



UNIVERSIDAD DON VASCO, A.C.

Incorporación No. 8727-15

A la Universidad Nacional Autónoma de México.

Escuela de Ingeniería Civil

PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS DEL SUELO DE LA COMUNIDAD DE PERIBÁN DE RAMOS, MICHOACÁN.

Tesis

que para obtener el título de

Ingeniero Civil

Presenta:

Sergio Estrada Blanco.

Asesor:

Ing. Anastacio Blanco Simiano.

Uruapan, Michoacán, a 12 de Abril de 2019



Universidad Nacional
Autónoma de México



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

ÍNDICE

Introducción.

| | |
|--------------------------------------|----|
| Antecedentes | 01 |
| Planteamiento del problema | 02 |
| Objetivo | 02 |
| Objetivos particulares | 03 |
| Pregunta de investigación | 03 |
| Justificación | 03 |
| Marco de referencia | 04 |

Capítulo 1.- Suelos.

| | |
|--|----|
| 1.1 Definición de suelo. | 07 |
| 1.2 Orígenes y procesos de formación | 07 |
| 1.3 Generadores de suelos | 09 |
| 1.4 Suelos granulares | 10 |
| 1.5 Suelos cohesivos | 11 |
| 1.6 Suelos orgánicos | 12 |
| 1.7 Suelos residuales y transportados | 12 |
| 1.8 Constitución mineral de los suelos | 14 |
| 1.9 Propiedades de los suelos | 16 |
| 1.9.1 Propiedades hidráulicas | 16 |
| 1.9.1.1 Tensión superficial | 17 |
| 1.9.1.2 Capilaridad | 18 |

| | |
|---|----|
| 1.9.1.3 Permeabilidad | 19 |
| 1.9.1.4 Gradiente hidráulico | 19 |
| 1.9.2 Deformabilidad de los suelos | 22 |
| 1.9.3 Consolidación | 24 |
| 1.9.4 Estados y límites de consistencia | 26 |

Capítulo 2.- Sistemas clasificación de los suelos.

| | |
|---|----|
| 2.1 Clasificación del suelo | 30 |
| 2.1.1 Principales tipos de suelos | 30 |
| 2.2 Identificación de suelos | 32 |
| 2.3 Sistema de clasificación de aeropuertos | 36 |
| 2.4 S.U.C.S. | 38 |
| 2.5 Fases del suelo | 45 |
| 2.6 Relaciones de pesos y volúmenes | 49 |

Capítulo 3.- Resumen ejecutivo de Macro y Micro localización

| | |
|--|----|
| 3.1 Generalidades de proyecto | 51 |
| 3.2 Resumen ejecutivo | 54 |
| 3.3 Entorno geográfico | 54 |
| 3.3.1 Macro y micro localización | 55 |
| 3.3.2 Geología | 58 |
| 3.3.3 Topografía | 58 |
| 3.3.4 Hidrografía | 59 |
| 3.3.5 Clima | 59 |

| | |
|-----------------------------------|----|
| 3.3.6 Edafología | 59 |
| 3.3.7 Uso de suelo | 59 |
| 3.4 Reporte fotográfico | 60 |

Capítulo 4.- Metodología.

| | |
|---|----|
| 4.1 Método empleado | 63 |
| 4.2 Enfoque de la investigación | 64 |
| 4.2.1 Alcance de la investigación | 65 |
| 4.3 Diseño de la investigación | 66 |
| 4.4 Instrumentos de recopilación de información | 67 |
| 4.5 Descripción del proceso de investigación | 68 |

Capítulo 5.- Análisis e interpretación de resultado.

| | |
|--|----|
| 5.1 Contenido de agua o humedad natural. | 69 |
| 5.2 Análisis granulométrico. | 70 |
| 5.3 Límites de consistencia. | 73 |
| 5.3.1 Límite líquido. | 73 |
| 5.3.2 Límite plástico. | 74 |
| 5.3.3 Límite de contracción. | 75 |
| 5.4 Peso específico seco suelto. | 77 |
| 5.5 Densidad relativa de sólidos.. . . . | 77 |
| 5.6 Consolidación unidimensional. | 80 |
| 5.7 Resistencia al esfuerzo cortante | 82 |

| | |
|---|------------|
| 5.8 Cálculos | 86 |
| 5.9 Recomendaciones y observaciones generales | 105 |
| 5.10 Concentrado de resultados | 107 |
| Conclusiones | 110 |
| Bibliografía | 112 |
| Otras fuentes de información | 114 |

AGRADECIMIENTOS

A Dios:

Agradezco a Dios por todo lo que me ha dado y por llegar hasta este día tan importante en mi vida.

A mis padres:

Sergio Estrada Nieto y Evelia Blanco Simiano, por todo el apoyo brindado durante mi vida y compartir un logro más conmigo que con su ayuda se pudo cumplir, puedo decirles que de esta forma les doy las gracias y los amo.

A mis hermanos:

Por ser unos magníficos hermanos Luis Leonardo Estrada Blanco y Jennifer Estrada Blanco ya que siempre han estado conmigo en todos los momentos.

INTRODUCCIÓN

Antecedentes.

La mecánica de suelos es una ciencia que ha existido desde hace muchos años y esto se sabe gracias a documentos y a estructuras que fueron construidas desde la edad media y que aún siguen en pie. Los pueblos de la antigüedad, como son los romanos, antes del desarrollo de la mecánica aplicada construyeron puentes, monumentos y grandes estructuras, pero todos los problemas de la ingeniería civil eran resueltos de forma intuitiva o por tanteos y con ello venían problemas serios como la seguridad o la economía.

Gracias a documentos históricos se sabe que el estudio de la mecánica de suelos comenzó a desarrollarse en países del llamado primer mundo como Suecia y Estados Unidos de Norteamérica, entre otros.

Así, la mecánica de suelos se encarga de estudiar las propiedades mecánicas e hidráulicas aplicadas a los problemas de ingeniería que tratan con sedimentos y otras acumulaciones no consolidadas de partículas producto de la desintegración química y mecánica. Este se puede clasificar en distintos tipos debido a que el suelo se conforma de diferentes minerales.

Cabe destacar que dentro de la Universidad sólo se cuenta con un trabajo de tesis de la carrera de Ingeniería Civil relacionado con este tema y la cual se menciona a continuación: "Propiedades índice y mecánicas en suelos de Uruapan, Michoacán." realizada por Miranda Domínguez C. Betzabé y Rodríguez Corona María Isabel, en el año de 1999, en donde realizaron una serie de sondeos en zonas determinadas de la ciudad, obteniendo muestras inalteradas para posteriormente

llevarlas a laboratorio para realizarles las pruebas adecuadas, adquiriendo las propiedades índice y mecánicas del material con el fin de brindar información a ingenieros o arquitectos que deseen construir en la ciudad de Uruapan.

Planteamiento del problema.

En la Ingeniería Civil uno de los problemas más significativos en una estructura es que pueda ocurrir un asentamiento o hundimiento que puede causar problemas graves en la obra y una manera de evitar esto es haciendo un estudio de mecánica de suelos.

La presente investigación contiene un estudio detallado del suelo de la comunidad nos muestra cuáles son las características índice y mecánicas del mismo y las cuales ayudarán a conocer su capacidad de carga y otras características que ayudarán a decidir correctamente el tipo de cimentación y evitar así como se mencionó anteriormente en el caso más extremo un hundimiento que vaya a quitarle la función para la que estaba diseñada la estructura.

Objetivo.

Determinar las propiedades índices y mecánicas del suelo, así como las pruebas de laboratorio que se hicieron a las muestras del suelo de la comunidad de Peribán de Ramos, Michoacán y estudiar su comportamiento del suelo para así obtener la capacidad de carga (saber si habrá o no asentamientos permisibles o diferenciales en cimentaciones superficiales) y posteriormente ser usado como base de obras de ingeniería.

Objetivos particulares:

- a) Describir los tipos de suelo que pueden existir en la comunidad.
- b) Establecer la capacidad de carga del suelo.
- c) Señalar la importancia de un estudio de mecánica de suelos.
- d) Describir los tipos de pruebas de laboratorio que se les aplicarán a las pruebas.
- e) Determinar los asentamientos probables en el suelo.

Pregunta de investigación.

Con la presente investigación se dará respuesta a las siguientes interrogantes:

Pregunta principal:

¿Cuáles son las propiedades índices y mecánicas de la comunidad de Peribán, Michoacán?

Preguntas secundarias:

¿Qué son las pruebas índices?

¿Que son las prueba mecánicas?

¿Cuál es el objetivo de realizar un estudio de mecánica de suelos?

Justificación.

La importancia de un estudio de mecánica de suelos depende de la obra que se vaya a realizar y de la magnitud de ésta, pues con los resultados que se logran del estudio se puede ver la capacidad de carga del suelo y así poder tomar la decisión correcta de elegir el tipo de cimentación y la profundidad adecuada a la que

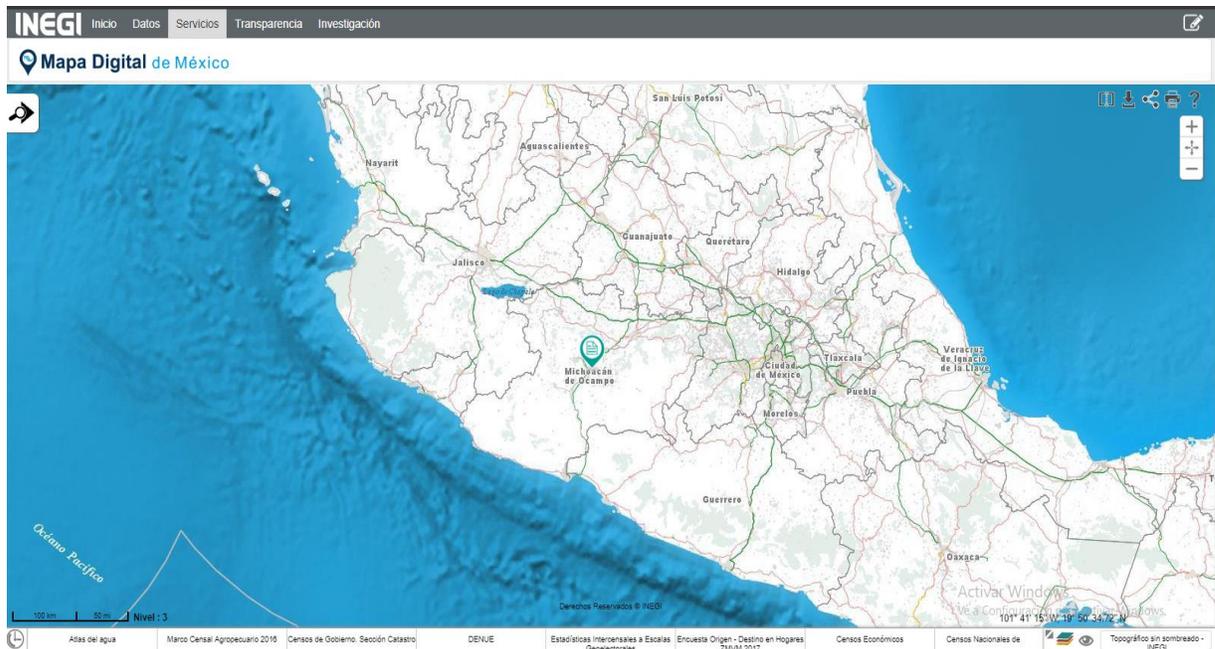
debe llegar ésta. También permite saber cuánto se va a gastar en la cimentación y evita que puedan llegar a ocurrir hundimientos del suelo.

La presente investigación beneficiará a todos los ingenieros, estudiantes y al público en general que quieran conocer acerca de este tema, pero especialmente esta investigación servirá de consulta para las futuras generaciones de ingenieros o egresados que ocupen hacer un trabajo en la comunidad ya que en la ingeniería nunca se está exento de trabajar con diferentes tipos de suelos de diferente origen y podemos encontrar cualquier tipo de ellos desde las gravas y arenas que podemos localizar en la costa, hasta los limos y arcillas de las zonas montañosas del estado de Michoacán.

Marco de referencia.

El estado de Michoacán se encuentra en la parte centro occidente de la República Mexicana sobre la costa del océano Pacífico entre los $17^{\circ}54'34''$ y $20^{\circ}23'37''$ de latitud Norte y los $100^{\circ}03'23''$ y $103^{\circ}44'09''$ de longitud Oeste y se ubica entre los ríos Lerma, Balsas, el lago de Chapala y forma parte del Eje Neo volcánico y la Sierra Madre del Sur.

La superficie territorial del estado de Michoacán es de 59 928 km², lo que representa un 3% de todo México y cuenta con una población aproximada de 3 985 667 habitantes. La flora del estado de Michoacán es muy variada, presenta bosques mixtos de pino, encino, fresno, oyamel, parota, ceiba, mango, guaje, tepemezquite, palma, chirimoya, zapote y guanábana entre otros.

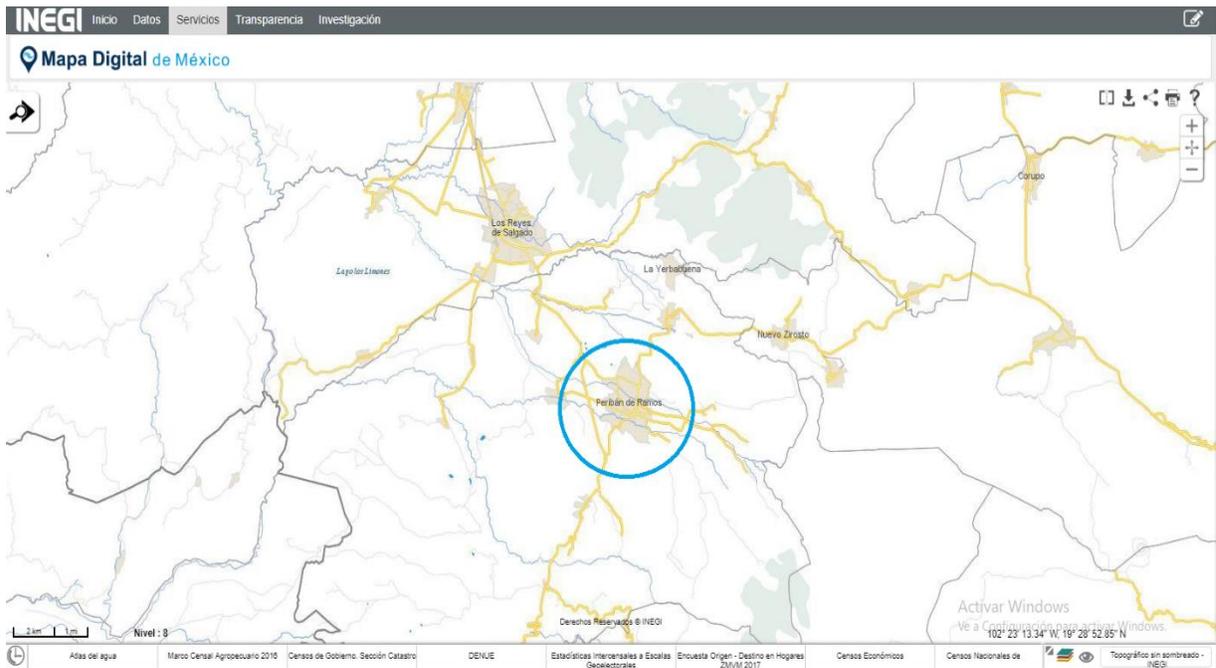


Fuente: (gaia.inegi.org.mx)

Su fauna está compuesta por: Paloma, codorniz, tordo, urraca, coyote, tlacuache, zorra, tejón, mapache, zorrillo, venado, conejo, pato, armadillo, ardilla, liebre, linco, cacomiztle, comadreja, gato montés, águila, cuervo, gavilán, perico, boa, faisán, además de carpa, mojarra, nutria, langosta, tiburón y tonina entre otros.

