

**DETERMINACIÓN DEL LÍMITE DE CONTRACCIÓN EN ARCILLAS
INORGÁNICAS UTILIZANDO MÉTODOS ALTERNATIVOS PARA ESTIMAR
EL VOLUMEN SECO Y HÚMEDO**

KATHERIN ASTRID AGUILAR PANTALEÓN

SANTIAGO MENDOZA ROJAS

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA SECCIONAL BUCARAMANGA

ESCUELA DE INGENIERÍAS

FACULTAD INGENIERÍA CIVIL

BUCARAMANGA

2019

**DETERMINACIÓN DEL LÍMITE DE CONTRACCIÓN EN ARCILLAS
INORGÁNICAS UTILIZANDO MÉTODOS ALTERNATIVOS PARA ESTIMAR
EL VOLUMEN SECO Y HÚMEDO**

KATHERIN ASTRID AGUILAR PANTALEÓN

SANTIAGO MENDOZA ROJAS

Proyecto de grado para optar por el título de ingeniería civil

Director:

ING.MSC.GERARDO BAUTISTA GARCÍA

UNIVERSIDAD PONTIFICIA BOLIVARIANA SECCIONAL BUCARAMANGA

ESCUELA DE INGENIERÍAS

FACULTAD INGENIERÍA CIVIL

BUCARAMANGA

2019

NOTA DE ACEPTACIÓN

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

DEDICATORIA

Este trabajo de grado esta dedicado a nuestra hija Gabriela, por ser nuestra mutua motivación y alegría desde el primer momento que llegó a nuestras vidas. Los maravillosos momentos vividos en familia, día a día han sido el impulso y la fortaleza para esforzarnos en cumplir esta meta.

AGRADECIMIENTOS

Gracias a nuestros padres, por su apoyo y paciencia durante todo nuestro proceso formativo, por darnos su amor, consejo e incondicionalidad en todo momento de bienaventuranza y adversidad. Por lo anterior y más, hemos logrado avanzar el camino que hoy nos lleva a culminar el proceso de estudio de nuestra carrera profesional. También a nuestros amigos quienes de una u otra forma enriquecieron nuestras vidas con amistad, comprensión y complicidad.

CONTENIDO

INTRODUCCIÓN	14
1. OBJETIVOS.....	15
1.1 Objetivo General	15
1.2 Objetivos Específicos	15
2. DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA.....	15
3. JUSTIFICACIÓN.....	16
4. ALCANCE	16
5. ANTECEDENTES.....	16
6. MARCO TEÓRICO	19
6.1 Clasificación de los suelos	19
6.2 Suelos expansivos	20
6.3 Límite de contracción	21
6.3.1 Preparación de la muestra	22
6.3.2 Equipo y materiales.....	22
6.3.3 Procedimiento	23
6.4 Expansión libre.....	24
6.5 Presión de expansión.....	24
6.6 Efectos y riesgos del mercurio	24
7. METODOLOGÍA	25
7.1 Recolección de información	25
7.2 Búsqueda de material	25
7.3 Clasificación de suelo.....	25
7.4 Selección y adquisición de fluidos.....	25
7.5 Ensayos de límite de contracción.....	26
7.6 Análisis de resultados	26
7.7 Elaboración del informe.....	26
8. RESULTADOS	26
8.1 Granulometría por tamizado con lavado por malla N°200.....	26
8.2 Límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad	30
8.3 Densidad de los fluidos alternos.....	34
8.4 Límite de contracción	34
9. ANÁLISIS DE RESULTADOS	39
9.1 Clasificación del suelo.....	39

9.2	Ensayos de límite de contracción.....	40
10.	CONCLUSIONES.....	47
11.	RECOMENDACIONES	49
12.	BIBLIOGRAFÍA.....	50
13.	ANEXOS.....	52
13.1	ANEXO A	53
13.2	ANEXO B	69
13.3	ANEXO C	85
13.4	ANEXO D.....	101
13.5	ANEXO E	117

LISTA DE GRÁFICAS

Gráfica 1. Carta de plasticidad	20
Gráfica 2. Curva granulométrica del ensayo N°1	27
Gráfica 3. Curva granulométrica del ensayo N°2	28
Gráfica 4. Curva granulométrica del ensayo N°3	29
Gráfica 5. Relación curvas granulométricas	30
Gráfica 6. Determinación del límite líquido del ensayo N°1	31
Gráfica 7. Determinación del límite líquido del ensayo N°2.....	32
Gráfica 8. Determinación del límite líquido del ensayo N°3.....	33
Gráfica 9. Clasificación del material estudiado	39
Gráfica 10. Límite de contracción método tradicional vs métodos alternos.....	41
Gráfica 11. Relación de contracción método tradicional vs métodos alternos..	41
Gráfica 12. Gravedad específica método tradicional vs métodos alternos.....	42
Gráfica 13. Relación entre factores de contracción	45

LISTA DE ECUACIONES

Ecuación 1. Expansión libre	24
Ecuación 2. Presión de expansión	24
Ecuación 3. Porcentaje de error utilizando métodos alternos.....	42
Ecuación 4. Límite de contracción con mercurio utilizando jabón	43
Ecuación 5. Límite de contracción con mercurio utilizando glicerina.....	44
Ecuación 6. Límite de contracción con mercurio utilizando aceite	44
Ecuación 7. Relación de contracción con mercurio utilizando jabón	44
Ecuación 8. Relación de contracción con mercurio utilizando glicerina	44
Ecuación 9. Relación de contracción con mercurio utilizando aceite	44
Ecuación 10. Gravedad específica con mercurio utilizando jabón	44
Ecuación 11. Gravedad específica con mercurio utilizando glicerina.....	45
Ecuación 12. Gravedad específica con mercurio utilizando aceite.....	45

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Antecedentes.....	16
Tabla 2. Cambio potencial de volumen (tomada de Holtz y Gibbs).....	21
Tabla 3. Distribución granulométrica del ensayo N°1	27
Tabla 4. Distribución granulométrica del ensayo N°2.....	28
Tabla 5. Distribución granulométrica del ensayo N°3.....	29
Tabla 6. Resumen de los ensayos de granulometría	30
Tabla 7. Límites líquido y plástico del ensayo N°1	31
Tabla 8. Límites líquido y plástico del ensayo N°2	32
Tabla 9. Límites líquido y plástico del ensayo N°3	33
Tabla 10. Resumen de los ensayos de límite líquido y plástico	34
Tabla 11. Densidad de las sustancia alternas	34
Tabla 12. Ensayos de límite de contracción utilizando mercurio	35
Tabla 13. Ensayos de límite de contracción utilizando jabón	36
Tabla 14. Ensayos de límite de contracción utilizando glicerina.....	37
Tabla 15. Ensayos de límite de contracción utilizando aceite	38
Tabla 16. Resumen de resultados para clasificación SUCS	40
Tabla 17. Resumen de resultados de los factores de contracción	40
Tabla 18. Porcentajes de error del límite de contracción utilizando métodos alternos	43
Tabla 19. Porcentajes de error de la relación de contracción utilizando métodos alternos	43
Tabla 20. Porcentajes de error de la gravedad específica utilizando métodos alternos	43

LISTA DE IMAGENES

Imagen 1. Material secado al horno antes de lavado	118
Imagen 2. Lavado de material por malla N°200	118
Imagen 3. Tamices para ensayos de granulometría	118
Imagen 4. Material que pasa la malla N°40 para ensayos de límites	118
Imagen 5. Mezcla de suelo para ensayos de límite de contracción	118
Imagen 6. Pastillas de suelo antes de secado al horno	118
Imagen 7. Pastillas de suelo antes de secado al horno	119
Imagen 8. Pastillas de suelo después de secado al horno.....	119
Imagen 9. Pastillas de suelo después de secado al horno.....	119
Imagen 10. Pastillas de suelo después de secado al horno.....	119
Imagen 11. Ensayo de límite de contracción utilizando mercurio.....	119
Imagen 12. Ensayo de límite de contracción utilizando jabón	119
Imagen 13. Ensayo de límite de contracción utilizando glicerina	120
Imagen 14. Ensayo de límite de contracción utilizando aceite	120

RESUMEN GENERAL DE TRABAJO DE GRADO

TITULO: DETERMINACIÓN DEL LÍMITE DE CONTRACCIÓN EN ARCILLAS INORGÁNICAS UTILIZANDO MÉTODOS ALTERNATIVOS PARA ESTIMAR EL VOLUMEN SECO Y HÚMEDO

AUTOR(ES): Katherin Astrid Aguilar Pantaleón
Santiago Mendoza Rojas

PROGRAMA: Facultad de Ingeniería Civil

DIRECTOR(A): Ing. Msc. Gerardo Bautista García

RESUMEN

El presente trabajo de grado tuvo por objeto encontrar relaciones existentes entre los factores de contracción (límite de contracción, relación de contracción y peso específico relativo de sólidos) obtenidos en pruebas de laboratorio usando fluidos diferentes al mercurio, tales como jabón, glicerina y aceite de carro. Dado que el límite de contracción es una medida del potencial de expansión de los suelos, se buscó un material que correspondiera a una arcilla. Este material se encontró en el sector aldeaño al edificio K de la Universidad Pontificia Bolivariana seccional Bucaramanga. Después de realizar tres ensayos de granulometría por tamizado con lavado por la malla N°200 y tres ensayos de límites de Atterberg se encontró que el suelo estudiado corresponde a una arcilla inorgánica de alta compresibilidad, perteneciente al grupo CH del sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS). Una vez clasificado el suelo se procedió a determinar su límite de contracción, relación de contracción y peso específico relativo de sólidos, para lo cual se realizaron treinta ensayos de límite de contracción, de acuerdo con lo establecido por la norma INVE-127 usando mercurio para la determinación del volumen seco. Después de esto, se realizaron noventa ensayos de límite de contracción utilizando diferentes fluidos (30 con jabón, 30 con glicerina y 30 con aceite de carro) con el fin de estimar los mismos factores de contracción. Con los valores hallados en los ciento veinte ensayos realizados se establecieron relaciones entre los factores de contracción calculados con los fluidos alternativos con respecto a los valores patrón correspondiente a las pruebas tradicionales con mercurio.

PALABRAS CLAVE:

Arcillas, límite de contracción, factores de contracción.

V° B° DIRECTOR DE TRABAJO DE GRADO

GENERAL SUMMARY OF WORK OF GRADE

TITLE: DETERMINATION OF THE SHRINKAGE LIMIT IN INORGANIC CLAYS USING ALTERNATIVE METHODS TO ESTIMATE THE DRY AND WET VOLUME

AUTHOR(S): Katherin Astrid Aguilar Pantaleón
Santiago Mendoza Rojas

FACULTY: Facultad de Ingeniería Civil

DIRECTOR: Ing. Msc. Gerardo Bautista García

ABSTRACT

The present graduation project was by objective to find existing relationships between shrinkage factors (shrinkage limit, shrinkage relationship and relative specific weight of solids) obtained in laboratory tests with different fluids than mercury such as soap, glycerin and car oil. In the fact that the shrinkage limit depends of the potential of soil expansion, as a corresponding of the material to a clay was sought. This material was found in the area around the K building of the Bucaramanga sectional Pontificia Bolivariana University. After the realized of the three sieve granulometry tests with washing mesh No 200 and three Atterberg boundary tests, it was found that the soil studied corresponds to an inorganic clay of high compressibility, belonging to the CH group of the Unified Soil Classification System (SUCS). Once classified the soil we proceeded to determine its shrinkage limit, shrinkage relation and relative specific weight of solids, for which were performed thirty shrinkage limit tests, according with the INVE-127 standard using mercury to determine the dry volume. After that, were performed ninety shrinkage limit tests using different fluids (30 with soap, 30 with glycerin and 30 with car oil) with the purpose of estimate the same shrinkage factors. With the values found in the one hundred and twenty tests accomplished, relationships were established between shrinkage factors calculated with the alternative fluids with respect to the standard values corresponding to the traditional mercury tests.

KEYWORDS:

Clay, shrinkage limit, shrinkage factors.

V° B° DIRECTOR OF GRADUATE WORK

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de grado se refiere al desarrollo del ensayo de límite de contracción usando sustancias distintas al mercurio, sustancia utilizada en el método tradicional. La exposición o manipulación del mercurio causa graves problemas de salud debido a su alta toxicidad. Por lo anterior, con el fin de buscar otras sustancias alternativas que puedan ser empleadas en el desarrollo del ensayo de límite de contracción, se realizó la extracción de un material arcilloso ubicado en un sector cercano al edificio K de la Universidad Pontificia Bolivariana. Además se escogieron como fluidos alternos jabón, glicerina y aceite de carro, con ellos se procedió a la ejecución de varios ensayos de límite de contracción, para calcular los factores de contracción que se determinan en este ensayo (límite de contracción, relación de contracción y gravedad específica de sólidos).

Una vez seleccionado el material se procedió a clasificar el suelo según el sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS), para ello se realizaron tres ensayos de granulometría por tamizado con lavado por malla N°200, tres ensayos de límite líquido y tres ensayos de límite plástico e índice de plasticidad. Después de conocer el tipo de suelo, se procedió a realizar los ensayos de límite de contracción, de los cuales 30 ensayos se hicieron con mercurio, 30 ensayos con jabón, 30 ensayos con glicerina y 30 ensayos con aceite de carro. Con base en los resultados de los 120 ensayos realizados, se calculó la relación entre el límite de contracción obtenido con el uso del mercurio y cada sustancia alterna, cumpliendo así con el objetivo de esta investigación.

Además de la relación entre el límite de contracción obtenido con el mercurio y las otras sustancias, también se estimó la relación existente entre los demás factores de contracción (relación de contracción y gravedad específica de los sólidos) obtenidos con mercurio y las otras sustancias.

1. OBJETIVOS

1.1 Objetivo General

Encontrar la relación del límite de contracción en arcillas inorgánicas de la Universidad Pontificia Bolivariana mediante la utilización de sustancias distintas a la convencional.

1.2 Objetivos Específicos

- ✓ Evaluar la competencia de tres fluidos para la realización del ensayo del límite de contracción que sean fáciles de encontrar en el mercado y cuyas propiedades no permitan que las muestras se expandan durante la determinación de su volumen seco.
- ✓ Determinar la relación de contracción y el peso específico relativo de sólidos del suelo y su afectación con el uso de sustancias líquidas diferentes al mercurio.
- ✓ Comparar los resultados obtenidos para encontrar la relación entre el límite de contracción del suelo estudiado, usando mercurio y las distintas sustancias.

2. DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

Uno de los parámetros necesarios para la determinación del potencial de expansión de un suelo es el límite de contracción. Las pruebas de laboratorio existentes para estimar el límite de contracción involucran el uso de mercurio, un elemento químico de alta toxicidad y costo en el mercado.

Este proyecto de grado se realizará dentro del campus de la Universidad Pontificia Bolivariana seccional Bucaramanga. Su duración dependerá del tiempo necesario para ejecutar las actividades de laboratorio requeridas para dar cumplimiento a los objetivos, para esto es indispensable la utilización del laboratorio de suelos, el apoyo de su personal técnico y el acompañamiento del director de proyecto.

El material que se va a utilizar en el presente trabajo grado corresponde a un suelo arcilloso extraído de un sector aledaño al edificio K. Inicialmente se clasificará al suelo según el sistema unificado de clasificación de suelos y el método AASHTO, luego se determinará el límite de contracción del material estudiado por medio de ensayos convencionales usando mercurio. Finalmente

se realizarán ensayos de límite de contracción utilizando sustancias diferentes al mercurio, para de esta forma establecer similitudes y diferencias entre los resultados hallados.

3. JUSTIFICACIÓN

El ensayo de límite de contracción es usado para determinar el comportamiento de los suelos finos. En la actualidad para la ejecución del ensayo, es necesario la utilización del mercurio líquido, el cual es de alto costo y según los estudios puede generar a largo plazo riesgos en la salud de las personas que lo manipulan. Por lo anterior es importante este proyecto de grado, ya que se pretende encontrar una forma alternativa de realizar la prueba sin exponer la salud de los operadores y que sea de bajo costo.

4. ALCANCE

En el trabajo propuesto se calculara la relación del límite de contracción en arcillas inorgánicas de la Universidad Pontificia Bolivariana mediante la utilización de sustancias distintas a la convencional. En este proceso se evaluara la competencia de tres fluidos para la realización del ensayo, de tal forma que sean fáciles de encontrar en el mercado y cuyas propiedades no permitan que las muestras se expandan durante la determinación de su volumen seco.

5. ANTECEDENTES

Tabla 1. Antecedentes

Título	Autor	Resumen	Tipo
Caracterización del subsuelo y análisis de riesgos geotécnicos asociados a las	Jorge Ordoñez-Ruíz, Gabriel Auvinet-Guichard, Moises Juarez-Camarena	En la zona geotécnica denominada "A" de la ciudad de Tuxla Gutierrez se realizaron sondeos y ensayos para determinar	Artículo de revista [1]

<p>arcillas expansivas de la ciudad de Tuxla Gutiérrez</p>		<p>las propiedades mecánicas de las arcillas expansivas. Por medio de métodos directos e indirectos se determinan el potencial de expansión de las arcillas. Se clasifican los tipos de riesgos de acuerdo al tipo de potencial de expansión y se propone un método de estabilización.</p>	
<p>Comprobación de las correlaciones de la presión de expansión con las propiedades índice en suelos del sector Challuambamba, Cuenca, recomendaciones para la construcción de cimentaciones</p>	<p>Paulo Esteban Vélez Dávila</p>	<p>Se presenta una descripción de diversos trabajos de geología y del comportamiento de suelos no saturados. Se describen pruebas de laboratorio encaminadas a determinar la presión de expansión de los suelos.</p>	<p>Tesis de maestría [2]</p>
<p>Límites de consistencia de los agregados para mezclas de concreto</p>	<p>Manuel Gómez Gutiérrez</p>	<p>Se realizan diversos ensayos para estudio y caracterización de las partículas finas contenidas en los agregados, teniendo en cuenta arenas de diferentes procedencias y así determinar si son aptas</p>	<p>Tesis de maestría [3]</p>

		en la fabricación de mezclas de concreto.	
Calibración de equipos y análisis de métodos alternos para determinación de humedad, compactación y límite de contracción en diferentes tipos de suelo	Néstor Giovanni Rueda Rincón	Se muestra como se desarrollaron diversos ensayos de laboratorio en diferentes tipos de suelo, entre ellos el ensayo de límite de contracción, el cual se realiza de dos formas, usando el método tradicional de mercurio y cera como método alternativo.	Tesis de Pregrado [4]
Determinación de la compresibilidad de suelos finos representativos del municipio de Vélez	Andrés Fernando Bello Florez – Luis Eduardo Niño Jaimes	Se estudian muestras procedentes de apiques extraídos del municipio de Vélez con la finalidad de analizar el comportamiento y los movimientos en masa de estos suelos. Para lo anterior se realizaron ensayos de granulometría, límites y corte directo y se obtuvieron los coeficientes de compresión, coeficiente de compresibilidad, módulo edométrico e índice de hinchamiento.	Tesis de Pregrado [5]

Fuente. Propia

6. MARCO TEÓRICO

6.1 Clasificación de los suelos

Antes de realizar estudios detallados sobre el comportamiento de los suelos, es necesario conocer el tipo de material con el cual se está tratando, es decir se debe clasificar el suelo.

El sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS) es el más usado en la actualidad, este fue propuesto por A. Casagrande en 1948, utilizando la distribución granulométrica y la plasticidad de los suelos. El sistema divide a los suelos en dos grandes categorías [6]:

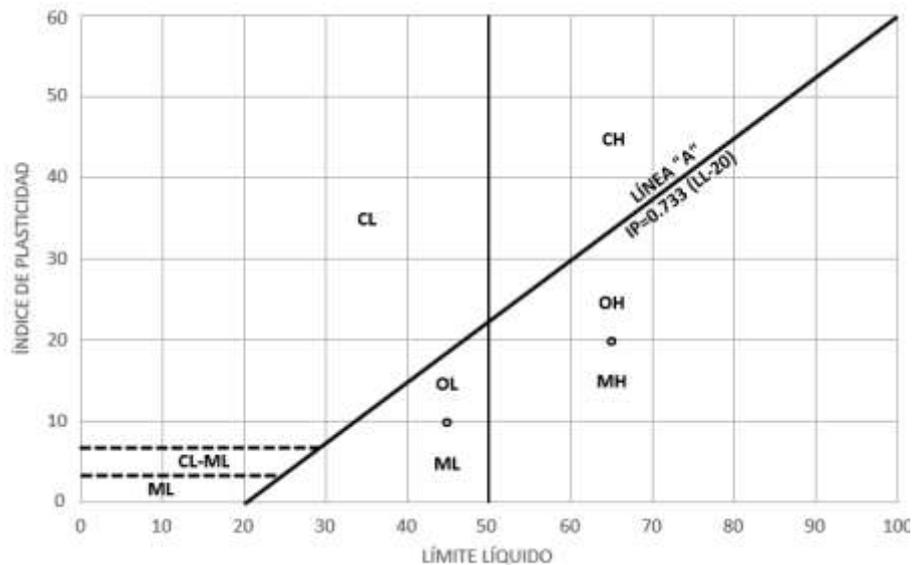
1. Suelos Gruesos: Formados por las partículas mayores que la malla N°200 y menores que la malla 3". Se dice que un suelo es grueso cuando menos de 50% de sus partículas pasa por la malla N°200. Los suelos gruesos a su vez se dividen en gravas (G) y arenas (S), siendo la frontera entre ellos el tamiz N° 4 (cuya abertura es de 4.75mm) [6].
2. Suelos Finos: Formados por las partículas que pasan la malla N°200. Se dice que un suelo es fino cuando el 50% o más de sus partículas pasan por la malla N°200 [6].

SUELOS FINOS: Los suelos finos se clasifican en tres grupos principales: limos inorgánicos (M), arcillas inorgánicas (C), limos y arcillas orgánicas (O). Estos a su vez se sub dividen en dos grupos adicionales de acuerdo con su compresibilidad [6]:

- Se considera que un suelo fino es de baja compresibilidad si el límite líquido es menor de 50%, en este caso al grupo se le agrega la letra L (Low compressibility).
- Se considera que un suelo fino es de alta compresibilidad si el límite líquido es superior al 50%, en este caso al grupo se le agrega la letra H (High compressibility).

ARCILLAS INORGÁNICAS: Las arcillas inorgánicas (C) se ubican en la carta de plasticidad de Casagrande en la zona sobre la línea A y además su índice de plasticidad es superior al 7% [6].

Gráfica 1. Carta de plasticidad



Fuente. Mecánica de suelos. Juárez & Rico, 2005

6.2 Suelos expansivos

Se conoce como suelos expansivos, los suelos que cambian de volumen por un aumento o disminución del contenido de humedad, presentando en cada caso expansiones o contracciones respectivamente. Esta propiedad se manifiesta principalmente por la presencia de una considerable cantidad de arcillas en el suelo, las cuales por su estructura laminar tienen una alta capacidad de absorber y retener agua [7].

Las arcillas por su composición son partículas menores a 0.005 mm, ya sean en su mayoría caoliníticas, montmoriloníticas o ilíticas tienen la propiedad de desarrollar plasticidad al mezclarse con agua [8].

Los factores que pueden intervenir para que se genere la expansión de los suelos son:

- ✓ La composición del suelo
- ✓ La variación del contenido de humedad del suelo.
- ✓ El grado de densidad de un suelo ya sea en estado natural o compactado.
- ✓ El grado de pre consolidación de un suelo.
- ✓ La magnitud y distribución de las presiones de confinamiento.

En procesos constructivos, los suelos expansivos pueden provocar dificultades tales como; asentamientos, agrietamiento y/o rotura de estructuras, e inestabilidad de taludes y terraplenes, originan empujes verticales y horizontales ocasionando daños en las cimentaciones, muros, pisos, tuberías enterradas y en el comportamiento de los pavimentos [7].

Por lo anterior es importante identificar los suelos que pueden presentar problemas de expansión, para lo cual los métodos más comunes son:

- a. El índice de plasticidad del suelo (I_p).
- b. El límite de contracción del suelo (L_c).
- c. La expansión libre
- d. La presión de expansión

Tabla 2. Cambio potencial de volumen (tomada de Holtz y Gibbs)

Cambio de volumen	Límite de contracción	Índice de plasticidad
Bajo	12 o mayor	0 - 15
Medio	10 - 12	15 -30
Alto	0 - 10	30 o mayor

Fuente. Mecánica de suelos y cimentaciones. Sowers & Sowers, 1972

6.3 Límite de contracción

El comportamiento de los suelos cohesivos depende de la humedad en ellos. Dependiendo del contenido de agua, el suelo puede sufrir cambios en su volumen lo que produce un cambio de estado. Existen cinco estados de consistencia para un suelo susceptible de ser plástico: sólido, semisólido, plástico, semilíquido y líquido [7].

1. Sólido: En este estado el suelo no presenta cambio de volumen al disminuir su humedad y tiene la apariencia de un cuerpo rígido [8].
2. Semisólido: En este estado el suelo disminuye su volumen con el sacado a pesar de tener la apariencia de un cuerpo rígido [7].
3. Plástico: Cuando el suelo se encuentra en el estado plástico este puede sufrir deformaciones rápidas sin agrietarse o desmoronarse, [8].
4. Semilíquido: En este estado, el suelo tiene las propiedades y apariencia de un fluido viscoso [9].

5. Líquido: En este estado el contenido de agua del suelo es muy alto, haciéndolo fluir como una suspensión líquida [9].

6.3.1 Preparación de la muestra

Tomando una porción de la muestra extraída, después de haber sido secada completamente, con ayuda de un mortero se pulveriza el suelo eliminando los terrones existentes, luego esta se tamiza usando la malla N°40 siendo el suelo que pase por el tamiz, el utilizado para la ejecución del ensayo de límite de contracción [10].

6.3.2 Equipo y materiales

- ✓ Cazuela de porcelana.
- ✓ Espátula: de aproximadamente 76 mm de longitud y 19 mm de ancho.
- ✓ Recipientes de contracción: capsulas de metal, de base plana y de aproximadamente 45 mm de diámetro y 13 mm de altura.
- ✓ Recipiente de vidrio de 57mm de aproximadamente 57 mm de diámetro y 32 mm de altura.
- ✓ Placa de vidrio: con tres patas metálicas salientes para sumergir la muestra de suelo.
- ✓ Recipiente o plato de tamaño suficiente para colocar el recipiente de vidrio.
- ✓ Balanza: con legibilidad de 0.1g.
- ✓ Horno: Regulado a una temperatura constante de $110 \pm 5^\circ\text{C}$.
- ✓ Guantes de caucho.
- ✓ Agua destilada.
- ✓ Vaselina.
- ✓ Mercurio: suficiente para llenar el recipiente de vidrio hasta rebosar.
- ✓ Jabón (líquido alterno): suficiente para llenar el recipiente de vidrio hasta rebosar.
- ✓ Glicerina (líquido alterno): suficiente para llenar el recipiente de vidrio hasta rebosar.
- ✓ Aceite de carro (líquido alterno): suficiente para llenar el recipiente de vidrio hasta rebosar.

