	$V_s =$	69,5

Peso suelo + capsula =	86,84
Peso capsula =	75,13
Peso suelo =	11,71
Volumen Aceite colectado =	0,4
Volumen Agua colectado =	2,65

MUESTRA 5

MUESTRA 5		
Porcentaje en volumen (%) Aceite	$V_o =$	4
Porcentaje en volumen (%) Agua	$V_w =$	27,5
Porcentaje en volumen (%) Solidos	$V_s =$	68,5

Peso suelo + capsula =	87,49
Peso capsula =	75,13
Peso suelo =	12,36
Volumen Aceite colectado =	0,4
Volumen Agua colectado =	2,75

MUESTRA 6

MUESTRA 6		
Porcentaje en volumen (%) Aceite	$V_o =$	4
Porcentaje en volumen (%) Agua	$V_w =$	28,5
Porcentaje en volumen (%) Solidos	$V_s =$	67,5

Peso suelo + capsula =	90,21
Peso capsula =	75,13
Peso suelo =	15,08
Volumen Aceite colectado =	0,4
Volumen Agua colectado =	2,85

MUESTRA 7

MUESTRA 7		
Porcentaje en volumen (%) Aceite	$V_o =$	5,5
Porcentaje en volumen (%) Agua	$V_w =$	20,5
Porcentaje en volumen (%) Solidos	$V_s =$	74

Peso suelo + capsula =	88,61
Peso capsula =	75,13
Peso suelo =	13,48
Volumen Aceite colectado =	0,55
Volumen Agua colectado =	2,05

MUESTRA 8

MUESTRA 8		
Porcentaje en volumen (%) Aceite	$V_o =$	5,5
Porcentaje en volumen (%) Agua	$V_w =$	21,5
Porcentaje en volumen (%) Solidos	$V_s =$	73

Peso suelo + capsula =	89,05
Peso capsula =	75,13
Peso suelo =	13,92
Volumen Aceite colectado =	0,55
Volumen Agua colectado =	2,15

MUESTRA 9

MUESTRA 9		
Porcentaje en volumen (%) Aceite	$V_o =$	5,5
Porcentaje en volumen (%) Agua	$V_w =$	21
Porcentaje en volumen (%) Solidos	$V_s =$	73,5

Peso suelo + capsula =	89,38
Peso capsula =	75,13
Peso suelo =	14,25
Volumen Aceite colectado =	0,55
Volumen Agua colectado =	2,1

MUESTRA 10

MUESTRA 10		
Porcentaje en volumen (%) Aceite	$V_o =$	5,5
Porcentaje en volumen (%) Agua	$V_w =$	20,5
Porcentaje en volumen (%) Solidos	$V_s =$	74

Peso suelo + capsula =	89,84
Peso capsula =	75,13
Peso suelo =	14,71
Volumen Aceite colectado =	0,55
Volumen Agua colectado =	2,05

MUESTRA 11

MUESTRA 11		
Porcentaje en volumen (%) Aceite	$V_o =$	6
Porcentaje en volumen (%) Agua	$V_w =$	21,5
Porcentaje en volumen (%) Solidos	$V_s =$	72,5

Peso suelo + capsula =	89,8
Peso capsula =	75,13
Peso suelo =	14,67
Volumen Aceite colectado =	0,6
Volumen Agua colectado =	2,15

MUESTRA 12

MUESTRA 12		
Porcentaje en volumen (%) Aceite	$V_o =$	6
Porcentaje en volumen (%) Agua	$V_w =$	22
Porcentaje en volumen (%) Solidos	$V_s =$	72

Peso suelo + capsula =	90,31
Peso capsula =	75,13
Peso suelo =	15,18
Volumen Aceite colectado =	0,6
Volumen Agua colectado =	2,2

MUESTRA 13

MUESTRA 13		
Porcentaje en volumen (%) Aceite	$V_o =$	4
Porcentaje en volumen (%) Agua	$V_w =$	27
Porcentaje en volumen (%) Solidos	$V_s =$	69