El municipio de Peribán de Ramos se localiza al oeste del Estado, en las coordenadas 19°31' de latitud norte y 102°25' de longitud oeste, a una altura de 1,640 metros sobre el nivel del mar. Limita al norte con la ciudad de Uruapan y Los Reyes, al este con Nuevo Parangaricutiro, al sur con Buenavista y Tancitaro y al oeste con el Estado de Jalisco. La superficie del municipio es de 331.87 Km² y representa un 0.56 % del total del Estado; su clima es tropical, templado con lluvias en verano y tiene una precipitación pluvial anual de 1,300 milímetros, con temperaturas que varían de 13.7 a 28.4° centígrados.

El principal uso que se le da al suelo en el municipio es para las actividades agrícolas, forestal y en menor proporción ganadero; su principal actividad económica es la agricultura ya que ocupa el primer lugar en la producción en el ámbito estatal de aguacate, caña de azúcar, maíz, zarzamora y fresa.



Fuente: (gaia.inegi.org.mx)

CAPÍTULO 1

SUELOS

El presente capítulo tiene como objetivo principal dar a conocer el concepto y las propiedades del suelo como son: su formación de acuerdo al origen y como se transportan, composición y las características de las partículas minerales que lo constituyen.

1.1 Definición de Suelo.

El término suelo puede tener diferentes definiciones dependiendo de qué manera vaya a ser estudiado. Para el geólogo, la palabra suelo describe las capas de material suelto sin consolidar que se extienden desde la superficie hasta la roca sólida, y que se ha formado por la desintegración de las propias rocas. Por otra parte, para el ingeniero, el concepto de suelo “está relacionado con la obra que pueda hacer sobre él, con el o en él”. (Roy Whitlow; 1994:1)

Y para el objeto de este trabajo de investigación otra definición sería todo material terroso, desde un relleno hasta arenas parcialmente cementadas quedando desechadas todo tipo de rocas y depósitos de sedimentos con un alto nivel de cementación.

1.2 Orígenes y procesos de formación.

Según Juárez Badillo (2000) el globo terrestre está formado por un núcleo principalmente compuesto de hierro y níquel. La mayoría de los investigadores creen

que el núcleo es fluido, pero existe una opinión de que gran parte de este centro tiene alta rigidez, por lo tanto, debería de considerarse sólido.

Así mismo, este núcleo está rodeado por un fluido a grandes temperaturas y presiones llamado “magma”, y que a este mismo lo envuelve la corteza terrestre que está formada por silicatos y mide alrededor de 30 km a 40 km de espesor.

En esta corteza mencionada anteriormente se encuentra solamente una pequeña capa, la cual, está formada por la descomposición y disgregación de las rocas de la corteza terrestre, a esta capa de material disgregado es a lo que llamamos suelo.

Todos los suelos, ya mencionados con anterioridad, se forman o se originan directa o indirectamente de las rocas que se encuentran en las últimas capas de la corteza terrestre, y que a la vez estas se clasifican en 3 tipos de acuerdo a la forma en que se crearon originalmente: rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas.

1.- Rocas ígneas: Estas se formaron cuando el material que cubre al núcleo (magma) se enfrió dentro o fuera de la corteza terrestre y que por consiguiente se endureció. Si el enfriamiento se produce lentamente bajo la superficie se forman rocas con cristales las cuales podrían ser las rocas plutónicas o intrusivas, mientras que, si el enfriamiento es rápido y en la superficie se forman las rocas volcánicas o extrusivas.

2.- Rocas sedimentarias: Este tipo de rocas se crean a partir de capas que se van acumulando con el tiempo y el asentamiento de sedimentos, principalmente este proceso ocurre en ríos y lagos.

3.- Rocas metamórficas: Estas rocas son las que se forman a partir de otra roca ya existente o la modificación de la misma, que puede ser una ígnea,

sedimentaria o incluso de una metamórfica. Las causas por las que puede ocurrir este proceso son: calor extremo o presiones altas.

1.3 Generadores de suelo.

Existen varios factores que atacan a la corteza terrestre para la formación de suelos, especialmente el viento y el agua, no obstante, sólo se toman en cuenta dos tipos o grupos: descomposición química y desintegración mecánica.

La descomposición química se refiere a la descomposición de la roca a causa de agentes químicos que atacan su estructura química o mineral. De entre todos los factores que pueden descomponer químicamente una roca, el principal y más común es el agua, el cual al entrar en contacto con las rocas les causa oxidación, hidratación y la carbonatación siendo estos los factores que originan la descomposición química de la roca.

La desintegración mecánica se entiende por la desintegración o el desgaste de la roca por medio de agentes físicos como podrían ser, cuando la roca tiene grietas y posteriormente ocurren bajas temperaturas, el agua se congela dentro de la roca y ocasiona que esta se rompa, por otra parte también están las plantas y sus raíces ya que estas pueden desarrollarse dentro de la roca y a medida que van creciendo van causando que la roca se fragmente. Otros factores importantes según Arias Rivera (1993) son:

- cambios de temperatura
- esfuerzos tectónicos
- esfuerzos abrasivos del agua y el viento

- efectos telúricos (sismos, terremotos)
- efectos de la gravedad (taludes, derrumbes)

1.4 Suelos granulares.

Este tipo de suelos de acuerdo con Bañon Blázquez (2001) está formado por partículas sin cohesión entre ellas debido al tamaño que poseen estas mismas. La formación de este tipo de suelos es consecuencia de fenómenos desintegración física de la roca madre.

Los suelos que se pueden encontrar en esta clasificación principalmente son las gravas y las arenas. El límite entre estos dos tipos de suelo está condicionado por el tamaño de las partículas, se le llama a una arena cuando el tamaño de las partículas que la forman están por debajo de los 2 mm.

La granulometría de este tipo de suelos es debido al transporte que los haya movido de su lugar de origen, si el transporte es el viento la granulometría de sus partículas será muy uniforme, si el movimiento del suelo es fluvial, la granulometría del suelo será progresiva dependiendo de qué tan rápido o lento vaya el flujo que los transporte, y por último, por ejemplo, si el acarreo es por medio de un glaciar, la granulometría del suelo no tiene un patrón definido y encontraremos una gran gama de tamaños, es decir, no será uniforme.

Las principales características de estos suelos granulares, es la buena capacidad de carga y una alta permeabilidad, por lo que esto permite que en caso de que haya una carga externa se pueda desalojar toda el agua que se encuentre en su interior rápidamente, esta evacuación del agua está condicionada dependiendo del volumen de huecos o porosidad del suelo.

1.5 Suelos cohesivos.

Igualmente Bañon Blázquez (2001) menciona que al contrario de los suelos comentados con anterioridad, los suelos cohesivos presentan un tamaño mucho menor y más fino que los suelos granulares estando el tamaño de las partículas por debajo de 0.08 mm. por lo que esto les proporciona algunas propiedades muy importantes, pero la más importante y de la que se hablará es de la cohesión.

La cohesión, como ya se mencionó con anterioridad, es la propiedad de los suelos cohesivos más importante desde el punto de vista mecánico. La definición de este término es la fuerza interparticular producida por el agua de constitución del suelo, pero mientras este no se encuentre saturado. Esta propiedad de los suelos es muy importante en la estabilidad de taludes ya que contiene partículas pequeñas y suficiente arcilla para que el suelo se adhiera a si mismo aumentando la resistencia al esfuerzo cortante y evita deslizamientos.

Dentro de los suelos cohesivos se encuentra una importante clasificación de dos tipos de suelos, ya que son los principales suelos cohesivos que se encuentran, estos son: los limos y las arcillas.

Los limos son partículas de suelo de origen físico y su tamaño oscila entre los 0.02 y 0.002 mm., mientras que las arcillas vienen por la descomposición de las rocas debido a acciones químicas.

Este tipo de suelos tiene dos importantes propiedades que los caracteriza como suelos cohesivos y son su baja permeabilidad que impide el paso del agua por su reducido tamaño de poros o volumen de vacíos debido a que la forma característica de estas partículas es en forma de escamas o laminar y su alta compresibilidad.

1.6 Suelos orgánicos

Bañon Blázquez (2001) dice que los suelos orgánicos son aquellos suelos que provienen de la descomposición de restos de materia orgánica de origen animal o vegetal, pero más que nada la materia orgánica de origen vegetal es la que predomina en este tipo de suelos, estos se encuentran en los primeros metros de la superficie.

Las principales propiedades que caracterizan a este tipo de suelos es su muy baja capacidad de carga, su alta compresibilidad y su mala tolerancia al agua.

Por estas características mencionadas anteriormente, este tipo de suelos son los que menos quisiera encontrarse un ingeniero al momento de construir cualquier tipo de estructura por lo que si se llega a topar con este tipo de suelos es preferible removerlos y realizar una estabilización de suelos con otro tipo de material adecuado para la obra.

Se desarrollan en zonas donde la materia orgánica se acumula en la superficie sin llegar a descomponerse en consecuencia de bajas temperaturas o de una saturación prolongada del suelo.

1.7 Suelos residuales y transportados

De acuerdo a Juárez Badillo (2000) los suelos residuales son todos aquellos los que no se han movido o acarreado del lugar donde se formaron. Estos suelos suelen aparecer cuando prevalecen los procesos químicos que los físicos.

Conforme a Lambe T. William (2000) los suelos residuales se pueden catalogar en 3 zonas específicamente: zona superior, en esta zona existe un gran

elevado nivel de meteorización (degradación de la roca madre), pero también se encuentra arrastre de suelo, zona intermedia, en la cual la parte superior de esta zona sufre también la degradación de la roca madre y la parte inferior lleva un poco de graduación hacia la parte de abajo y la zona parcialmente meteorizada, es la zona que sirve de transición del suelo residual a la roca original no alterada.

Este tipo de suelos comúnmente los podemos encontrar en las zonas húmedas y templadas, tal que este clima favorezca a que se dé el ataque químico de las rocas y crezca suficiente vegetación para que evite que los factores de meteorización no sean arrastrados y se formen sedimentos.

Al contrario de los residuales, los suelos que han sido movidos de su lugar de origen se les llama suelos transportados. Para este tipo de suelos existen diversos tipos de factores de transporte para el suelo, los más destacados o los más comunes que se encuentran en la naturaleza son los ríos, los mares, los glaciares, el viento y las fuerzas de gravedad.

Debido a la acción del viento éste puede arrastrar dependiendo de la fuerza y velocidad, suelos que pueden ser desde limos hasta arenas gruesas, este acarreo puede que las partículas de suelo viajen a kilómetros de distancia del lugar de origen.

Por otra parte están los ríos, que pueden transportar más diferentes tipos de tamaño de suelo debido a la velocidad alta o baja que lleve, principalmente la velocidad al comienzo del río es alta y puede arrastrar cantos rodados muy grandes, pero mientras avanza la corriente comienza a disminuir y comienzan a depositarse los materiales más gruesos, al momento de llegar a la desembocadura los materiales que comúnmente se depositan debido a la baja velocidad de la corriente son los materiales finos como los limos y las arcillas.

De acuerdo a Arias Rivas (1993) según su forma de transporte se puede ver la siguiente clasificación para los suelos:

- 1) Suelos aluviales.- El factor de transporte más importante es el agua, pidiéndose formar depósitos, ya sean finos o gruesos dependiendo de la velocidad del flujo.
- 2) Suelos lacustres.- Estos suelos son por acarreo, y ocurre cuando por ejemplo un río pierde su velocidad o llega a un lago, por consiguiente forma depósitos de partículas muy finas predominando los limos y las arcillas
- 3) Suelos eólicos.- Como su nombre lo dice este tipo de suelos son los que han sido arrastrados y depositados por la acción del viento.
- 4) Depósito de pie de monte.- Una característica importante de este tipo de suelos es la heterogeneidad, ya que al ser formados directamente por la gravedad se forman de una gran diversidad de materiales como: fragmentos de roca, limos, arcillas, arenas, gravas e incluso de materia orgánica.

En otras palabras se puede mencionar a los suelos transportados como “perfiles estratigráficos”, ya que este tipo de suelo va formando estratos en el lugar donde se depositaron.

1.8 Constitución mineral de los suelos.

Aunque hay cientos de minerales catalogados en los manuales de mineralogía, “un número relativamente pequeño constituye la mayor parte de las rocas y suelos”. (Sowers, George; 1993: 31)

Dentro del suelo según Roy Whitlow (1994) se puede encontrar fragmentos de roca, granos minerales y materia orgánica. Los fragmentos de roca son los que podemos observar a simple vista, son los que pertenecen de la roca madre y pueden contener varios minerales. Estos fragmentos de roca se diferencian mucho de los granos minerales por su tamaño, ya que son mucho más grandes, mayores de 2 mm, podría decirse que su tamaño esta entre una arena y una grava.

Los granos minerales son partículas más pequeñas a comparación de los fragmentos de rocas (menores a 2 mm) y son fragmentos separados cada uno compuesto por un sólo mineral y puede haber una gran diversidad de tamaños y minerales. Este tipo de fragmentos se dividen en dos grupos dependiendo de su tamaño; los granos finos y los granos gruesos.

Los granos finos son los limos y las arcillas y el tamaño de estas partículas son menores a 0.06 mm. su forma característica es escamosa . Los granos gruesos son las arenas y las gravas, su tamaño es mayor que 0.06 mm. la forma de este tipo de granos generalmente es redonda o angular.

La materia orgánica también presente en los suelos resulta de restos animales y vegetales, a esta mezcla de desechos se le llama humus; suelos con alto contenido de materia orgánica, y es un material indeseable para cualquier Ingeniero Civil ya que sus propiedades no son las adecuadas para la construcción de cualquier tipo de obra, son suelos muy compresibles ya que absorben mucha agua, tienen muy baja resistencia al esfuerzo cortante y como consecuencia de esto su capacidad de carga es muy pequeña. Además, la materia orgánica que contiene complica la fabricación y fraguado del concreto.

1.9 Propiedades de los suelos.

Cada tipo de suelo que forma la corteza terrestre tiene propiedades y características que lo hacen único, por lo que se puede mencionar que no existen dos suelos iguales. Gracias a estudios se sabe que el suelo en una misma región puede presentar diferentes variaciones en sus propiedades, como puede ser su composición mineralógica o en la manera en que se formó, por lo que se debe de estudiar al suelo como un compuesto o elemento natural y no como una masa uniforme.

1.9.1 Propiedades hidráulicas

Las propiedades hidráulicas de un suelo principalmente se refieren al flujo de agua que pasa libremente a través del suelo a estudiar. De acuerdo a Arias Rivera (1993) el agua que se encuentra en un suelo puede clasificarse en 3 categorías:

- Agua absorbida
- Agua capilar
- Agua libre o gravitacional

En un suelo, el agua que se encuentra libre dentro de él está separada del agua capilar por una superficie de agua la cual tiene el nombre de Nivel de Aguas Freáticas. Este nivel de aguas freáticas es el punto donde el suelo está totalmente saturado.

El tipo de flujo que pasa a través de los suelos puede clasificarse en dos tipos: flujo laminar y flujo turbulento.

El flujo laminar es aquel que sus líneas de flujo continúan sin juntarse entre sí en todo su trayecto, los suelos que comúnmente presentan este tipo de flujo son las arcillas y los limos, mientras que el flujo turbulento solamente ocurre cuando no se presenta la condición anterior y únicamente se muestra este tipo de flujo en los suelos gruesos, como las gravas y las arenas.

En la siguiente figura se podrá observar los tipos de flujo en un suelo.

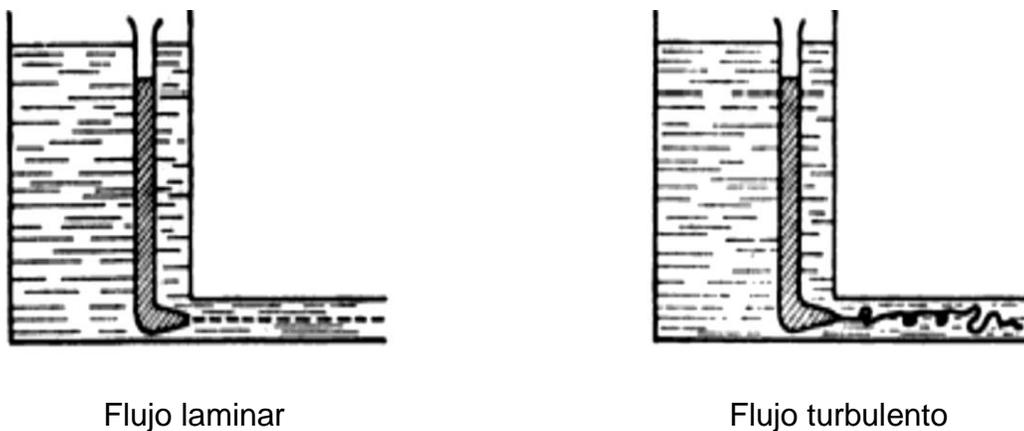


Figura 1.1: tipos de flujo en el suelo

Fuente: (Juárez Badillo; 2000: 191)

1.9.1.1 Tensión superficial

La tensión superficial según George Sowers (1993) dice que es una fuerza que actúa de forma paralela o en todas direcciones a la superficie del agua.