6.3.3 Procedimiento

1. En la vasija de evaporación se mezcla la muestra de suelo con agua destilada hasta obtener una consistencia pastosa [11].
2. Se cubre el interior del recipiente de contracción con una capa delgada de vaselina, para evitar que el suelo se adhiera. Se determina el peso del recipiente [11].
3. Se coloca el recipiente de contracción dentro del plato para recuperar posibles derrames del fluido (mercurio, jabón, glicerina y aceite de carro), luego se llena el recipiente con el fluido hasta rebosar, enrazando con la placa de vidrio. Se determina el volumen de la masa de suelo húmedo, el cual se obtiene dividiendo el peso del fluido contenido en el recipiente sobre la densidad de este [11].
4. Se coloca al interior del recipiente de contracción una capa de suelo húmedo equivalente a la tercera parte del volumen del recipiente y se golpea suavemente sobre una superficie firme y acolchonada hasta que el suelo este compactado y sin burbujas de aire. Se repite el procedimiento anterior dos veces más hasta que el recipiente se llene completamente y rebose, luego se remueve el exceso de material de la superficie y se limpia el adherido a la superficie externa del recipiente. Se determina el peso del recipiente de contracción con suelo húmedo [11].
5. Se seca la masa de suelo al aire, hasta que esta cambie de color para luego introducirla en el horno hasta que alcanzar masa constante. Se determina el peso del recipiente con suelo seco [11].
6. Se determina el volumen de la masa de suelo seco (pastilla):
 - ✓ Se coloca la cazuela de vidrio dentro del plato. Se llena la cazuela con el fluido hasta rebosar, el exceso de este se remueve presionando firmemente la placa de vidrio y se limpia lo que haya quedado adherido en el exterior del recipiente [11].
 - ✓ El recipiente lleno del fluido se coloca en la vasija de evaporación, luego se coloca la pastilla de suelo seco sobre la superficie del fluido, en el caso del mercurio flotará y con las demás sustancias (jabón, glicerina y aceite) descenderá. Usando la placa de vidrio se presiona cuidadosamente la pastilla para sumergirla dentro del mercurio, cuando se usen los fluidos alternos se debe esperar hasta que la pastilla descanse en el fondo del recipiente y ya no se desaloje más líquido. El volumen de la masa de suelo seco será el peso del fluido

desplazado por la pastilla de suelo hacia la vasija de evaporación previamente graduada dividido por la densidad del respectivo fluido usado [11].

6.4 Expansión libre

Al sumergir en agua una muestra de suelo inicialmente seca en el interior de una probeta sin ser sometida a fuerza alguna, se produce un cambio en la longitud de la misma. La expansión libre se calcula como la deformación axial total de la probeta expresada como un porcentaje de la longitud inicial de esta [10].

$$\text{Expansión libre} = \frac{\Delta L}{L} * 100\%$$

Ecuación 1. Expansión libre

6.5 Presión de expansión

La presión de expansión es la presión máxima ejercida sobre una muestra de suelo saturada sobre el área de la misma, esta presión máxima se mide en el momento que el cambio de volumen de la muestra de suelo se detenga. La determinación de la presión de expansión se realiza en el aparato de Lambe [10].

$$\text{Presión de expansión} = \frac{P_{\max}}{A} * 100\%$$

Ecuación 2. Presión de expansión

6.6 Efectos y riesgos del mercurio

El mercurio es un elemento químico metálico, reconocido por ser el único naturalmente líquido y sus diversas aplicaciones en las diferentes industrias y la minería. Sin embargo es altamente toxico, su exposición o ingesta puede causar diversas reacciones dañinas con sintomatologías muy variadas.

Las principales posibles alteraciones causadas por intoxicación con mercurio son:

- a. Alteraciones digestivas: pueden producir la caída prematura de los dientes, aparecer gingivitis y presentar como síntomas nauseas, vómito y diarrea.

- b. Alteraciones otorrinolaringológicas: Sorderas parciales, rinitis y afectaciones a la función secretora.
- c. Alteraciones del sistema nervioso: trastornos psíquicos, irritabilidad, tristeza debilidad muscular, insomnio; encefalitis y constante temblor.
- d. Otras alteraciones: dermatitis entre otras afecciones de la piel, riesgo aterogeno del colesterol y abortos [15].

7. METODOLOGÍA

Para la ejecución del presente trabajo de grado se realizaron siete etapas, las cuales se describen a continuación:

7.1 Recolección de información

Se buscó información de trabajos previos, libros y manuales con relación a la metodología para la caracterización de los suelos, determinación del potencial de expansión de los mismos y estudios similares.

7.2 Búsqueda de material

Dado que el límite de contracción es una medida del potencial de expansión de los suelos, se buscó un material arcilloso en la zona de parqueaderos aledaña al edificio K de la Universidad Pontifica Bolivariana.

7.3 Clasificación de suelo

Para clasificar un suelo es necesario determinar la distribución de tamaños de las partículas y su plasticidad, por esta razón se realizaron ensayos de granulometría por tamizado con lavado por la malla N°200 (de acuerdo a lo establecido por la norma INV E-123-13), límite líquido (de acuerdo a lo establecido por la norma INV E-125-13) y límite plástico e índice de plasticidad (de acuerdo a lo establecido a la norma INV E-126-13).

7.4 Selección y adquisición de fluidos

Teniendo en cuenta la facilidad de adquisición y poca toxicidad, se escogieron tres fluidos que reemplazaran al mercurio en la determinación del volumen seco

de las muestras y cumplieran con las anteriores características, estos son: jabón, glicerina y aceite de carro.

7.5 Ensayos de límite de contracción

Se realizaron treinta ensayos de límite de contracción por cada fluido, para un total de 120 pruebas.

7.6 Análisis de resultados

Se hizo un estudio comparativo de los resultados obtenidos con cada uno de los fluidos usados, de esta forma determinaron similitudes y diferencias entre dichos resultados y se establecieron conclusiones acerca de la viabilidad de cada uno de ellos en el uso rutinario.

7.7 Elaboración del informe

Desde la obtención de resultados concluyentes se comenzó con la elaboración de un informe detallado, donde se describe el proceso de ejecución de cada una de las etapas del proyecto.

8. RESULTADOS

8.1 Granulometría por tamizado con lavado por malla N°200

Antes de iniciar un estudio detallado acerca de las propiedades físicas y comportamiento de cualquier tipo de suelo es necesario clasificarlo. En este proyecto el material estudiado fue extraído de un sector aledaño al edificio K de la Universidad Pontificia Bolivariana, con este se realizaron tres ensayos de granulometría por tamizado con lavado por la malla N° 200 de acuerdo con lo establecido en la norma INV E-123-13 para luego clasificarse según el sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS). Además de la distribución de tamaño de partículas también se requiere conocer su plasticidad (ver numeral 8.2)

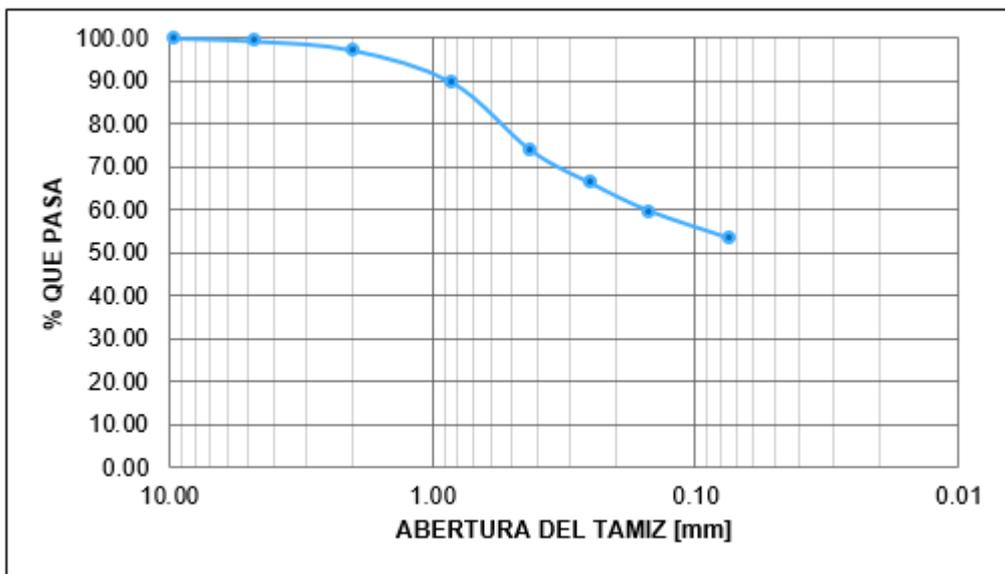
Las tablas 3,4 y 5 muestran los resultados obtenidos para los tres ensayos de granulometría, al igual que las gráficas 2,3 y 4 las curvas granulométricas respectivas a cada uno de estos.

Tabla 3. Distribución granulométrica del ensayo N°1

Nombre de ensayo		Ensayo No		
Determinación de los tamaños de las partículas de los suelos		1		
Peso seco antes de lavado (gr)		1008.46		
Peso seco después de lavado (gr)		481.24		
Tamiz No	Abertura mm	Masa de suelo retenido gr	Por ciento retenido %	Por ciento que pasa %
3/8"	9.52	0.00	0.00	100.00
4	4.75	6.88	0.68	99.32
10	2.00	21.33	2.12	97.20
20	0.84	76.23	7.56	89.64
40	0.42	160.01	15.87	73.77
60	0.25	76.46	7.58	66.19
100	0.149	66.18	6.56	59.63
200	0.074	64.17	6.36	53.26
Fondo	Fondo	537.08	53.26	0.00
	Σ	1008.34	100.00	

Fuente. Propia

Gráfica 2. Curva granulométrica del ensayo N°1



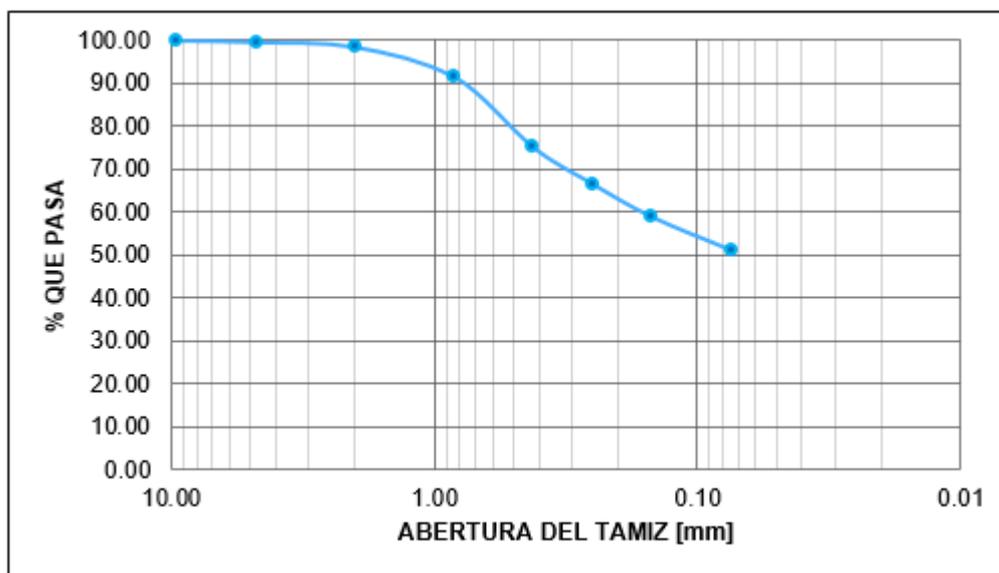
Fuente. Propia

Tabla 4. Distribución granulométrica del ensayo N°2

Nombre de ensayo		Ensayo No		
Determinación de los tamaños de las partículas de los suelos		2		
Peso seco antes de lavado (gr)		1010.16		
Peso seco después de lavado (gr)		507.18		
Tamiz No	Abertura mm	Masa de suelo retenido gr	Por ciento retenido %	Por ciento que pasa %
3/8"	9.52	0.00	0.00	100.00
4	4.75	3.85	0.38	99.62
10	2.00	11.37	1.13	98.49
20	0.84	71.39	7.07	91.42
40	0.42	165.23	16.36	75.06
60	0.25	86.29	8.55	66.52
100	0.149	77.71	7.70	58.82
200	0.074	79.18	7.84	50.98
Fondo	Fondo	514.79	50.98	0.00
	Σ	1009.81	100.00	

Fuente. Propia

Gráfica 3. Curva granulométrica del ensayo N°2



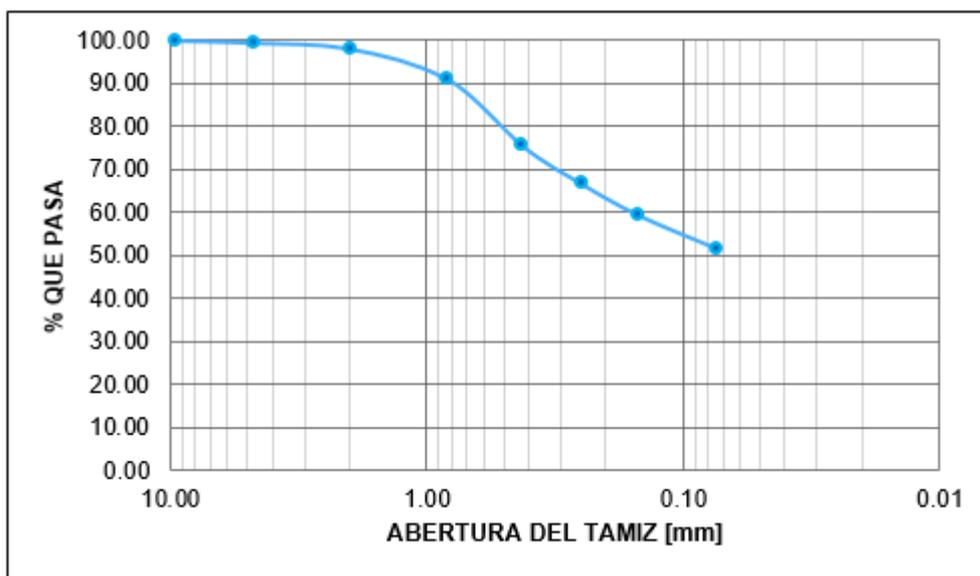
Fuente. Propia

Tabla 5. Distribución granulométrica del ensayo N°3

Nombre de ensayo		Ensayo No		
Determinación de los tamaños de las partículas de los suelos		3		
Peso seco antes de lavado (gr)		1001.7		
Peso seco después de lavado (gr)		500.81		
Tamiz No	Abertura mm	Masa de suelo retenido gr	Por ciento retenido %	Por ciento que pasa %
3/8"	9.52	1.64	0.16	99.84
4	4.75	5.44	0.55	99.29
10	2.00	13.43	1.35	97.94
20	0.84	69.61	6.98	90.97
40	0.42	156.28	15.67	75.30
60	0.25	85.52	8.57	66.73
100	0.149	73.22	7.34	59.39
200	0.074	76.89	7.71	51.68
Fondo	Fondo	515.57	51.68	0.00
	Σ	997.60	100.00	

Fuente. Propia

Gráfica 4. Curva granulométrica del ensayo N°3



Fuente. Propia

A continuación en la tabla 6 se presenta el resumen de resultados de los tres ensayos de distribución granulométrica realizados, de estos ensayos se puede

deducir que el suelo estudiado es de tipo fino, ya que en la totalidad de los ensayos el porcentaje de material que pasó la malla N°200 es mayor al 50% del total de la muestra.

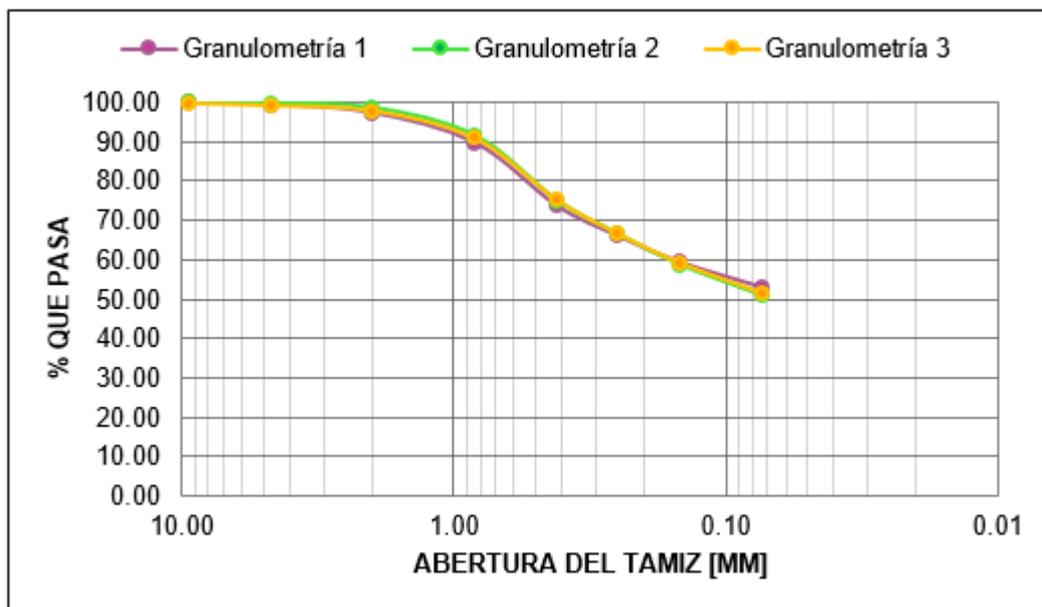
Tabla 6. Resumen de los ensayos de granulometría

Suelo	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio
Gravas %	0.68	0.38	0.71	0.59
Arenas %	46.05	48.64	47.61	47.43
Finos%	53.26	50.98	51.68	51.97

Fuente. Propia

En la gráfica 5 se observan relacionadas las curvas granulométricas resultantes de los tres ensayos realizados.

Gráfica 5. Relación curvas granulométricas



Fuente. Propia

8.2 Límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad

Posterior a la realización de ensayos de granulometría, de los cuales se obtuvo como resultado la categorización del material estudiado como fino, se continuó la clasificación del suelo realizando tres ensayos de límite líquido y límite plástico, de acuerdo a lo establecido por las normas INV E-125-13 y INV E-126-13 respectivamente.

En las tablas 7,8 y 9 se pueden apreciar los resultados obtenidos de los ensayos mencionados anteriormente. Así mismo en las gráficas 6,7 y 8 se muestran las determinaciones del límite líquido en cada uno de los ensayos realizados, indicando la ecuación de ajuste para el hallazgo del porcentaje de contenido de humedad para 25 golpes.

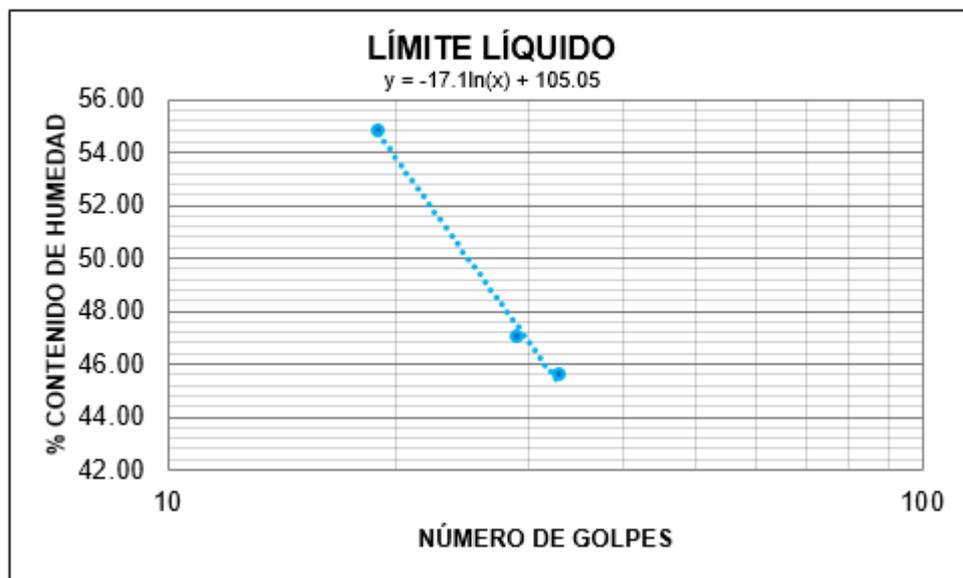
Tabla 7. Límites líquido y plástico del ensayo N°1

Nombre de Ensayo	Ensayo No
Determinación del límite líquido de los suelos	1
Límite plástico e índice de plasticidad de los suelos	1

Descripción	Unidad	Límite Líquido			Límite Plástico	
		Datos				
Cápsula	#	6	110	109	99	35
Peso cápsula	g	40.78	27.42	27.29	27.04	32.14
Número de golpes	#	33	29	19	—	—
Peso cápsula + suelo húmedo	g	46.37	32.39	33.59	31.04	36.34
Peso cápsula + suelo seco	g	44.62	30.8	31.36	30.23	35.45
Peso agua	g	1.75	1.59	2.23	0.81	0.89
Peso suelo seco	g	3.84	3.38	4.07	3.19	3.31
Contenido de humedad	%	45.57	47.04	54.79	25.39	26.89

Fuente. Propia

Gráfica 6. Determinación del límite líquido del ensayo N°1



Fuente. Propia

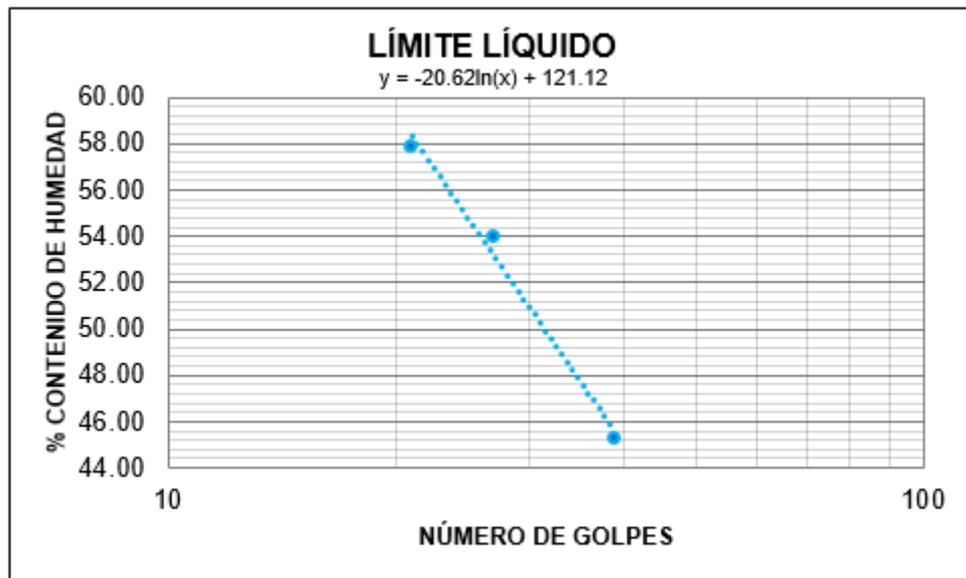
Tabla 8. Límites líquido y plástico del ensayo N°2

Nombre de Ensayo	Ensayo No
Determinación del límite líquido de los suelos	2
Límite plástico e índice de plasticidad de los suelos	2

Descripción	Unidad	Límite Líquido			Límite Plástico	
		Datos				
Cápsula	#	13	27	22	139	137
Peso cápsula	g	26.96	27.42	27.27	40.84	40.60
Número de golpes	#	39	21	27	—	—
Peso cápsula + suelo húmedo	g	37.52	33.94	35.83	46.21	47.87
Peso cápsula + suelo seco	g	34.23	31.55	32.83	45.10	46.30
Peso agua	g	3.29	2.39	3.00	1.11	1.57
Peso suelo seco	g	7.27	4.13	5.56	4.26	5.70
Contenido de humedad	%	45.25	57.87	53.96	26.06	27.54

Fuente. Propia

Gráfica 7. Determinación del límite líquido del ensayo N°2



Fuente. Propia

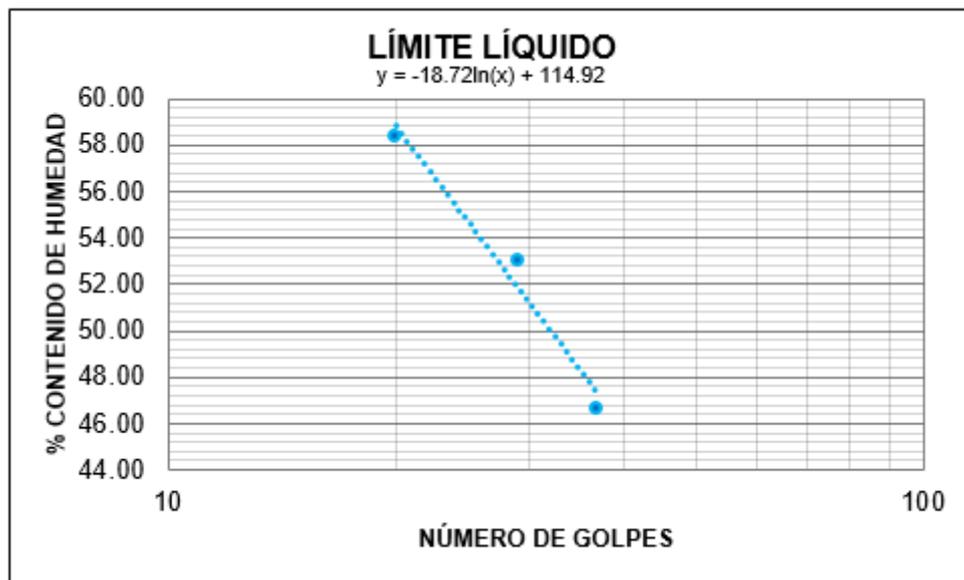
Tabla 9. Límites líquido y plástico del ensayo N°3

Nombre de Ensayo	Ensayo No
Determinación del límite líquido de los suelos	3
Límite plástico e índice de plasticidad de los suelos	3

Descripción	Unidad	Límite Líquido			Límite Plástico	
		Datos				
Cápsula	#	170	39	10	126	58
Peso cápsula	g	7.09	6.90	7.19	6.90	7.00
Número de golpes	#	37	29	20	—	—
Peso cápsula + suelo húmedo	g	17.72	15.24	13.24	13.71	15.38
Peso cápsula + suelo seco	g	14.34	12.35	11.01	12.27	13.59
Peso agua	g	3.38	2.89	2.23	1.44	1.79
Peso suelo seco	g	7.25	5.45	3.82	5.37	6.59
Contenido de humedad	%	46.62	53.03	58.38	26.82	27.16

Fuente. Propia

Gráfica 8. Determinación del límite líquido del ensayo N°3



Fuente. Propia

Conociendo el límite líquido e índice de plasticidad de cada ensayo es posible clasificar al suelo con la ayuda la carta de plasticidad de Casagrande, Los resultados de los límites de Atteberg se encuentran resumidos en la tabla10.

Tabla 10. Resumen de los ensayos de límite líquido y plástico

Límite	Ensayo 1	Ensayo 2	Ensayo 3	Promedio
Límite Líquido %	50.01	54.74	54.66	53.14
Límite Plástico %	26.14	26.80	26.99	26.64
I. Plásticidad %	23.87	27.94	27.67	26.49

Fuente. Propia

8.3 Densidad de los fluidos alternos

Anticipadamente a la ejecución de los ensayos de límite de contracción con las sustancias alternas (jabón, glicerina y aceite), se determinó en el laboratorio la densidad de cada una de ellas.

En la tabla 11 se muestra los resultados obtenidos en laboratorio de esta propiedad, valores indispensables para los posteriores cálculos realizados de los límites de contracción.

Tabla 11. Densidad de las sustancia alternas

	Masa g	Volumen cm ³	Densidad g/cm ³
Jabón	110.37	100	1.10
Glicerina	136.24	100	1.36
Aceite	86.41	100	0.86

Fuente. Propia

8.4 Límite de contracción

Para conocer el contenido de agua en el que el suelo estudiado no presentará un cambio en su volumen, se realizan ensayos de límite de contracción, siguiendo los lineamientos exigidos por la norma INV E-127-13. En busca de evaluar la viabilidad de remplazar por jabón, glicerina y/o aceite como métodos alternos al mercurio utilizado en el método tradicional, se realizaron 30 ensayos utilizando cada fluido, para un total de 120 ensayos.