Peso suelo + capsula =	88,22
Peso capsula =	75,13
Peso suelo =	13,09
Volumen Aceite colectado =	0,4
Volumen Agua colectado =	2,7

MUESTRA 14

MUESTRA 14		
Porcentaje en volumen (%) Aceite	$V_o =$	4
Porcentaje en volumen (%) Agua	$V_w =$	27,5
Porcentaje en volumen (%) Solidos	$V_s =$	68,5

Peso suelo + capsula =	87,57
Peso capsula =	75,13
Peso suelo =	12,44
Volumen Aceite colectado =	0,4
Volumen Agua colectado =	2,75

MUESTRA 15

MUESTRA 15		
Porcentaje en volumen (%) Aceite	$V_o =$	6
Porcentaje en volumen (%) Agua	$V_w =$	22,5
Porcentaje en volumen (%) Solidos	$V_s =$	71,5

Peso suelo + capsula =	90,44
Peso capsula =	75,13
Peso suelo =	15,31
Volumen Aceite colectado =	0,6
Volumen Agua colectado =	2,25

MUESTRA 16

MUESTRA 16		
Porcentaje en volumen (%) Aceite	$V_o =$	4
Porcentaje en volumen (%) Agua	$V_w =$	26
Porcentaje en volumen (%) Solidos	$V_s =$	70

Peso suelo + capsula =	89,41
Peso capsula =	75,13
Peso suelo =	14,28
Volumen Aceite colectado =	0,4
Volumen Agua colectado =	2,6

MUESTRA 17

MUESTRA 17		
Porcentaje en volumen (%) Aceite	$V_o =$	4
Porcentaje en volumen (%) Agua	$V_w =$	27
Porcentaje en volumen (%) Solidos	$V_s =$	69

Peso suelo + capsula =	86,97
Peso capsula =	75,13
Peso suelo =	11,84
Volumen Aceite colectado =	0,4
Volumen Agua colectado =	2,7

MUESTRA 18

MUESTRA 18		
Porcentaje en volumen (%) Aceite	$V_o =$	4
Porcentaje en volumen (%) Agua	$V_w =$	28,5
Porcentaje en volumen (%) Solidos	$V_s =$	67,5

Peso suelo + capsula =	88,16
Peso capsula =	75,13
Peso suelo =	13,03
Volumen Aceite colectado =	0,4
Volumen Agua colectado =	2,85

MUESTRA 19

MUESTRA 19		
Porcentaje en volumen (%) Aceite	$V_o =$	4
Porcentaje en volumen (%) Agua	$V_w =$	28
Porcentaje en volumen (%) Solidos	$V_s =$	68

Peso suelo + capsula =	88,73
Peso capsula =	75,13
Peso suelo =	13,6
Volumen Aceite colectado =	0,4
Volumen Agua colectado =	2,8

MUESTRA 20

MUESTRA 20		
Porcentaje en volumen (%) Aceite	$V_o =$	5,5
Porcentaje en volumen (%) Agua	$V_w =$	22
Porcentaje en volumen (%) Solidos	$V_s =$	72,5

Peso suelo + capsula =	88,59
Peso capsula =	75,13
Peso suelo =	13,46
Volumen Aceite colectado =	0,55
Volumen Agua colectado =	2,2

MUESTRA 21

MUESTRA 21		
Porcentaje en volumen (%) Aceite	$V_o =$	4
Porcentaje en volumen (%) Agua	$V_w =$	27
Porcentaje en volumen (%) Solidos	$V_s =$	69

Peso suelo + capsula =	89,37
Peso capsula =	75,13
Peso suelo =	14,24
Volumen Aceite colectado =	0,4
Volumen Agua colectado =	2,7