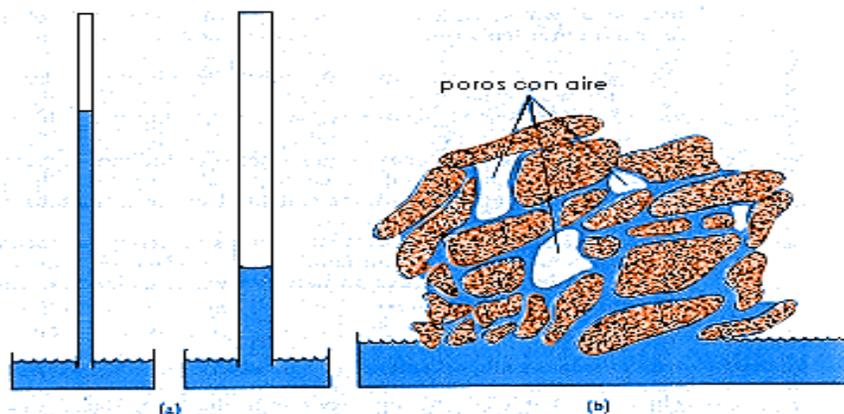
Esta propiedad en los suelos se puede presentar de dos maneras: como agua libre que ocupa totalmente o parcialmente los poros o vacíos entre los granos del suelo y como la película de agua adsorbida que envuelve los granos por ende esto

se debe a que las fuerzas que actúan en las moléculas de la superficie e interior de un líquido son diferentes.

1.9.1.2 Capilaridad

Gracias a la tensión superficial en los suelos se origina una atracción superficial entre moléculas vecinas, esto ocasiona que se formen pequeños tubos irregulares. Este fenómeno permite que un suelo seco succione el agua del nivel freático a través de los pequeños conductos. Cuando un suelo está totalmente saturado los espacios de agua y aire se reducen a cero y por consiguiente la ascensión capilar también se toma como nula.

El nivel al que asciende el agua es inversamente proporcional al tamaño de los conductos formados en el suelo. A continuación se observa una imagen que muestra el fenómeno de la capilaridad.



El efecto capilar se puede demostrar colocando un fino tubo capilar sobre una superficie de agua libre. El agua asciende por el tubo, tanto más cuanto más delgado sea (más importancia tienen las paredes) (parte a del dibujo). En el suelo se forman tubos capilares en el contacto entre las partículas, por los que asciende el agua y queda retenida

Figura 1.2: Capilaridad del suelo

Fuente: (<http://edafologia.ugr.es/>)

1.9.1.3 Permeabilidad

La permeabilidad de un suelo se refiere a su capacidad para permitir el paso de una corriente de agua a través de su masa. (Zea Constantino; 2004: 23).

Cuando un Ingeniero pretende construir debe tomar muy en cuenta este fenómeno, si se presentará o no un flujo de agua dentro del suelo, porque lo que se necesita es un flujo de baja velocidad, porque de lo contrario un flujo de mayor velocidad como sería un flujo turbulento ocasionaría problemas a la hora de construir.

1.9.1.4 Gradiente hidráulico

De acuerdo con Zea Constantino (2004) el gradiente hidráulico es una medida de la energía que impulsa el agua a moverse dentro del suelo.

La figura 1.3 muestra un suelo dentro de un tubo de cierto diametro; el agua se desplaza dentro del espécimen de suelo a una velocidad media "v", pasando de la sección 1 a la sección 2, recorriendo la distancia "L", despreciando la carga de velocidad, la carga hidráulica en cualquiera de las dos secciones es:

$$h_{ii} = Z + \frac{P_{ii}}{Y_{ii}}$$

Y de acuerdo con la ecuación de Bernoulli de la energía, se tiene:

$$h_1 = h_2 + h$$

De donde:

$$h = h_1 - h_2$$

Siendo "h" la pérdida de carga hidráulica que tiene lugar cuando el agua pasa de la sección 1 a la sección 2.

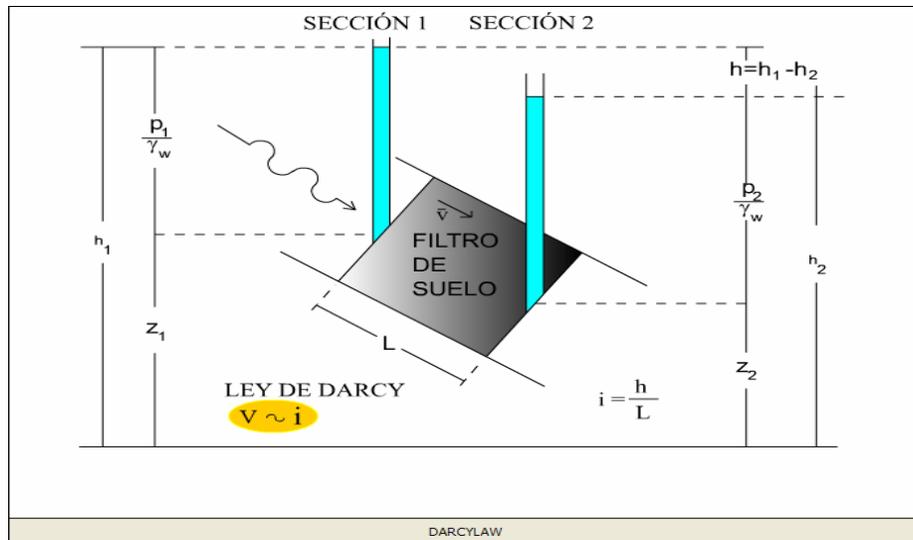


Figura 1.3: Ley de Darcy, esquema experimental

Fuente: (Zea Constantino; 2004: 24)

Finalmente, el gradiente hidráulico, i , es un concepto adimensional y representa la pérdida de carga hidráulica por unidad de longitud, esto es:

$$i = \frac{h}{L}$$

De lo anterior se tiene el conocimiento que en 1856 Darcy descubrió que la velocidad media con la que el agua fluye dentro de una región de flujo es directamente proporcional al gradiente hidráulico.

En la figura 1.4 se muestra esquemáticamente el comportamiento del agua al variar su velocidad; si el agua parte de velocidades relativamente bajas, en la zona I (laminar), a velocidades mayores en la zona II (transición) cambia a régimen turbulento en el punto B, siguiendo la trayectoria inferior que se indica hasta alcanzar el punto C (correspondiente a la velocidad crítica superior, V_{cs}); en cambio, si se

parte de velocidades correspondientes a la zona III (turbulenta) a velocidades menores en la zona de transición, el agua cambia su comportamiento a régimen laminar en el punto "A" (correspondiente a la velocidad crítica inferior, V_{ci}), siguiendo la trayectoria superior que se indica.

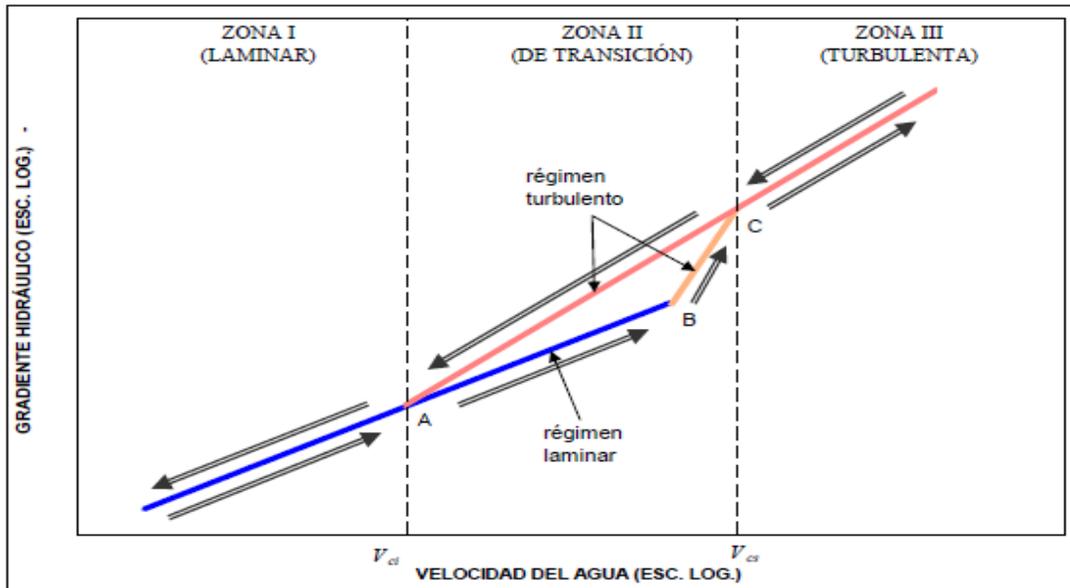


Figura 1.4: comportamiento del agua al variar la velocidad

Fuente: (Zea Constantino; 2004: 25)

De la figura 1.4 se deduce que en régimen laminar, la ley de Darcy es:

$$v = k i$$

Siendo k una constante de proporcionalidad, conocida como coeficiente de permeabilidad.

En virtud de que el gradiente hidráulico es un concepto adimensional, el coeficiente de permeabilidad tiene dimensiones de velocidad, siendo numéricamente igual a la velocidad media del agua cuando el gradiente hidráulico es igual a uno;

físicamente representa la “facilidad” (inverso de la resistencia) con que el agua fluye a través del suelo.

En la figura 1.4 el volumen de agua que atraviesa el suelo en la unidad de tiempo, esto es el gasto, Q , puede expresarse como:

$$Q = kAi$$

Siendo “ A ” el área de la sección.

En la siguiente tabla se muestra el rango de valores de k de acuerdo con el tipo de suelo:

| k (cm/s) | 10^2 | 10^1 | 10 | 10^{-1} | 10^{-2} | 10^{-3} | 10^{-4} | 10^{-5} | 10^{-6} | 10^{-7} | 10^{-8} | 10^{-9} |
|--------------------------|------------------------|--|----|-----------|--|-----------|-----------|-----------|---|-----------|-----------|-----------|
| Drenaje | Bueno | | | | | | Malo | | Prácticamente impermeable | | | |
| Relleno sanitario | Pésimo | | | | | | | | | Bueno | | |
| Tipo de suelo | Grava gruesa (cascajo) | Arena limpia, arena mezclada con grava | | | Arena muy fina, suelos orgánicos e inorgánicos, mezcla de limo-arenoso y arcilla | | | | Suelo impermeable modificado por efecto de la vegetación y la intemperización | | | |
| | | | | | Suelo impermeable; por ejemplo: arcilla homogénea debajo de la zona de intemperización | | | | | | | |

Tabla 1.1: valores de k (coeficiente de permeabilidad)

Fuente: (www.google.com)

1.9.2 Deformabilidad de los suelos

La deformabilidad de un suelo se puede medir mediante tres tipos básicos de comportamiento mecánico esfuerzo - deformación, que es en base a su consistencia, los cuales son: comportamiento plástico, comportamiento elástico y comportamiento

viscoso. El grado de deformación depende de la naturaleza del terreno, del tipo de estructura, del índice de huecos y la forma en que es aplicada la carga.

Según George F. Sowers (1993) el comportamiento plástico puede definirse como un suelo que al haberle aplicado alguna carga sigue deformado aun después de haberle quitado dicha carga.

Dentro del comportamiento plástico se puede encontrar dos tipos de plasticidad en los suelos: plasticidad baja a moderada, suelos normalmente consolidados y plasticidad baja o moderada, suelo pre consolidado.

Los suelos con plasticidad baja a moderada o suelos normalmente consolidados incluyen a las arcillas, los limos y los limos orgánicos y suelos gruesos como arenas gravas y rocas porosas. Si a este tipo de suelos no se les ha puesto nunca desde que se formaron una carga superior a la que proviene de la sobrecarga del suelo se les llama “normalmente consolidados”.

Los suelos con plasticidad baja o moderada, o suelos pre-consolidados incluyen a los mismos tipos de suelos que la clasificación anterior pero la diferencia es que estos suelos son los que han sido sometidos a un esfuerzo superior a la que produce la actual sobrecarga de tierra. La pre consolidación según Juárez Badillo (2000) en los suelos se puede presentar de varias maneras: la remoción de tierra superyacente ya sea por erosión o por excavación, los cambios químicos por el cambio de ligaduras físico-químico que producen expansión y contracción de los granos y una de las causas más importantes es la tensión capilar que se origina de la desecación del suelo.

Un suelo con comportamiento elástico, según Zea Constantino (2004), es aquel al que al aplicarle una carga o un sistema de cargas se deforma, pero que al

quitarle dichas cargas el suelo regresa a la misma forma o configuración geométrica inicial.

En el comportamiento viscoso en un suelo las deformaciones que ocurren en el no solamente dependen de la magnitud de las fuerzas aplicadas, sino también del tiempo que transcurra desde que se le aplica la carga, a este tipo de respuesta (deformación) del suelo se le llama diferida, en cambio en los suelos elásticos y plásticos su deformación no depende del tiempo desde que se le aplicó la carga, por lo tanto, a esta respuesta se le llama inmediata.

En los suelos finos saturados, por ejemplo, “podemos encontrar una combinación de las 3 componentes de deformación, o sea, una componente elástica, otra plástica y otra visco plástica”. (Zea Constantino; 2004: 34).

1.9.3 Consolidación

Todos los suelos, según Juárez Badillo (2000), que son sometidos a una carga o esfuerzo sufren deformaciones o en este caso una consolidación, la deformación que ocurre en los suelos aunque la carga sea muy pequeña es mayor que en los elementos estructurales y a comparación de estos últimos el suelo no presenta instantáneamente la deformación, sino que se produce con el tiempo, esto puede tardar desde algunas horas hasta varios años (principalmente el tiempo es muy largo) dependiendo de la granulometría del suelo y de la carga aplicada a la que está sometido y los elementos estructurales se deforman en el momento que se le aplica la carga. Por ejemplo un suelo que está soportando una estructura de gran peso

como puede ser un edificio tardará años en que la consolidación del suelo se desarrolle por completo.

Otra diferencia importante entre los suelos y los elementos estructurales es que los últimos al aplicarles la carga solamente sufren una deformación al cambiar de forma, mientras que los suelos sufren cambio de forma y también un cambio en su volumen, estas deformaciones tienen como consecuencia el asentamiento de la estructura, por lo que el ingeniero debe de prever y evitar con un previo estudio de mecánica de suelos los asentamientos excesivos o diferenciales que pongan en peligro la estructura.

Zea Constantino (2004) define que el fenómeno de la consolidación se divide en dos etapas: la consolidación primaria y a consolidación secundaria.

La consolidación primaria es consecuencia por el exceso de presión de agua en los suelos de baja permeabilidad, la cual requiere de tiempos significativamente grandes para su disipación y lo cual retarda el proceso de deformación del suelo.

La consolidación secundaria se origina después de la consolidación primaria y en suelos altamente compresibles y orgánicos a consecuencia de procesos más complejos que el simple flujo del agua, esta se presenta cuando ocurre un deslizamiento relativo entre las láminas arcillosas, a este fenómeno se le llama “viscosidad intergranular” y sobre todo este fenómeno tiene importancia cuando el subsuelo se encuentra altamente estratificado con intercalaciones de material permeable, ya que la consolidación primaria se presenta rápidamente.

En pocas palabras podemos definir a la consolidación como el proceso de expulsión de agua de un suelo a través de una carga, con el paso del tiempo y es completamente natural.

1.9.4 Estados y límites de consistencia

De acuerdo a Bañon Blázquez (2001) el comportamiento que presenta un suelo, depende mucho del agua que se encuentre en su interior, ya que, ésta puede ocasionar muchas deformaciones al aplicarle una carga. Este hecho se enfatiza más cuando las partículas del suelo son más pequeñas o más finas, esto sucede mayormente en los suelos de componente arcilloso.