En las tablas 12, 13, 14 y 15 se muestran los resultados obtenidos de límite de contracción, relación de contracción y gravedad específica evaluados en el método tradicional (mercurio) y los métodos alternos (jabón, glicerina y aceite). Así mismo las tablas mencionadas muestran el promedio, la desviación estándar y el coeficiente de variación de las variables estudiadas.

Tabla 12. Ensayos de límite de contracción utilizando mercurio

Ensayo No	Límite de contracción %	Relación de contracción %	Gravedad específica --
1	20.26	1.71	2.59
2	22.22	1.65	2.61
3	21.57	1.65	2.56
4	19.78	1.67	2.49
5	22.63	1.61	2.54
6	22.42	1.64	2.60
7	23.83	1.60	2.59
8	22.71	1.60	2.52
9	24.81	1.60	2.64
10	22.18	1.64	2.59
11	20.60	1.66	2.53
12	22.63	1.58	2.46
13	21.62	1.60	2.44
14	22.42	1.62	2.54
15	21.50	1.53	2.29
16	22.39	1.58	2.45
17	21.78	1.62	2.49
18	22.90	1.60	2.53
19	21.68	1.62	2.49
20	20.88	1.62	2.45
21	23.10	1.55	2.43
22	21.88	1.61	2.48
23	21.73	1.63	2.53
24	22.82	1.60	2.53
25	21.47	1.60	2.45
26	22.96	1.59	2.50
27	22.71	1.62	2.56
28	24.08	1.65	2.75
29	22.45	1.61	2.53
30	24.34	1.62	2.67
Promedio	22.28	1.62	2.53
Desviación estándar	1.13	0.03	0.09
Coefficiente de variación	5.09	2.15	3.39

Fuente. Propia

Tabla 13. Ensayos de límite de contracción utilizando jabón

Ensayo No	Límite de contracción %	Relación de contracción %	Gravedad específica --
1	27.61	1.60	2.86
2	29.04	1.48	2.59
3	27.61	1.62	2.94
4	25.33	1.60	2.72
5	26.75	1.35	2.13
6	28.56	1.47	2.53
7	28.31	1.31	2.18
8	24.50	1.63	2.70
9	27.60	1.55	2.70
10	25.79	1.50	2.42
11	28.67	1.50	2.62
12	28.74	1.53	2.73
13	27.55	1.42	2.33
14	26.60	1.53	2.59
15	26.75	1.56	2.69
16	28.93	1.54	2.79
17	22.92	1.77	2.97
18	25.39	1.48	2.35
19	26.92	1.48	2.44
20	26.69	1.52	2.57
21	23.48	1.63	2.68
22	21.44	1.73	2.76
23	26.57	1.55	2.66
24	31.39	1.43	2.63
25	30.55	1.55	2.93
26	23.91	1.50	2.31
27	26.50	1.43	2.32
28	30.90	1.45	2.65
29	24.35	1.69	2.88
30	25.75	1.56	2.60
Promedio	26.84	1.53	2.61
Desviación estándar	2.33	0.10	0.22
Coefficiente de variación	8.68	6.62	8.45

Fuente. Propia

Tabla 14. Ensayos de límite de contracción utilizando glicerina

Ensayo No	Límite de contracción %	Relación de contracción %	Gravedad específica --
1	21.61	1.75	2.81
2	21.90	1.70	2.71
3	24.85	1.63	2.74
4	23.87	1.66	2.75
5	24.56	1.69	2.89
6	23.79	1.70	2.86
7	24.38	1.64	2.72
8	22.21	1.64	2.59
9	22.95	1.69	2.76
10	22.51	1.65	2.63
11	25.99	1.55	2.62
12	26.62	1.55	2.64
13	25.07	1.65	2.80
14	22.06	1.75	2.84
15	26.14	1.43	2.25
16	22.36	1.79	2.98
17	21.42	1.81	2.97
18	24.45	1.61	2.75
19	23.02	1.77	2.98
20	25.11	1.66	2.85
21	23.05	1.76	2.95
22	25.44	1.66	2.89
23	21.61	1.75	2.81
24	25.99	1.55	2.62
25	28.95	1.49	2.64
26	27.30	1.58	2.80
27	24.31	1.69	2.84
28	27.87	1.39	2.25
29	19.95	1.86	2.98
30	27.73	1.61	2.89
Promedio	24.24	1.66	2.76
Desviación estándar	2.21	0.11	0.18
Coefficiente de variación	9.12	6.51	6.57

Fuente. Propia

Tabla 15. Ensayos de límite de contracción utilizando aceite

Ensayo No	Límite de contracción %	Relación de contracción %	Gravedad específica --
1	21.08	1.59	2.43
2	20.31	1.62	2.46
3	18.57	1.66	2.41
4	19.74	1.61	2.37
5	21.74	1.72	2.72
6	20.72	1.66	2.53
7	18.54	1.81	2.71
8	29.84	1.57	2.96
9	20.64	1.60	2.38
10	18.64	1.72	2.55
11	29.22	1.54	2.84
12	18.90	1.61	2.32
13	22.69	1.62	2.54
14	21.54	1.51	2.25
15	22.72	1.64	2.60
16	22.81	1.61	2.57
17	19.83	1.74	2.65
18	22.82	1.77	2.99
19	20.43	1.68	2.64
20	22.07	1.66	2.59
21	23.27	1.57	2.49
22	20.57	1.58	2.36
23	19.22	1.73	2.64
24	22.07	1.66	2.59
25	16.95	1.76	2.49
26	18.30	1.68	2.43
27	17.72	1.69	2.46
28	21.19	1.73	2.72
29	18.42	1.73	2.53
30	21.85	1.70	2.71
Promedio	21.08	1.66	2.56
Desviación estándar	2.86	0.07	0.18
Coefficiente de variación	13.57	4.35	6.88

Fuente. Propia

9. ANÁLISIS DE RESULTADOS

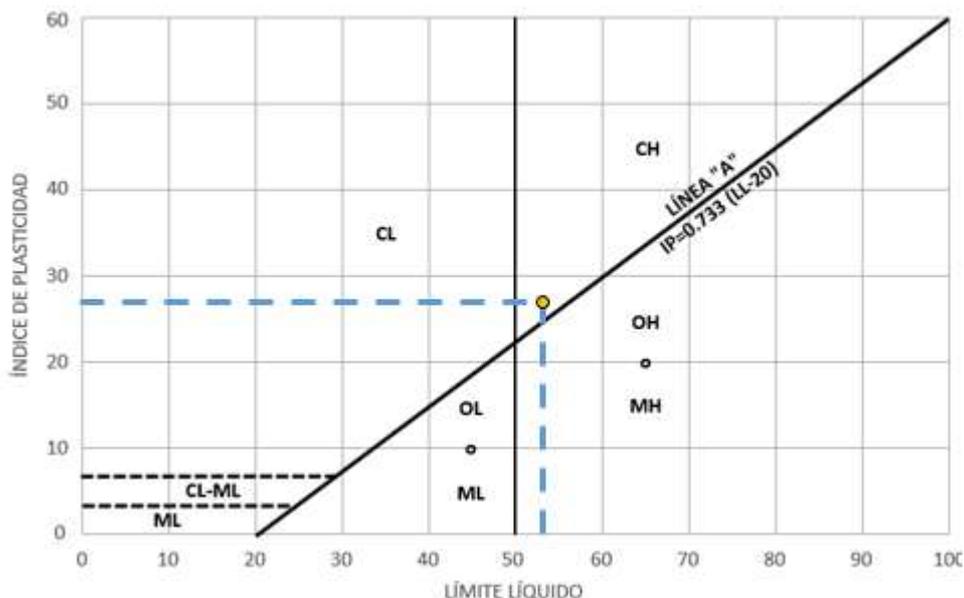
9.1 Clasificación del suelo

Con los resultados obtenidos de los ensayos de granulometría por tamizado con lavado por malla N°200 plasmados en el numeral 8.1, se puede inferir que el suelo estudiado tiene un porcentaje de gravas de 0.59, de arenas 47.43, y finos 51.97. Por lo anterior el suelo se categoriza como fino al pasar por la malla N°200 más de 50% de la muestra.

De acuerdo con el sistema unificado de clasificación de suelos el nombre de los suelos finos se determina a partir del sector donde estos se ubiquen en la carta de plasticidad de Casagrande. Con los ensayos de límites de plasticidad realizados se obtuvo que el límite líquido promedio del material estudiado es de 53.14% y su índice de plasticidad es 26.49 %, con estos valores se ingresa a la carta mencionada y en ella se puede apreciar que el suelo se ubica por encima de la línea A y además su límite líquido es superior al 50%, por lo tanto, se trata de una arcilla inorgánica de alta compresibilidad (CH).

La grafica 9 muestra la ubicación del material usado en el presente trabajo de grado en la carta de plasticidad.

Gráfica 9. Clasificación del material estudiado



Fuente. Propia

En la tabla 16 se muestra el resumen de los resultados de los ensayos de granulometría por tamizado con lavado por malla N°200 y los ensayos de límites de Atterberg.

Tabla 16. Resumen de resultados para clasificación SUCS

Suelo	Promedio	Límite	Promedio
Gravas %	0.59	Límite Líquido %	53.14
Arenas %	47.43	Límite Plástico %	26.64
Finos%	51.97	I. Plásticidad%	26.49

Fuente. Propia

9.2 Ensayos de límite de contracción

Después de realizar los ensayos para la clasificación del suelo según el sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS), se realizaron 120 ensayos de límite de contracción dividiéndose en 30 ensayos por fluido; mercurio, jabón, glicerina y aceite de carro, obteniéndose como resultado un límite de contracción de 22.28%, 26.84%, 24.24% y 21.08% respectivamente en cada fluido.

En la tabla 17 se presenta el resumen de resultados de los factores de contracción para cada fluido; límite de contracción, relación de contracción y gravedad específica de sólidos.

En los anexos A, B, C y D del presente documentos se evidencian los resultados de cada ensayo en detalle para mercurio, jabón, glicerina y aceite de carro respectivamente.

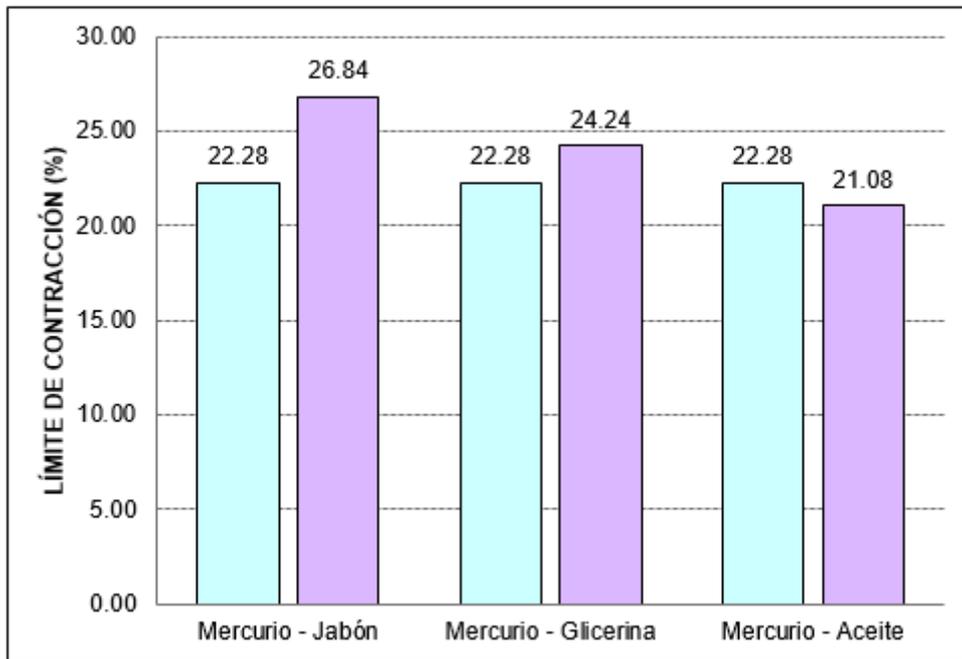
Tabla 17. Resumen de resultados de los factores de contracción

	Límite de contracción %	Relación de contracción %	Gravedad específica --
Mercurio	22.28	1.62	2.53
Jabón	26.84	1.53	2.61
Glicerina	24.24	1.66	2.76
Aceite	21.08	1.66	2.56

Fuente. Propia

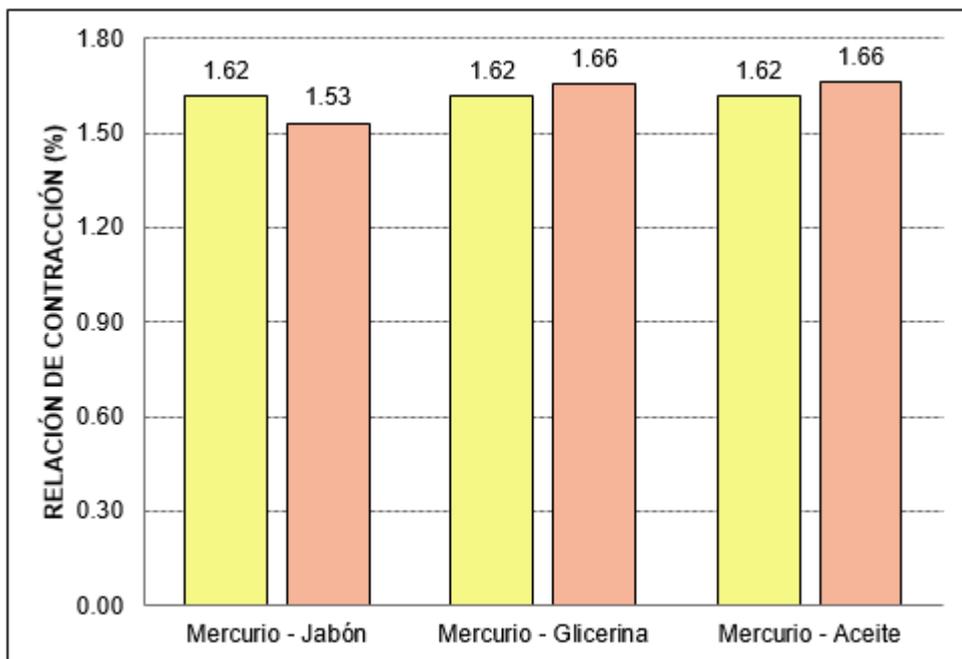
A continuación en las gráficas 10, 11 y 12 se representa una comparación de los resultados del límite de contracción, relación de contracción y gravedad específica de los diferentes métodos alternos respecto al método tradicional.

Gráfica 10. Límite de contracción método tradicional vs métodos alternos



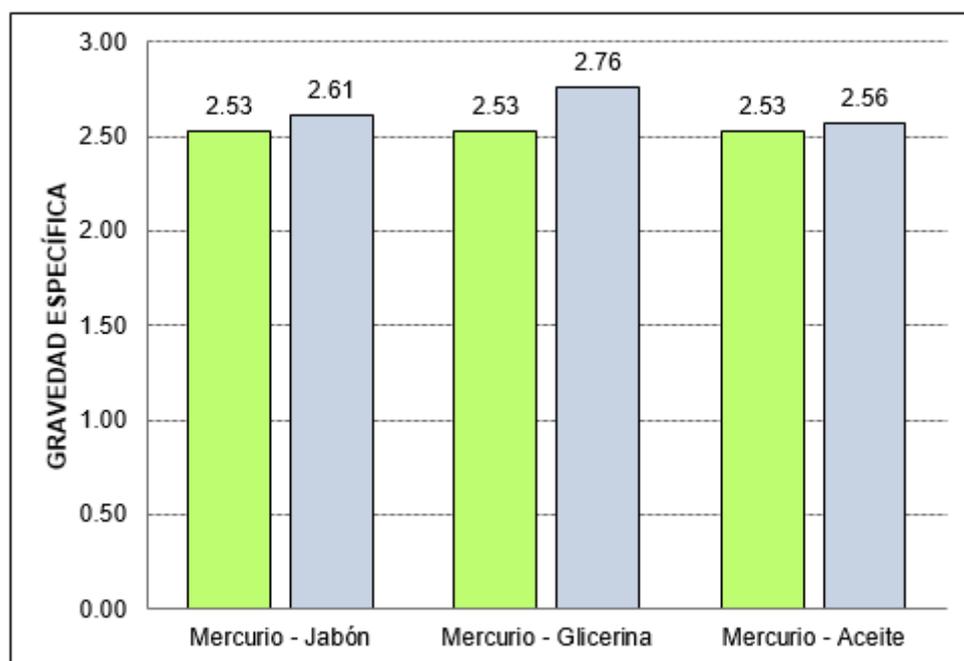
Fuente. Propia

Gráfica 11. Relación de contracción método tradicional vs métodos alternos



Fuente. Propia

Gráfica 12. Gravedad específica método tradicional vs métodos alternos



Fuente. Propia

Con los resultados anteriores se calcula el porcentaje de error en el límite de contracción obtenido por medio de métodos alternos con respecto al valor teórico encontrado en el ensayo con mercurio.

$$\% \text{ Error} = \frac{|\text{Valor teórico} - \text{Valor experimental}|}{\text{Valor teórico}} * 100$$

Valor teórico = Método tradicional (mercurio)

Valor experimental = Método alternativo (jabón–glicerina–aceite)

Ecuación 3. Porcentaje de error utilizando métodos alternos

Empleando la fórmula de porcentaje de error se obtuvieron los resultados expresados en las tablas 18, 19 y 20.

Tabla 18. Porcentajes de error del límite de contracción utilizando métodos alternos

Método alternativo	% Error
Jabón	20.46
Glicerina	8.78
Aceite	5.38

Fuente. Propia

Tabla 19. Porcentajes de error de la relación de contracción utilizando métodos alternos

Método alternativo	% Error
Jabón	5.32
Glicerina	2.41
Aceite	2.60

Fuente. Propia

Tabla 20. Porcentajes de error de la gravedad específica utilizando métodos alternos

Método alternativo	% Error
Jabón	3.15
Glicerina	9.19
Aceite	1.43

Fuente. Propia

Posteriormente se calculó la relación entre el límite de contracción, relación de contracción y gravedad específica del suelo estudiado, usando mercurio y las distintas sustancias.

$$LC_M = 0.8301 LC_J$$

LC_M= Límite de contracción con mercurio

LC_J= Límite de contracción con jabón

Ecuación 4. Límite de contracción con mercurio utilizando jabón

$$\mathbf{LC_M = 0.9191 LC_G}$$

LC_M= Límite de contracción con mercurio

LC_G= Límite de contracción con glicerina

Ecuación 5. Límite de contracción con mercurio utilizando glicerina

$$\mathbf{LC_M = 1.0569 LC_A}$$

LC_M= Límite de contracción con mercurio

LC_A= Límite de contracción con aceite

Ecuación 6. Límite de contracción con mercurio utilizando aceite

$$\mathbf{RC_M = 1.0588 RC_J}$$

RC_M= Relación de contracción con mercurio

RC_J= Relación de contracción con jabón

Ecuación 7. Relación de contracción con mercurio utilizando jabón

$$\mathbf{RC_M = 0.9759 RC_G}$$

RC_M= Relación de contracción con mercurio

RC_G= Relación de contracción con glicerina

Ecuación 8. Relación de contracción con mercurio utilizando glicerina

$$\mathbf{RC_M = 0.9759 RC_A}$$

RC_M= Relación de contracción con mercurio

RC_A= Relación de contracción con aceite

Ecuación 9. Relación de contracción con mercurio utilizando aceite

$$\mathbf{GS_M = 0.9693 GS_J}$$

GS_M= Relación de contracción con mercurio

GS_J= Relación de contracción con jabón

Ecuación 10. Gravedad específica con mercurio utilizando jabón

$$GS_M = 0.9167 GS_G$$

GS_M = Gravedad específica con mercurio

GS_G = Gravedad específica con glicerina

Ecuación 11. Gravedad específica con mercurio utilizando glicerina

$$GS_M = 0.9511 GS_A$$

GS_M = Gravedad específica con mercurio

GS_A = Gravedad específica con aceite

Ecuación 12. Gravedad específica con mercurio utilizando aceite

➤ **Demostración matemática**

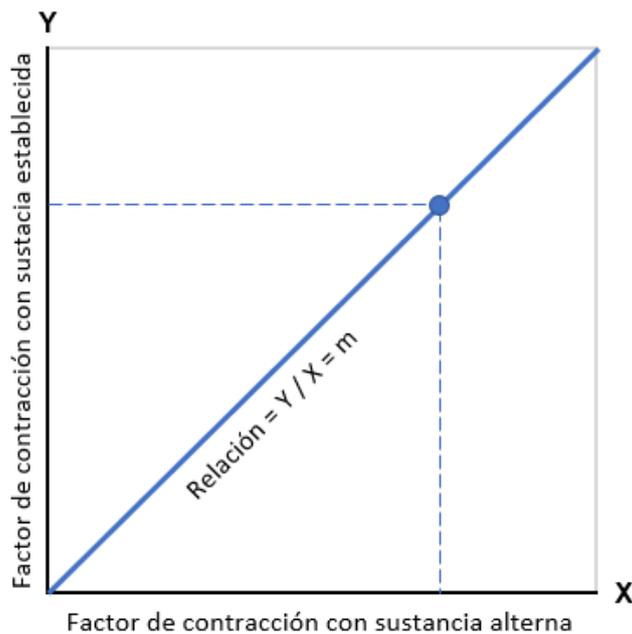
1. Definición de variables o incógnitas:

$Y = LC, RC, GS (M)$ = Factor de contracción con sustancia establecida.

$X = LC, RC, GS (J,G,A)$ = Factor de contracción con sustancia alterna.

2. Mediante un plano cartesiano se aplica el concepto de que una ecuación es una igualdad, graficando las variables X y Y como equivalentes:

Gráfica 13. Relación entre factores de contracción



Fuente. Propia

Al no existir en nuestra práctica otra variable o constante, como resultado se obtiene gráficamente una recta con intersección en 0.

3. Conociendo la forma general de una ecuación lineal, procedemos a encontrar el valor de la pendiente que será la relación entre los factores de contracción que hace verdadera la igualdad:

$$m= Y/X$$

4. Se procede a formular las ecuaciones para cada factor de contracción con los respectivos resultados obtenidos en la práctica de laboratorio con las distintas sustancias.

10. CONCLUSIONES

1. De acuerdo con los resultados obtenidos en los ensayos de granulometría por tamizado con lavado por malla N°200 y los ensayos de límite líquido, límite plástico e índice de plasticidad, se determinó que el suelo estudiado según el sistema unificado de clasificación de suelos (SUCS) es una arcilla inorgánica de alta compresibilidad (CH), dado que por tratarse de un suelo fino, su nombre viene dado por la ubicación en la carta de plasticidad.
2. En busca de un fluido alternativo que sea fácil de encontrar en el mercado y cuyas propiedades no permitan que las muestras se expandan durante la determinación de su volumen seco, se escogieron jabón, glicerina y aceite de carro como sustancias alternativas. Después de 120 ensayos de límite de contracción, para el caso del suelo estudiado, se obtuvo que el fluido con mayor similitud en la determinación de límite de contracción de dicho suelo fue el aceite de carro con un valor de 21.08%, y un porcentaje de error de 5.38% con relación al límite de contracción utilizando el mercurio, cuyo valor 22.28%. De acuerdo a lo anterior se puede decir que para un suelo CH el límite de contracción con mercurio se puede obtener multiplicando 1.0569 por el límite de contracción utilizando aceite.
3. Los resultados del límite de contracción y gravedad específica de sólidos usando aceite fueron los más cercanos a los obtenidos utilizando mercurio, sin embargo, en la práctica del ensayo de límite de contracción utilizando los fluidos alternos escogidos, el aceite fue el fluido que más se desperdició, además de ser el de mayor dificultad de manejo. Por lo anterior no se descarta la posibilidad de tomar como método alternativo el ensayo usando glicerina, en el cual se obtuvo un porcentaje de error bajo con respecto a todos los parámetros.
4. En cuanto a la ejecución de los ensayos de límite de contracción, utilizando diferentes sustancias, se puede concluir que los resultados más distantes de los obtenidos en la prueba tradicional con mercurio, corresponden a aquellos en los cuales se usó jabón con un valor de 26.84%, y un porcentaje de error de 20.46%.

5. A partir de los resultados obtenidos en el presente trabajo de grado, se pudieron calcular coeficientes de correlación para la estimación del límite de contracción, la relación de contracción y la gravedad específica de sólidos (usando glicerina, jabón y aceite) cercanos a los valores teóricos del ensayo tradicional con mercurio. Se aclara que estos resultados solamente son válidos para el tipo de suelo estudiado.

6. En el ensayo de laboratorio de límite de contracción es importante el cálculo de los factores de contracción como lo son la relación de contracción y la gravedad específica de los sólidos, por lo anterior se calculó la equivalencia entre la relación de contracción y la gravedad específica del suelo estudiado, usando las distintas sustancias, con respecto a los valores que se obtendrían usando mercurio. Para el suelo CH estudiado en el presente trabajo de grado, la relación de contracción correspondiente al mercurio se puede obtener multiplicando 1.0588, 0.9759 y 0.9759 por la relación de contracción utilizando jabón, glicerina y aceite respectivamente. De igual forma la gravedad específica de sólidos correspondiente al mercurio se puede obtener multiplicando 0.9693, 0.9167, y 0.9511 por la gravedad específica de los sólidos usando jabón, glicerina y aceite de carro respectivamente.

7. De acuerdo a los análisis obtenidos en el presente trabajo de grado y con base en los resultados hallados en el trabajo de grado “Calibración de quipos y análisis de métodos alternos para determinación de humedad, compactación y límite de contracción en diferentes tipos de suelo” del estudiante Néstor Giovanny Rueda Rincón, se puede inferir que no hay una relación directa entre los valores de límite de contracción y la densidad de las sustancias con las que se realiza el ensayo. En el caso del trabajo de grado del estudiante Rueda se realizaron ensayos de límite de contracción utilizando mercurio y cera, la densidad de la cera usada era de 0.95 gr/cm³ y se obtuvieron valores de límite de contracción por encima e inferiores a los valores obtenidos con mercurio variando la tipología del suelo.

11. RECOMENDACIONES

1. En la ejecución del ensayo de límite de contracción con las sustancias alternativas escogidas, es importante en la determinación del volumen seco, esperar a que la pastilla de suelo repose en el fondo del recipiente antes de enrazar, además limpiar el fluido adherido en la parte externa del recipiente ya que este pertenece al volumen desplazado, y de no tomarse en cuenta podría afectar los resultados. Lo anterior no es necesario al utilizarse el mercurio pues este no se adhiere y la pastilla de suelo flota en el fluido.
2. Es importante en la práctica de laboratorio del ensayo de límite de contracción no olvidar que al momento de golpear el recipiente con el suelo para forzar que este fluya hacia los bordes, debe hacerse no sólo sobre una superficie firme sino también acolchonada para así evitar que se queden espacios de aire en la muestra compactada debido a las vibraciones que se producen al golpe del recipiente.
3. Se recomienda emplear para futuros trabajos de grado similares, otros suelos finos, para determinar cómo varía el límite de contracción con las sustancias alternas escogidas, además de la evaluación con estas a diferentes temperaturas.
4. Se sugiere continuar con la investigación de otras posibles sustancias diferentes a las utilizadas en el presente proyecto, que puedan sustituir el mercurio líquido en la práctica del ensayo de límite de contracción en los diferentes tipos de suelos cohesivos.
5. El suelo estudiado en esta investigación se clasificó como una arcilla inorgánica de alta compresibilidad (CH), sin embargo su distribución granulométrica presenta un alto contenido de arenas, lo cual abre la posibilidad de estudiar a futuro este mismo tipo de suelo variando a un contenido bajo de arenas y así analizar cómo afecta la relación del límite de contracción .