MUESTRA 22

MUESTRA 22		
Porcentaje en volumen (%) Aceite	$V_o =$	5,5
Porcentaje en volumen (%) Agua	$V_w =$	23
Porcentaje en volumen (%) Solidos	$V_s =$	71,5

Peso suelo + capsula =	88,38
Peso capsula =	75,13
Peso suelo =	13,25
Volumen Aceite colectado =	0,55
Volumen Agua colectado =	2,3

MUESTRA 23

MUESTRA 23		
Porcentaje en volumen (%) Aceite	$V_o =$	4
Porcentaje en volumen (%) Agua	$V_w =$	29
Porcentaje en volumen (%) Solidos	$V_s =$	67

Peso suelo + capsula =	87,88
Peso capsula =	75,13
Peso suelo =	12,75
Volumen Aceite colectado =	0,4
Volumen Agua colectado =	2,9

MUESTRA 24

MUESTRA 24		
Porcentaje en volumen (%) Aceite	$V_o =$	5,5
Porcentaje en volumen (%) Agua	$V_w =$	21,5
Porcentaje en volumen (%) Solidos	$V_s =$	73

Peso suelo + capsula =	89,17
Peso capsula =	75,13
Peso suelo =	14,04
Volumen Aceite colectado =	0,55
Volumen Agua colectado =	2,15

MUESTRA 25

MUESTRA 25		
Porcentaje en volumen (%) Aceite	$V_o =$	5,5
Porcentaje en volumen (%) Agua	$V_w =$	22
Porcentaje en volumen (%) Solidos	$V_s =$	72,5

Peso suelo + capsula =	90,79
Peso capsula =	75,13
Peso suelo =	15,66
Volumen Aceite colectado =	0,55
Volumen Agua colectado =	2,2

MUESTRA 26

MUESTRA 26		
Porcentaje en volumen (%) Aceite	$V_o =$	6
Porcentaje en volumen (%) Agua	$V_w =$	23
Porcentaje en volumen (%) Solidos	$V_s =$	71

Peso suelo + capsula =	89,46
Peso capsula =	75,13
Peso suelo =	14,33
Volumen Aceite colectado =	0,6
Volumen Agua colectado =	2,3

MUESTRA 27

MUESTRA 27		
Porcentaje en volumen (%) Aceite	$V_o =$	6
Porcentaje en volumen (%) Agua	$V_w =$	23,5
Porcentaje en volumen (%) Solidos	$V_s =$	70,5

Peso suelo + capsula =	89,97
Peso capsula =	75,13
Peso suelo =	14,84
Volumen Aceite colectado =	0,6
Volumen Agua colectado =	2,35

MUESTRA 28

MUESTRA 28		
Porcentaje en volumen (%) Aceite	$V_o =$	5,5
Porcentaje en volumen (%) Agua	$V_w =$	20
Porcentaje en volumen (%) Solidos	$V_s =$	74,5

Peso suelo + capsula =	89,37
Peso capsula =	75,13
Peso suelo =	14,24
Volumen Aceite colectado =	0,55
Volumen Agua colectado =	2

MUESTRA 29

MUESTRA 29		
Porcentaje en volumen (%) Aceite	$V_o =$	5,5
Porcentaje en volumen (%) Agua	$V_w =$	20
Porcentaje en volumen (%) Solidos	$V_s =$	74,5

Peso suelo + capsula =	88,99
Peso capsula =	75,13
Peso suelo =	13,86
Volumen Aceite colectado =	0,55
Volumen Agua colectado =	2

MUESTRA 30

MUESTRA 30		
Porcentaje en volumen (%) Aceite	$V_o =$	6
Porcentaje en volumen (%) Agua	$V_w =$	21
Porcentaje en volumen (%) Solidos	$V_s =$	73

Peso suelo + capsula =	89,11
Peso capsula =	75,13
Peso suelo =	13,98
Volumen Aceite colectado =	0,6
Volumen Agua colectado =	2,1