Por lo anterior, es muy útil estudiar los límites entre los diferentes estados de consistencia que presentan los suelos en presencia de agua, esto se puede presentar en los suelos cohesivos en función de su grado de humedad, por lo que los estados de consistencia pueden ser: límite líquido, plástico, semisólido y sólido.

- 1) Líquido: La presencia de una cantidad excesiva de agua anula las fuerzas de atracción interparticular que mantenían unido al suelo (la cohesión) y lo convierte en un líquido viscoso sin capacidad resistente.
- 2) Plástico: El suelo es fácilmente moldeable en presencia de agua, presentando grandes deformaciones incluso con esfuerzos o cargas pequeñas, cuando el suelo no recupera su estado inicial una vez acabado el esfuerzo, se dice que su comportamiento es plástico. Mecánicamente este comportamiento no es apto para resistir cargas adicionales.
- 3) Semisólido: Cuando el suelo deja en un punto de ser moldeable, porque se quiebra al tratar de manipularlo o al tratar de cambiarlo de forma se dice que

se encuentra en estado semisólido, sin embargo, esto no significa que sea un sólido puro, ya que contiene agua, solo que lo ha perdido en la mayor parte. El comportamiento mecánico de este estado es aceptable.

- 4) Sólido: En este estado el suelo alcanza completamente su estabilidad, ya que al no contener agua su volumen no cambia. El comportamiento mecánico del suelo en este estado es el óptimo.

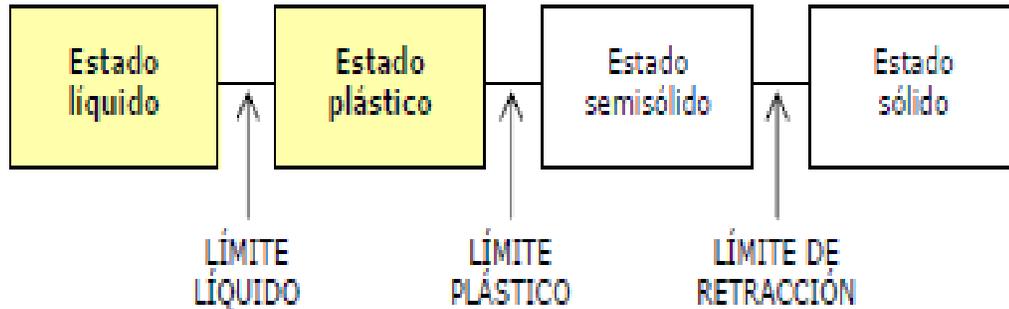


Figura 1.5: Estados de consistencia del suelo

Fuente: (Bañon Blázquez; 2001: 15-9)

Atterberg fue el primero que definió los 4 estados de consistencia de los suelos vistos anteriormente y determinó los límites entre ellos como se observa en la figura anterior, observando las diferentes propiedades físicas y mecánicas.

El límite líquido de un suelo es la frontera de los estados semilíquido y plástico y se determina con el método de la “Copa de Casagrande” obteniendo la cantidad de agua mínima que puede contener el suelo, el cual consiste en colocar el suelo

moldeado en la cuchara o cápsula de la copa de aproximadamente 100 gramos, después se hace una ranura realizada previamente con una espátula normalizada y se hace cerrar dándole golpes contra una superficie dura, el suelo tendrá el contenido de agua correspondiente al límite líquido cuando los bordes inferiores se toquen sin mezclarse a un cierto número de golpes.

La humedad adecuada al límite líquido del suelo será cuando la ranura se haya cerrado en 25 golpes y se determina con una gráfica normalizada interpolando los datos obtenidos en la prueba.

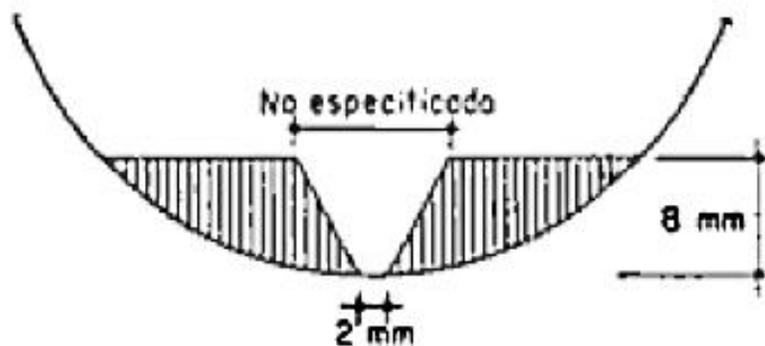


Figura 1.6: Cápsula y ranura para límite líquido

Fuente: (Juárez Badillo; 2000: 128)

El límite plástico se encuentra entre la frontera del estado plástico y el estado semisólido del suelo y se puede definir como la menor humedad que logra contener un suelo. La obtención de este límite consiste en realizar cilindros con una pequeña porción de suelo de 3 mm. de diámetro cuando se originaba un agrietamiento o un desmoronamiento se dice que ya alcanzó su límite plástico y en tal momento el contenido de agua era la frontera deseada.

A las fronteras anteriormente mencionadas que definen el intervalo plástico del suelo se les llama límite de plasticidad y a la diferencia entre ambos límites se le llama índice de plasticidad, este índice da una idea del grado de plasticidad que presenta el suelo.

Por último, el límite de contracción es el que se encuentra entre los estados semisólido y sólido.

| PARAMETRO | | TIPO DE SUELO | | |
|-----------|------------------------------|---------------|----------------|-----------------|
| | | Arena | Limo | Arcilla |
| LL | Límite líquido | 15 - 20 | 30 - 40 | 40 - 150 |
| LP | Límite plástico | 15 - 20 | 20 - 25 | 25 - 50 |
| LR | Límite de retracción | 12 - 18 | 14 - 25 | 8 - 35 |
| IP | Índice de plasticidad | 0 - 3 | 10 - 15 | 10 - 100 |

Tabla 1.2: Valores típicos de consistencia del suelo

Fuente: (Bañon Blázquez; 2001: 15-11)

CAPÍTULO 2

SISTEMAS DE CLASIFICACIÓN DEL SUELO

En este capítulo se pretende dar a conocer las fases en las que se encuentra el suelo, así como, sus relaciones fundamentales y principalmente las técnicas y sistemas para la clasificación de los suelos para aplicaciones en la Ingeniería Civil, con el propósito de elegir el suelo adecuado para la obra civil que se vaya a ejecutar

2.1 Clasificación del suelo

Debido a la gran variedad de suelos que existen en la naturaleza, la mecánica de suelos tiene algunos problemas al momento de ordenar a los suelos en forma cuantitativa, por lo que la mecánica se vio en la necesidad de clasificar en forma completa y simple a los suelos, para la cual toma en cuenta su origen, propiedades, para aplicaciones ingenieriles las propiedades mecánicas y de acuerdo a su granulometría.

2.1.1 Principales tipos de suelos

De acuerdo con Zea Constantino (2004), a continuación se mencionará los principales suelos que existen en la naturaleza:

1.- Gravas:

Este tipo de suelo son depósitos de fragmentos de roca, pueden ser formados por el hombre o naturalmente, los podemos encontrar en lechos, márgenes de ríos y

en algunos otros diversos lugares donde han sido transportadas. Su tamaño está comprendido entre los 2 y 64 mm.

2.- Arenas:

Este material es similar a las gravas pero el tamaño de las partículas es mucho menor se encuentra entre los 0.063 y 2 mm, ésta se puede encontrar como arena de río, arena de playa o arena volcánica, etc.

3.- Limos:

En estos tipos de suelos las partículas que lo conforman son muy finas y con muy poca plasticidad, pueden ser orgánicos como de los ríos o inorgánicos producidos de las canteras, se le llama limo a las partículas que tienen un tamaño menor que 0.063 mm.

4.- Arcillas:

Las arcillas son también un suelo de partículas finas como el limo pero la diferencia es que las arcillas son materiales químicamente muy activos y mecánicamente muy plásticos al ser mezclados con agua. Este tipo de suelos pueden tener un gran porcentaje de humedad por lo que esas condiciones son muy compresibles y tienen una baja capacidad de esfuerzo cortante.

5.- Turbas:

Las turbas son un suelo que principalmente está formado por materia orgánica vegetal, y puede estar mezclada con arcilla. Este tipo de suelo es el más indeseable para aplicaciones ingenieriles, ya que es un suelo con alta grado de compresibilidad y prácticamente no tiene capacidad al esfuerzo cortante, por esto si se encuentra este tipo de suelos es mejor removerlos y mejorar con otro tipo de suelos como un limo o una arcilla.

6.- Tepetate:

Este tipo de suelos es una mezcla de varios tipos de suelos anteriormente mencionados que son los limos, las arcillas y las arenas en proporciones variables, dependiendo del tipo de suelo predominante este material se le puede llamar de diferentes formas, puede ser un tepetate arcilloso, limoso o arenoso o incluso puede dársele doble nombre; arcillo-limoso si la arcilla predomina o viceversa.

2.2 identificación de suelos

Según Zea Constantino (2004) la identificación de los suelos es una acción donde el ingeniero civil utiliza los sentidos como el tacto, la vista, o incluso el olfato si se trata de una turba, a continuación se mencionarán algunas técnicas para identificar suelos que comúnmente se catalogan en suelos gruesos y finos.

a) Identificación de suelos gruesos en campo:

De acuerdo con Juárez Badillo (2000) los suelos que están compuestos por partículas gruesas comúnmente la identificación en campo es visual dado por el tamaño de las partículas que son fácil de visualizar. Esto puede hacerse extendiendo al material seco sobre una superficie plana para poder ver los diferentes tamaños, forma y composición mineralógica.

Comparando los suelos gruesos con objetos de tamaño conocidos se puede tener una idea del tamaño que poseen los granos del suelo, esto lo se puede ver en la siguiente tabla.

| NOMBRE | TAMANO (MM) | TAMAÑO COMPARATIVO |
|---------------|--------------------|----------------------------------|
| Boleo | ≥305 | Una pelota de baloncesto o mayor |
| Canto rodado | 76 – 305 | Naranja - sandía |
| Grava gruesa | 30 – 76 | Limón - naranja |
| Grava media | 19 – 30 | Uva - limón |
| Grava fina | 4.76 – 19 | Chícharo - uva |
| Arena gruesa | 2 - 4.76 | Sal gruesa |
| Arena mediana | 0.42 – 2 | Azúcar |
| Arena fina | 0.074 - 0.42 | Azúcar en polvo |

Tabla 2.1: Tamaño comparativo de granos

Fuente: (Zea Constantino; 2004: 20)

b) Identificación de suelos finos en campo

Para la identificación de suelos finos en campo, en este caso, se necesita un poco más de experiencia de la que se necesita para identificar suelos gruesos. Lo más apto para adquirir esta experiencia es adquiriendo el aprendizaje de lado de alguien que ya lo posea. Las características que se buscan para identificar el suelo fino son su tenacidad, su dilatancia y su resistencia en estado seco.

Conforme a Zea Constantino (2004) si un suelo fino contiene arena fina para poder saberlo solo necesitamos tomar un poco de suelo y con los dedos índice y pulgar tallarlos, acercarlo al oído y si se escucha como lija significa que si tiene arena. Un limo se diferencia de una arcilla porque el limo tiene un tacto áspero mientras que la arcilla es más suave, asimismo, si se les agrega agua, el limo no se pega en las palmas de las manos mientras que la arcilla sí. En los suelos finos como las turbas su manera más común de reconocerlos es su olor.

c) Dilatancia

Juárez Badillo (2000) dice que la tenacidad es una prueba en la cual tomas un poco de suelo con agua (cuando el suelo adquiera una consistencia suave y no pegajosa) y formas con las manos una pastilla, la cual se golpea secamente con la otra mano.

La velocidad con la que la pastilla cambia su consistencia y el agua que contiene aparece y desaparece, esta reacción define qué tipo de suelo fino se está probando. Una reacción rápida como la ya mencionada es característica de las arenas finas no plásticas y de algunos limos orgánicos.

Una reacción lenta indica que son limos inorgánicos y arcillas muy limosas, sin embargo, una reacción extremadamente lenta o nula es común en arcillas orgánicas de alta compresibilidad.



Foto 2.1 Formación de pastilla para la prueba de dilatancia

Fuente: (Normativa SCT; 2003: 11)

d) Tenacidad

Igualmente Juárez Badillo (2000) menciona la prueba de tenacidad, que consiste en tomar un poco de suelo blando similar a la masa, esta porción de suelo se enrosca hasta formar un rollo de 3 mm. de espesor aproximadamente, se hace varias veces para que el material pierda el exceso de agua y el rollo se fragmente, esto nos indica que el suelo ha llegado a su límite plástico.

Cada suelo tiene diferente tiempo para que obtenga la cantidad de agua necesaria para alcanzar el límite plástico y la resistencia que opone al ser comprimido, por eso la tenacidad se reporta en todos los casos como:

- Nula (tiempo corto y resistencia muy pequeña).
- Media (tiempo medio y resistencia media).
- Alta (tiempo largo y resistencia alta).

e) Resistencia al estado seco.

“La resistencia de una muestra de suelo, previamente secado, al romperse bajo presiones ejercidas por los dedos, es un índice del carácter de fracción coloidal”. (Juárez Badillo; 2000: 163).

Para esta prueba, los limos son el tipo de suelo que no poseen resistencia al estado seco dado que no tienen plasticidad y las muestras a las que se le aplican esta prueba se desmoronan fácilmente entre los dedos, incluso algunas arcillas limosas no presentan resistencia al estado seco. Una resistencia media la pueden tener las arcillas CL (arcillas de baja compresibilidad) y una resistencia muy alta la tienen las arcillas CH (arcillas de alta compresibilidad).

Para esta prueba se forma una pastilla de 4 cm de diámetro y 1 cm de espesor, después se coloca en un medio apropiado para que pierda totalmente el contenido de agua, cuando la pastilla se vea absolutamente seca se procede a romperle y desmoronarla con los dedos, dependiendo de la resistencia que opuso, igualmente se reporta como:

- Nula
- Media
- Alta

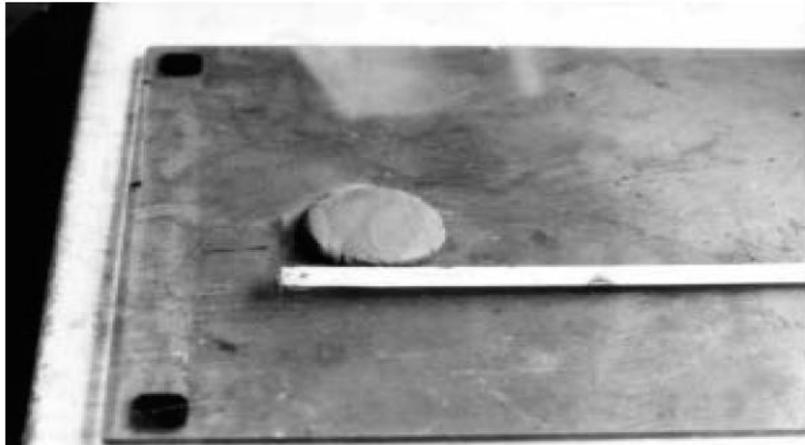


Foto 2.2: Formación de pastilla para la prueba de resistencia al estado seco

Fuente: (Normativa SCT; 2003: 12)

2.3 Sistema de clasificación de aeropuertos

Juárez Badillo (2000) menciona que el Dr. Arturo Casagrande fue la persona que desarrollo este método de clasificación de suelos y que hasta la fecha se sigue utilizando.

El sistema de clasificación de aeropuertos fue propuesto en 1942 y fue tanto su efectividad que rápidamente fue adoptado por el Cuerpo de Ingenieros de los

Estados Unidos de América que lo aplicaron como dice su nombre en la construcción de aeropistas. Este sistema fue dividido en 2 partes. Los suelos gruesos que sus partículas son mayores que la malla no. 200 (0.074 mm) y los suelos finos que son los que pasan la malla no. 200.