12. BIBLIOGRAFÍA

- [1] O. R. J. -. A. G. G. -. J. C. Moisés, «Caracterización del subsuelo y análisis de riesgos geotécnicos asociados a las arcillas expansivas de la ciudad de Tuxtla Gutiérrez,» *Ingeniería Investigación y Tecnología*, vol. 17, nº 3, pp. 454 - 470, 2015.
- [2] I. P. E. V. Dávila, «Comprobación de las correlaciones de la presión de expansión con las propiedades índice en suelos de sector Challuambamba, cuenca, recomendaciones para la construcción de cimentaciones,» Universidad de Cuenca, Cuenca, 2012.
- [3] M. G. Gutierrez, «Límites de consistencia de los agregados para mezclas de concreto,» Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, 2009.
- [4] N. G. R. Rincón, «Calibración de equipos y análisis de métodos alternos para determinación de humedad, compactación y límite de contracción en diferentes tipos de suelo,» Universidad Pontificia Bolivariana, Bucaramanga, 2003.
- [5] A. F. -. L. E. Niño, «Determinación de la compresibilidad de suelos finos representativos del municipio de Vélez,» Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga, 2016.
- [6] B. M.Das, «Clasificación de suelos,» de *Fundamentos de ingeniería geotécnica*, CENGAGE Learning, 2015, pp. 82-85.
- [7] B. M.Das, «Consistencia del suelo,» de *Fundamentos de ingeniería geotécnica*, CENGAGE Learning, 2015, p. 64.
- [8] M. Budhu, «Physical states and index properties of fine-grained soils,» de *Soil Mechanics and Foundations*, 2000, p. 61.
- [9] B. M.Das, «Liquid limit test,» de *Soil mechanics laboratory manual*, Oxford University Press, 2002, p. 35.

- [10] I. J. P. y. J. E. Prefumo, «La acción de los suelos expansivos sobre las cimentaciones,» Universidad de Montevideo, Montevideo, 2002.
- [11] J. A. Salas, «Naturaleza y estructura de la arcilla. Tixotropía. Muestras inalteradas,» de *Mecánica del suelo y sus aplicaciones a la ingeniería*, Madrid, DOSSAT S.A., 1954.
- [12] P. L. - D. Reid, «Consistencia de las arcillas y límites de Atterberg,» de *Mecánica de suelos*, McGRAW-HILL, 1993, p. 38.
- [13] B. M.Das, «Shrinkage limit test,» de *Soil mechanics laboratory manual*, New York, Oxford University Press, 2002, p. 45.
- [14] B. M.Das, «Suelos expansivos,» de *Principios de la ingeniería de cimentaciones*, Sacramento, International Thomson Editores, 1999, p. 739.

13. ANEXOS

13.1 ANEXO A

TABLAS DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE LÍMITE DE CONTRACCIÓN UTILIZANDO MERCURIO

Descripción	Unidad	Datos	
CONTENIDO DE HUMEDAD			
Cápsula	#	1	13
Peso cápsula	g	23.45	32.07
Peso cápsula + suelo húmedo	g	58.64	54.58
Peso cápsula + suelo seco	g	46.70	46.81
Peso agua	g	11.94	7.77
Peso suelo seco	g	23.25	14.74
Contenido de humedad	%	51.35	52.71
FACTORES DE CONTRACCIÓN			
Cápsula	#	1	13
Peso cápsula	g	23.14	31.94
Peso cápsula + fluido	g	309.22	212.45
Cápsula	Peso fluido	g	286.08
	Densidad fluido	g/cm3	13.55
	Volumen fluido	cm3	21.11
Muestra seca	Peso fluido	g	198.06
	Densidad fluido	g/cm3	13.55
	Volumen fluido	cm3	14.62
Límite de contracción	%	23.42	17.10
Relación de contracción	%	1.59	1.83
Gravedad específica		2.53	2.66

Límite de contracción	20.26
Relación de contracción	1.71
Gravedad específica	2.59

Descripción	Unidad	Datos	
CONTENIDO DE HUMEDAD			
Cápsula	#	12	3
Peso cápsula	g	23.69	21.33
Peso cápsula + suelo húmedo	g	60.04	53.91
Peso cápsula + suelo seco	g	47.70	42.87
Peso agua	g	12.34	11.04
Peso suelo seco	g	24.01	21.54
Contenido de humedad	%	51.40	51.25
FACTORES DE CONTRACCIÓN			
Cápsula	#	12	3
Peso cápsula	g	23.52	21.08
Peso cápsula + fluido	g	316.57	281.77
Cápsula	Peso fluido	g	293.05
	Densidad fluido	g/cm3	13.55
	Volumen fluido	cm3	21.63
Muestra seca	Peso fluido	g	195.52
	Densidad fluido	g/cm3	13.55
	Volumen fluido	cm3	14.43
Límite de contracción	%	21.42	23.03
Relación de contracción	%	1.66	1.64
Gravedad específica		2.59	2.63

Límite de contracción	22.22
Relación de contracción	1.65
Gravedad específica	2.61

Descripción	Unidad	Datos	
CONTENIDO DE HUMEDAD			
Cápsula	#	40	2
Peso cápsula	g	22.73	21.40
Peso cápsula + suelo húmedo	g	57.04	45.71
Peso cápsula + suelo seco	g	45.45	37.54
Peso agua	g	11.59	8.17
Peso suelo seco	g	22.72	16.14
Contenido de humedad	%	51.01	50.62
FACTORES DE CONTRACCIÓN			
Cápsula	#	40	2
Peso cápsula	g	22.29	21.2
Peso cápsula + fluido	g	300.47	216.4
Cápsula	Peso fluido	g	278.18
	Densidad fluido	g/cm3	13.55
	Volumen fluido	cm3	20.53
Muestra seca	Peso fluido	g	191.03
	Densidad fluido	g/cm3	13.55
	Volumen fluido	cm3	14.10
Límite de contracción	%	22.70	20.43
Relación de contracción	%	1.61	1.69
Gravedad específica		2.54	2.59

Límite de contracción	21.57
Relación de contracción	1.65
Gravedad específica	2.56

Descripción	Unidad	Datos	
CONTENIDO DE HUMEDAD			
Cápsula	#	4	18
Peso cápsula	g	24.53	23.56
Peso cápsula + suelo húmedo	g	61.03	59.33
Peso cápsula + suelo seco	g	48.87	47.36
Peso agua	g	12.16	11.97
Peso suelo seco	g	24.34	23.80
Contenido de humedad	%	49.96	50.29
FACTORES DE CONTRACCIÓN			
Cápsula	#	4	18
Peso cápsula	g	24.34	23.33
Peso cápsula + fluido	g	320.86	315.40
Cápsula	Peso fluido	g	296.52
	Densidad fluido	g/cm3	13.55
	Volumen fluido	cm3	21.88
Muestra seca	Peso fluido	g	197.15
	Densidad fluido	g/cm3	13.55
	Volumen fluido	cm3	14.55
Límite de contracción	%	19.83	19.72
Relación de contracción	%	1.67	1.67
Gravedad específica		2.50	2.48

Límite de contracción	19.78
Relación de contracción	1.67
Gravedad específica	2.49

Descripción		Unidad	Datos	
CONTENIDO DE HUMEDAD				
Cápsula		#	30	0
Peso cápsula		g	24.52	29.84
Peso cápsula + suelo húmedo		g	59.34	52.74
Peso cápsula + suelo seco		g	47.49	44.77
Peso agua		g	11.85	7.97
Peso suelo seco		g	22.97	14.93
Contenido de humedad		%	51.59	53.38
FACTORES DE CONTRACCIÓN				
Cápsula		#	30	0
Peso cápsula		g	24.25	29.68
Peso cápsula + fluido		g	307.99	216.92
Cápsula	Peso fluido	g	283.74	187.24
	Densidad fluido	g/cm3	13.55	13.55
	Volumen fluido	cm3	20.94	13.82
Muestra seca	Peso fluido	g	191.12	126.64
	Densidad fluido	g/cm3	13.55	13.55
	Volumen fluido	cm3	14.10	9.35
Límite de contracción		%	21.83	23.43
Relación de contracción		%	1.63	1.60
Gravedad específica			2.53	2.55

Límite de contracción	22.63
Relación de contracción	1.61
Gravedad específica	2.54

Descripción		Unidad	Datos	
CONTENIDO DE HUMEDAD				
Cápsula		#	21	28
Peso cápsula		g	19.47	20.00
Peso cápsula + suelo húmedo		g	44.35	43.85
Peso cápsula + suelo seco		g	35.63	35.59
Peso agua		g	8.72	8.26
Peso suelo seco		g	16.16	15.59
Contenido de humedad		%	53.96	52.98
FACTORES DE CONTRACCIÓN				
Cápsula		#	21	28
Peso cápsula		g	19.16	19.93
Peso cápsula + fluido		g	221.33	213.07
Cápsula	Peso fluido	g	202.17	193.14
	Densidad fluido	g/cm3	13.55	13.55
	Volumen fluido	cm3	14.92	14.25
Muestra seca	Peso fluido	g	135.56	126.22
	Densidad fluido	g/cm3	13.55	13.55
	Volumen fluido	cm3	10.00	9.32
Límite de contracción		%	23.54	21.30
Relación de contracción		%	1.62	1.67
Gravedad específica			2.61	2.60

Límite de contracción	22.42
Relación de contracción	1.64
Gravedad específica	2.60

Descripción	Unidad	Datos	
CONTENIDO DE HUMEDAD			
Cápsula	#	6	61
Peso cápsula	g	28.11	27.86
Peso cápsula + suelo húmedo	g	51.34	50.81
Peso cápsula + suelo seco	g	43.28	42.87
Peso agua	g	8.06	7.94
Peso suelo seco	g	15.17	15.01
Contenido de humedad	%	53.13	52.90
FACTORES DE CONTRACCIÓN			
Cápsula	#	6	61
Peso cápsula	g	28.03	27.69
Peso cápsula + fluido	g	216.20	214.17
Cápsula	Peso fluido	g	188.17
	Densidad fluido	g/cm3	13.55
	Volumen fluido	cm3	13.89
Muestra seca	Peso fluido	g	127.32
	Densidad fluido	g/cm3	13.55
	Volumen fluido	cm3	9.40
Límite de contracción	%	23.53	24.13
Relación de contracción	%	1.61	1.59
Gravedad específica		2.60	2.58

Límite de contracción	23.83
Relación de contracción	1.60
Gravedad específica	2.59

Descripción	Unidad	Datos	
CONTENIDO DE HUMEDAD			
Cápsula	#	15	8
Peso cápsula	g	24.43	20.15
Peso cápsula + suelo húmedo	g	47.84	45.16
Peso cápsula + suelo seco	g	39.69	37
Peso agua	g	8.15	8.16
Peso suelo seco	g	15.26	16.85
Contenido de humedad	%	53.41	48.43
FACTORES DE CONTRACCIÓN			
Cápsula	#	15	8
Peso cápsula	g	24.30	19.95
Peso cápsula + fluido	g	217.34	220.73
Cápsula	Peso fluido	g	193.04
	Densidad fluido	g/cm3	13.55
	Volumen fluido	cm3	14.25
Muestra seca	Peso fluido	g	130.91
	Densidad fluido	g/cm3	13.55
	Volumen fluido	cm3	9.66
Límite de contracción	%	23.36	22.06
Relación de contracción	%	1.58	1.62
Gravedad específica		2.50	2.53

Límite de contracción	22.71
Relación de contracción	1.60
Gravedad específica	2.52

Descripción	Unidad	Datos	
CONTENIDO DE HUMEDAD			
Cápsula	#	9	10
Peso cápsula	g	23.38	19.19
Peso cápsula + suelo húmedo	g	47.75	45.78
Peso cápsula + suelo seco	g	39.83	37.74
Peso agua	g	7.92	8.04
Peso suelo seco	g	16.45	18.55
Contenido de humedad	%	48.15	43.34
FACTORES DE CONTRACCIÓN			
Cápsula	#	9	10
Peso cápsula	g	23.35	19.40
Peso cápsula + fluido	g	216.88	221.3
Cápsula	Peso fluido	g	193.53
	Densidad fluido	g/cm ³	13.55
	Volumen fluido	cm ³	14.28
Muestra seca	Peso fluido	g	137.21
	Densidad fluido	g/cm ³	13.55
	Volumen fluido	cm ³	10.13
Límite de contracción	%	22.88	26.74
Relación de contracción	%	1.62	1.57
Gravedad específica		2.59	2.70

Límite de contracción	24.81
Relación de contracción	1.60
Gravedad específica	2.64

Descripción	Unidad	Datos	
CONTENIDO DE HUMEDAD			
Cápsula	#	11	16
Peso cápsula	g	19.25	19.51
Peso cápsula + suelo húmedo	g	45.11	44.65
Peso cápsula + suelo seco	g	37.31	35.88
Peso agua	g	7.8	8.77
Peso suelo seco	g	18.06	16.37
Contenido de humedad	%	43.19	53.57
FACTORES DE CONTRACCIÓN			
Cápsula	#	11	16
Peso cápsula	g	19.15	19.38
Peso cápsula + fluido	g	219.64	223.75
Cápsula	Peso fluido	g	200.49
	Densidad fluido	g/cm ³	13.55
	Volumen fluido	cm ³	14.80
Muestra seca	Peso fluido	g	150.90
	Densidad fluido	g/cm ³	13.55
	Volumen fluido	cm ³	11.14
Límite de contracción	%	22.92	21.43
Relación de contracción	%	1.62	1.67
Gravedad específica		2.58	2.59

Límite de contracción	22.18
Relación de contracción	1.64
Gravedad específica	2.59

Descripción	Unidad	Datos	
CONTENIDO DE HUMEDAD			
Cápsula	#	13	10
Peso cápsula	g	32.21	19.3
Peso cápsula + suelo húmedo	g	55.29	44.24
Peso cápsula + suelo seco	g	47.97	36.33
Peso agua	g	7.32	7.91
Peso suelo seco	g	15.76	17.03
Contenido de humedad	%	46.45	46.45
FACTORES DE CONTRACCIÓN			
Cápsula	#	13	10
Peso cápsula	g	31.94	19.4
Peso cápsula + fluido	g	212.45	221.3
Cápsula	Peso fluido	g	180.51
	Densidad fluido	g/cm ³	13.55
	Volumen fluido	cm ³	13.32
Muestra seca	Peso fluido	g	126.2
	Densidad fluido	g/cm ³	13.55
	Volumen fluido	cm ³	9.31
Límite de contracción	%	21.01	20.18
Relación de contracción	%	1.69	1.63
Gravedad específica		2.63	2.44

Límite de contracción	20.60
Relación de contracción	1.66
Gravedad específica	2.53

Descripción	Unidad	Datos	
CONTENIDO DE HUMEDAD			
Cápsula	#	11	8
Peso cápsula	g	19.49	20.3
Peso cápsula + suelo húmedo	g	44.13	45.59
Peso cápsula + suelo seco	g	36.35	37.64
Peso agua	g	7.78	7.95
Peso suelo seco	g	16.86	17.34
Contenido de humedad	%	46.14	45.85
FACTORES DE CONTRACCIÓN			
Cápsula	#	11	8
Peso cápsula	g	19.15	19.95
Peso cápsula + fluido	g	219.64	220.73
Cápsula	Peso fluido	g	200.49
	Densidad fluido	g/cm ³	13.55
	Volumen fluido	cm ³	14.80
Muestra seca	Peso fluido	g	145.1
	Densidad fluido	g/cm ³	13.55
	Volumen fluido	cm ³	10.71
Límite de contracción	%	21.90	23.36
Relación de contracción	%	1.57	1.59
Gravedad específica		2.40	2.52

Límite de contracción	22.63
Relación de contracción	1.58
Gravedad específica	2.46

Descripción	Unidad	Datos	
CONTENIDO DE HUMEDAD			
Cápsula	#	6	9
Peso cápsula	g	28.34	23.53
Peso cápsula + suelo húmedo	g	51.73	47.36
Peso cápsula + suelo seco	g	44.33	39.81
Peso agua	g	7.4	7.55
Peso suelo seco	g	15.99	16.28
Contenido de humedad	%	46.28	46.38
FACTORES DE CONTRACCIÓN			
Cápsula	#	6	9
Peso cápsula	g	28.03	23.35
Peso cápsula + fluido	g	216.2	216.88
Cápsula	Peso fluido	g	188.17
	Densidad fluido	g/cm ³	13.55
	Volumen fluido	cm ³	13.89
Muestra seca	Peso fluido	g	135.79
	Densidad fluido	g/cm ³	13.55
	Volumen fluido	cm ³	10.02
Límite de contracción	%	22.10	21.13
Relación de contracción	%	1.60	1.60
Gravedad específica		2.46	2.42

Límite de contracción	21.62
Relación de contracción	1.60
Gravedad específica	2.44

Descripción	Unidad	Datos	
CONTENIDO DE HUMEDAD			
Cápsula	#	28	16
Peso cápsula	g	20.03	19.59
Peso cápsula + suelo húmedo	g	44.56	45.36
Peso cápsula + suelo seco	g	36.85	37.35
Peso agua	g	7.71	8.01
Peso suelo seco	g	16.82	17.76
Contenido de humedad	%	45.84	45.10
FACTORES DE CONTRACCIÓN			
Cápsula	#	28	16
Peso cápsula	g	19.93	19.38
Peso cápsula + fluido	g	213.07	223.75
Cápsula	Peso fluido	g	193.14
	Densidad fluido	g/cm ³	13.55
	Volumen fluido	cm ³	14.25
Muestra seca	Peso fluido	g	142.83
	Densidad fluido	g/cm ³	13.55
	Volumen fluido	cm ³	10.54
Límite de contracción	%	23.76	21.08
Relación de contracción	%	1.60	1.64
Gravedad específica		2.57	2.51

Límite de contracción	22.42
Relación de contracción	1.62
Gravedad específica	2.54

Descripción	Unidad	Datos	
CONTENIDO DE HUMEDAD			
Cápsula	#	61	15
Peso cápsula	g	27.93	27.53
Peso cápsula + suelo húmedo	g	51.31	49.23
Peso cápsula + suelo seco	g	44.06	41.76
Peso agua	g	7.25	7.47
Peso suelo seco	g	16.13	14.23
Contenido de humedad	%	44.95	52.49
FACTORES DE CONTRACCIÓN			
Cápsula	#	61	15
Peso cápsula	g	27.69	24.3
Peso cápsula + fluido	g	214.17	217.34
Cápsula	Peso fluido	g	186.48
	Densidad fluido	g/cm ³	13.55
	Volumen fluido	cm ³	13.76
Muestra seca	Peso fluido	g	135.00
	Densidad fluido	g/cm ³	13.55
	Volumen fluido	cm ³	9.96
Límite de contracción	%	21.39	21.62
Relación de contracción	%	1.62	1.44
Gravedad específica		2.48	2.10

Límite de contracción	21.50
Relación de contracción	1.53
Gravedad específica	2.29

Descripción	Unidad	Datos	
CONTENIDO DE HUMEDAD			
Cápsula	#	2	3
Peso cápsula	g	21.44	21.36
Peso cápsula + suelo húmedo	g	45.63	53.78
Peso cápsula + suelo seco	g	38.01	43.54
Peso agua	g	7.62	10.24
Peso suelo seco	g	16.57	22.18
Contenido de humedad	%	45.99	46.17
FACTORES DE CONTRACCIÓN			
Cápsula	#	2	3
Peso cápsula	g	21.2	21.08
Peso cápsula + fluido	g	216.4	281.77
Cápsula	Peso fluido	g	195.2
	Densidad fluido	g/cm ³	13.55
	Volumen fluido	cm ³	14.41
Muestra seca	Peso fluido	g	141.78
	Densidad fluido	g/cm ³	13.55
	Volumen fluido	cm ³	10.46
Límite de contracción	%	22.19	22.58
Relación de contracción	%	1.58	1.58
Gravedad específica		2.44	2.46

Límite de contracción	22.39
Relación de contracción	1.58
Gravedad específica	2.45

Descripción	Unidad	Datos	
CONTENIDO DE HUMEDAD			
Cápsula	#	1	4
Peso cápsula	g	23.46	24.61
Peso cápsula + suelo húmedo	g	58.97	61.5
Peso cápsula + suelo seco	g	47.53	49.62
Peso agua	g	11.44	11.88
Peso suelo seco	g	24.07	25.01
Contenido de humedad	%	47.53	47.50
FACTORES DE CONTRACCIÓN			
Cápsula	#	1	4
Peso cápsula	g	23.14	24.34
Peso cápsula + fluido	g	309.22	320.86
Cápsula	Peso fluido	g	286.08
	Densidad fluido	g/cm3	13.55
	Volumen fluido	cm3	21.11
Muestra seca	Peso fluido	g	201.55
	Densidad fluido	g/cm3	13.55
	Volumen fluido	cm3	14.87
Límite de contracción	%	21.61	21.94
Relación de contracción	%	1.62	1.61
Gravedad específica		2.49	2.50

Límite de contracción	21.78
Relación de contracción	1.62
Gravedad específica	2.49

Descripción	Unidad	Datos	
CONTENIDO DE HUMEDAD			
Cápsula	#	12	30
Peso cápsula	g	23.73	24.63
Peso cápsula + suelo húmedo	g	60.09	60.57
Peso cápsula + suelo seco	g	48.49	49.1
Peso agua	g	11.6	11.47
Peso suelo seco	g	24.76	24.47
Contenido de humedad	%	46.85	46.87
FACTORES DE CONTRACCIÓN			
Cápsula	#	12	30
Peso cápsula	g	23.52	24.25
Peso cápsula + fluido	g	316.57	307.99
Cápsula	Peso fluido	g	293.05
	Densidad fluido	g/cm3	13.55
	Volumen fluido	cm3	21.63
Muestra seca	Peso fluido	g	210.35
	Densidad fluido	g/cm3	13.55
	Volumen fluido	cm3	15.52
Límite de contracción	%	22.20	23.61
Relación de contracción	%	1.59	1.60
Gravedad específica		2.47	2.58

Límite de contracción	22.90
Relación de contracción	1.60
Gravedad específica	2.53

Descripción	Unidad	Datos	
CONTENIDO DE HUMEDAD			
Cápsula	#	18	40
Peso cápsula	g	23.61	22.54
Peso cápsula + suelo húmedo	g	60.07	57.16
Peso cápsula + suelo seco	g	48.47	46.11
Peso agua	g	11.6	11.05
Peso suelo seco	g	24.86	23.57
Contenido de humedad	%	46.66	46.88
FACTORES DE CONTRACCIÓN			
Cápsula	#	18	40
Peso cápsula	g	23.33	22.29
Peso cápsula + fluido	g	315.4	300.47
Cápsula	Peso fluido	g	292.07
	Densidad fluido	g/cm3	13.55
	Volumen fluido	cm3	21.55
Muestra seca	Peso fluido	g	206.49
	Densidad fluido	g/cm3	13.55
	Volumen fluido	cm3	15.24
Límite de contracción	%	21.26	22.11
Relación de contracción	%	1.63	1.60
Gravedad específica		2.50	2.49

Límite de contracción	21.68
Relación de contracción	1.62
Gravedad específica	2.49

Descripción	Unidad	Datos	
CONTENIDO DE HUMEDAD			
Cápsula	#	28	21
Peso cápsula	g	20.32	19.25
Peso cápsula + suelo húmedo	g	44.16	44.64
Peso cápsula + suelo seco	g	36.71	36.72
Peso agua	g	7.45	7.92
Peso suelo seco	g	16.39	17.47
Contenido de humedad	%	45.45	45.33
FACTORES DE CONTRACCIÓN			
Cápsula	#	28	21
Peso cápsula	g	19.93	19.16
Peso cápsula + fluido	g	213.07	221.33
Cápsula	Peso fluido	g	193.14
	Densidad fluido	g/cm3	13.55
	Volumen fluido	cm3	14.25
Muestra seca	Peso fluido	g	136.95
	Densidad fluido	g/cm3	13.55
	Volumen fluido	cm3	10.11
Límite de contracción	%	20.15	21.61
Relación de contracción	%	1.62	1.62
Gravedad específica		2.41	2.50

Límite de contracción	20.88
Relación de contracción	1.62
Gravedad específica	2.45

Descripción	Unidad	Datos	
CONTENIDO DE HUMEDAD			
Cápsula	#	61	15
Peso cápsula	g	27.84	24.6
Peso cápsula + suelo húmedo	g	51.36	48.52
Peso cápsula + suelo seco	g	44.22	41.28
Peso agua	g	7.14	7.24
Peso suelo seco	g	16.38	16.68
Contenido de humedad	%	43.59	43.41
FACTORES DE CONTRACCIÓN			
Cápsula	#	61	15
Peso cápsula	g	27.69	24.3
Peso cápsula + fluido	g	214.17	217.34
Cápsula	Peso fluido	g	186.48
	Densidad fluido	g/cm3	13.55
	Volumen fluido	cm3	13.76
Muestra seca	Peso fluido	g	141.73
	Densidad fluido	g/cm3	13.55
	Volumen fluido	cm3	10.46
Límite de contracción	%	23.43	22.77
Relación de contracción	%	1.57	1.54
Gravedad específica		2.47	2.38

Límite de contracción	23.10
Relación de contracción	1.55
Gravedad específica	2.43

Descripción	Unidad	Datos	
CONTENIDO DE HUMEDAD			
Cápsula	#	8	0
Peso cápsula	g	20.07	29.86
Peso cápsula + suelo húmedo	g	45.52	53.44
Peso cápsula + suelo seco	g	37.79	46.35
Peso agua	g	7.73	7.09
Peso suelo seco	g	17.72	16.49
Contenido de humedad	%	43.62	43.00
FACTORES DE CONTRACCIÓN			
Cápsula	#	8	0
Peso cápsula	g	19.95	29.68
Peso cápsula + fluido	g	220.73	216.92
Cápsula	Peso fluido	g	200.78
	Densidad fluido	g/cm3	13.55
	Volumen fluido	cm3	14.82
Muestra seca	Peso fluido	g	145.83
	Densidad fluido	g/cm3	13.55
	Volumen fluido	cm3	10.76
Límite de contracción	%	20.74	23.02
Relación de contracción	%	1.65	1.57
Gravedad específica		2.50	2.45

Límite de contracción	21.88
Relación de contracción	1.61
Gravedad específica	2.48

Descripción	Unidad	Datos	
CONTENIDO DE HUMEDAD			
Cápsula	#	6	16
Peso cápsula	g	28.19	19.5
Peso cápsula + suelo húmedo	g	51.76	45.29
Peso cápsula + suelo seco	g	44.54	36.85
Peso agua	g	7.22	8.44
Peso suelo seco	g	16.35	17.35
Contenido de humedad	%	44.16	48.65
FACTORES DE CONTRACCIÓN			
Cápsula	#	6	16
Peso cápsula	g	28.03	19.38
Peso cápsula + fluido	g	216.2	223.75
Cápsula	Peso fluido	g	188.17
	Densidad fluido	g/cm ³	13.55
	Volumen fluido	cm ³	13.89
Muestra seca	Peso fluido	g	135.75
	Densidad fluido	g/cm ³	13.55
	Volumen fluido	cm ³	10.02
Límite de contracción	%	20.50	22.96
Relación de contracción	%	1.63	1.63
Gravedad específica		2.45	2.61