Los suelos gruesos como ya ha sido mencionado anteriormente en otros temas se dividieron en 2 grupos, las gravas y las arenas, los cuales tienen la frontera que los divide que es la malla no. 4 (4.76 mm).

Los suelos con partículas finas se subdividen de acuerdo a sus propiedades mecánicas e hidráulicas, pero principalmente se hizo en base a la carta de plasticidad (ver figura 1.1). La carta de plasticidad fue el descubrimiento principal de A. Casagrande y lo que toma como referencia para clasificar a los suelos finos en esta carta es el límite líquido y el índice plástico. A continuación se observara dicha carta de plasticidad.

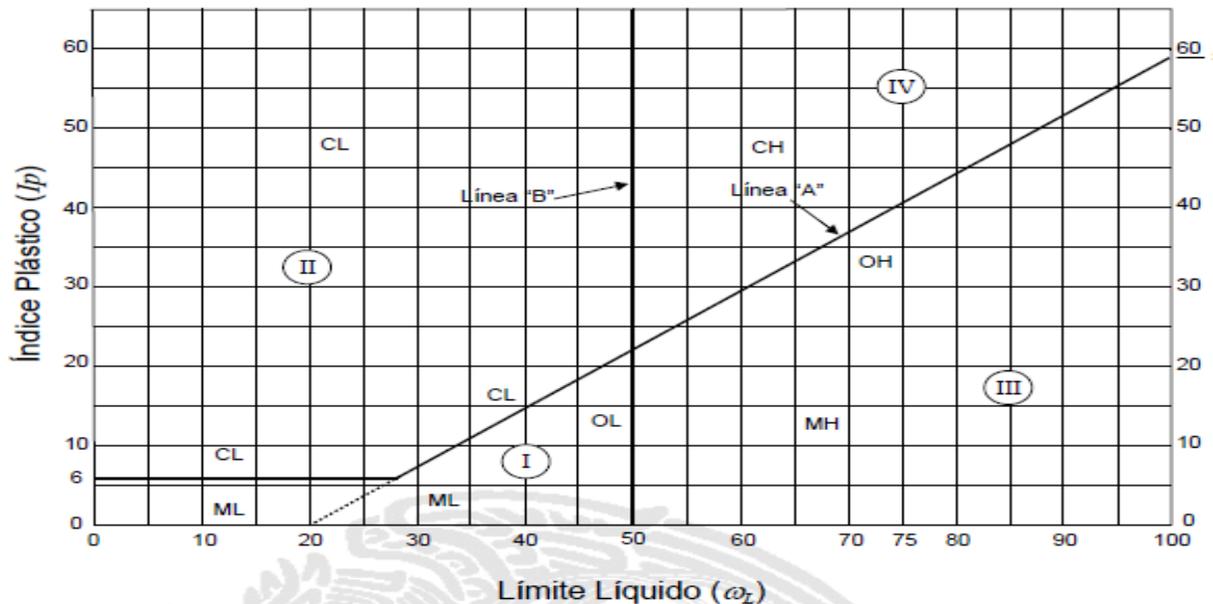


Figura 2.1: Carta de Plasticidad

Fuente: (Normativa SCT; 2003: 6)

De la figura anterior se observa que todos los suelos por encima de la línea “A” son señalados como arcillas inorgánicas y por debajo se encuentran los limos inorgánicos, así como los suelos orgánicos, a la izquierda de la línea B se localizan los suelos de baja y media compresibilidad y a la derecha los suelos de alta compresibilidad.

2.4 S.U.C.S (Sistema Unificado de Clasificación de Suelos)

Juárez Badillo (2000) menciona que el S.U.C.S es un sistema que clasifica o diferencia a los suelos gruesos de los finos, esto lo logra cribando el suelo mediante la malla No. 200 (0.074 mm) para granulometría, indicando que al suelo se le llama grueso cuando más del 50% de sus partículas son menores a 0.074 mm (malla No. 200) y finos cuando sus partículas pasan dicha malla.

Este sistema utiliza símbolos para la clasificación de suelo ya sean finos o gruesos de acuerdo a su tipo y características, los cuales se muestran a continuación:

- G Grava (Gravel)
- S Arena (Sand)
- M Limo (Mj)
- C Arcilla (Clay)
- O Suelo Orgánico

A continuación se muestra la clasificación mencionada anteriormente:

a) Suelos Gruesos

“Un suelo grueso es grava (G) si más del 50% de su fracción gruesa (retenida en la malla No. 200) no pasa la malla No. 4, en caso contrario es arena (S)”. (Zea Constantino; 2004: 21)

Las gravas y las arenas tienen una frontera o se separan mediante la malla No. 4 (4.76 mm) con lo cual se señala que si más del 50% de las partículas (retenidas en la malla No. 200) es retenida en la malla No. 4, pertenece al grupo de las gravas (G) y en caso contrario sería que más del 50% de las partículas del suelo pasan la malla No.4 se considera una arenas (S) como lo menciona Juárez Badillo (2000).

Igualmente Juárez Badillo (2000) menciona que las gravas y las arenas se subdividen en 4 grupos distintos de suelos, los cuales son:

- Material aproximadamente limpio de finos bien graduado (W); *WellGraded*

En combinación de los símbolos de la clasificación anterior que son las gravas y arenas y esta subdivisión se obtienen los grupos GW y SW. Los finos que puedan estar presentes en estos grupos, no deben de provocar cambios en su resistencia de la fracción gruesa y tampoco deben interferir en su capacidad de drenaje, esto se puede lograr cuando el porcentaje de partículas finas que contiene el suelo no es mayor del 5% en el peso del suelo.

- Material aproximadamente limpio de finos mal graduado (P); *PoorlyGraded*.

En combinación con los símbolos genéricos (G y S) este tipo de material da lugar a los grupos GP y SP. Estos grupos de suelos al ser mal graduados se puede ver que existe un tamaño uniforme en sus partículas, ósea que, presentan una superioridad de tamaños, faltando algunos intermedios. Los tipos de suelos que podemos encontrar en estos grupos son las gravas uniformes, las cuales las podemos encontrar en los lechos de los ríos y también encontramos otro tipo de suelos que son las arenas uniformes, están se pueden situar en las playas.

- Material con cantidad apreciable de finos no plásticos (M); Mo y Mjala

Para este tipo de material en combinación con los símbolos genéricos lo que podemos obtener son los grupos GM y SM. En estos grupos la cantidad de finos que contiene afecta de manera importante las propiedades de resistencia, esfuerzo-deformación y su capacidad de drenaje. Se ha obtenido en pruebas de laboratorio que al poseer porcentajes de finos mayores a 12% del peso total de la muestra y con plasticidad de media a nula, el suelo debe clasificarse dentro de estos grupos.

- Material con cantidad apreciable de finos plásticos (C); Clay

Este tipo de suelo es muy parecido al grupo antes mencionado, con la única diferencia de que los suelos finos que se encuentran dentro de este tipo de material presentan una plasticidad media a alta.

A continuación se muestra una tabla donde se observa el resumen de lo mencionado con anterioridad:

| SÍMBOLO | Características generales | | |
|---------|-----------------------------------|--------------------------|---------------------------|
| GW | GRAVAS (>50% en tamiz #4 ASTM) | Limpias (Finos<5%) | Bien graduadas |
| GP | | | Pobrementemente graduadas |
| GM | | Con finos (Finos>12%) | Componente limoso |
| GC | | | Componente arcilloso |
| SW | ARENAS (<50% en tamiz #4 ASTM) | Limpias (Finos<5%) | Bien graduadas |
| SP | | | Pobrementemente graduadas |
| SM | | Con finos (Finos>12%) | Componente limoso |
| SC | | | Componente arcilloso |

Tabla 2.2: Grupos de suelos gruesos

Fuente: (Bañon Blázquez; 2001: 15-21)

De la tabla anterior se observa, como ya es mencionado, los grupos de suelos gruesos y sus características de acuerdo con su símbolo que se le da a cada uno.

b) Suelos Finos

Los suelos finos se clasifican en grupos al igual que los gruesos con letras mayúsculas, los cuales son los siguientes:

- M (mo y mjala) - limos inorgánicos.
- C (clay) - arcillas inorgánicas.
- O (organic) -limos y arcillas orgánicas.

De acuerdo a Juárez Badillo (2000) estos tipos de suelo fino a su vez se clasifican en 2 grupos dependiendo de su límite líquido:

- L (low compressibility)
- H (high compressibility)

Si el límite líquido del suelo es menor que el 50% se dice que posee una compresibilidad baja o media, entonces se le añade la letra L (low compressibility) consiguiendo así los grupos: ML, CL Y OL.

En cambio si el suelo fino contiene un límite líquido mayor del 50%, significa que tiene una alta compresibilidad por lo que se dividen en los grupos: MH, CH Y OH.

Los suelos altamente orgánicos, usualmente fibrosos, tales como turbas y suelos pantanosos, extremadamente compresibles, forman un grupo independiente de símbolo Pt (peat).

Para el grupo Pt mencionado anteriormente la posición en la carta de plasticidad (figura 2.1) se encuentra muy por debajo de la línea A, ya que cuenta con un límite líquido (LL) de entre 300% a 500% y un índice plástico (I_p) de entre 100% a 200%.

De la carta de plasticidad (Figura 2.1) se pueden localizar todos los grupos de suelos finos que se mencionaron de la siguiente forma:

Grupo CL: $LL < 50\% *$ y $I_p > 7\%*$

Grupo CH: $LL > 50% *$

Grupo ML: $LL < 50\% **$ y $I_p < 4\%*$

Grupo MH: $LL > 50\% **$

Grupo OL: $LL < 50\%$ y $I_p < 4\% *$

* Zona sobre la línea A

** Zona bajo la línea A

Al igual que en el Sistema de Clasificación de Aeropuertos, el S.U.C.S. también considera casos en donde el suelo se encuentra en estado de frontera entre

2 grupos distintos, asignando símbolos dobles, por ejemplo, para los suelos finos que caen sobre la línea A y con $4\% <lp < 7\%$ se consideran casos de fronteras, por lo tanto, a estos suelos se les asigna el símbolo doble CL – ML.

A continuación se muestra una tabla donde se observa lo que se mencionó anteriormente:

| SIMBOLO | CARACTERISTICAS GENERALES | |
|----------|---------------------------|----------------------------|
| ML MH | limos | baja plasticidad (LL<50) |
| | | alta plasticidad (LL>50) |
| CL CH | arcillas | baja plasticidad (LL<50) |
| | | alta plasticidad (LL>50) |
| OL OH | suelos orgánicos | baja plasticidad (LL<50) |
| | | alta plasticidad (LL>50) |
| Pt | turbas | suelos altamente orgánicos |

Tabla 2.3: Grupos de suelos finos:

Fuente: (Bañon Blázquez; 2001: 15-21)

En la tabla 2.3 se presenta los tipos de suelos que se estudian en el presente trabajo y sus propiedades conforme al símbolo que poseen.

A continuación se presenta parte de la tabla del Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (S.U.C.S), en donde se puede encontrar, de forma ordenada y simple los distintos tipos y grupos de suelo mencionados con anterioridad:

| PROCESO DE IDENTIFICACION EN EL CAMPO (Excluyendo las partículas mayores de 7.6cm (3") y basando las fracciones en pesos estimados) | | | | SIMBOLOS DEL GRUPO (*) | NOMBRES TIPICOS | |
|--|---|---|----------------------------------|--|---|--|
| SUELOS DE PARTICULAS GRUESAS Mas de la mitad del material es retenido en la malla N°200 | GRAVAS Mas de la mitad de la fraccion gruesa es requerida en la malla N°4 (Para clasificacion visual puede usarse 1/2 cm. como equivalente a la abertura de la malla N°4) | Amplia gama en los tamaños de partículas y cantidades apreciables de todos los tamaños intermedios | | GW | Gravas bien graduadas, mezclas de grava y arena, con poco o nada de finos | |
| | | Predominio de un tamaño o un tipo de tamaños, con ausencia de algunos tamaños intermedios | | GP | Gravas mal graduadas, mezclas de grava y arena, con poco o nada de finos | |
| | | Fraccion fina poco o nada plastica (para identificacion vease grupo ML abajo) | | GM | Gravas limosas, mezclas de grava, arena y limo | |
| | | fraccion fina plastica (para identificacion vease grupo CL abajo) | | GC | Gravas arcillosas, mezclas de grava, arena y arcilla | |
| SUELOS DE PARTICULAS GRUESAS Mas de la mitad del material es retenido en la malla N°201 | ARENAS Mas de la mitad de la fraccion gruesa es pasa en la malla N°4 (Para clasificacion visual puede usarse 1/2 cm. como equivalente a la abertura de la malla N°4) | Amplia gama en los tamaños de partículas y cantidades apreciables de todos los tamaños intermedios | | SW | Arenas bien graduados, arenas con grava, con poco o nada de finos | |
| | | Predominio de un tamaño o un tipo de tamaños, con ausencia de algunos tamaños intermedios | | SP | Arenas mal graduadas, arenas con grava, con poco o nada de finos | |
| | | Fraccion fina poco o nada plastica (para identificacion vease grupo ML abajo) | | SM | Arenas limosas, mezclas de arena y limo | |
| | | fraccion fina plastica (para identificacion vease grupo CL abajo) | | SC | Arenas arcillosas, mezclas de arena y arcilla | |
| PROCESO DE IDENTIFICACION EN LA FRACCION QUE PASA LA MALLA N°40 | | | | | | |
| LIMOS Y ARCILLAS | Limite liquido menor de 50 | RESISTENCIA EN ESTADO SECO (Características al rompimiento) | DILATACION (Reaccion al agitado) | TENACIDAD (Consistencia cerca del limite plastico) | | |
| | | Nula a ligera | Rapida a Lenta | Nula | ML | Limos inorganicos, polvo de roca, limos arenosos o arcillosos ligeramente plasticos |
| | | Media a alta | Nula a muy lenta | Media | CL | Arcillas inorganicas de baja o media plasticidad, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas, arcillas pobres |
| | | Ligera a media | Lenta | Ligera | OL | Limos organicos y arcillas limosas organicas de baja plasticidad |
| LIMOS Y ARCILLAS | Limite liquido mayor de 50 | Ligera a media | Lenta a nula | Ligera a media | MH | Limos inorganicos, limos micáceos o diatomáceos, limos elasticos |
| | | Alta a muy alta | Nula | Alta | CH | Arcillas inorganicas de alta plasticidad, arcillas francas |
| | | Media a alta | Nula a muy lenta | Ligera a media | OH | Arcillas organicas de media a alta plasticidad, limos organicos de media plasticidad |
| SUELOS ALTAMENTE ORGANICOS | | Facilmente identificables por su color, olor, sensacion esponjosa y frecuentemente por su textura fibrosa | | Pt | Turba y otros suelos altamente organicos | |

Use la curva granulométrica para identificar las fracciones de suelo anotados en la columna de identificación en el campo

Tabla 2.4: Sistema Unificado de Clasificación del Suelo

Fuente: (Juárez Badillo: 2000; 162-163).

2.5 Fases del Suelo

En general la mayor parte de los suelos que forman a la corteza terrestre están formados por 3 fases: la fase sólida; la cual está formada principalmente por partículas minerales, la fase líquida; esta está compuesta por agua la mayor parte (libre, específicamente) no obstante también pueden existir otro tipo de líquidos en menor cantidad, y la fase gaseosa que comprende sobre todo al aire, aunque puede haber otro tipo de gases presentes como pueden ser: vapores sulfurosos.

| VOLUMENES | | | PESOS | | |
|-----------|-------|-------|---------|---------------|-------|
| V_m | V_v | V_a | AIRE | ≈ 0.0 | W_m |
| | | V_w | AGUA | W_w | |
| | V_s | V_s | SÓLIDOS | W_s | |

Figura 2.2: Fases del suelo

Fuente: (Zea Constantino; 2004: 4)

Dónde:

V_m : Volumen total de la muestra. $V_m = V_v + V_s$

V_v : Volumen de vacíos. $V_v = V_a + V_w$

V_a : Volumen del aire.

V_w : Volumen del agua.

V_s : Volumen de sólidos.

Ww: Peso del agua.

Ws: Peso de sólidos.

Wm: Peso total de la muestra. $Wm = Ww + Ws$

Como se puede observar en la figura 2.2, la fase sólida del suelo comprende el volumen de sólidos (V_s), mientras que las fases líquida y gaseosa abarca el volumen de vacíos (V_v).

Cuando un suelo está completamente lleno de agua, se dice que está totalmente saturado y es en el momento que todo el volumen de vacíos (V_v) está ocupado por agua. Un suelo en estas condiciones solo está formado de dos fases que son la líquida y la sólida.

A partir de la figura anterior se pueden obtener o presentar los siguientes conceptos a las cuales se les llama relaciones fundamentales del suelo.

| CONCEPTO | FORMULA | RANGO DE VALORES TEORICO |
|---|--|--------------------------|
| Peso específico | $\gamma_m = \frac{W_m}{V_m}$ | Mayor que cero |
| Peso específico seco | $\gamma_d = \frac{W_s}{V_m}$ | Mayor que cero |
| Peso específico saturado γ_w = peso específico del agua | $\gamma_{sat} = \frac{W_s + V_v \gamma_w}{V_m}$ | Mayor que cero |
| Peso específico sumergido | $\gamma_m = \frac{W_s + V_v \gamma_w + V_m \gamma_w}{V_m}$ | Mayor que cero |
| Peso específico de sólidos | $\gamma_s = \frac{W_s}{V_s}$ | Mayor que cero |
| Densidad de sólidos | $S_s = \frac{\gamma_s}{\gamma_w}$ | Mayor que 0 |
| Contenido de agua | $w(\%) = \frac{W_w}{W_s} \times 100$ | Mayor o igual que cero |
| Relación de vacíos | $e = \frac{V_v}{V_s}$ | Mayor que cero |
| Porosidad | $n = \frac{V_v}{V_m}$ | entre 0 y 1 |
| Grado de saturación | $G_w(\%) = \frac{V_w}{V_v} \times 100$ | entre 0 y 100% |
| Grado de saturación de aire | $G_a(\%) = \frac{V_a}{V_v} \times 100$ | entre 0 y 100% |

Tabla 2.5: Relaciones Fundamentales

Fuente: (Zea Constantino; 2004: 5)

Las relaciones que se mencionarán a continuación son las más importantes para la comprensión más simple de las propiedades mecánicas de los suelos y un

completo dominio de su significado, también son muy indispensables para poder interpretar los datos y conclusiones de la Mecánica de Suelos.

1.- Relación de vacíos.

La relación de vacíos se refiere a la relación entre el volumen de vacíos y el de los sólidos de un suelo, la fórmula con la que se representa es:

$$e = \frac{V_v}{V_s}$$

Dónde:

e: la relación de vacíos que puede variar teóricamente de 0 ($V_v = 0$) a ∞ (valor correspondiente a un espacio vacío). En la práctica no es muy común encontrarse con valores menores de 0.25 ni mayores de 15.

2.- Porosidad.

La porosidad de un suelo se le llama a la relación entre su volumen de vacíos y el volumen de su masa, esta relación se expresa en porcentaje.

$$n (\%) = \frac{V_v}{V_m} \times 100$$

3.- Grado de saturación.

El grado de saturación se presenta en todos los tipos de suelos dependiendo del contenido de agua que presente y se denomina como la relación entre su volumen de agua y el volumen de sus vacíos, usualmente esta relación también se presenta como un porcentaje.

$$G_w (\%) = \frac{V_w}{V_v} \times 100$$

Este varía de 0 (suelo seco) a 100 (suelo totalmente saturado).

4.- Contenido de agua o humedad.

A este contenido de agua o humedad de un suelo se le conoce como la relación entre el peso de agua contenido en el mismo y el peso de su fase sólida. Igualmente se representa como un porcentaje.

Esta relación varía teóricamente de 0 a ∞ , esta humedad puede encontrarse en la naturaleza con límites muy amplios.

$$w (\%) = \frac{W_w}{W_s} \times 100$$

5.- Grado de saturación de aire.

Por último está la relación de saturación de aire, la cual con respecto a las anteriores relaciones es una magnitud de escasa importancia práctica, y se define al igual que las anteriormente mencionadas como un porcentaje.

$$Ga (\%) = \frac{V_a}{V_v} \times 100$$

2.6 Relaciones de pesos y volúmenes

“En mecánica de suelos se relaciona el peso de las distintas fases con sus volúmenes correspondientes, por medio del concepto de peso específico, es decir, de la relación entre el peso de la sustancia y su volumen” (Juárez Badillo; 2000: 53).

De acuerdo con lo mencionado anteriormente se pueden obtener los siguientes pesos específicos:

γ_o = Este símbolo se refiere al peso específico del agua destilada, que se encuentra a 4°C de temperatura y a una presión atmosférica equivalente a la del nivel del mar.

γ_w = Este representa al peso específico del agua en las condiciones reales de trabajo, el valor de este peso específico cambia sólo un poco del γ_o , y muchas veces en la práctica ambos pesos específicos son tomados como iguales. Dicho peso específico puede variar en función de la temperatura.

γ_m = Peso específico de la masa del suelo. Se representa con la siguiente expresión:

$$\gamma_m = \frac{W_m}{V_m} = \frac{W_s + W_w}{V_m}$$

γ_s = Peso específico de la fase sólida del suelo.

$$\gamma_s = \frac{M_m}{V_m}$$

S_m = Se refiere al peso específico relativo de la masa del suelo, se representa con:

$$S_m = \frac{\gamma_m}{\gamma_o \gamma_o} = \frac{W_s}{V_s \gamma_o}$$

S_s = Peso específico relativo de la fase sólida del suelo (sólidos), la cual se representa con:

$$S_s = \frac{\gamma_s}{\gamma_o} = \frac{W_s}{V_s \gamma_o}$$

CAPÍTULO 3

RESUMEN EJECUTIVO DE MACRO Y MICRO LOCALIZACIÓN

Este capítulo que se presenta a continuación es un análisis de las condiciones geográficas las cuales son: geológicas, topográficas, edafológicas, hidrológicas, clima, flora y fauna, entre otras. Además de sus condiciones económicas que presenta la región en estudio, sobre la cual se encuentra el suelo que se desea ensayar, mostrando un panorama sobre su macro y micro localización.

3.1 Generalidades del proyecto.

Michoacán se localiza en la parte centro occidente de la República Mexicana, sobre la costa meridional del Océano Pacífico, entre los 17°54'34" y 20°23'37" de latitud Norte y los 100°03'23" y 103°44'09" de longitud oeste y se ubica entre los ríos Lerma y Balsas, el lago de Chapala y el Océano Pacífico.

El Estado de Michoacán cubre una extensión de 5,986,400 hectáreas (59,864 km²) que representa alrededor del 3% de la superficie total del territorio nacional, con un litoral que se extiende a lo largo de 210.5 Km. sobre el Océano Pacífico; cuenta con una población aproximada de 3 985 667 habitantes.

Michoacán tiene un relieve muy accidentado, por lo que sus climas son muy variados: templado con lluvias todo el año, templado con lluvias en verano, cálido con lluvias en verano y cálido con lluvias escasas durante el año.



Figura 3.1 Ubicación del estado de Michoacán

Fuente: (gaia.inegi.org.mx)

Cuenta con 113 municipios y económicamente depende en gran medida de la agricultura; destacan sus cultivos de aguacate y también es un gran productor de garbanzo, limón, ajonjolí, sorgo y fresa.

Michoacán colinda al norte con el estado de Jalisco, Guanajuato y Querétaro de Arteaga; al este con Querétaro de Arteaga, México y Guerrero; al sur con Guerrero y el Océano Pacífico; al oeste con el Océano Pacífico, Colima y Jalisco.

El río más importante es el Lerma, el cual nace en el estado de México y abastece a la presa de Tepuxtec para regar las tierras de Maravatio y producir energía hidroeléctrica. Le siguen en importancia el río Balsas y el río Cupatitzio, el cual alimenta las caídas de agua de la Tzaráracua (en Uruapan), además de tener

manantiales como Camécuaro, geiser de aguas geotérmicas como el de Ixtlán de los Hervores o los Azúfres y ciénegas como la de Zacapu.

La flora del estado de Michoacán es muy variada, presenta bosques mixtos de pino, encino, fresno, oyamel, parota, ceiba, mango, guaje, tepemezquite, palma, chirimoya, zapote y guanábana entre otros.

Su fauna está compuesta por: Paloma, codorniz, tordo, urraca, coyote, tlacuache, zorra, tejón, mapache, zorrillo, venado, conejo, pato, armadillo, ardilla, liebre, lince, cacomixtle, comadreja, gato montés, águila, cuervo, gavilán, perico, boa, faisán, además de carpa, mojarra, nutria, langosta, tiburón y tonina entre otros.



Figura 3.2 Ubicación del municipio de Periban de Ramos

Fuente: http://201.120.157.242/sig/sig_municipal.php (SEPLADE)

El desarrollo de la presente investigación en estudio se realizó en la población de Peribán de Ramos dentro del estado de Michoacán, se localiza al oeste del Estado, en las coordenadas 19°31' de latitud norte y 102°25' de longitud oeste, a una altura de 1,640 metros sobre el nivel del mar. Limita al norte con Uruapan y Los Reyes, al este con Nuevo Parangaricutiro, al sur con Buenavista y Tancítaro y al oeste con el Estado de Jalisco. Su distancia a la capital del Estado es de 180 kms, cuenta con una extensión de 331.87 Km² y representa un 0.56 por ciento del total del Estado.

3.2 Resumen ejecutivo

Para la elaboración del presente proyecto se realizaron una serie de investigaciones tanto documentales como investigaciones de campo, con el objeto de obtener la capacidad de carga del suelo en la comunidad de Periban de Ramos, Michoacán.

A suelo se le realizaron una serie de pruebas de laboratorio como: granulometría, límites, consolidación, triaxiales, entre otras.

Una vez obtenida la información teórica y los resultados de las pruebas es necesario hacer una serie de cálculos para poder obtener los resultados esperados.

3.3 Entorno geográfico.

Su relieve lo constituyen el sistema volcánico transversal, su hidrografía se constituye por los ríos Itzícuaru, atupátaro, de la laja y san francisco, manantiales de agua fría, ojos de agua, carichi, chinácuaro y cutio. En el municipio denominan los bosques de coníferas con pino y oyamel, y el bosque mixto con pino y encino. Su

fauna lo conforman el zopilote, aguililla, gavián, jilguero, urraca, citur real, güilota, tejón, armadillo, venado, coyote y conejo.

Las principales actividades económicas que se realizan dentro del municipio son: la agricultura, forestal y en menor proporción la ganadería.

3.3.1 Macro y micro localización.

Los sondeos realizados para la presente de investigación en estudio se encuentran referenciados dentro del estado de Michoacán, al oeste del estado, con una altura sobre el nivel de mar de 1640 m. En las siguientes figuras se puede observar la ubicación exacta del estado y del municipio en donde se encuentran los sondeos.



Figura 3.3 Macro localización de la zona en estudio

Fuente: <http://www.mexico24.org/mapas-mexicanas/Mapa-vial-Michoacan-Carreteras.htm>



Figura 3.6 Micro localización de la primer zona en estudio

Fuente: <http://maps.google.com.mx/>



Figura 3.7 Micro localización de la segunda zona en estudio

Fuente: <http://maps.google.com.mx/>



Figura 3.8 Micro localización de la segunda zona en estudio

Fuente: <http://maps.google.com.mx/>

3.3.2 Geología.

Existen edificios volcánicos con conos sinérgicos, los derrames de material volcánico produjeron valles de aluvión. Las rocas que hay son porosas por lo cual permiten la infiltración y, por ende, la presencia de cuerpos de agua subterránea.

3.3.3 Topografía.

Su relieve forma parte del sistema Volcánico Transversal, con los cerros Alberca y Patamban. La altura máxima es de 2360 msnm, mientras que la altura mínima cuenta con sólo 1500 msnm.

Existen valles que se formaron por depósitos de grava, arena y cenizas volcánicas acarreadas por el viento y el sedimento pluvial. Aunque la superficie de

estos valles corresponde a un porcentaje bajo en relación al total de la sierra, pero se han desarrollado técnicas para cultivo y producción de aguacate.

3.3.4 Hidrografía.

La hidrografía con la que cuenta el municipio se constituye por los ríos Itzícuaró, Atupátaro, de la Laja y San Francisco, manantiales de agua fría, Puenteillas y ojos de agua.

3.3.5 Clima.

Su clima es tropical, templado con lluvias en verano. Tiene una precipitación pluvial anual de 1,300 milímetros, con temperaturas que oscilan de 13.7 a 28.4° centígrados.

3.3.6 Edafología

Los suelos del municipio datan de los períodos cenozoico, terciario y mioceno, corresponden principalmente a los del tipo podzólico. Su uso es primordialmente agrícola y forestal y en menor proporción ganadero.

3.3.7 Uso del suelo.

El principal uso que se le da al suelo en el municipio es para las actividades agrícolas, forestal y en menor proporción ganadero; su principal actividad económica es la agricultura ya que ocupa el primer lugar en la producción en el ámbito estatal de aguacate, caña de azúcar, maíz, zarzamora y fresa.

3.4 Reporte fotográfico

En el presente apartado se podrá observar mediante fotografías el sondeo realizado en la zona en estudio, los tipos de estratos que se encuentran en ese suelo y el procedimiento de cómo se obtuvo la muestra para hacerle las pruebas necesarias.

En las fotografías 3.1 y 3.2 se puede observar el estado físico de las zonas donde se realizaron los trabajos así como los sondeos que se realizaron para dicho trabajo de investigación.

A continuación se aprecia en la fotografía 3.5 los estratos por los que está compuesto el suelo en cada uno de los sondeos realizados.

Por último se observa el procedimiento que se lleva a cabo para sacar la muestra de suelo del sondeo realizado, obteniendo un cubo de 30 x 30 x 30 cm, al que se le realizaron las pruebas de laboratorio necesarias en las fotografías 3.3 y 3.4



Fotografía 3.1 Sondeo
Fuente: propia



Fotografía 3.2 Sondeo
Fuente: propia



Fotografía 3.3 Muestra de suelo
Fuente: propia



Fotografía 3.4 Muestra de suelo
Fuente: propia



Fotografía 3.5 Estratos
Fuente: propia

CAPÍTULO 4

METODOLOGIA

El estudio que se da a conocer en este trabajo de investigación fue elaborado en la comunidad de Peribán de Ramos, Michoacán, en varias zonas de dicho municipio para así poder obtener un resultado promedio de toda la región.

Fue necesario acudir a la investigación documental en libros y páginas de internet para la obtención de la información teórica requerida para el presente trabajo.

4.1 Método empleado.

Para Jurado (2005) un método de investigación es un medio que sirve para alcanzar un objetivo, ya que si una investigación es llevada a cabo en forma metódica nos puede proporcionar claros conceptos de las cosas, hechos y fenómenos.

El método que se utilizó en el presente trabajo de investigación fue el método científico el cual según Tamayo (2000) es un procedimiento que sirve para descubrir las condiciones en que se presentan sucesos específicos, caracterizado por ser tentativo verificable y de razonamiento riguroso.

Igualmente Tamayo (2000) menciona que el método científico se divide en 3 pasos los cuales se deben seguir para efectuar un buen trabajo de investigación, estos son:

- 1.- Investigación (observación)

2.- Hipótesis

3.- Comprobación

Debido a que en el presente trabajo de investigación se utilizaron cálculos matemáticos para poder llegar al objetivo planteado dentro del método científico se utilizó el método matemático.

La finalidad por el que fue utilizado este método de investigación fue dar a conocer una clara interpretación de los resultados de manera que permita formular la investigación de una forma general las propiedades y características del suelo.

4.2 Enfoque de la investigación

El enfoque que se manejó para el presente trabajo de investigación es de carácter cuantitativo, de acuerdo con Hernández Sampieri (2006) el enfoque cuantitativo posee características, las cuales son: que mide fenómenos, utiliza estadísticas, emplea experimentación y utiliza análisis causa-efecto.

“El enfoque cuantitativo usa la recolección de datos para probar hipótesis con base en la medición numérica y el análisis estadístico, para establecer patrones de comportamiento y probar teorías”. (Hernández Sampieri; 2005: 5)

Los procesos que aplica este enfoque son: los procesos secuenciales, deductivos, probatorios y analiza la realidad objetiva.