Límite de contracción	21.73
Relación de contracción	1.63
Gravedad específica	2.53

Descripción	Unidad	Datos	
CONTENIDO DE HUMEDAD			
Cápsula	#	13	10
Peso cápsula	g	32.19	19.23
Peso cápsula + suelo húmedo	g	55.74	44.08
Peso cápsula + suelo seco	g	48.74	36.04
Peso agua	g	7	8.04
Peso suelo seco	g	16.55	16.81
Contenido de humedad	%	42.30	47.83
FACTORES DE CONTRACCIÓN			
Cápsula	#	13	10
Peso cápsula	g	31.94	19.4
Peso cápsula + fluido	g	212.45	221.3
Cápsula	Peso fluido	g	180.51
	Densidad fluido	g/cm ³	13.55
	Volumen fluido	cm ³	13.32
Muestra seca	Peso fluido	g	141.67
	Densidad fluido	g/cm ³	13.55
	Volumen fluido	cm ³	10.46
Límite de contracción	%	24.98	20.67
Relación de contracción	%	1.58	1.63
Gravedad específica		2.62	2.45

Límite de contracción	22.82
Relación de contracción	1.60
Gravedad específica	2.53

Descripción		Unidad	Datos	
CONTENIDO DE HUMEDAD				
Cápsula		#	11	21
Peso cápsula		g	19.33	19.28
Peso cápsula + suelo húmedo		g	43.95	44.03
Peso cápsula + suelo seco		g	36.00	35.86
Peso agua		g	7.95	8.17
Peso suelo seco		g	16.67	16.58
Contenido de humedad		%	47.69	49.28
FACTORES DE CONTRACCIÓN				
Cápsula		#	11	21
Peso cápsula		g	19.15	19.16
Peso cápsula + fluido		g	219.64	221.33
Cápsula	Peso fluido	g	200.49	202.17
	Densidad fluido	g/cm3	13.55	13.55
	Volumen fluido	cm3	14.80	14.92
Muestra seca	Peso fluido	g	142.57	138.42
	Densidad fluido	g/cm3	13.55	13.55
	Volumen fluido	cm3	10.52	10.22
Límite de contracción		%	22.05	20.90
Relación de contracción		%	1.58	1.62
Gravedad específica			2.43	2.46

Límite de contracción	21.47
Relación de contracción	1.60
Gravedad específica	2.45

Descripción		Unidad	Datos	
CONTENIDO DE HUMEDAD				
Cápsula		#	30	28
Peso cápsula		g	24.42	20.02
Peso cápsula + suelo húmedo		g	60.03	43.51
Peso cápsula + suelo seco		g	48.32	35.77
Peso agua		g	11.71	7.74
Peso suelo seco		g	23.90	15.75
Contenido de humedad		%	49.00	49.14
FACTORES DE CONTRACCIÓN				
Cápsula		#	30	28
Peso cápsula		g	24.25	19.93
Peso cápsula + fluido		g	307.99	213.07
Cápsula	Peso fluido	g	283.74	193.14
	Densidad fluido	g/cm3	13.55	13.55
	Volumen fluido	cm3	20.94	14.25
Muestra seca	Peso fluido	g	203.96	134.29
	Densidad fluido	g/cm3	13.55	13.55
	Volumen fluido	cm3	15.05	9.91
Límite de contracción		%	24.36	21.57
Relación de contracción		%	1.59	1.59
Gravedad específica			2.59	2.42

Límite de contracción	22.96
Relación de contracción	1.59
Gravedad específica	2.50

Descripción		Unidad	Datos	
CONTENIDO DE HUMEDAD				
Cápsula		#	10	15
Peso cápsula		g	19.25	24.38
Peso cápsula + suelo húmedo		g	44.29	48.46
Peso cápsula + suelo seco		g	35.89	40.55
Peso agua		g	8.4	7.91
Peso suelo seco		g	16.64	16.17
Contenido de humedad		%	50.48	48.92
FACTORES DE CONTRACCIÓN				
Cápsula		#	10	15
Peso cápsula		g	19.4	24.3
Peso cápsula + fluido		g	221.3	217.34
Cápsula	Peso fluido	g	201.9	193.04
	Densidad fluido	g/cm3	13.55	13.55
	Volumen fluido	cm3	14.90	14.25
Muestra seca	Peso fluido	g	134.92	139.88
	Densidad fluido	g/cm3	13.55	13.55
	Volumen fluido	cm3	9.96	10.32
Límite de contracción		%	20.77	24.66
Relación de contracción		%	1.67	1.57
Gravedad específica			2.56	2.55

Límite de contracción	22.71
Relación de contracción	1.62
Gravedad específica	2.56

Descripción		Unidad	Datos	
CONTENIDO DE HUMEDAD				
Cápsula		#	16	9
Peso cápsula		g	19.49	23.4
Peso cápsula + suelo húmedo		g	45.23	48.5
Peso cápsula + suelo seco		g	36.41	40.23
Peso agua		g	8.82	8.27
Peso suelo seco		g	16.92	16.83
Contenido de humedad		%	52.13	49.14
FACTORES DE CONTRACCIÓN				
Cápsula		#	16	9
Peso cápsula		g	19.38	23.35
Peso cápsula + fluido		g	223.75	216.88
Cápsula	Peso fluido	g	204.37	193.53
	Densidad fluido	g/cm3	13.55	13.55
	Volumen fluido	cm3	15.08	14.28
Muestra seca	Peso fluido	g	141.23	135.25
	Densidad fluido	g/cm3	13.55	13.55
	Volumen fluido	cm3	10.42	9.98
Límite de contracción		%	24.59	23.58
Relación de contracción		%	1.62	1.69
Gravedad específica			2.70	2.80

Límite de contracción	24.08
Relación de contracción	1.65
Gravedad específica	2.75

Descripción		Unidad	Datos	
CONTENIDO DE HUMEDAD				
Cápsula		#	9	1
Peso cápsula		g	23.57	23.29
Peso cápsula + suelo húmedo		g	47.25	59.18
Peso cápsula + suelo seco		g	39.45	47.3
Peso agua		g	7.8	11.88
Peso suelo seco		g	15.88	24.01
Contenido de humedad		%	49.12	49.48
FACTORES DE CONTRACCIÓN				
Cápsula		#	9	1
Peso cápsula		g	23.35	23.14
Peso cápsula + fluido		g	216.88	309.22
Cápsula	Peso fluido	g	193.53	286.08
	Densidad fluido	g/cm3	13.55	13.55
	Volumen fluido	cm3	14.28	21.11
Muestra seca	Peso fluido	g	134.06	201.28
	Densidad fluido	g/cm3	13.55	13.55
	Volumen fluido	cm3	9.89	14.85
Límite de contracción		%	21.48	23.41
Relación de contracción		%	1.61	1.62
Gravedad específica			2.45	2.60

Límite de contracción	22.45
Relación de contracción	1.61
Gravedad específica	2.53

Descripción		Unidad	Datos	
CONTENIDO DE HUMEDAD				
Cápsula		#	11	2
Peso cápsula		g	19.22	21.29
Peso cápsula + suelo húmedo		g	44.79	46.13
Peso cápsula + suelo seco		g	36.42	38.01
Peso agua		g	8.37	8.12
Peso suelo seco		g	17.20	16.72
Contenido de humedad		%	48.66	48.56
FACTORES DE CONTRACCIÓN				
Cápsula		#	11	2
Peso cápsula		g	19.15	21.2
Peso cápsula + fluido		g	219.64	216.4
Cápsula	Peso fluido	g	200.49	195.2
	Densidad fluido	g/cm3	13.55	13.55
	Volumen fluido	cm3	14.80	14.41
Muestra seca	Peso fluido	g	142.8	141.3
	Densidad fluido	g/cm3	13.55	13.55
	Volumen fluido	cm3	10.54	10.43
Límite de contracción		%	23.91	24.77
Relación de contracción		%	1.63	1.60
Gravedad específica			2.68	2.66

Límite de contracción	24.34
Relación de contracción	1.62
Gravedad específica	2.67

13.2 ANEXO B

TABLAS DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE LÍMITE DE CONTRACCIÓN UTILIZANDO JABÓN

Descripción		Unidad	Datos	
CONTENIDO DE HUMEDAD				
Cápsula		#	57	43
Peso cápsula		g	4.58	4.46
Peso cápsula + suelo húmedo		g	32.64	33.22
Peso cápsula + suelo seco		g	23.28	23.65
Peso agua		g	9.36	9.57
Peso suelo seco		g	18.70	19.19
Contenido de humedad		%	50.05	49.87
FACTORES DE CONTRACCIÓN				
Cápsula		#	57	43
Peso cápsula		g	4.1	3.84
Peso cápsula + fluido		g	21.23	22.17
Cápsula	Peso fluido	g	17.13	18.33
	Densidad fluido	g/cm3	1.1	1.1
	Volumen fluido	cm3	15.57	16.66
Muestra seca	Peso fluido	g	12.66	13.48
	Densidad fluido	g/cm3	1.1	1.1
	Volumen fluido	cm3	11.51	12.25
Límite de contracción		%	28.32	26.89
Relación de contracción		%	1.62	1.57
Gravedad específica			3.01	2.71

Límite de contracción	27.61
Relación de contracción	1.60
Gravedad específica	2.86

Descripción		Unidad	Datos	
CONTENIDO DE HUMEDAD				
Cápsula		#	10	11
Peso cápsula		g	4.48	20.02
Peso cápsula + suelo húmedo		g	32.28	43.86
Peso cápsula + suelo seco		g	23.04	35.87
Peso agua		g	9.24	7.99
Peso suelo seco		g	18.56	15.85
Contenido de humedad		%	49.78	50.41
FACTORES DE CONTRACCIÓN				
Cápsula		#	10	11
Peso cápsula		g	3.88	19.15
Peso cápsula + fluido		g	20.99	35.69
Cápsula	Peso fluido	g	17.11	16.54
	Densidad fluido	g/cm3	1.1	1.1
	Volumen fluido	cm3	15.55	15.04
Muestra seca	Peso fluido	g	12.75	12.92
	Densidad fluido	g/cm3	1.1	1.1
	Volumen fluido	cm3	11.59	11.75
Límite de contracción		%	28.43	29.65
Relación de contracción		%	1.60	1.35
Gravedad específica			2.94	2.25

Límite de contracción	29.04
Relación de contracción	1.48
Gravedad específica	2.59

Descripción	Unidad	Datos	
CONTENIDO DE HUMEDAD			
Cápsula	#	3	12
Peso cápsula	g	21.75	5.37
Peso cápsula + suelo húmedo	g	53.26	32.14
Peso cápsula + suelo seco	g	42.71	23.24
Peso agua	g	10.55	8.90
Peso suelo seco	g	20.96	17.87
Contenido de humedad	%	50.33	49.80
FACTORES DE CONTRACCIÓN			
Cápsula	#	3	12
Peso cápsula	g	21.05	4.91
Peso cápsula + fluido	g	40.26	21.61
Cápsula	Peso fluido	g	19.21
	Densidad fluido	g/cm3	1.1
	Volumen fluido	cm3	17.46
Muestra seca	Peso fluido	g	14.31
	Densidad fluido	g/cm3	1.1
	Volumen fluido	cm3	13.01
Límite de contracción	%	29.08	26.15
Relación de contracción	%	1.61	1.63
Gravedad específica		3.03	2.84

Límite de contracción	27.61
Relación de contracción	1.62
Gravedad específica	2.94

Descripción	Unidad	Datos	
CONTENIDO DE HUMEDAD			
Cápsula	#	45	100
Peso cápsula	g	4.96	24.2
Peso cápsula + suelo húmedo	g	33.08	59.8
Peso cápsula + suelo seco	g	23.57	47.82
Peso agua	g	9.51	11.98
Peso suelo seco	g	18.61	23.62
Contenido de humedad	%	51.10	50.72
FACTORES DE CONTRACCIÓN			
Cápsula	#	45	100
Peso cápsula	g	4.69	23.52
Peso cápsula + fluido	g	21.94	47.45
Cápsula	Peso fluido	g	17.25
	Densidad fluido	g/cm3	1.1
	Volumen fluido	cm3	15.68
Muestra seca	Peso fluido	g	13.34
	Densidad fluido	g/cm3	1.1
	Volumen fluido	cm3	12.13
Límite de contracción	%	32.00	18.66
Relación de contracción	%	1.53	1.67
Gravedad específica		3.02	2.42

Límite de contracción	25.33
Relación de contracción	1.60
Gravedad específica	2.72

Descripción		Unidad	Datos	
CONTENIDO DE HUMEDAD				
Cápsula		#	2	0
Peso cápsula		g	21.79	30.36
Peso cápsula + suelo húmedo		g	45.24	52.2
Peso cápsula + suelo seco		g	37.39	44.87
Peso agua		g	7.85	7.33
Peso suelo seco		g	15.60	14.51
Contenido de humedad		%	50.32	50.52
FACTORES DE CONTRACCIÓN				
Cápsula		#	2	0
Peso cápsula		g	21.19	29.66
Peso cápsula + fluido		g	37.62	45.51
Cápsula	Peso fluido	g	16.43	15.85
	Densidad fluido	g/cm3	1.1	1.1
	Volumen fluido	cm3	14.94	14.41
Muestra seca	Peso fluido	g	12.80	11.67
	Densidad fluido	g/cm3	1.1	1.1
	Volumen fluido	cm3	11.64	10.61
Límite de contracción		%	29.17	24.33
Relación de contracción		%	1.34	1.37
Gravedad específica			2.20	2.05

Límite de contracción	26.75
Relación de contracción	1.35
Gravedad específica	2.13

Descripción		Unidad	Datos	
CONTENIDO DE HUMEDAD				
Cápsula		#	33	16
Peso cápsula		g	4.05	19.9
Peso cápsula + suelo húmedo		g	29.64	44.5
Peso cápsula + suelo seco		g	21.45	36.49
Peso agua		g	8.19	8.01
Peso suelo seco		g	17.40	16.59
Contenido de humedad		%	47.07	48.28
FACTORES DE CONTRACCIÓN				
Cápsula		#	33	16
Peso cápsula		g	3.39	19.37
Peso cápsula + fluido		g	19.8	35.57
Cápsula	Peso fluido	g	16.41	16.20
	Densidad fluido	g/cm3	1.1	1.1
	Volumen fluido	cm3	14.92	14.73
Muestra seca	Peso fluido	g	12.89	12.58
	Densidad fluido	g/cm3	1.1	1.1
	Volumen fluido	cm3	11.72	11.44
Límite de contracción		%	28.68	28.45
Relación de contracción		%	1.48	1.45
Gravedad específica			2.59	2.47

Límite de contracción	28.56
Relación de contracción	1.47
Gravedad específica	2.53

Descripción	Unidad	Datos		
CONTENIDO DE HUMEDAD				
Cápsula	#	7	1	
Peso cápsula	g	24.09	23.18	
Peso cápsula + suelo húmedo	g	47.16	56.21	
Peso cápsula + suelo seco	g	39.64	45.42	
Peso agua	g	7.52	10.79	
Peso suelo seco	g	15.55	22.24	
Contenido de humedad	%	48.36	48.52	
FACTORES DE CONTRACCIÓN				
Cápsula	#	7	1	
Peso cápsula	g	23.3	22.27	
Peso cápsula + fluido	g	42.83	42.78	
Cápsula	Peso fluido	g	19.53	20.51
	Densidad fluido	g/cm3	1.1	1.1
	Volumen fluido	cm3	17.75	18.65
Muestra seca	Peso fluido	g	15.88	15.88
	Densidad fluido	g/cm3	1.1	1.1
	Volumen fluido	cm3	14.44	14.44
Límite de contracción	%	27.02	29.59	
Relación de contracción	%	1.08	1.54	
Gravedad específica		1.52	2.83	

Límite de contracción	28.31
Relación de contracción	1.31
Gravedad específica	2.18

Descripción	Unidad	Datos		
CONTENIDO DE HUMEDAD				
Cápsula	#	100	555	
Peso cápsula	g	24.01	22.49	
Peso cápsula + suelo húmedo	g	59.5	54.36	
Peso cápsula + suelo seco	g	47.23	43.38	
Peso agua	g	12.27	10.98	
Peso suelo seco	g	23.22	20.89	
Contenido de humedad	%	52.84	52.56	
FACTORES DE CONTRACCIÓN				
Cápsula	#	100	555	
Peso cápsula	g	23.52	22.06	
Peso cápsula + fluido	g	46.05	43.10	
Cápsula	Peso fluido	g	22.53	21.04
	Densidad fluido	g/cm3	1.1	1.1
	Volumen fluido	cm3	20.48	19.13
Muestra seca	Peso fluido	g	14.97	14.88
	Densidad fluido	g/cm3	1.1	1.1
	Volumen fluido	cm3	13.61	13.53
Límite de contracción	%	23.24	25.75	
Relación de contracción	%	1.71	1.54	
Gravedad específica		2.83	2.56	

Límite de contracción	24.50
Relación de contracción	1.63
Gravedad específica	2.70

Descripción		Unidad	Datos	
CONTENIDO DE HUMEDAD				
Cápsula		#	10	57
Peso cápsula		g	4.26	4.54
Peso cápsula + suelo húmedo		g	31.71	32.02
Peso cápsula + suelo seco		g	22.18	22.41
Peso agua		g	9.53	9.61
Peso suelo seco		g	17.92	17.87
Contenido de humedad		%	53.18	53.78
FACTORES DE CONTRACCIÓN				
Cápsula		#	10	57
Peso cápsula		g	3.88	4.10
Peso cápsula + fluido		g	21.44	22.18
Cápsula	Peso fluido	g	17.56	18.08
	Densidad fluido	g/cm ³	1.1	1.1
	Volumen fluido	cm ³	15.96	16.44
Muestra seca	Peso fluido	g	12.51	12.94
	Densidad fluido	g/cm ³	1.1	1.1
	Volumen fluido	cm ³	11.37	11.76
Límite de contracción		%	27.56	27.63
Relación de contracción		%	1.58	1.52
Gravedad específica			2.79	2.62

Límite de contracción	27.60
Relación de contracción	1.55
Gravedad específica	2.70

Descripción		Unidad	Datos	
CONTENIDO DE HUMEDAD				
Cápsula		#	81	555
Peso cápsula		g	20.04	22.57
Peso cápsula + suelo húmedo		g	43.86	54.15
Peso cápsula + suelo seco		g	35.87	43.81
Peso agua		g	7.99	10.34
Peso suelo seco		g	15.83	21.24
Contenido de humedad		%	50.47	48.68
FACTORES DE CONTRACCIÓN				
Cápsula		#	81	555
Peso cápsula		g	19.13	22.06
Peso cápsula + fluido		g	35.68	42.45
Cápsula	Peso fluido	g	16.55	20.39
	Densidad fluido	g/cm ³	1.1	1.1
	Volumen fluido	cm ³	15.05	18.54
Muestra seca	Peso fluido	g	12.82	14.28
	Densidad fluido	g/cm ³	1.1	1.1
	Volumen fluido	cm ³	11.65	12.98
Límite de contracción		%	29.05	22.53
Relación de contracción		%	1.36	1.64
Gravedad específica			2.24	2.59

Límite de contracción	25.79
Relación de contracción	1.50
Gravedad específica	2.42

Descripción		Unidad	Datos	
CONTENIDO DE HUMEDAD				
Cápsula		#	7	23
Peso cápsula		g	23.8	20.18
Peso cápsula + suelo húmedo		g	47.18	44.03
Peso cápsula + suelo seco		g	39.14	35.9
Peso agua		g	8.04	8.13
Peso suelo seco		g	15.34	15.72
Contenido de humedad		%	52.41	51.72
FACTORES DE CONTRACCIÓN				
Cápsula		#	7	23
Peso cápsula		g	23.3	19.90
Peso cápsula + fluido		g	38.26	35.80
Cápsula	Peso fluido	g	14.96	15.90
	Densidad fluido	g/cm3	1.1	1.1
	Volumen fluido	cm3	13.60	14.45
Muestra seca	Peso fluido	g	10.95	11.92
	Densidad fluido	g/cm3	1.1	1.1
	Volumen fluido	cm3	9.95	10.84
Límite de contracción		%	28.65	28.70
Relación de contracción		%	1.54	1.45
Gravedad específica			2.76	2.49

Límite de contracción	28.67
Relación de contracción	1.50
Gravedad específica	2.62

Descripción		Unidad	Datos	
CONTENIDO DE HUMEDAD				
Cápsula		#	1	16
Peso cápsula		g	22.78	19.67
Peso cápsula + suelo húmedo		g	56.66	44.68
Peso cápsula + suelo seco		g	45.08	36.13
Peso agua		g	11.58	8.55
Peso suelo seco		g	22.30	16.46
Contenido de humedad		%	51.93	51.94
FACTORES DE CONTRACCIÓN				
Cápsula		#	1	16
Peso cápsula		g	22.27	19.37
Peso cápsula + fluido		g	43.67	35.69
Cápsula	Peso fluido	g	21.4	16.32
	Densidad fluido	g/cm3	1.1	1.1
	Volumen fluido	cm3	19.45	14.84
Muestra seca	Peso fluido	g	15.14	12.54
	Densidad fluido	g/cm3	1.1	1.1
	Volumen fluido	cm3	13.76	11.40
Límite de contracción		%	26.41	31.07
Relación de contracción		%	1.62	1.44
Gravedad específica			2.83	2.62

Límite de contracción	28.74
Relación de contracción	1.53
Gravedad específica	2.73

Descripción	Unidad	Datos		
CONTENIDO DE HUMEDAD				
Cápsula	#	18	81	
Peso cápsula	g	24.74	20.33	
Peso cápsula + suelo húmedo	g	59.43	44.53	
Peso cápsula + suelo seco	g	47.51	36.39	
Peso agua	g	11.92	8.14	
Peso suelo seco	g	22.77	16.06	
Contenido de humedad	%	52.35	50.68	
FACTORES DE CONTRACCIÓN				
Cápsula	#	18	81	
Peso cápsula	g	24.25	19.92	
Peso cápsula + fluido	g	47.42	37.00	
Cápsula	Peso fluido	g	23.17	17.08
	Densidad fluido	g/cm3	1.1	1.1
	Volumen fluido	cm3	21.06	15.53
Muestra seca	Peso fluido	g	16.88	13.05
	Densidad fluido	g/cm3	1.1	1.1
	Volumen fluido	cm3	15.35	11.86
Límite de contracción	%	27.24	27.87	
Relación de contracción	%	1.48	1.35	
Gravedad específica		2.49	2.17	

Límite de contracción	27.55
Relación de contracción	1.42
Gravedad específica	2.33

Descripción	Unidad	Datos		
CONTENIDO DE HUMEDAD				
Cápsula	#	361	33	
Peso cápsula	g	23.65	32.27	
Peso cápsula + suelo húmedo	g	58.5	54.49	
Peso cápsula + suelo seco	g	46.81	47.09	
Peso agua	g	11.69	7.4	
Peso suelo seco	g	23.16	14.82	
Contenido de humedad	%	50.47	49.93	
FACTORES DE CONTRACCIÓN				
Cápsula	#	361	33	
Peso cápsula	g	23.15	31.93	
Peso cápsula + fluido	g	44.86	47.17	
Cápsula	Peso fluido	g	21.71	15.24
	Densidad fluido	g/cm3	1.1	1.1
	Volumen fluido	cm3	19.74	13.85
Muestra seca	Peso fluido	g	15.70	11.39
	Densidad fluido	g/cm3	1.1	1.1
	Volumen fluido	cm3	14.27	10.35
Límite de contracción	%	26.88	26.32	
Relación de contracción	%	1.62	1.43	
Gravedad específica		2.88	2.30	

Límite de contracción	26.60
Relación de contracción	1.53
Gravedad específica	2.59

Descripción	Unidad	Datos	
CONTENIDO DE HUMEDAD			
Cápsula	#	83	700
Peso cápsula	g	32.28	22.38
Peso cápsula + suelo húmedo	g	54.49	54.99
Peso cápsula + suelo seco	g	47.19	43.81
Peso agua	g	7.3	11.18
Peso suelo seco	g	14.91	21.43
Contenido de humedad	%	48.96	52.17
FACTORES DE CONTRACCIÓN			
Cápsula	#	83	700
Peso cápsula	g	31.93	21.84
Peso cápsula + fluido	g	47.17	41.72
Cápsula	Peso fluido	g	15.24
	Densidad fluido	g/cm3	1.1
	Volumen fluido	cm3	13.85
Muestra seca	Peso fluido	g	11.59
	Densidad fluido	g/cm3	1.1
	Volumen fluido	cm3	10.54
Límite de contracción	%	26.71	26.80
Relación de contracción	%	1.42	1.70
Gravedad específica		2.27	3.11

Límite de contracción	26.75
Relación de contracción	1.56
Gravedad específica	2.69

Descripción	Unidad	Datos	
CONTENIDO DE HUMEDAD			
Cápsula	#	705	301
Peso cápsula	g	21.58	21.67
Peso cápsula + suelo húmedo	g	52.91	53.75
Peso cápsula + suelo seco	g	42.16	42.72
Peso agua	g	10.75	11.03
Peso suelo seco	g	20.58	21.05
Contenido de humedad	%	52.24	52.40
FACTORES DE CONTRACCIÓN			
Cápsula	#	705	301
Peso cápsula	g	21.09	21.29
Peso cápsula + fluido	g	40.31	42.63
Cápsula	Peso fluido	g	19.22
	Densidad fluido	g/cm3	1.1
	Volumen fluido	cm3	17.47
Muestra seca	Peso fluido	g	13.87
	Densidad fluido	g/cm3	1.1
	Volumen fluido	cm3	12.61
Límite de contracción	%	28.60	29.25
Relación de contracción	%	1.63	1.45
Gravedad específica		3.06	2.51

Límite de contracción	28.93
Relación de contracción	1.54
Gravedad específica	2.79

Descripción	Unidad	Datos		
CONTENIDO DE HUMEDAD				
Cápsula	#	302	100	
Peso cápsula	g	22.42	24.01	
Peso cápsula + suelo húmedo	g	54.76	59.5	
Peso cápsula + suelo seco	g	43.67	47.23	
Peso agua	g	11.09	12.27	
Peso suelo seco	g	21.25	23.22	
Contenido de humedad	%	52.19	52.84	
FACTORES DE CONTRACCIÓN				
Cápsula	#	302	100	
Peso cápsula	g	22.04	23.52	
Peso cápsula + fluido	g	41.73	46.05	
Cápsula	Peso fluido	g	19.69	22.53
	Densidad fluido	g/cm3	1.1	1.1
	Volumen fluido	cm3	17.90	20.48
Muestra seca	Peso fluido	g	13.87	13.77
	Densidad fluido	g/cm3	1.1	1.1
	Volumen fluido	cm3	12.61	12.52
Límite de contracción	%	27.29	18.55	
Relación de contracción	%	1.69	1.85	
Gravedad específica		3.12	2.83	

Límite de contracción	22.92
Relación de contracción	1.77
Gravedad específica	2.97

Descripción	Unidad	Datos		
CONTENIDO DE HUMEDAD				
Cápsula	#	960	606	
Peso cápsula	g	7.93	20.32	
Peso cápsula + suelo húmedo	g	56.24	44.53	
Peso cápsula + suelo seco	g	39.64	36.38	
Peso agua	g	16.6	8.15	
Peso suelo seco	g	31.71	16.06	
Contenido de humedad	%	52.35	50.75	
FACTORES DE CONTRACCIÓN				
Cápsula	#	960	606	
Peso cápsula	g	7.55	19.93	
Peso cápsula + fluido	g	39.82	36.92	
Cápsula	Peso fluido	g	32.27	16.99
	Densidad fluido	g/cm3	1.1	1.1
	Volumen fluido	cm3	29.34	15.45
Muestra seca	Peso fluido	g	21.80	13.05
	Densidad fluido	g/cm3	1.1	1.1
	Volumen fluido	cm3	19.82	11.86
Límite de contracción	%	22.33	28.44	
Relación de contracción	%	1.60	1.35	
Gravedad específica		2.49	2.20	

Límite de contracción	25.39
Relación de contracción	1.48
Gravedad específica	2.35

Descripción	Unidad	Datos		
CONTENIDO DE HUMEDAD				
Cápsula	#	860	391	
Peso cápsula	g	8.19	20.18	
Peso cápsula + suelo húmedo	g	56.56	43.85	
Peso cápsula + suelo seco	g	39.94	35.88	
Peso agua	g	16.62	7.97	
Peso suelo seco	g	31.75	15.70	
Contenido de humedad	%	52.35	50.76	
FACTORES DE CONTRACCIÓN				
Cápsula	#	860	391	
Peso cápsula	g	7.81	19.15	
Peso cápsula + fluido	g	39.24	35.66	
Cápsula	Peso fluido	g	31.43	16.51
	Densidad fluido	g/cm3	1.1	1.1
	Volumen fluido	cm3	28.57	15.01
Muestra seca	Peso fluido	g	21.48	12.92
	Densidad fluido	g/cm3	1.1	1.1
	Volumen fluido	cm3	19.53	11.75
Límite de contracción	%	23.86	29.98	
Relación de contracción	%	1.63	1.34	
Gravedad específica		2.66	2.23	

Límite de contracción	26.92
Relación de contracción	1.48
Gravedad específica	2.44

Descripción	Unidad	Datos		
CONTENIDO DE HUMEDAD				
Cápsula	#	601	615	
Peso cápsula	g	23.06	21.2	
Peso cápsula + suelo húmedo	g	55.19	52.31	
Peso cápsula + suelo seco	g	44.20	41.65	
Peso agua	g	10.99	10.66	
Peso suelo seco	g	21.14	20.45	
Contenido de humedad	%	51.99	52.13	
FACTORES DE CONTRACCIÓN				
Cápsula	#	601	615	
Peso cápsula	g	22.61	20.87	
Peso cápsula + fluido	g	42.8	42.52	
Cápsula	Peso fluido	g	20.19	21.65
	Densidad fluido	g/cm3	1.1	1.1
	Volumen fluido	cm3	18.35	19.68
Muestra seca	Peso fluido	g	14.10	16.13
	Densidad fluido	g/cm3	1.1	1.1
	Volumen fluido	cm3	12.82	14.66
Límite de contracción	%	25.80	27.59	
Relación de contracción	%	1.65	1.39	
Gravedad específica		2.87	2.27	

Límite de contracción	26.69
Relación de contracción	1.52
Gravedad específica	2.57

Descripción		Unidad	Datos	
CONTENIDO DE HUMEDAD				
Cápsula		#	692	901
Peso cápsula		g	21.98	22.11
Peso cápsula + suelo húmedo		g	54.43	54.86
Peso cápsula + suelo seco		g	43.24	43.64
Peso agua		g	11.19	11.22
Peso suelo seco		g	21.26	21.53
Contenido de humedad		%	52.63	52.11
FACTORES DE CONTRACCIÓN				
Cápsula		#	692	901
Peso cápsula		g	20.87	21.83
Peso cápsula + fluido		g	43.23	41.99
Cápsula	Peso fluido	g	22.36	20.16
	Densidad fluido	g/cm3	1.1	1.1
	Volumen fluido	cm3	20.33	18.33
Muestra seca	Peso fluido	g	14.90	14.03
	Densidad fluido	g/cm3	1.1	1.1
	Volumen fluido	cm3	13.55	12.75
Límite de contracción		%	20.73	26.23
Relación de contracción		%	1.57	1.69
Gravedad específica			2.33	3.03

Límite de contracción	23.48
Relación de contracción	1.63
Gravedad específica	2.68

Descripción		Unidad	Datos	
CONTENIDO DE HUMEDAD				
Cápsula		#	303	57
Peso cápsula		g	21.8	4.58
Peso cápsula + suelo húmedo		g	54.82	32.64
Peso cápsula + suelo seco		g	43.45	23.28
Peso agua		g	11.37	9.36
Peso suelo seco		g	21.65	18.70
Contenido de humedad		%	52.52	50.05
FACTORES DE CONTRACCIÓN				
Cápsula		#	303	57
Peso cápsula		g	21.42	4.1
Peso cápsula + fluido		g	43.42	21.23
Cápsula	Peso fluido	g	22	17.13
	Densidad fluido	g/cm3	1.1	1.1
	Volumen fluido	cm3	20.00	15.57
Muestra seca	Peso fluido	g	13.03	12.6
	Densidad fluido	g/cm3	1.1	1.1
	Volumen fluido	cm3	11.85	11.45
Límite de contracción		%	14.85	28.03
Relación de contracción		%	1.83	1.63
Gravedad específica			2.51	3.01

Límite de contracción	21.44
Relación de contracción	1.73
Gravedad específica	2.76

Descripción	Unidad	Datos		
CONTENIDO DE HUMEDAD				
Cápsula	#	43	10	
Peso cápsula	g	4.46	4.48	
Peso cápsula + suelo húmedo	g	32.22	32.28	
Peso cápsula + suelo seco	g	23.65	23.04	
Peso agua	g	8.57	9.24	
Peso suelo seco	g	19.19	18.56	
Contenido de humedad	%	44.66	49.78	
FACTORES DE CONTRACCIÓN				
Cápsula	#	43	10	
Peso cápsula	g	3.84	3.88	
Peso cápsula + fluido	g	22.17	20.99	
Cápsula	Peso fluido	g	18.33	17.11
	Densidad fluido	g/cm ³	1.1	1.1
	Volumen fluido	cm ³	16.66	15.55
Muestra seca	Peso fluido	g	13.48	13.37
	Densidad fluido	g/cm ³	1.1	1.1
	Volumen fluido	cm ³	12.25	12.15
Límite de contracción	%	21.68	31.47	
Relación de contracción	%	1.57	1.53	
Gravedad específica		2.37	2.94	

Límite de contracción	26.57
Relación de contracción	1.55
Gravedad específica	2.66

Descripción	Unidad	Datos		
CONTENIDO DE HUMEDAD				
Cápsula	#	11	3	
Peso cápsula	g	20.02	21.75	
Peso cápsula + suelo húmedo	g	43.86	53.2	
Peso cápsula + suelo seco	g	35.87	42.71	
Peso agua	g	7.99	10.49	
Peso suelo seco	g	15.85	20.96	
Contenido de humedad	%	50.41	50.05	
FACTORES DE CONTRACCIÓN				
Cápsula	#	11	3	
Peso cápsula	g	19.15	21.05	
Peso cápsula + fluido	g	35.69	40.26	
Cápsula	Peso fluido	g	16.54	19.21
	Densidad fluido	g/cm ³	1.1	1.1
	Volumen fluido	cm ³	15.04	17.46
Muestra seca	Peso fluido	g	12.92	15.31
	Densidad fluido	g/cm ³	1.1	1.1
	Volumen fluido	cm ³	11.75	13.92
Límite de contracción	%	29.65	33.13	
Relación de contracción	%	1.35	1.51	
Gravedad específica		2.25	3.01	

Límite de contracción	31.39
Relación de contracción	1.43
Gravedad específica	2.63

Descripción		Unidad	Datos	
CONTENIDO DE HUMEDAD				
Cápsula		#	12	45
Peso cápsula		g	5.37	4.96
Peso cápsula + suelo húmedo		g	32.14	33.08
Peso cápsula + suelo seco		g	23.24	23.57
Peso agua		g	8.9	9.51
Peso suelo seco		g	17.87	18.61
Contenido de humedad		%	49.80	51.10
FACTORES DE CONTRACCIÓN				
Cápsula		#	12	45
Peso cápsula		g	4.91	4.69
Peso cápsula + fluido		g	21.61	21.94
Cápsula	Peso fluido	g	16.7	17.25
	Densidad fluido	g/cm ³	1.1	1.1
	Volumen fluido	cm ³	15.18	15.68
Muestra seca	Peso fluido	g	12.63	13.34
	Densidad fluido	g/cm ³	1.1	1.1
	Volumen fluido	cm ³	11.48	12.13
Límite de contracción		%	29.10	32.00
Relación de contracción		%	1.56	1.53
Gravedad específica			2.84	3.02

Límite de contracción	30.55
Relación de contracción	1.55
Gravedad específica	2.93

Descripción		Unidad	Datos	
CONTENIDO DE HUMEDAD				
Cápsula		#	100	2
Peso cápsula		g	24.2	21.79
Peso cápsula + suelo húmedo		g	59.8	45.24
Peso cápsula + suelo seco		g	47.82	37.39
Peso agua		g	11.98	7.85
Peso suelo seco		g	23.62	15.60
Contenido de humedad		%	50.72	50.32
FACTORES DE CONTRACCIÓN				
Cápsula		#	100	2
Peso cápsula		g	23.52	21.19
Peso cápsula + fluido		g	47.45	37.62
Cápsula	Peso fluido	g	23.93	16.43
	Densidad fluido	g/cm ³	1.1	1.1
	Volumen fluido	cm ³	21.75	14.94
Muestra seca	Peso fluido	g	15.60	12.8
	Densidad fluido	g/cm ³	1.1	1.1
	Volumen fluido	cm ³	14.18	11.64
Límite de contracción		%	18.66	29.17
Relación de contracción		%	1.67	1.34
Gravedad específica			2.42	2.20

Límite de contracción	23.91
Relación de contracción	1.50
Gravedad específica	2.31

Descripción		Unidad	Datos	
CONTENIDO DE HUMEDAD				
Cápsula		#	0	33
Peso cápsula		g	30.36	4.05
Peso cápsula + suelo húmedo		g	52.2	29.64
Peso cápsula + suelo seco		g	44.87	21.45
Peso agua		g	7.33	8.19
Peso suelo seco		g	14.51	17.40
Contenido de humedad		%	50.52	47.07
FACTORES DE CONTRACCIÓN				
Cápsula		#	0	33
Peso cápsula		g	29.66	3.39
Peso cápsula + fluido		g	45.51	19.80
Cápsula	Peso fluido	g	15.85	16.41
	Densidad fluido	g/cm ³	1.1	1.1
	Volumen fluido	cm ³	14.41	14.92
Muestra seca	Peso fluido	g	11.67	12.89
	Densidad fluido	g/cm ³	1.1	1.1
	Volumen fluido	cm ³	10.61	11.72
Límite de contracción		%	24.33	28.68
Relación de contracción		%	1.37	1.48
Gravedad específica			2.05	2.59

Límite de contracción	26.50
Relación de contracción	1.43
Gravedad específica	2.32

Descripción		Unidad	Datos	
CONTENIDO DE HUMEDAD				
Cápsula		#	16	7
Peso cápsula		g	19.9	23.18
Peso cápsula + suelo húmedo		g	44.5	56.21
Peso cápsula + suelo seco		g	36.49	45.42
Peso agua		g	8.01	10.79
Peso suelo seco		g	16.59	22.24
Contenido de humedad		%	48.28	48.52
FACTORES DE CONTRACCIÓN				
Cápsula		#	16	7
Peso cápsula		g	19.37	22.27
Peso cápsula + fluido		g	35.57	42.78
Cápsula	Peso fluido	g	16.2	20.51
	Densidad fluido	g/cm ³	1.1	1.1
	Volumen fluido	cm ³	14.73	18.65
Muestra seca	Peso fluido	g	12.58	16.8
	Densidad fluido	g/cm ³	1.1	1.1
	Volumen fluido	cm ³	11.44	15.27
Límite de contracción		%	28.45	33.35
Relación de contracción		%	1.45	1.46
Gravedad específica			2.47	2.83

Límite de contracción	30.90
Relación de contracción	1.45
Gravedad específica	2.65

Descripción	Unidad	Datos		
CONTENIDO DE HUMEDAD				
Cápsula	#	23	361	
Peso cápsula	g	21.79	23.74	
Peso cápsula + suelo húmedo	g	53.24	58.89	
Peso cápsula + suelo seco	g	42.73	47.43	
Peso agua	g	10.51	11.46	
Peso suelo seco	g	20.94	23.69	
Contenido de humedad	%	50.19	48.37	
FACTORES DE CONTRACCIÓN				
Cápsula	#	23	361	
Peso cápsula	g	21.05	19.37	
Peso cápsula + fluido	g	41.06	40.57	
Cápsula	Peso fluido	g	20.01	21.20
	Densidad fluido	g/cm3	1.1	1.1
	Volumen fluido	cm3	18.19	19.27
Muestra seca	Peso fluido	g	14.35	14.61
	Densidad fluido	g/cm3	1.1	1.1
	Volumen fluido	cm3	13.05	13.28
Límite de contracción	%	25.62	23.09	
Relación de contracción	%	1.61	1.78	
Gravedad específica		2.73	3.03	

Límite de contracción	24.35
Relación de contracción	1.69
Gravedad específica	2.88

Descripción	Unidad	Datos		
CONTENIDO DE HUMEDAD				
Cápsula	#	555	18	
Peso cápsula	g	22.57	4.03	
Peso cápsula + suelo húmedo	g	54.15	29.65	
Peso cápsula + suelo seco	g	43.81	21.44	
Peso agua	g	10.34	8.21	
Peso suelo seco	g	21.24	17.41	
Contenido de humedad	%	48.68	47.16	
FACTORES DE CONTRACCIÓN				
Cápsula	#	555	18	
Peso cápsula	g	22.06	3.39	
Peso cápsula + fluido	g	42.45	19.79	
Cápsula	Peso fluido	g	20.39	16.40
	Densidad fluido	g/cm3	1.1	1.1
	Volumen fluido	cm3	18.54	14.91
Muestra seca	Peso fluido	g	14.29	12.91
	Densidad fluido	g/cm3	1.1	1.1
	Volumen fluido	cm3	12.99	11.74
Límite de contracción	%	22.57	28.93	
Relación de contracción	%	1.63	1.48	
Gravedad específica		2.59	2.60	

Límite de contracción	25.75
Relación de contracción	1.56
Gravedad específica	2.60

13.3 ANEXO C

TABLAS DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE LÍMITE DE CONTRACCIÓN UTILIZANDO GLICERINA

Descripción		Unidad	Datos	
CONTENIDO DE HUMEDAD				
Cápsula		#	55	9
Peso cápsula		g	5.95	3.86
Peso cápsula + suelo húmedo		g	32.66	29.1
Peso cápsula + suelo seco		g	23.56	20.63
Peso agua		g	9.1	8.47
Peso suelo seco		g	17.61	16.77
Contenido de humedad		%	51.68	50.51
FACTORES DE CONTRACCIÓN				
Cápsula		#	55	9
Peso cápsula		g	5.25	3.23
Peso cápsula + fluido		g	25.96	23.03
Cápsula	Peso fluido	g	20.71	19.80
	Densidad fluido	g/cm3	1.36	1.36
	Volumen fluido	cm3	15.23	14.56
Muestra seca	Peso fluido	g	13.30	13.41
	Densidad fluido	g/cm3	1.36	1.36
	Volumen fluido	cm3	9.78	9.86
Límite de contracción		%	20.74	22.49
Relación de contracción		%	1.80	1.70
Gravedad específica			2.87	2.75

Límite de contracción	21.61
Relación de contracción	1.75
Gravedad específica	2.81

Descripción		Unidad	Datos	
CONTENIDO DE HUMEDAD				
Cápsula		#	89	52
Peso cápsula		g	4.21	3.86
Peso cápsula + suelo húmedo		g	29.52	29.1
Peso cápsula + suelo seco		g	21.26	20.63
Peso agua		g	8.26	8.47
Peso suelo seco		g	17.05	16.77
Contenido de humedad		%	48.45	50.51
FACTORES DE CONTRACCIÓN				
Cápsula		#	89	52
Peso cápsula		g	3.65	3.23
Peso cápsula + fluido		g	23.55	23.03
Cápsula	Peso fluido	g	19.9	19.8
	Densidad fluido	g/cm3	1.36	1.36
	Volumen fluido	cm3	14.63	14.56
Muestra seca	Peso fluido	g	13.61	13.41
	Densidad fluido	g/cm3	1.36	1.36
	Volumen fluido	cm3	10.01	9.86
Límite de contracción		%	21.32	22.49
Relación de contracción		%	1.70	1.70
Gravedad específica			2.68	2.75

Límite de contracción	21.90
Relación de contracción	1.70
Gravedad específica	2.71

Descripción		Unidad	Datos	
CONTENIDO DE HUMEDAD				
Cápsula		#	88	40
Peso cápsula		g	4.24	4.34
Peso cápsula + suelo húmedo		g	30.48	31.10
Peso cápsula + suelo seco		g	21.65	22.06
Peso agua		g	8.83	9.04
Peso suelo seco		g	17.41	17.72
Contenido de humedad		%	50.72	51.02
FACTORES DE CONTRACCIÓN				
Cápsula		#	88	40
Peso cápsula		g	3.57	3.61
Peso cápsula + fluido		g	24.27	24.63
Cápsula	Peso fluido	g	20.70	21.02
	Densidad fluido	g/cm ³	1.36	1.36
	Volumen fluido	cm ³	15.22	15.46
Muestra seca	Peso fluido	g	15.14	14.14
	Densidad fluido	g/cm ³	1.36	1.36
	Volumen fluido	cm ³	11.13	10.40
Límite de contracción		%	27.24	22.47
Relación de contracción		%	1.56	1.70
Gravedad específica			2.72	2.76

Límite de contracción	24.85
Relación de contracción	1.63
Gravedad específica	2.74

Descripción		Unidad	Datos	
CONTENIDO DE HUMEDAD				
Cápsula		#	5	54
Peso cápsula		g	5.3	2.91
Peso cápsula + suelo húmedo		g	31.72	27.42
Peso cápsula + suelo seco		g	22.79	18.58
Peso agua		g	8.93	8.84
Peso suelo seco		g	17.49	15.67
Contenido de humedad		%	51.06	56.41
FACTORES DE CONTRACCIÓN				
Cápsula		#	5	54
Peso cápsula		g	4.85	2.41
Peso cápsula + fluido		g	24.83	23.06
Cápsula	Peso fluido	g	19.98	20.65
	Densidad fluido	g/cm ³	1.36	1.36
	Volumen fluido	cm ³	14.69	15.18
Muestra seca	Peso fluido	g	13.65	13.59
	Densidad fluido	g/cm ³	1.36	1.36
	Volumen fluido	cm ³	10.04	9.99
Límite de contracción		%	24.45	23.29
Relación de contracción		%	1.74	1.57
Gravedad específica			3.04	2.47

Límite de contracción	23.87
Relación de contracción	1.66
Gravedad específica	2.75

Descripción		Unidad	Datos	
CONTENIDO DE HUMEDAD				
Cápsula		#	46	50
Peso cápsula		g	19.81	4.01
Peso cápsula + suelo húmedo		g	44.08	30.35
Peso cápsula + suelo seco		g	35.87	21.43
Peso agua		g	8.21	8.92
Peso suelo seco		g	16.06	17.42
Contenido de humedad		%	51.12	51.21
FACTORES DE CONTRACCIÓN				
Cápsula		#	46	50
Peso cápsula		g	19.18	3.44
Peso cápsula + fluido		g	38.24	23.44
Cápsula	Peso fluido	g	19.06	20.00
	Densidad fluido	g/cm3	1.36	1.36
	Volumen fluido	cm3	14.01	14.71
Muestra seca	Peso fluido	g	13.22	13.73
	Densidad fluido	g/cm3	1.36	1.36
	Volumen fluido	cm3	9.72	10.10
Límite de contracción		%	24.38	24.74
Relación de contracción		%	1.65	1.73
Gravedad específica			2.77	3.01

Límite de contracción	24.56
Relación de contracción	1.69
Gravedad específica	2.89

Descripción		Unidad	Datos	
CONTENIDO DE HUMEDAD				
Cápsula		#	19	99
Peso cápsula		g	19.91	5.32
Peso cápsula + suelo húmedo		g	44.08	29.62
Peso cápsula + suelo seco		g	35.87	21.46
Peso agua		g	8.21	8.16
Peso suelo seco		g	15.96	16.14
Contenido de humedad		%	51.44	50.56
FACTORES DE CONTRACCIÓN				
Cápsula		#	19	99
Peso cápsula		g	19.18	4.67
Peso cápsula + fluido		g	38.34	23.08
Cápsula	Peso fluido	g	19.16	18.41
	Densidad fluido	g/cm3	1.36	1.36
	Volumen fluido	cm3	14.09	13.54
Muestra seca	Peso fluido	g	13.22	12.47
	Densidad fluido	g/cm3	1.36	1.36
	Volumen fluido	cm3	9.72	9.17
Límite de contracción		%	24.07	23.50
Relación de contracción		%	1.64	1.76
Gravedad específica			2.72	3.00

Límite de contracción	23.79
Relación de contracción	1.70
Gravedad específica	2.86

Descripción	Unidad	Datos		
CONTENIDO DE HUMEDAD				
Cápsula	#	22	155	
Peso cápsula	g	19.91	24.67	
Peso cápsula + suelo húmedo	g	44.08	48.4	
Peso cápsula + suelo seco	g	35.87	40.36	
Peso agua	g	8.21	8.04	
Peso suelo seco	g	15.96	15.69	
Contenido de humedad	%	51.44	51.24	
FACTORES DE CONTRACCIÓN				
Cápsula	#	22	155	
Peso cápsula	g	19.12	24.29	
Peso cápsula + fluido	g	38.4	42.92	
Cápsula	Peso fluido	g	19.28	18.63
	Densidad fluido	g/cm3	1.36	1.36
	Volumen fluido	cm3	14.18	13.70
Muestra seca	Peso fluido	g	13.19	13.11
	Densidad fluido	g/cm3	1.36	1.36
	Volumen fluido	cm3	9.70	9.64
Límite de contracción	%	23.38	25.37	
Relación de contracción	%	1.65	1.63	
Gravedad específica		2.67	2.77	

Límite de contracción	24.38
Relación de contracción	1.64
Gravedad específica	2.72

Descripción	Unidad	Datos		
CONTENIDO DE HUMEDAD				
Cápsula	#	4	8	
Peso cápsula	g	24.98	28.25	
Peso cápsula + suelo húmedo	g	47.58	50.6	
Peso cápsula + suelo seco	g	39.91	43.05	
Peso agua	g	7.67	7.55	
Peso suelo seco	g	14.93	14.80	
Contenido de humedad	%	51.37	51.01	
FACTORES DE CONTRACCIÓN				
Cápsula	#	4	8	
Peso cápsula	g	24.36	27.65	
Peso cápsula + fluido	g	42.12	46.30	
Cápsula	Peso fluido	g	17.76	18.65
	Densidad fluido	g/cm3	1.36	1.36
	Volumen fluido	cm3	13.06	13.71
Muestra seca	Peso fluido	g	11.94	12.75
	Densidad fluido	g/cm3	1.36	1.36
	Volumen fluido	cm3	8.78	9.38
Límite de contracción	%	22.71	21.70	
Relación de contracción	%	1.70	1.58	
Gravedad específica		2.77	2.40	

Límite de contracción	22.21
Relación de contracción	1.64
Gravedad específica	2.59

Descripción		Unidad	Datos	
CONTENIDO DE HUMEDAD				
Cápsula		#	6	69
Peso cápsula		g	28.62	8.14
Peso cápsula + suelo húmedo		g	51.22	34.49
Peso cápsula + suelo seco		g	43.59	25.58
Peso agua		g	7.63	8.91
Peso suelo seco		g	14.97	17.44
Contenido de humedad		%	50.97	51.09
FACTORES DE CONTRACCIÓN				
Cápsula		#	6	69
Peso cápsula		g	28	7.47
Peso cápsula + fluido		g	45.76	28.17
Cápsula	Peso fluido	g	17.76	20.70
	Densidad fluido	g/cm ³	1.36	1.36
	Volumen fluido	cm ³	13.06	15.22
Muestra seca	Peso fluido	g	11.94	14.16
	Densidad fluido	g/cm ³	1.36	1.36
	Volumen fluido	cm ³	8.78	10.41
Límite de contracción		%	22.38	23.52
Relación de contracción		%	1.71	1.68
Gravedad específica			2.76	2.76

Límite de contracción	22.95
Relación de contracción	1.69
Gravedad específica	2.76

Descripción		Unidad	Datos	
CONTENIDO DE HUMEDAD				
Cápsula		#	90	36
Peso cápsula		g	6.49	5.81
Peso cápsula + suelo húmedo		g	33.24	31.41
Peso cápsula + suelo seco		g	24.56	22.95
Peso agua		g	8.68	8.46
Peso suelo seco		g	18.07	17.14
Contenido de humedad		%	48.04	49.36
FACTORES DE CONTRACCIÓN				
Cápsula		#	90	36
Peso cápsula		g	5.99	6.14
Peso cápsula + fluido		g	27.69	26.04
Cápsula	Peso fluido	g	21.7	19.90
	Densidad fluido	g/cm ³	1.36	1.36
	Volumen fluido	cm ³	15.96	14.63
Muestra seca	Peso fluido	g	15.46	13.61
	Densidad fluido	g/cm ³	1.36	1.36
	Volumen fluido	cm ³	11.37	10.01
Límite de contracción		%	22.64	22.37
Relación de contracción		%	1.59	1.71
Gravedad específica			2.48	2.78

Límite de contracción	22.51
Relación de contracción	1.65
Gravedad específica	2.63

Descripción	Unidad	Datos		
CONTENIDO DE HUMEDAD				
Cápsula	#	8	11	
Peso cápsula	g	28.09	19.73	
Peso cápsula + suelo húmedo	g	50.76	44.06	
Peso cápsula + suelo seco	g	43.03	35.74	
Peso agua	g	7.73	8.32	
Peso suelo seco	g	14.94	16.01	
Contenido de humedad	%	51.74	51.97	
FACTORES DE CONTRACCIÓN				
Cápsula	#	8	11	
Peso cápsula	g	27.65	19.15	
Peso cápsula + fluido	g	45.3	39.59	
Cápsula	Peso fluido	g	17.65	20.44
	Densidad fluido	g/cm ³	1.36	1.36
	Volumen fluido	cm ³	12.98	15.03
Muestra seca	Peso fluido	g	13.70	13.41
	Densidad fluido	g/cm ³	1.36	1.36
	Volumen fluido	cm ³	10.07	9.86
Límite de contracción	%	32.30	19.68	
Relación de contracción	%	1.48	1.62	
Gravedad específica		2.85	2.39	

Límite de contracción	25.99
Relación de contracción	1.55
Gravedad específica	2.62

Descripción	Unidad	Datos		
CONTENIDO DE HUMEDAD				
Cápsula	#	2	0	
Peso cápsula	g	21.62	29.94	
Peso cápsula + suelo húmedo	g	45.53	52.94	
Peso cápsula + suelo seco	g	37.39	45.14	
Peso agua	g	8.14	7.8	
Peso suelo seco	g	15.77	15.20	
Contenido de humedad	%	51.62	51.32	
FACTORES DE CONTRACCIÓN				
Cápsula	#	2	0	
Peso cápsula	g	21.19	29.66	
Peso cápsula + fluido	g	39.94	48.6	
Cápsula	Peso fluido	g	18.75	18.94
	Densidad fluido	g/cm ³	1.36	1.36
	Volumen fluido	cm ³	13.79	13.93
Muestra seca	Peso fluido	g	13.01	14.2
	Densidad fluido	g/cm ³	1.36	1.36
	Volumen fluido	cm ³	9.57	10.44
Límite de contracción	%	24.85	28.39	
Relación de contracción	%	1.65	1.46	
Gravedad específica		2.79	2.48	