El enfoque cuantitativo ofrece al investigador la posibilidad de generar los resultados más ampliamente, así como, otorgar total control sobre el objeto de estudio y un punto de vista sobre el conteo y magnitudes de estos, también, le brinda la posibilidad de réplica y facilita la comparación entre estudios similares.

Los pasos que debe seguir el investigador para realizar una investigación con este enfoque son los siguientes:

1.- Plantear un problema de estudio determinado y realizar preguntas de investigación sobre cuestiones específicas.

2.- Una vez que se plantea el problema a resolver se revisa lo que se investigó con anterioridad, a este paso se le conoce como revisión de la literatura.

3.- Con base a la revisión de la literatura se elabora un marco teórico, que, será la teoría que guiará el trabajo de investigación.

4.- Después de haber realizado el marco teórico, de aquí se derivan hipótesis o cuestiones que se probarán si son ciertas o no.

5.- Se ponen a prueba las hipótesis que salieron anteriormente empleando los diseños de investigación adecuados. Si los resultados que se obtuvieron corroboran las hipótesis propuestas se aporta evidencias a su favor, pero, si sucede lo contrario, que los resultados contradigan las hipótesis, estas se descartan en busca de nuevas explicaciones y nuevas hipótesis.

6.- Para obtener dichos resultados el investigador recolecta datos numéricos de los objetos o fenómenos que estudia mediante procedimientos analíticos.

4.2.1 Alcance de la investigación.

Habiendo decidido realizar el trabajo de investigación, se deben visualizar los objetivos que se planean alcanzar en base al estudio.

Dentro de un estudio cuantitativo se encuentran varios tipos de alcances que son los siguientes:

- Explorativo

- Correlacional
- Descriptivo
- Explicativo

En este caso los estudios que se realizarán en este trabajo de investigación son los exploratorios, los cuales, según Sampieri (2006) se ejecutan cuando el objetivo principal es examinar un tema o un problema de investigación que es o ha sido muy poco estudiado, del cual se tienen muchas dudas o jamás se ha afrontado el tema antes.

Es decir que al haber revisado las hipótesis o las cuestiones planteadas al principio de la investigación, nos damos cuenta de que solo existen guías no investigadas e ideas vagamente relacionadas con el tema en estudio que se va a realizar, o bien, en otras palabras se desea trabajar en una investigación que nunca se ha realizado.

“Los estudios exploratorios sirven para familiarizarnos con fenómenos relativamente desconocidos, obtener información sobre la posibilidad de llevar a cabo una investigación más completa respecto a un contexto particular, investigar nuevos problemas, identificar conceptos o variables promisorias, establecer prioridades para investigaciones futuras o sugerir afirmaciones y proposiciones”. (Hernández Sampieri; 2005: 101).

4.3 Diseño de la investigación

En particular el diseño que adquiere este trabajo de investigación es el no experimental ya que se trata de estudios en donde no se cambian las condiciones del

objeto a estudiar utilizando o aplicándole otras variables.

“La investigación no experimental son estudios que se realizan sin la manipulación deliberada de variables y en los que solo se observan los fenómenos en su ambiente natural para después analizarlos”. (Hernández Sampieri; 2005: 205).

En algunas ocasiones este diseño de investigación solo se centra en algunas particularidades que son las siguientes:

- Analizar cuál es el nivel, estado o la presencia de una o diversas variables en un momento específico.
- Evaluar una situación, comunidad, evento, fenómeno o contexto en un punto en el tiempo.
- Determinar o ubicar cual es la relación entre un conjunto de variables en un momento.

4.4 Instrumentos de recopilación de datos.

Un instrumento de recopilación de datos es una herramienta muy útil que permite la obtención de los resultados que se requieren para solucionar el objetivo general de la investigación, en la actualidad existen muchos programas de computadora que permiten conocer los resultados esperados con mayor exactitud.

En este caso el instrumento que se utilizó para la obtención de resultados fue el programa de Computadora llamado Microsoft Excel, este programa ayuda de manera importante en los cálculos matemáticos obtenidos de los resultados de las pruebas de laboratorio.

4.5 Descripción del proceso de investigación.

El presente trabajo de investigación surge debido a la necesidad de conocer el tipo de suelo así como sus características y propiedades fundamentales en la comunidad de Peribán de Ramos, Michoacán, ya que cada día se necesita más infraestructura que ocupan estudios de mecánica de suelos.

El procedimiento que se llevó a cabo para la elaboración de esta investigación fue, primeramente construir un marco teórico basándose en libros principalmente, que en este caso el tema vital son los suelos, características, tipos, sistemas de clasificación, identificación en campo, entre otros.

Una vez teniendo el marco teórico, se procedió a realizar las pruebas de laboratorio, empezando por extraer una muestra inalterada del suelo en el sitio donde se desea conocer las propiedades del suelo, las dimensiones de la excavación son: 2 metros de largo, 2 metros de ancho y 2 metros de profundidad.

Después de haber obtenido la muestra inalterada de suelo, se llevó a las instalaciones de la Universidad Don Vasco, específicamente al laboratorio de mecánica de suelos, donde se le aplicaron las pruebas correspondientes para conocer sus propiedades índice y mecánicas, que es el problema principal a resolver de este trabajo de investigación.

CAPÍTULO 5

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

En el presente capítulo se hablará sobre las pruebas efectuadas en el laboratorio de Mecánica de Suelos para la obtención de los resultados esperados para el cálculo de la capacidad de carga de suelo, dichas pruebas son: la prueba de granulometría, límites de consistencia, densidad de sólidos, consolidación y pruebas triaxiales.

5.1 Contenido de agua o humedad natural.

El contenido de agua es la relación del peso del agua entre el peso de los sólidos. La prueba resulta un tanto sencilla y puede no requerir un proceso muy sofisticado, básicamente consiste en secar una muestra del material y pesar los pesos antes de ser secado y después, para así obtener la relación ya comentada.

A continuación se mencionan los pasos con los cuales se realiza esta prueba:

Se obtiene la masa del recipiente o la tara en el cual vamos a colocar la muestra de suelo tal y como la tomamos del sitio (con su humedad natural) e igualmente se pesa el recipiente y el suelo. Se coloca en una fuente de calor (horno) hasta que toda el agua que contenga se evapore, esto se comprueba pasando un vidrio reloj sobre la muestra. Una vez secada la muestra se deja enfriar y se pesa.

Para calcular el porcentaje de agua w que tiene la muestra únicamente resta aplicar la siguiente relación:

$$w = \frac{W1 - W2}{W2 - Wt} \times 100$$

Dónde:

W1= peso del recipiente + suelo con humedad natural.

W2= peso del recipiente + suelo seco.

Wt= peso en gramos del recipiente.

5.2 Análisis granulométrico.

El objetivo de esta prueba es determinar la distribución de las partículas de un suelo respecto a su masa retenida en cada malla, calcular su porcentaje respecto al total y clasificar mediante la determinación de la curva granulométrica al material ensayado.

El equipo que se utiliza es el siguiente:

- Juego de mallas para suelos gruesos (3", 2", 1 1/2", 1", 3/4", 3/8" y 4).
- Juego de mallas para suelos finos (No. 4, 10, 20, 40, 60, 100 y 200).
- Balanza con aproximación al décimo de gramo.
- Horno con temperatura constante (105 ± 5 °C)
- Cucharón
- Charola
- Rov-Tap

Cuando se trata de un suelo grueso, del material traído del campo se toman 5 kilos, se cuartea y se hace pasar por las mallas anteriormente mencionadas en orden decreciente, se pesa y se anota el material retenido en cada malla.

Si se trata de un suelo fino, se toman 500 gr. del material que pasa la malla No. 4, después el material se pone en las mallas y estas se colocan en el Rov-Tap durante un tiempo mínimo de 10 minutos, por último se pesa y se anota el material retenido en cada malla. A continuación se muestra la tabla 2.1 donde se observan las mallas anteriormente mencionadas.

Unidades en mm

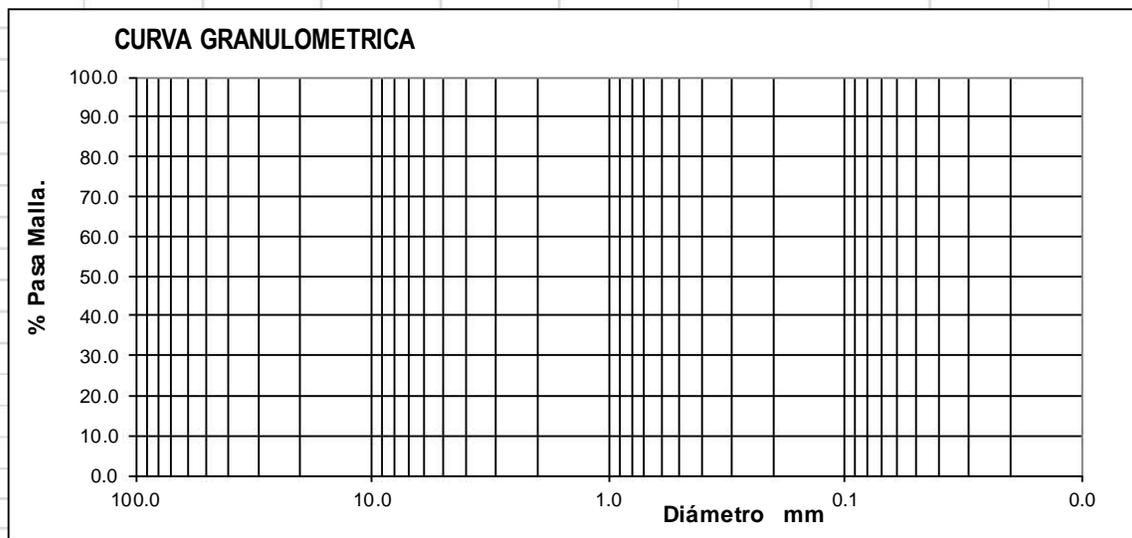
| Fracción | Malla | | Variación permisible de la abertura promedio con respecto a la denominación de la malla | Abertura máxima permisible para no más del 5% de las aberturas de la malla | Abertura máxima individual permisible | Diámetro nominal del alambre ^[1] |
|-----------------|-------------|------------------|---|--|---------------------------------------|---|
| | Designación | Abertura nominal | | | | |
| Grava | 3" | 75,0 | ± 2,2 | 78,1 | 78,7 | 5,80 |
| | 2" | 50,0 | ± 1,5 | 52,1 | 52,6 | 5,05 |
| | 1½" | 37,5 | ± 1,1 | 39,1 | 39,5 | 4,59 |
| | 1" | 25,0 | ± 0,8 | 26,1 | 26,4 | 3,80 |
| | ¾" | 19,0 | ± 0,6 | 19,9 | 20,1 | 3,30 |
| | ½" | 12,5 | ± 0,39 | 13,10 | 13,31 | 2,67 |
| | ⅜" | 9,5 | ± 0,30 | 9,97 | 10,16 | 2,27 |
| | ¼" | 6,3 | ± 0,20 | 6,64 | 6,78 | 1,82 |
| | N°4 | 4,75 | ± 0,15 | 5,02 | 5,14 | 1,54 |
| Arena con finos | N°10 | 2,0 | ± 0,070 | 2,135 | 2,215 | 0,900 |
| | N°20 | 0,850 | ± 0,035 | 0,925 | 0,970 | 0,510 |
| | N°40 | 0,425 | ± 0,019 | 0,471 | 0,502 | 0,290 |
| | N°60 | 0,250 | ± 0,012 | 0,283 | 0,306 | 0,180 |
| | N°100 | 0,150 | ± 0,008 | 0,174 | 0,192 | 0,110 |
| | N°200 | 0,075 | ± 0,005 | 0,091 | 0,103 | 0,053 |

Tabla 5.1: Juego de mallas para prueba de granulometría.
Fuente: <http://normas.imt.mx/carr.ht>

Para el reporte de la granulometría se utiliza el formato 5.1 que se muestra a continuación:

| | | | | | | |
|-------------------------|--|------------|---------------------------|--|-----------|--|
| OBRA | | | DESPERDICIO % RET 2" | | FECHA: | |
| LOCALIZACION: | | | PESO HUMEDO (grm) | | | |
| ENSAYE No. | | SONDEO No. | PESO SECO (grm) | | % WNAT. | |
| MUESTRA No. | | PROF. | PESO NETO DE MAT. "kg" | | OPERADOR: | |
| DESCRIPCION MATER. | | | VOLUMEN MOLDE "m3" | | CÁLCULO: | |
| TIPO DE GRANULOMETRIA : | | | PESO VOLUMETRICO "Ton/m3" | | Vo. Bo.: | |

| GRANULOMETRIA GRUESA HASTA MALLA No. 4 | | | | | GRANULOMETRIA FINA POR LAVADO HASTA MALLA No. 200 | | | | |
|--|------------|----------------|------------|--------------|---|----------|----------------|------------|--------------|
| Abertura | Malla | Peso retenido | % Retenido | % Pasa malla | Abertura | Malla | Peso retenido | % Retenido | % Pasa malla |
| Malla mm. | pulgadas | Parcial (kgs) | Parcial | Parcial | Malla mm. | No. | Parcial (gms) | Parcial | Parcial |
| 76.2 | 3" | | | | | | | | |
| 50.8 | 2" | | | | 2 | 10 | | | |
| 36.1 | 1 1/2" | | | | 0.84 | 20 | | | |
| 25.4 | 1" | | | | 0.42 | 40 | | | |
| 19.05 | 3/4" | | | | 0.25 | 60 | | | |
| 12.7 | 1/2" | | | | 0.149 | 100 | | | |
| 9.52 | 3/8" | | | | 0.074 | 200 | | | |
| 4.76 | No. 4 | | | | | Pasa 200 | | | |
| | Pasa No. 4 | | | | | SUMA | | | |
| | SUMA | | | | | | | | |



| | | | |
|-------------------------------|---------------------------------------|---|----------------------------|
| DENSIDAD | | | |
| Volumen Desalojado | Peso seco | - | Densidad Relativa Aparente |
| D 10 = | Cu = D60 / D10 = | | MAYOR 3"= |
| D 30 = | Gravas Cu > 4 Arenas, Cu > 6. | | G = |
| D 60 = | Cc = (D30) ² / (D10*D60) = | | S = |
| | Gravas y Arenas Cc entre 1 y 3 | | F = |
| CLASIFICACIÓN GRANULOMETRICA: | | | |

Formato 5.1 Análisis Granulométrico.
Fuente: propia

5.3 Límites de consistencia.

5.3.1 Límite líquido.

El objetivo de este ensaye es determinar las características de plasticidad de la porción de suelos que pasa la malla No. 40 (0.425 mm), cuyo resultado permitirá identificar y clasificar los suelos finos principalmente en función de su grado de humedad: líquido, plástico, semisólido y sólido.

El equipo que se utiliza para realizar esta prueba es:

- Copa de Casagrande, ranurador curvo y plano.
- Equipo para límite de contracción.
- Moldes de lámina galvanizada o aluminio.
- Agua destilada.
- Balanza con aproximación al décimo de gramo.
- Horno de secado.
- Vernier.

Para el límite líquido se toma material que pasa la malla No. 40, se seca a temperatura ambiente y se disgrega, se le agrega el agua destilada hasta saturarlo y se deja reposar por 24 horas para que se homogenice la humedad en el material.

Después se inician los tanteos en la copa de Casagrande, como mínimo 4 tanteos (tanteos en rango de golpes 15 a 20, 20 a 25, 25 a 30 y 30 a 35).