Límite de contracción	26.62
Relación de contracción	1.55
Gravedad específica	2.64

Descripción		Unidad	Datos	
CONTENIDO DE HUMEDAD				
Cápsula		#	155	22
Peso cápsula		g	24.62	19.44
Peso cápsula + suelo húmedo		g	48.37	44.55
Peso cápsula + suelo seco		g	40.21	35.96
Peso agua		g	8.16	8.59
Peso suelo seco		g	15.59	16.52
Contenido de humedad		%	52.34	52.00
FACTORES DE CONTRACCIÓN				
Cápsula		#	155	22
Peso cápsula		g	24.29	19.12
Peso cápsula + fluido		g	43.64	38.23
Cápsula	Peso fluido	g	19.35	19.11
	Densidad fluido	g/cm ³	1.36	1.36
	Volumen fluido	cm ³	14.23	14.05
Muestra seca	Peso fluido	g	13.87	12.74
	Densidad fluido	g/cm ³	1.36	1.36
	Volumen fluido	cm ³	10.20	9.37
Límite de contracción		%	26.50	23.65
Relación de contracción		%	1.53	1.76
Gravedad específica			2.57	3.02

Límite de contracción	25.07
Relación de contracción	1.65
Gravedad específica	2.80

Descripción		Unidad	Datos	
CONTENIDO DE HUMEDAD				
Cápsula		#	19	4
Peso cápsula		g	19.54	24.72
Peso cápsula + suelo húmedo		g	44.35	61.42
Peso cápsula + suelo seco		g	35.88	48.86
Peso agua		g	8.47	12.56
Peso suelo seco		g	16.34	24.14
Contenido de humedad		%	51.84	52.03
FACTORES DE CONTRACCIÓN				
Cápsula		#	19	4
Peso cápsula		g	19.18	24.36
Peso cápsula + fluido		g	38.59	52.87
Cápsula	Peso fluido	g	19.41	28.51
	Densidad fluido	g/cm ³	1.36	1.36
	Volumen fluido	cm ³	14.27	20.96
Muestra seca	Peso fluido	g	13.30	17.92
	Densidad fluido	g/cm ³	1.36	1.36
	Volumen fluido	cm ³	9.78	13.18
Límite de contracción		%	24.34	19.77
Relación de contracción		%	1.67	1.83
Gravedad específica			2.82	2.87

Límite de contracción	22.06
Relación de contracción	1.75
Gravedad específica	2.84

Descripción		Unidad	Datos	
CONTENIDO DE HUMEDAD				
Cápsula		#	3	6
Peso cápsula		g	21.44	28.59
Peso cápsula + suelo húmedo		g	53.74	51.34
Peso cápsula + suelo seco		g	42.66	43.52
Peso agua		g	11.08	7.82
Peso suelo seco		g	21.22	14.93
Contenido de humedad		%	52.21	52.38
FACTORES DE CONTRACCIÓN				
Cápsula		#	3	6
Peso cápsula		g	21.05	28.00
Peso cápsula + fluido		g	49.9	47.07
Cápsula	Peso fluido	g	28.85	19.07
	Densidad fluido	g/cm3	1.36	1.36
	Volumen fluido	cm3	21.21	14.02
Muestra seca	Peso fluido	g	18.37	15.82
	Densidad fluido	g/cm3	1.36	1.36
	Volumen fluido	cm3	13.51	11.63
Límite de contracción		%	15.90	36.37
Relación de contracción		%	1.57	1.28
Gravedad específica			2.09	2.41

Límite de contracción	26.14
Relación de contracción	1.43
Gravedad específica	2.25

Descripción		Unidad	Datos	
CONTENIDO DE HUMEDAD				
Cápsula		#	1	7
Peso cápsula		g	22.59	23.68
Peso cápsula + suelo húmedo		g	56.52	47
Peso cápsula + suelo seco		g	44.79	38.97
Peso agua		g	11.73	8.03
Peso suelo seco		g	22.20	15.29
Contenido de humedad		%	52.84	52.52
FACTORES DE CONTRACCIÓN				
Cápsula		#	1	7
Peso cápsula		g	22.27	23.30
Peso cápsula + fluido		g	47.71	41.71
Cápsula	Peso fluido	g	25.44	18.41
	Densidad fluido	g/cm3	1.36	1.36
	Volumen fluido	cm3	18.71	13.54
Muestra seca	Peso fluido	g	15.90	12.37
	Densidad fluido	g/cm3	1.36	1.36
	Volumen fluido	cm3	11.69	9.10
Límite de contracción		%	21.24	23.47
Relación de contracción		%	1.90	1.68
Gravedad específica			3.18	2.78

Límite de contracción	22.36
Relación de contracción	1.79
Gravedad específica	2.98

Descripción		Unidad	Datos	
CONTENIDO DE HUMEDAD				
Cápsula		#	555	361
Peso cápsula		g	22.46	23.58
Peso cápsula + suelo húmedo		g	54.55	58.48
Peso cápsula + suelo seco		g	43.42	46.47
Peso agua		g	11.13	12.01
Peso suelo seco		g	20.96	22.89
Contenido de humedad		%	53.10	52.47
FACTORES DE CONTRACCIÓN				
Cápsula		#	555	361
Peso cápsula		g	22.06	23.15
Peso cápsula + fluido		g	46.99	49.79
Cápsula	Peso fluido	g	24.93	26.64
	Densidad fluido	g/cm ³	1.36	1.36
	Volumen fluido	cm ³	18.33	19.59
Muestra seca	Peso fluido	g	15.49	17.42
	Densidad fluido	g/cm ³	1.36	1.36
	Volumen fluido	cm ³	11.39	12.81
Límite de contracción		%	19.98	22.85
Relación de contracción		%	1.84	1.79
Gravedad específica			2.91	3.02

Límite de contracción	21.42
Relación de contracción	1.81
Gravedad específica	2.97

Descripción		Unidad	Datos	
CONTENIDO DE HUMEDAD				
Cápsula		#	705	23
Peso cápsula		g	21.44	20.42
Peso cápsula + suelo húmedo		g	53.1	43.78
Peso cápsula + suelo seco		g	42.19	35.73
Peso agua		g	10.91	8.05
Peso suelo seco		g	20.75	15.31
Contenido de humedad		%	52.58	52.58
FACTORES DE CONTRACCIÓN				
Cápsula		#	705	23
Peso cápsula		g	21.09	19.90
Peso cápsula + fluido		g	44.59	40.11
Cápsula	Peso fluido	g	23.5	20.21
	Densidad fluido	g/cm ³	1.36	1.36
	Volumen fluido	cm ³	17.28	14.86
Muestra seca	Peso fluido	g	17.30	13.07
	Densidad fluido	g/cm ³	1.36	1.36
	Volumen fluido	cm ³	12.72	9.61
Límite de contracción		%	30.61	18.29
Relación de contracción		%	1.63	1.59
Gravedad específica			3.26	2.25

Límite de contracción	24.45
Relación de contracción	1.61
Gravedad específica	2.75

Descripción		Unidad	Datos	
CONTENIDO DE HUMEDAD				
Cápsula		#	700	81
Peso cápsula		g	22.41	20.3
Peso cápsula + suelo húmedo		g	55.33	44.23
Peso cápsula + suelo seco		g	43.98	35.98
Peso agua		g	11.35	8.25
Peso suelo seco		g	21.57	15.68
Contenido de humedad		%	52.62	52.61
FACTORES DE CONTRACCIÓN				
Cápsula		#	700	21
Peso cápsula		g	21.84	19.92
Peso cápsula + fluido		g	47.61	37.98
Cápsula	Peso fluido	g	25.77	18.06
	Densidad fluido	g/cm3	1.36	1.36
	Volumen fluido	cm3	18.95	13.28
Muestra seca	Peso fluido	g	15.96	12.57
	Densidad fluido	g/cm3	1.36	1.36
	Volumen fluido	cm3	11.74	9.24
Límite de contracción		%	19.18	26.87
Relación de contracción		%	1.84	1.70
Gravedad específica			2.84	3.12

Límite de contracción	23.02
Relación de contracción	1.77
Gravedad específica	2.98

Descripción		Unidad	Datos	
CONTENIDO DE HUMEDAD				
Cápsula		#	16	18
Peso cápsula		g	19.72	24.6
Peso cápsula + suelo húmedo		g	44.65	59.29
Peso cápsula + suelo seco		g	36.06	47.35
Peso agua		g	8.59	11.94
Peso suelo seco		g	16.34	22.75
Contenido de humedad		%	52.57	52.48
FACTORES DE CONTRACCIÓN				
Cápsula		#	16	18
Peso cápsula		g	19.37	24.25
Peso cápsula + fluido		g	39.54	50.52
Cápsula	Peso fluido	g	20.17	26.27
	Densidad fluido	g/cm3	1.36	1.36
	Volumen fluido	cm3	14.83	19.32
Muestra seca	Peso fluido	g	14.14	17.7
	Densidad fluido	g/cm3	1.36	1.36
	Volumen fluido	cm3	10.40	13.01
Límite de contracción		%	25.44	24.78
Relación de contracción		%	1.57	1.75
Gravedad específica			2.62	3.08

Límite de contracción	25.11
Relación de contracción	1.66
Gravedad específica	2.85

Descripción	Unidad	Datos		
CONTENIDO DE HUMEDAD				
Cápsula	#	555	361	
Peso cápsula	g	22.49	23.58	
Peso cápsula + suelo húmedo	g	54.49	58.48	
Peso cápsula + suelo seco	g	43.42	46.47	
Peso agua	g	11.07	12.01	
Peso suelo seco	g	20.93	22.89	
Contenido de humedad	%	52.89	52.47	
FACTORES DE CONTRACCIÓN				
Cápsula	#	555	361	
Peso cápsula	g	22.06	23.15	
Peso cápsula + fluido	g	46.99	49.79	
Cápsula	Peso fluido	g	24.93	26.64
	Densidad fluido	g/cm ³	1.36	1.36
	Volumen fluido	cm ³	18.33	19.59
Muestra seca	Peso fluido	g	16.49	17.42
	Densidad fluido	g/cm ³	1.36	1.36
	Volumen fluido	cm ³	12.13	12.81
Límite de contracción	%	23.24	22.85	
Relación de contracción	%	1.73	1.79	
Gravedad específica		2.88	3.02	

Límite de contracción	23.05
Relación de contracción	1.76
Gravedad específica	2.95

Descripción	Unidad	Datos		
CONTENIDO DE HUMEDAD				
Cápsula	#	46	50	
Peso cápsula	g	19.8	4.09	
Peso cápsula + suelo húmedo	g	44.09	30.36	
Peso cápsula + suelo seco	g	35.87	21.43	
Peso agua	g	8.22	8.93	
Peso suelo seco	g	16.07	17.34	
Contenido de humedad	%	51.15	51.50	
FACTORES DE CONTRACCIÓN				
Cápsula	#	46	50	
Peso cápsula	g	19.18	3.44	
Peso cápsula + fluido	g	38.24	23.44	
Cápsula	Peso fluido	g	19.06	20.00
	Densidad fluido	g/cm ³	1.36	1.36
	Volumen fluido	cm ³	14.01	14.71
Muestra seca	Peso fluido	g	13.53	13.76
	Densidad fluido	g/cm ³	1.36	1.36
	Volumen fluido	cm ³	9.95	10.12
Límite de contracción	%	25.85	25.04	
Relación de contracción	%	1.62	1.71	
Gravedad específica		2.77	3.00	

Límite de contracción	25.44
Relación de contracción	1.66
Gravedad específica	2.89

Descripción		Unidad	Datos	
CONTENIDO DE HUMEDAD				
Cápsula		#	55	9
Peso cápsula		g	5.95	3.86
Peso cápsula + suelo húmedo		g	32.66	29.1
Peso cápsula + suelo seco		g	23.56	20.63
Peso agua		g	9.1	8.47
Peso suelo seco		g	17.61	16.77
Contenido de humedad		%	51.68	50.51
FACTORES DE CONTRACCIÓN				
Cápsula		#	55	9
Peso cápsula		g	5.25	3.23
Peso cápsula + fluido		g	25.96	23.03
Cápsula	Peso fluido	g	20.71	19.80
	Densidad fluido	g/cm3	1.36	1.36
	Volumen fluido	cm3	15.23	14.56
Muestra seca	Peso fluido	g	13.30	13.41
	Densidad fluido	g/cm3	1.36	1.36
	Volumen fluido	cm3	9.78	9.86
Límite de contracción		%	20.74	22.49
Relación de contracción		%	1.80	1.70
Gravedad específica			2.87	2.75

Límite de contracción	21.61
Relación de contracción	1.75
Gravedad específica	2.81

Descripción		Unidad	Datos	
CONTENIDO DE HUMEDAD				
Cápsula		#	8	11
Peso cápsula		g	28.09	19.73
Peso cápsula + suelo húmedo		g	50.76	44.06
Peso cápsula + suelo seco		g	43.03	35.74
Peso agua		g	7.73	8.32
Peso suelo seco		g	14.94	16.01
Contenido de humedad		%	51.74	51.97
FACTORES DE CONTRACCIÓN				
Cápsula		#	8	11
Peso cápsula		g	27.65	19.15
Peso cápsula + fluido		g	45.3	39.59
Cápsula	Peso fluido	g	17.65	20.44
	Densidad fluido	g/cm3	1.36	1.36
	Volumen fluido	cm3	12.98	15.03
Muestra seca	Peso fluido	g	13.70	13.41
	Densidad fluido	g/cm3	1.36	1.36
	Volumen fluido	cm3	10.07	9.86
Límite de contracción		%	32.30	19.68
Relación de contracción		%	1.48	1.62
Gravedad específica			2.85	2.39

Límite de contracción	25.99
Relación de contracción	1.55
Gravedad específica	2.62

Descripción		Unidad	Datos	
CONTENIDO DE HUMEDAD				
Cápsula		#	2	0
Peso cápsula		g	21.62	29.94
Peso cápsula + suelo húmedo		g	45.53	52.94
Peso cápsula + suelo seco		g	37.39	45.14
Peso agua		g	8.14	7.8
Peso suelo seco		g	15.77	15.20
Contenido de humedad		%	51.62	51.32
FACTORES DE CONTRACCIÓN				
Cápsula		#	2	0
Peso cápsula		g	21.19	29.66
Peso cápsula + fluido		g	39.94	48.6
Cápsula	Peso fluido	g	18.75	18.94
	Densidad fluido	g/cm ³	1.36	1.36
	Volumen fluido	cm ³	13.79	13.93
Muestra seca	Peso fluido	g	14.01	14.2
	Densidad fluido	g/cm ³	1.36	1.36
	Volumen fluido	cm ³	10.30	10.44
Límite de contracción		%	29.52	28.39
Relación de contracción		%	1.53	1.46
Gravedad específica			2.79	2.48

Límite de contracción	28.95
Relación de contracción	1.49
Gravedad específica	2.64

Descripción		Unidad	Datos	
CONTENIDO DE HUMEDAD				
Cápsula		#	155	22
Peso cápsula		g	24.62	19.44
Peso cápsula + suelo húmedo		g	48.37	44.55
Peso cápsula + suelo seco		g	40.21	35.96
Peso agua		g	8.16	8.59
Peso suelo seco		g	15.59	16.52
Contenido de humedad		%	52.34	52.00
FACTORES DE CONTRACCIÓN				
Cápsula		#	155	22
Peso cápsula		g	24.29	19.12
Peso cápsula + fluido		g	43.64	38.23
Cápsula	Peso fluido	g	19.35	19.11
	Densidad fluido	g/cm ³	1.36	1.36
	Volumen fluido	cm ³	14.23	14.05
Muestra seca	Peso fluido	g	13.87	13.74
	Densidad fluido	g/cm ³	1.36	1.36
	Volumen fluido	cm ³	10.20	10.10
Límite de contracción		%	26.50	28.10
Relación de contracción		%	1.53	1.64
Gravedad específica			2.57	3.02

Límite de contracción	27.30
Relación de contracción	1.58
Gravedad específica	2.80

Descripción		Unidad	Datos	
CONTENIDO DE HUMEDAD				
Cápsula		#	19	4
Peso cápsula		g	19.54	24.72
Peso cápsula + suelo húmedo		g	44.35	61.42
Peso cápsula + suelo seco		g	35.88	48.86
Peso agua		g	8.47	12.56
Peso suelo seco		g	16.34	24.14
Contenido de humedad		%	51.84	52.03
FACTORES DE CONTRACCIÓN				
Cápsula		#	19	4
Peso cápsula		g	19.18	24.36
Peso cápsula + fluido		g	38.59	52.87
Cápsula	Peso fluido	g	19.41	28.51
	Densidad fluido	g/cm ³	1.36	1.36
	Volumen fluido	cm ³	14.27	20.96
Muestra seca	Peso fluido	g	14.30	17.92
	Densidad fluido	g/cm ³	1.36	1.36
	Volumen fluido	cm ³	10.51	13.18
Límite de contracción		%	28.84	19.77
Relación de contracción		%	1.55	1.83
Gravedad específica			2.82	2.87

Límite de contracción	24.31
Relación de contracción	1.69
Gravedad específica	2.84

Descripción		Unidad	Datos	
CONTENIDO DE HUMEDAD				
Cápsula		#	3	6
Peso cápsula		g	21.44	28.59
Peso cápsula + suelo húmedo		g	53.74	51.34
Peso cápsula + suelo seco		g	42.66	43.52
Peso agua		g	11.08	7.82
Peso suelo seco		g	21.22	14.93
Contenido de humedad		%	52.21	52.38
FACTORES DE CONTRACCIÓN				
Cápsula		#	3	6
Peso cápsula		g	21.05	28.00
Peso cápsula + fluido		g	49.9	47.07
Cápsula	Peso fluido	g	28.85	19.07
	Densidad fluido	g/cm ³	1.36	1.36
	Volumen fluido	cm ³	21.21	14.02
Muestra seca	Peso fluido	g	19.37	15.82
	Densidad fluido	g/cm ³	1.36	1.36
	Volumen fluido	cm ³	14.24	11.63
Límite de contracción		%	19.37	36.37
Relación de contracción		%	1.49	1.28
Gravedad específica			2.09	2.41

Límite de contracción	27.87
Relación de contracción	1.39
Gravedad específica	2.25

Descripción	Unidad	Datos		
CONTENIDO DE HUMEDAD				
Cápsula	#	1	7	
Peso cápsula	g	22.59	23.68	
Peso cápsula + suelo húmedo	g	56.52	47	
Peso cápsula + suelo seco	g	44.79	38.97	
Peso agua	g	11.73	8.03	
Peso suelo seco	g	22.20	15.29	
Contenido de humedad	%	52.84	52.52	
FACTORES DE CONTRACCIÓN				
Cápsula	#	1	7	
Peso cápsula	g	22.27	23.30	
Peso cápsula + fluido	g	47.71	41.71	
Cápsula	Peso fluido	g	25.44	18.41
	Densidad fluido	g/cm3	1.36	1.36
	Volumen fluido	cm3	18.71	13.54
Muestra seca	Peso fluido	g	15.90	11.37
	Densidad fluido	g/cm3	1.36	1.36
	Volumen fluido	cm3	11.69	8.36
Límite de contracción	%	21.24	18.66	
Relación de contracción	%	1.90	1.83	
Gravedad específica		3.18	2.78	

Límite de contracción	19.95
Relación de contracción	1.86
Gravedad específica	2.98

Descripción	Unidad	Datos		
CONTENIDO DE HUMEDAD				
Cápsula	#	46	50	
Peso cápsula	g	19.8	4.09	
Peso cápsula + suelo húmedo	g	44.09	30.36	
Peso cápsula + suelo seco	g	35.87	21.43	
Peso agua	g	8.22	8.93	
Peso suelo seco	g	16.07	17.34	
Contenido de humedad	%	51.15	51.50	
FACTORES DE CONTRACCIÓN				
Cápsula	#	46	50	
Peso cápsula	g	19.18	3.44	
Peso cápsula + fluido	g	38.24	23.44	
Cápsula	Peso fluido	g	19.06	20.00
	Densidad fluido	g/cm3	1.36	1.36
	Volumen fluido	cm3	14.01	14.71
Muestra seca	Peso fluido	g	14.53	13.76
	Densidad fluido	g/cm3	1.36	1.36
	Volumen fluido	cm3	10.68	10.12
Límite de contracción	%	30.42	25.04	
Relación de contracción	%	1.50	1.71	
Gravedad específica		2.77	3.00	

Límite de contracción	27.73
Relación de contracción	1.61
Gravedad específica	2.89

13.4 ANEXO D

TABLAS DE RESULTADOS DE ENSAYOS DE LÍMITE DE CONTRACCIÓN UTILIZANDO GLICERINA

Descripción		Unidad	Datos	
CONTENIDO DE HUMEDAD				
Cápsula		#	22	3
Peso cápsula		g	19.54	21.42
Peso cápsula + suelo húmedo		g	43.7	53.16
Peso cápsula + suelo seco		g	35.22	42.33
Peso agua		g	8.48	10.83
Peso suelo seco		g	15.68	20.91
Contenido de humedad		%	54.08	51.79
FACTORES DE CONTRACCIÓN				
Cápsula		#	22	3
Peso cápsula		g	19.12	21.05
Peso cápsula + fluido		g	32.69	37.00
Cápsula	Peso fluido	g	13.57	15.95
	Densidad fluido	g/cm3	0.86	0.86
	Volumen fluido	cm3	15.78	18.55
Muestra seca	Peso fluido	g	8.75	10.92
	Densidad fluido	g/cm3	0.86	0.86
	Volumen fluido	cm3	10.17	12.70
Límite de contracción		%	18.34	23.82
Relación de contracción		%	1.54	1.65
Gravedad específica			2.15	2.71

Límite de contracción	21.08
Relación de contracción	1.59
Gravedad específica	2.43

Descripción		Unidad	Datos	
CONTENIDO DE HUMEDAD				
Cápsula		#	78	101
Peso cápsula		g	21.81	22.18
Peso cápsula + suelo húmedo		g	54.17	55.64
Peso cápsula + suelo seco		g	43.54	44.7
Peso agua		g	10.63	10.94
Peso suelo seco		g	21.73	22.52
Contenido de humedad		%	48.92	48.58
FACTORES DE CONTRACCIÓN				
Cápsula		#	78	101
Peso cápsula		g	21.28	21.82
Peso cápsula + fluido		g	39.09	38.25
Cápsula	Peso fluido	g	17.81	16.43
	Densidad fluido	g/cm3	0.86	0.86
	Volumen fluido	cm3	20.71	19.10
Muestra seca	Peso fluido	g	11.28	12.18
	Densidad fluido	g/cm3	0.86	0.86
	Volumen fluido	cm3	13.12	14.16
Límite de contracción		%	13.98	26.63
Relación de contracción		%	1.66	1.59
Gravedad específica			2.16	2.76

Límite de contracción	20.31
Relación de contracción	1.62
Gravedad específica	2.46

Descripción		Unidad	Datos	
CONTENIDO DE HUMEDAD				
Cápsula		#	888	666
Peso cápsula		g	22.42	22.96
Peso cápsula + suelo húmedo		g	55.55	53.11
Peso cápsula + suelo seco		g	44.7	43.12
Peso agua		g	10.85	9.99
Peso suelo seco		g	22.28	20.16
Contenido de humedad		%	48.70	49.55
FACTORES DE CONTRACCIÓN				
Cápsula		#	888	666
Peso cápsula		g	21.83	22.03
Peso cápsula + fluido		g	38.39	38.64
Cápsula	Peso fluido	g	16.56	16.61
	Densidad fluido	g/cm3	0.86	0.86
	Volumen fluido	cm3	19.26	19.31
Muestra seca	Peso fluido	g	11.04	11.01
	Densidad fluido	g/cm3	0.86	0.86
	Volumen fluido	cm3	12.84	12.80
Límite de contracción		%	19.89	17.25
Relación de contracción		%	1.74	1.57
Gravedad específica			2.65	2.16

Límite de contracción	18.57
Relación de contracción	1.66
Gravedad específica	2.41

Descripción		Unidad	Datos	
CONTENIDO DE HUMEDAD				
Cápsula		#	48	95
Peso cápsula		g	21.81	21.75
Peso cápsula + suelo húmedo		g	55.26	55.17
Peso cápsula + suelo seco		g	44.29	44.27
Peso agua		g	10.97	10.9
Peso suelo seco		g	22.48	22.52
Contenido de humedad		%	48.80	48.40
FACTORES DE CONTRACCIÓN				
Cápsula		#	48	95
Peso cápsula		g	21.44	21.41
Peso cápsula + fluido		g	38.66	39.39
Cápsula	Peso fluido	g	17.22	17.98
	Densidad fluido	g/cm3	0.86	0.86
	Volumen fluido	cm3	20.02	20.91
Muestra seca	Peso fluido	g	12.10	11.93
	Densidad fluido	g/cm3	0.86	0.86
	Volumen fluido	cm3	14.07	13.87
Límite de contracción		%	22.32	17.16
Relación de contracción		%	1.60	1.62
Gravedad específica			2.48	2.25

Límite de contracción	19.74
Relación de contracción	1.61
Gravedad específica	2.37

Descripción		Unidad	Datos	
CONTENIDO DE HUMEDAD				
Cápsula		#	333	235
Peso cápsula		g	3.83	8.11
Peso cápsula + suelo húmedo		g	30.69	56.13
Peso cápsula + suelo seco		g	21.39	39.49
Peso agua		g	9.3	16.64
Peso suelo seco		g	17.56	31.38
Contenido de humedad		%	52.96	53.03
FACTORES DE CONTRACCIÓN				
Cápsula		#	333	235
Peso cápsula		g	3.54	7.80
Peso cápsula + fluido		g	16.96	32.24
Cápsula	Peso fluido	g	13.42	24.44
	Densidad fluido	g/cm3	0.86	0.86
	Volumen fluido	cm3	15.60	28.42
Muestra seca	Peso fluido	g	8.24	16.83
	Densidad fluido	g/cm3	0.86	0.86
	Volumen fluido	cm3	9.58	19.57
Límite de contracción		%	18.66	24.83
Relación de contracción		%	1.83	1.60
Gravedad específica			2.79	2.66

Límite de contracción	21.74
Relación de contracción	1.72
Gravedad específica	2.72

Descripción		Unidad	Datos	
CONTENIDO DE HUMEDAD				
Cápsula		#	55	40
Peso cápsula		g	5.77	3.92
Peso cápsula + suelo húmedo		g	32.53	31.11
Peso cápsula + suelo seco		g	23.25	21.69
Peso agua		g	9.28	9.42
Peso suelo seco		g	17.48	17.77
Contenido de humedad		%	53.09	53.01
FACTORES DE CONTRACCIÓN				
Cápsula		#	55	40
Peso cápsula		g	5.25	3.61
Peso cápsula + fluido		g	19.57	17.39
Cápsula	Peso fluido	g	14.32	13.78
	Densidad fluido	g/cm3	0.86	0.86
	Volumen fluido	cm3	16.65	16.02
Muestra seca	Peso fluido	g	9.32	8.98
	Densidad fluido	g/cm3	0.86	0.86
	Volumen fluido	cm3	10.84	10.44
Límite de contracción		%	19.83	21.60
Relación de contracción		%	1.61	1.70
Gravedad específica			2.37	2.69

Límite de contracción	20.72
Relación de contracción	1.66
Gravedad específica	2.53

Descripción		Unidad	Datos	
CONTENIDO DE HUMEDAD				
Cápsula		#	46	52
Peso cápsula		g	3.8	3.71
Peso cápsula + suelo húmedo		g	30.71	28.69
Peso cápsula + suelo seco		g	21.39	20.07
Peso agua		g	9.32	8.62
Peso suelo seco		g	17.59	16.36
Contenido de humedad		%	52.98	52.69
FACTORES DE CONTRACCIÓN				
Cápsula		#	46	52
Peso cápsula		g	3.52	3.23
Peso cápsula + fluido		g	16.94	16.00
Cápsula	Peso fluido	g	13.42	12.77
	Densidad fluido	g/cm3	0.86	0.86
	Volumen fluido	cm3	15.60	14.85
Muestra seca	Peso fluido	g	8.13	8.04
	Densidad fluido	g/cm3	0.86	0.86
	Volumen fluido	cm3	9.45	9.35
Límite de contracción		%	18.01	19.07
Relación de contracción		%	1.86	1.75
Gravedad específica			2.80	2.63

Límite de contracción	18.54
Relación de contracción	1.81
Gravedad específica	2.71

Descripción		Unidad	Datos	
CONTENIDO DE HUMEDAD				
Cápsula		#	89	9
Peso cápsula		g	2.7	3.59
Peso cápsula + suelo húmedo		g	26.7	27.68
Peso cápsula + suelo seco		g	18.46	19.37
Peso agua		g	8.24	8.31
Peso suelo seco		g	15.76	15.78
Contenido de humedad		%	52.28	52.66
FACTORES DE CONTRACCIÓN				
Cápsula		#	89	9
Peso cápsula		g	2.45	3.25
Peso cápsula + fluido		g	13.87	15.24
Cápsula	Peso fluido	g	11.42	11.99
	Densidad fluido	g/cm3	0.86	0.86
	Volumen fluido	cm3	13.28	13.94
Muestra seca	Peso fluido	g	8.24	9.03
	Densidad fluido	g/cm3	0.86	0.86
	Volumen fluido	cm3	9.58	10.50
Límite de contracción		%	28.82	30.85
Relación de contracción		%	1.64	1.50
Gravedad específica			3.13	2.80

Límite de contracción	29.84
Relación de contracción	1.57
Gravedad específica	2.96

Descripción	Unidad	Datos	
CONTENIDO DE HUMEDAD			
Cápsula	#	0	2
Peso cápsula	g	29.91	21.47
Peso cápsula + suelo húmedo	g	52.54	45.28
Peso cápsula + suelo seco	g	44.75	37.05
Peso agua	g	7.79	8.23
Peso suelo seco	g	14.84	15.58
Contenido de humedad	%	52.49	52.82
FACTORES DE CONTRACCIÓN			
Cápsula	#	0	2
Peso cápsula	g	29.66	21.19
Peso cápsula + fluido	g	41.73	33.89
Cápsula	Peso fluido	g	12.07
	Densidad fluido	g/cm3	0.86
	Volumen fluido	cm3	14.03
Muestra seca	Peso fluido	g	8.05
	Densidad fluido	g/cm3	0.86
	Volumen fluido	cm3	9.36
Límite de contracción	%	20.99	20.28
Relación de contracción	%	1.59	1.61
Gravedad específica		2.38	2.38

Límite de contracción	20.64
Relación de contracción	1.60
Gravedad específica	2.38

Descripción	Unidad	Datos	
CONTENIDO DE HUMEDAD			
Cápsula	#	5	54
Peso cápsula	g	5.18	4.05
Peso cápsula + suelo húmedo	g	31.44	32.12
Peso cápsula + suelo seco	g	22.37	22.43
Peso agua	g	9.07	9.69
Peso suelo seco	g	17.19	18.38
Contenido de humedad	%	52.76	52.72
FACTORES DE CONTRACCIÓN			
Cápsula	#	5	54
Peso cápsula	g	4.85	2.41
Peso cápsula + fluido	g	17.96	17.56
Cápsula	Peso fluido	g	13.11
	Densidad fluido	g/cm3	0.86
	Volumen fluido	cm3	15.24
Muestra seca	Peso fluido	g	8.62
	Densidad fluido	g/cm3	0.86
	Volumen fluido	cm3	10.02
Límite de contracción	%	22.39	14.89
Relación de contracción	%	1.72	1.72
Gravedad específica		2.78	2.32

Límite de contracción	18.64
Relación de contracción	1.72
Gravedad específica	2.55

Descripción		Unidad	Datos	
CONTENIDO DE HUMEDAD				
Cápsula		#	4	6
Peso cápsula		g	24.76	28.62
Peso cápsula + suelo húmedo		g	60.67	50.58
Peso cápsula + suelo seco		g	48.07	42.89
Peso agua		g	12.6	7.69
Peso suelo seco		g	23.31	14.27
Contenido de humedad		%	54.05	53.89
FACTORES DE CONTRACCIÓN				
Cápsula		#	4	6
Peso cápsula		g	24.36	28.00
Peso cápsula + fluido		g	41.6	39.44
Cápsula	Peso fluido	g	17.24	11.44
	Densidad fluido	g/cm ³	0.86	0.86
	Volumen fluido	cm ³	20.05	13.30
Muestra seca	Peso fluido	g	12.87	8.04
	Densidad fluido	g/cm ³	0.86	0.86
	Volumen fluido	cm ³	14.97	9.35
Límite de contracción		%	32.25	26.18
Relación de contracción		%	1.56	1.53
Gravedad específica			3.13	2.54

Límite de contracción	29.22
Relación de contracción	1.54
Gravedad específica	2.84

Descripción		Unidad	Datos	
CONTENIDO DE HUMEDAD				
Cápsula		#	19	155
Peso cápsula		g	19.64	24.76
Peso cápsula + suelo húmedo		g	43.85	47.71
Peso cápsula + suelo seco		g	35.36	39.67
Peso agua		g	8.49	8.04
Peso suelo seco		g	15.72	14.91
Contenido de humedad		%	54.01	53.92
FACTORES DE CONTRACCIÓN				
Cápsula		#	19	155
Peso cápsula		g	19.18	24.29
Peso cápsula + fluido		g	32.34	36.72
Cápsula	Peso fluido	g	13.16	12.43
	Densidad fluido	g/cm ³	0.86	0.86
	Volumen fluido	cm ³	15.30	14.45
Muestra seca	Peso fluido	g	8.55	7.81
	Densidad fluido	g/cm ³	0.86	0.86
	Volumen fluido	cm ³	9.94	9.08
Límite de contracción		%	19.91	17.89
Relación de contracción		%	1.58	1.64
Gravedad específica			2.31	2.32

Límite de contracción	18.90
Relación de contracción	1.61
Gravedad específica	2.32

Descripción	Unidad	Datos		
CONTENIDO DE HUMEDAD				
Cápsula	#	99	69	
Peso cápsula	g	5.2	7.94	
Peso cápsula + suelo húmedo	g	28.94	34.05	
Peso cápsula + suelo seco	g	20.57	24.81	
Peso agua	g	8.37	9.24	
Peso suelo seco	g	15.37	16.87	
Contenido de humedad	%	54.46	54.77	
FACTORES DE CONTRACCIÓN				
Cápsula	#	99	69	
Peso cápsula	g	4.67	7.47	
Peso cápsula + fluido	g	17.17	21.02	
Cápsula	Peso fluido	g	12.5	13.55
	Densidad fluido	g/cm3	0.86	0.86
	Volumen fluido	cm3	14.53	15.76
Muestra seca	Peso fluido	g	8.69	8.47
	Densidad fluido	g/cm3	0.86	0.86
	Volumen fluido	cm3	10.10	9.85
Límite de contracción	%	25.63	19.76	
Relación de contracción	%	1.52	1.71	
Gravedad específica		2.49	2.59	

Límite de contracción	22.69
Relación de contracción	1.62
Gravedad específica	2.54

Descripción	Unidad	Datos		
CONTENIDO DE HUMEDAD				
Cápsula	#	8	90	
Peso cápsula	g	28.22	6.31	
Peso cápsula + suelo húmedo	g	50.27	32.89	
Peso cápsula + suelo seco	g	42.53	23.45	
Peso agua	g	7.74	9.44	
Peso suelo seco	g	14.31	17.14	
Contenido de humedad	%	54.09	55.08	
FACTORES DE CONTRACCIÓN				
Cápsula	#	8	90	
Peso cápsula	g	27.65	5.99	
Peso cápsula + fluido	g	40.12	20.30	
Cápsula	Peso fluido	g	12.47	14.31
	Densidad fluido	g/cm3	0.86	0.86
	Volumen fluido	cm3	14.50	16.64
Muestra seca	Peso fluido	g	7.91	10.03
	Densidad fluido	g/cm3	0.86	0.86
	Volumen fluido	cm3	9.20	11.66
Límite de contracción	%	17.03	26.04	
Relación de contracción	%	1.56	1.47	
Gravedad específica		2.12	2.38	

Límite de contracción	21.54
Relación de contracción	1.51
Gravedad específica	2.25

Descripción		Unidad	Datos	
CONTENIDO DE HUMEDAD				
Cápsula		#	43	45
Peso cápsula		g	4.19	4.9
Peso cápsula + suelo húmedo		g	32.63	33.02
Peso cápsula + suelo seco		g	22.68	23.27
Peso agua		g	9.95	9.75
Peso suelo seco		g	18.49	18.37
Contenido de humedad		%	53.81	53.08
FACTORES DE CONTRACCIÓN				
Cápsula		#	43	45
Peso cápsula		g	3.84	4.69
Peso cápsula + fluido		g	18.64	19.01
Cápsula	Peso fluido	g	14.8	14.32
	Densidad fluido	g/cm ³	0.86	0.86
	Volumen fluido	cm ³	17.21	16.65
Muestra seca	Peso fluido	g	10.01	9.37
	Densidad fluido	g/cm ³	0.86	0.86
	Volumen fluido	cm ³	11.64	10.90
Límite de contracción		%	23.69	21.74
Relación de contracción		%	1.59	1.69
Gravedad específica			2.55	2.66

Límite de contracción	22.72
Relación de contracción	1.64
Gravedad específica	2.60

Descripción		Unidad	Datos	
CONTENIDO DE HUMEDAD				
Cápsula		#	12	11
Peso cápsula		g	5.43	21.42
Peso cápsula + suelo húmedo		g	31.57	52.27
Peso cápsula + suelo seco		g	22.46	42.17
Peso agua		g	9.11	10.1
Peso suelo seco		g	17.03	20.75
Contenido de humedad		%	53.49	48.67
FACTORES DE CONTRACCIÓN				
Cápsula		#	12	11
Peso cápsula		g	4.91	20.86
Peso cápsula + fluido		g	19.13	35.80
Cápsula	Peso fluido	g	14.22	14.94
	Densidad fluido	g/cm ³	0.86	0.86
	Volumen fluido	cm ³	16.53	17.37
Muestra seca	Peso fluido	g	9.22	10.94
	Densidad fluido	g/cm ³	0.86	0.86
	Volumen fluido	cm ³	10.72	12.72
Límite de contracción		%	19.35	26.26
Relación de contracción		%	1.59	1.63
Gravedad específica			2.29	2.85

Límite de contracción	22.81
Relación de contracción	1.61
Gravedad específica	2.57

Descripción		Unidad	Datos	
CONTENIDO DE HUMEDAD				
Cápsula		#	95	101
Peso cápsula		g	21.75	22.18
Peso cápsula + suelo húmedo		g	55.17	55.64
Peso cápsula + suelo seco		g	44.27	44.7
Peso agua		g	10.9	10.94
Peso suelo seco		g	22.52	22.52
Contenido de humedad		%	48.40	48.58
FACTORES DE CONTRACCIÓN				
Cápsula		#	95	101
Peso cápsula		g	21.41	21.82
Peso cápsula + fluido		g	38.39	38.25
Cápsula	Peso fluido	g	16.98	16.43
	Densidad fluido	g/cm3	0.86	0.86
	Volumen fluido	cm3	19.74	19.10
Muestra seca	Peso fluido	g	11.13	11.18
	Densidad fluido	g/cm3	0.86	0.86
	Volumen fluido	cm3	12.94	13.00
Límite de contracción		%	18.20	21.47
Relación de contracción		%	1.74	1.73
Gravedad específica			2.55	2.76

Límite de contracción	19.83
Relación de contracción	1.74
Gravedad específica	2.65

Descripción		Unidad	Datos	
CONTENIDO DE HUMEDAD				
Cápsula		#	5	88
Peso cápsula		g	5.18	3.87
Peso cápsula + suelo húmedo		g	31.44	32.09
Peso cápsula + suelo seco		g	22.37	22.35
Peso agua		g	9.07	9.74
Peso suelo seco		g	17.19	18.48
Contenido de humedad		%	52.76	52.71
FACTORES DE CONTRACCIÓN				
Cápsula		#	5	88
Peso cápsula		g	4.87	3.57
Peso cápsula + fluido		g	17.96	16.95
Cápsula	Peso fluido	g	13.09	13.38
	Densidad fluido	g/cm3	0.86	0.86
	Volumen fluido	cm3	15.22	15.56
Muestra seca	Peso fluido	g	8.32	9
	Densidad fluido	g/cm3	0.86	0.86
	Volumen fluido	cm3	9.67	10.47
Límite de contracción		%	20.50	25.15
Relación de contracción		%	1.78	1.77
Gravedad específica			2.79	3.18

Límite de contracción	22.82
Relación de contracción	1.77
Gravedad específica	2.99

Descripción		Unidad	Datos	
CONTENIDO DE HUMEDAD				
Cápsula		#	4	22
Peso cápsula		g	24.76	19.54
Peso cápsula + suelo húmedo		g	60.67	43.7
Peso cápsula + suelo seco		g	48.07	35.22
Peso agua		g	12.6	8.48
Peso suelo seco		g	23.31	15.68
Contenido de humedad		%	54.05	54.08
FACTORES DE CONTRACCIÓN				
Cápsula		#	4	22
Peso cápsula		g	24.36	19.12
Peso cápsula + fluido		g	41.6	32.69
Cápsula	Peso fluido	g	17.24	13.57
	Densidad fluido	g/cm ³	0.86	0.86
	Volumen fluido	cm ³	20.05	15.78
Muestra seca	Peso fluido	g	11.87	8.11
	Densidad fluido	g/cm ³	0.86	0.86
	Volumen fluido	cm ³	13.80	9.43
Límite de contracción		%	27.27	13.59
Relación de contracción		%	1.69	1.66
Gravedad específica			3.13	2.15

Límite de contracción	20.43
Relación de contracción	1.68
Gravedad específica	2.64

Descripción		Unidad	Datos	
CONTENIDO DE HUMEDAD				
Cápsula		#	90	46
Peso cápsula		g	6.36	3.8
Peso cápsula + suelo húmedo		g	32.89	30.71
Peso cápsula + suelo seco		g	23.45	21.39
Peso agua		g	9.44	9.32
Peso suelo seco		g	17.09	17.59
Contenido de humedad		%	55.24	52.98
FACTORES DE CONTRACCIÓN				
Cápsula		#	90	46
Peso cápsula		g	5.99	3.52
Peso cápsula + fluido		g	20.3	16.94
Cápsula	Peso fluido	g	14.31	13.42
	Densidad fluido	g/cm ³	0.86	0.86
	Volumen fluido	cm ³	16.64	15.60
Muestra seca	Peso fluido	g	10.03	8.13
	Densidad fluido	g/cm ³	0.86	0.86
	Volumen fluido	cm ³	11.66	9.45
Límite de contracción		%	26.12	18.01
Relación de contracción		%	1.47	1.86
Gravedad específica			2.37	2.80

Límite de contracción	22.07
Relación de contracción	1.66
Gravedad específica	2.59

Descripción		Unidad	Datos	
CONTENIDO DE HUMEDAD				
Cápsula		#	235	54
Peso cápsula		g	8.11	4.05
Peso cápsula + suelo húmedo		g	56.13	32.12
Peso cápsula + suelo seco		g	39.49	22.43
Peso agua		g	16.64	9.69
Peso suelo seco		g	31.38	18.38
Contenido de humedad		%	53.03	52.72
FACTORES DE CONTRACCIÓN				
Cápsula		#	235	54
Peso cápsula		g	7.8	2.41
Peso cápsula + fluido		g	32.24	17.56
Cápsula	Peso fluido	g	24.44	15.15
	Densidad fluido	g/cm3	0.86	0.86
	Volumen fluido	cm3	28.42	17.62
Muestra seca	Peso fluido	g	16.83	10.25
	Densidad fluido	g/cm3	0.86	0.86
	Volumen fluido	cm3	19.57	11.92
Límite de contracción		%	24.83	21.72
Relación de contracción		%	1.60	1.54
Gravedad específica			2.66	2.32

Límite de contracción	23.27
Relación de contracción	1.57
Gravedad específica	2.49

Descripción		Unidad	Datos	
CONTENIDO DE HUMEDAD				
Cápsula		#	83	100
Peso cápsula		g	32.38	23.91
Peso cápsula + suelo húmedo		g	54.8	59.79
Peso cápsula + suelo seco		g	47.16	47.49
Peso agua		g	7.64	12.3
Peso suelo seco		g	14.78	23.58
Contenido de humedad		%	51.69	52.16
FACTORES DE CONTRACCIÓN				
Cápsula		#	83	100
Peso cápsula		g	31.93	23.52
Peso cápsula + fluido		g	43.30	43.89
Cápsula	Peso fluido	g	11.37	20.37
	Densidad fluido	g/cm3	0.86	0.86
	Volumen fluido	cm3	13.22	23.69
Muestra seca	Peso fluido	g	7.48	13.86
	Densidad fluido	g/cm3	0.86	0.86
	Volumen fluido	cm3	8.70	16.12
Límite de contracción		%	21.09	20.06
Relación de contracción		%	1.70	1.46
Gravedad específica			2.65	2.07

Límite de contracción	20.57
Relación de contracción	1.58
Gravedad específica	2.36

Descripción		Unidad	Datos	
CONTENIDO DE HUMEDAD				
Cápsula		#	4	22
Peso cápsula		g	24.76	19.54
Peso cápsula + suelo húmedo		g	60.67	43.7
Peso cápsula + suelo seco		g	48.07	35.22
Peso agua		g	12.6	8.48
Peso suelo seco		g	23.31	15.68
Contenido de humedad		%	54.05	54.08
FACTORES DE CONTRACCIÓN				
Cápsula		#	4	22
Peso cápsula		g	24.36	19.12
Peso cápsula + fluido		g	41.6	32.69
Cápsula	Peso fluido	g	17.24	13.57
	Densidad fluido	g/cm3	0.86	0.86
	Volumen fluido	cm3	20.05	15.78
Muestra seca	Peso fluido	g	12.87	7.11
	Densidad fluido	g/cm3	0.86	0.86
	Volumen fluido	cm3	14.97	8.27
Límite de contracción		%	32.25	6.18
Relación de contracción		%	1.56	1.90
Gravedad específica			3.13	2.15

Límite de contracción	19.22
Relación de contracción	1.73
Gravedad específica	2.64

Descripción		Unidad	Datos	
CONTENIDO DE HUMEDAD				
Cápsula		#	90	46
Peso cápsula		g	6.36	3.8
Peso cápsula + suelo húmedo		g	32.89	30.71
Peso cápsula + suelo seco		g	23.45	21.39
Peso agua		g	9.44	9.32
Peso suelo seco		g	17.09	17.59
Contenido de humedad		%	55.24	52.98
FACTORES DE CONTRACCIÓN				
Cápsula		#	90	46
Peso cápsula		g	5.99	3.52
Peso cápsula + fluido		g	20.3	16.94
Cápsula	Peso fluido	g	14.31	13.42
	Densidad fluido	g/cm3	0.86	0.86
	Volumen fluido	cm3	16.64	15.60
Muestra seca	Peso fluido	g	10.03	8.13
	Densidad fluido	g/cm3	0.86	0.86
	Volumen fluido	cm3	11.66	9.45
Límite de contracción		%	26.12	18.01
Relación de contracción		%	1.47	1.86
Gravedad específica			2.37	2.80

Límite de contracción	22.07
Relación de contracción	1.66
Gravedad específica	2.59

Descripción	Unidad	Datos		
CONTENIDO DE HUMEDAD				
Cápsula	#	235	54	
Peso cápsula	g	8.11	4.05	
Peso cápsula + suelo húmedo	g	56.13	32.12	
Peso cápsula + suelo seco	g	39.49	22.43	
Peso agua	g	16.64	9.69	
Peso suelo seco	g	31.38	18.38	
Contenido de humedad	%	53.03	52.72	
FACTORES DE CONTRACCIÓN				
Cápsula	#	235	54	
Peso cápsula	g	7.8	2.41	
Peso cápsula + fluido	g	32.24	17.56	
Cápsula	Peso fluido	g	24.44	15.15
	Densidad fluido	g/cm ³	0.86	0.86
	Volumen fluido	cm ³	28.42	17.62
Muestra seca	Peso fluido	g	16.83	8.25
	Densidad fluido	g/cm ³	0.86	0.86
	Volumen fluido	cm ³	19.57	9.59
Límite de contracción	%	24.83	9.07	
Relación de contracción	%	1.60	1.92	
Gravedad específica		2.66	2.32	

Límite de contracción	16.95
Relación de contracción	1.76
Gravedad específica	2.49

Descripción	Unidad	Datos		
CONTENIDO DE HUMEDAD				
Cápsula	#	22	3	
Peso cápsula	g	19.54	21.42	
Peso cápsula + suelo húmedo	g	43.7	53.16	
Peso cápsula + suelo seco	g	35.22	42.33	
Peso agua	g	8.48	10.83	
Peso suelo seco	g	15.68	20.91	
Contenido de humedad	%	54.08	51.79	
FACTORES DE CONTRACCIÓN				
Cápsula	#	22	3	
Peso cápsula	g	19.12	21.05	
Peso cápsula + fluido	g	32.69	37.00	
Cápsula	Peso fluido	g	13.57	15.95
	Densidad fluido	g/cm ³	0.86	0.86
	Volumen fluido	cm ³	15.78	18.55
Muestra seca	Peso fluido	g	8.75	9.92
	Densidad fluido	g/cm ³	0.86	0.86
	Volumen fluido	cm ³	10.17	11.53
Límite de contracción	%	18.34	18.26	
Relación de contracción	%	1.54	1.81	
Gravedad específica		2.15	2.71	

Límite de contracción	18.30
Relación de contracción	1.68
Gravedad específica	2.43

Descripción	Unidad	Datos		
CONTENIDO DE HUMEDAD				
Cápsula	#	78	101	
Peso cápsula	g	21.81	22.18	
Peso cápsula + suelo húmedo	g	54.17	55.64	
Peso cápsula + suelo seco	g	43.54	44.7	
Peso agua	g	10.63	10.94	
Peso suelo seco	g	21.73	22.52	
Contenido de humedad	%	48.92	48.58	
FACTORES DE CONTRACCIÓN				
Cápsula	#	78	101	
Peso cápsula	g	21.28	21.82	
Peso cápsula + fluido	g	39.09	38.25	
Cápsula	Peso fluido	g	17.81	16.43
	Densidad fluido	g/cm3	0.86	0.86
	Volumen fluido	cm3	20.71	19.10
Muestra seca	Peso fluido	g	11.28	11.18
	Densidad fluido	g/cm3	0.86	0.86
	Volumen fluido	cm3	13.12	13.00
Límite de contracción	%	13.98	21.47	
Relación de contracción	%	1.66	1.73	
Gravedad específica		2.16	2.76	

Límite de contracción	17.72
Relación de contracción	1.69
Gravedad específica	2.46

Descripción	Unidad	Datos		
CONTENIDO DE HUMEDAD				
Cápsula	#	333	235	
Peso cápsula	g	3.83	8.11	
Peso cápsula + suelo húmedo	g	30.69	56.13	
Peso cápsula + suelo seco	g	21.39	39.49	
Peso agua	g	9.3	16.64	
Peso suelo seco	g	17.56	31.38	
Contenido de humedad	%	52.96	53.03	
FACTORES DE CONTRACCIÓN				
Cápsula	#	333	235	
Peso cápsula	g	3.54	7.80	
Peso cápsula + fluido	g	16.96	32.24	
Cápsula	Peso fluido	g	13.42	24.44
	Densidad fluido	g/cm3	0.86	0.86
	Volumen fluido	cm3	15.60	28.42
Muestra seca	Peso fluido	g	8.24	16.53
	Densidad fluido	g/cm3	0.86	0.86
	Volumen fluido	cm3	9.58	19.22
Límite de contracción	%	18.66	23.72	
Relación de contracción	%	1.83	1.63	
Gravedad específica		2.79	2.66	

Límite de contracción	21.19
Relación de contracción	1.73
Gravedad específica	2.72

Descripción		Unidad	Datos	
CONTENIDO DE HUMEDAD				
Cápsula		#	55	40
Peso cápsula		g	5.77	3.92
Peso cápsula + suelo húmedo		g	32.53	31.11
Peso cápsula + suelo seco		g	23.25	21.69
Peso agua		g	9.28	9.42
Peso suelo seco		g	17.48	17.77
Contenido de humedad		%	53.09	53.01
FACTORES DE CONTRACCIÓN				
Cápsula		#	55	40
Peso cápsula		g	5.25	3.61
Peso cápsula + fluido		g	19.57	17.39
Cápsula	Peso fluido	g	14.32	13.78
	Densidad fluido	g/cm3	0.86	0.86
	Volumen fluido	cm3	16.65	16.02
Muestra seca	Peso fluido	g	9.32	8.28
	Densidad fluido	g/cm3	0.86	0.86
	Volumen fluido	cm3	10.84	9.63
Límite de contracción		%	19.83	17.02
Relación de contracción		%	1.61	1.85
Gravedad específica			2.37	2.69

Límite de contracción	18.42
Relación de contracción	1.73
Gravedad específica	2.53

Descripción		Unidad	Datos	
CONTENIDO DE HUMEDAD				
Cápsula		#	46	52
Peso cápsula		g	3.8	3.71
Peso cápsula + suelo húmedo		g	30.71	28.69
Peso cápsula + suelo seco		g	21.39	20.07
Peso agua		g	9.32	8.62
Peso suelo seco		g	17.59	16.36
Contenido de humedad		%	52.98	52.69
FACTORES DE CONTRACCIÓN				
Cápsula		#	46	52
Peso cápsula		g	3.52	3.23
Peso cápsula + fluido		g	16.94	16.00
Cápsula	Peso fluido	g	13.42	12.77
	Densidad fluido	g/cm3	0.86	0.86
	Volumen fluido	cm3	15.60	14.85
Muestra seca	Peso fluido	g	9.13	8.04
	Densidad fluido	g/cm3	0.86	0.86
	Volumen fluido	cm3	10.62	9.35
Límite de contracción		%	24.63	19.07
Relación de contracción		%	1.66	1.75
Gravedad específica			2.80	2.63

Límite de contracción	21.85
Relación de contracción	1.70
Gravedad específica	2.71

13.5 ANEXO E

REGISTRO FOTOGRÁFICO



Imagen 1. Material secado al horno antes de lavado



Imagen 2. Lavado de material por malla N°200



Imagen 3. Tamices para ensayos de granulometría



Imagen 4. Material que pasa la malla N°40 para ensayos de límites



Imagen 5. Mezcla de suelo para ensayos de límite de contracción



Imagen 6. Pastillas de suelo antes de secado al horno



Imagen 7. Pastillas de suelo antes de secado al horno



Imagen 8. Pastillas de suelo después de secado al horno



Imagen 9. Pastillas de suelo después de secado al horno



Imagen 10. Pastillas de suelo después de secado al horno



Imagen 11. Ensayo de límite de contracción utilizando mercurio



Imagen 12. Ensayo de límite de contracción utilizando jabón



Imagen 13. Ensayo de límite de contracción utilizando glicerina



Imagen 14. Ensayo de límite de contracción utilizando aceite