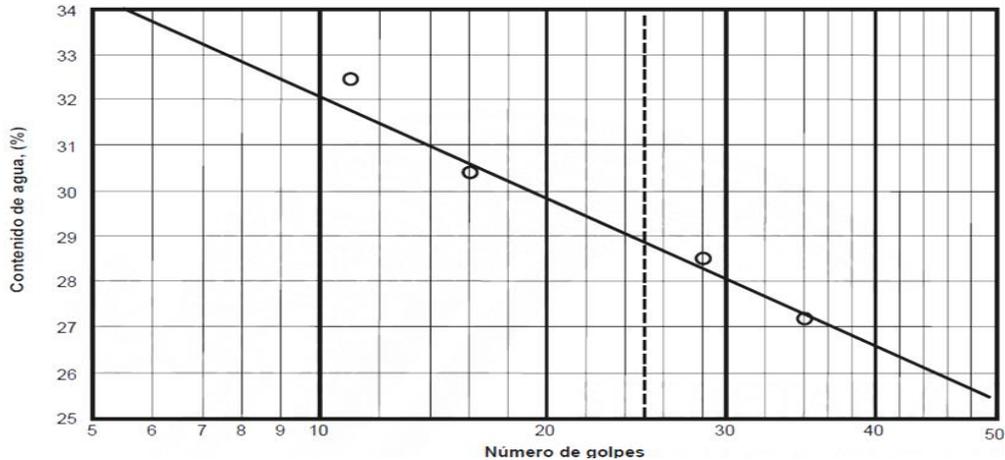


Figura 5.1: Grafica para determinación del límite líquido.
Fuente: <http://normas.imt.mx/carr.htm>

Para el cálculo del límite líquido, de la gráfica anterior se toma el contenido de agua correspondiente a 25 golpes, y se registra como LL.

5.3.2 Limite plástico.

De acuerdo con Juárez Badillo (2000) la plasticidad se define como la propiedad de un material por la cual es capaz de soportar deformaciones rápidas, sin rebote elástico, sin variación volumétrica apreciable y sin desmoronarse ni agrietarse.

Para la realización de esta prueba se siguen los siguientes pasos:

Del material preparado para dicha prueba se toma una parte pequeña y se moldea hasta formar un cilindro de 3 mm. sobre una placa de vidrio.

Al alcanzar los 3 mm de diámetro y se rompa en tres segmentos están bien los cilindros, de no ser así significa que su contenido de agua es superior al del límite plástico, para ello entonces habrá que repetir el paso anterior.

Cumplíéndose los pasos anteriores, se colocan los fragmentos del cilindro en una capsula y se secan en el horno por 24 hrs. para la determinación del contenido

de agua. Es conveniente obtener varias muestras de este tipo para así poder obtener un promedio y se tenga mayor seguridad en los resultados.

5.3.3 Limite de contracción

Juárez Badillo (2000) menciona que el límite de contracción Atterberg, realizaba una prueba en la que hacía mediciones continuas de longitud y peso del material contenido en un prisma, hasta observar que no había disminución en la longitud. Posteriormente Terzaghi sugirió un procedimiento más simple, que básicamente consiste en medir el peso y el volumen de una muestra de suelo totalmente seca; concluyendo que el límite de contracción es la diferencia de volumen entre la humedad de la muestra seca y la muestra con sus vacíos llenos de agua.

El procedimiento que se lleva a cabo para la determinación del límite de contracción es:

Se coloca una capa en un recipiente prismático, comúnmente de 10 cm de longitud (LI), y se golpea el prisma, con el objetivo de quitar el aire contenido de la muestra. Se repite el paso anterior hasta llenar de 3 capas el prisma, se enrasa el material y se registra su peso. Después de lo anterior la muestra se seca a una temperatura de 105 °C por un periodo de 24 hrs, se deja enfriar y se mide la longitud en la que quedó y se vuelve a pesar para obtener el contenido de agua.

El cálculo del límite de contracción lineal (CL) se resume con la siguiente relación dando un resultado como porcentaje:

$$CL (\%) = \frac{LI - LF}{LI} \times 100$$

Para el reporte de estos 3 límites de consistencia se utiliza el formato 5.2 que se observa a continuación:

| LÍMITES DE CONSISTENCIA O DE ATTERBERG | | | | | | | | |
|---|--------------------------|----------------------------------|----------------------------------|--------------------------------|--------------------|----------------------|-----------------------------|-------------------------|
| TIPO DE OBRA: | | | | | FECHA: | | | |
| LOCALIZACION: | | | | | MUESTRA No. | | | |
| ENSAYE Y PROF. | | | | SONDEO NO. | | OPERADOR: | | |
| DESCRIPCION MATERIAL: | | | | | CALCULO: | | | |
| LIMITE LIQUIDO | | | | | | | | |
| Prueba No | No. de Golpes | Capsula No. | Peso Capsula + Suelo Humedo (gr) | Peso Capsula + Suelo Seco (gr) | Peso del Agua (gr) | Peso Capsula (gr) | Peso Suelo Seco (gr) | Contenido de Agua W (%) |
| 1 | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | |
| LIMITE PLASTICO | | | | | | | | |
| Prueba No. | Capsula No. | Peso Capsula + Suelo Humedo (gr) | Peso Capsula + Suelo Seco (gr) | Peso del Agua (gr) | Peso Capsula (gr) | Peso Suelo Seco (gr) | Contenido de Agua W (%) | |
| 1 | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | |
| LIMITE DE CONTRACCION | | | | | | | | |
| Cápsula No. | Tipo de Prueba | Peso Capsula + Suelo Humedo (gr) | Peso Capsula + Suelo Seco (gr) | Peso del Agua (gr) | Peso Capsula (gr) | Peso Suelo Seco (gr) | Contenido de Agua W (%) | |
| | Lineal | | | | | | | |
| | Longitud Inicial (cm) | | Long. Final (cm) | | | | Contracción Lineal (%) | |
| | Volumétrica | | | | | | | |
| | Vol. Inicial cm3 | | Volúmen Final cm3 | | | | Contracción Volumétrica (%) | |
| | Peso Vol. Mercurio kg/m3 | | Peso Mercurio desalojado (gr) | | | | | |
| HUMEDAD NATURAL W (%) = | | | | | | | | |
| LIMITE LÍQUIDO LL (%) = | | | | | | | | |
| LIMITE PLÁSTICO LP (%) = | | | | | | | | |
| INDICE PLÁSTICO IP (%) = | | | | | | | | |
| CLASIFICACION SUCS = | | | | | | | | |
| OBSERVACIONES: | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |
| | | | | | | | | |

GRAFICA PARA LIMITE LÍQUIDO.

| Numero de Golpes | Contenido de Agua (%) |
|------------------|-----------------------|
| 1 | ~145 |
| 2 | ~135 |
| 3 | ~125 |
| 4 | ~115 |
| 5 | ~105 |
| 10 | ~85 |
| 25 | ~55 |
| 50 | ~45 |
| 100 | ~35 |

Formato 5.2 Límites de consistencia.
Fuente: propia

5.4 Peso específico seco suelto.

El peso volumétrico seco suelto consiste en obtener la masa y el volumen total de la muestra, pero habiendo hecho una corrección de acuerdo con el contenido de agua, por esto, la prueba se debe secar y después medir el peso del material dentro de un recipiente de masa conocida.

El procedimiento que se utiliza para esta prueba es el siguiente:

Primero se seca una muestra de suelo de 5 kg, se mezcla y se cuartea, con un cucharón se llena un recipiente de volumen conocido, dejando caer el material desde una altura de aproximadamente 20 cm. y evitando reacomodar las partículas que ya estén en el recipiente, se enrasa el material usando una regla o una varilla de 30 cm.

Por último se pesa el recipiente con el material con una balanza con aproximación de 5 gr.

5.5 Densidad relativa de sólidos.

La densidad relativa de sólidos según Juárez Badillo (2000) representa la relación del peso del total de los sólidos minerales quitando los vacíos contenidos del suelo y el volumen mismo de los minerales en relación al peso específico del agua.

Si se trata de un feldespato o un cuarzo el valor de esta relación puede dar de entre 2.6 a 2.9 y si se trata de un suelo arcilloso o limoso el resultado puede dar de entre 2.2 a 2.6.

Para realizar esta prueba se ejecuta el siguiente procedimiento:

Inicialmente se toma una muestra de suelo seco de 50 gr., se toma un embudo y evitando que se pierda material se introduce en un matraz previamente

calibrado para después continuar con el llenado del matraz a la mitad aproximadamente con agua destilada.

Se coloca el matraz en agua a punto de ebullición “baño María”, por unos 10 min moviendo la muestra, hasta expulsar el aire atrapado. Después de que todo el aire haya sido expulsado se quita del baño maría y se llena con un cuenta gotas hasta la marca de aforo del matraz, enseguida se pesa el matraz y se le toma la temperatura, con la temperatura se entra a la curva de calibración del matraz donde se obtiene la masa del matraz más agua.

El cálculo de la densidad de sólidos con los resultados obtenidos anteriormente se obtiene con la siguiente expresión:

$$S_s = \frac{W_s}{W_{fw} + W_s - W_{fsw}}$$

Para el reporte de la densidad relativa de los sólidos se utiliza el formato 5.3 que se observa a continuación:

5.6 Consolidación unidimensional.

Juárez Badillo (2000) dice que el proceso de disminución de volumen que ocurre en un lapso de tiempo, inducido por un aumento de las cargas sobre el suelo, se denomina proceso de consolidación y se le llama consolidación unidimensional

Igualmente Juárez Badillo (2000) describe los pasos que se deben seguir para realizar la prueba que se empieza por realizar una muestra labrada en forma de cilindro aplastado, es decir, de pequeña altura en comparación al diámetro de la sección horizontal. La muestra se coloca en el interior de un anillo, el cual debe proporcionar un completo confinamiento lateral. El anillo es colocado entre dos piedras porosas, una en cada cara de la muestra; las piedras son de sección circular con un diámetro ligeramente menor que el del interior del anillo. La muestra de suelo, en el conjunto, se coloca ahora en el recipiente de un consolidó metro, y se pone una tapa sobre esta. La figura 5.2 muestra esquemáticamente la preparación de la muestra.

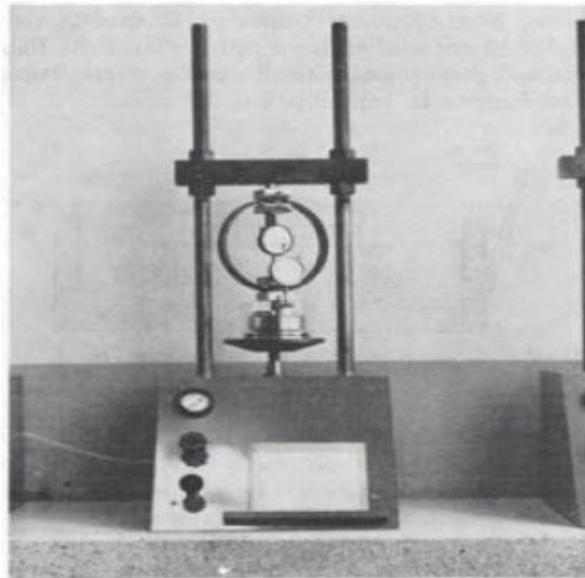


Figura 5.2 Colocación de la muestra en el consolidó metro.
Fuente: Juárez Badillo (2000; 250)

5.7 Resistencia al esfuerzo cortante.

Uno de los factores más importantes en la identificación de materiales térreos dentro de la mecánica de suelos y en la búsqueda de obtener los parámetros necesarios para poder llevar a cabo estructuras que garanticen la estabilidad en las obras civiles, es la resistencia al esfuerzo cortante que presentan los suelos.

El ensayo de corte directo consiste en inducir una falla en una muestra de suelo, a través de la imposición de dos esfuerzos: el primero de ellos un esfuerzo normal, que se da mediante la aplicación de una carga vertical y que está direccionado a inducir las condiciones de presión a las que está sometida dicha muestra en su entorno natural y un esfuerzo cortante que se da mediante la aplicación de una carga horizontal y que cuyos valores de esfuerzos obtenidos a través del ensayo permiten obtener un plano de ejes coordenados y a través del cual se determinan los valores de cohesión y ángulo de fricción.

Existen 3 pruebas principales para realizar la prueba de resistencia al esfuerzo cortante de los suelos las cuales son:

- Prueba directa de resistencia
- Prueba de la veleta
- Prueba de compresión triaxial

Para este trabajo de investigación se utilizó la prueba de compresión triaxial que es la más común y la más eficaz al momento de calcular los valores de cohesión y el ángulo de fricción. Dentro de las pruebas triaxiales existen 3 tipos de ensayos los cuales mencionamos a continuación:

- Consolidada no drenada (CU): en este ensayo se permite que la etapa de consolidación se presente antes de someter la muestra a esfuerzos cortantes, siendo así, en el momento de aplicar las cargas horizontales la presión de poros en cero, pero dicha presión horizontal es rápida y esto hace que durante el ensayo no se disipe la presión de poros.
- Consolidada drenada (CD): se considera como el ensayo más lento, se efectúa de igual manera que en ensayo CU pero al aplicar el esfuerzo cortante, este se aplica de la manera más lenta posible permitiendo así el drenaje de la muestra en todo momento y la disipación de las presiones de poros.
- No consolidada no drenada (UU): se considera un ensayo rápido y sin drenaje de la muestra, donde en ningún momento se permite la consolidación, primero se somete a una presión hidrostática e inmediato se aplica una carga axial hasta llevar el espécimen a la falla.

En este trabajo de investigación se recurrió a la prueba no consolidada no drenada (UU) ya que es la prueba más rápida y la más eficiente al momento de calcular los valores necesarios para nuestro trabajo.

Para realizar la prueba primero fue necesario extraer una muestra inalterada del suelo con medidas de 30x30x30 cm. a una profundidad de 2.5 mts, de esta muestra se labra un espécimen cilíndrico de aproximadamente 3.6 cm. de diámetro y 9 cm. de alto, enseguida se envuelve en una membrana de látex para evitar cualquier filtración de agua y se coloca dentro de la cámara de presión, a continuación se llena la cámara de agua hasta expulsar todo el aire dentro y se

cierran todas las válvulas impidiendo el drenaje, después se aplica un presión de confinamiento con un compresor de aire hasta que el regulador indique la presión deseada manteniéndola constante, inmediatamente se aplica una carga axial por medio de un vástago conectado a un medidor de presión hasta llevar el espécimen a la falla.

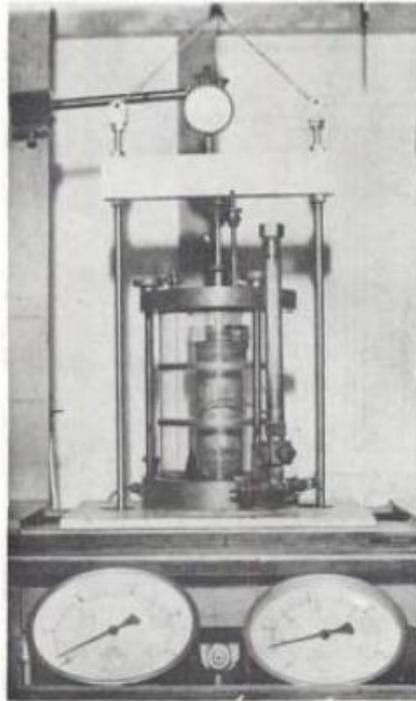


Figura XII-8. Detalle de una cámara triaxial (Laboratorio del Departamento de Geotécnia de la Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas, México, D. F.)

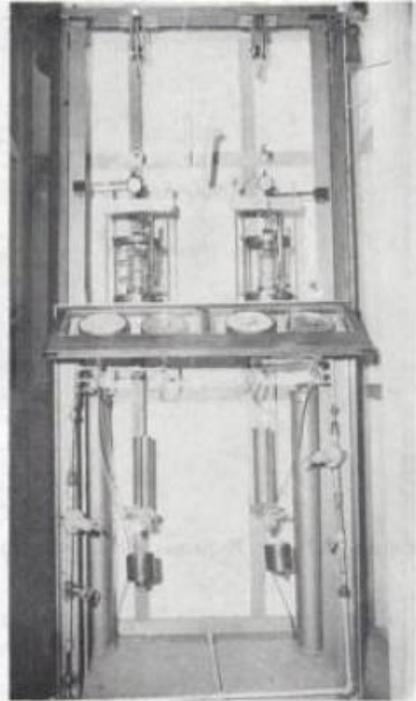


Figura XII-9. Conjunto de un banco triaxial (Laboratorio del Departamento de Geotécnia de la Secretaría de Asentamientos Humanos y Obras Públicas, México, D. F.)

Figura 5.3 Cámara triaxial.
Fuente: Juárez Badillo (2000; 384)

Para el reporte de la prueba de compresión triaxial se utiliza el formato 5.5 que se observa a continuación:

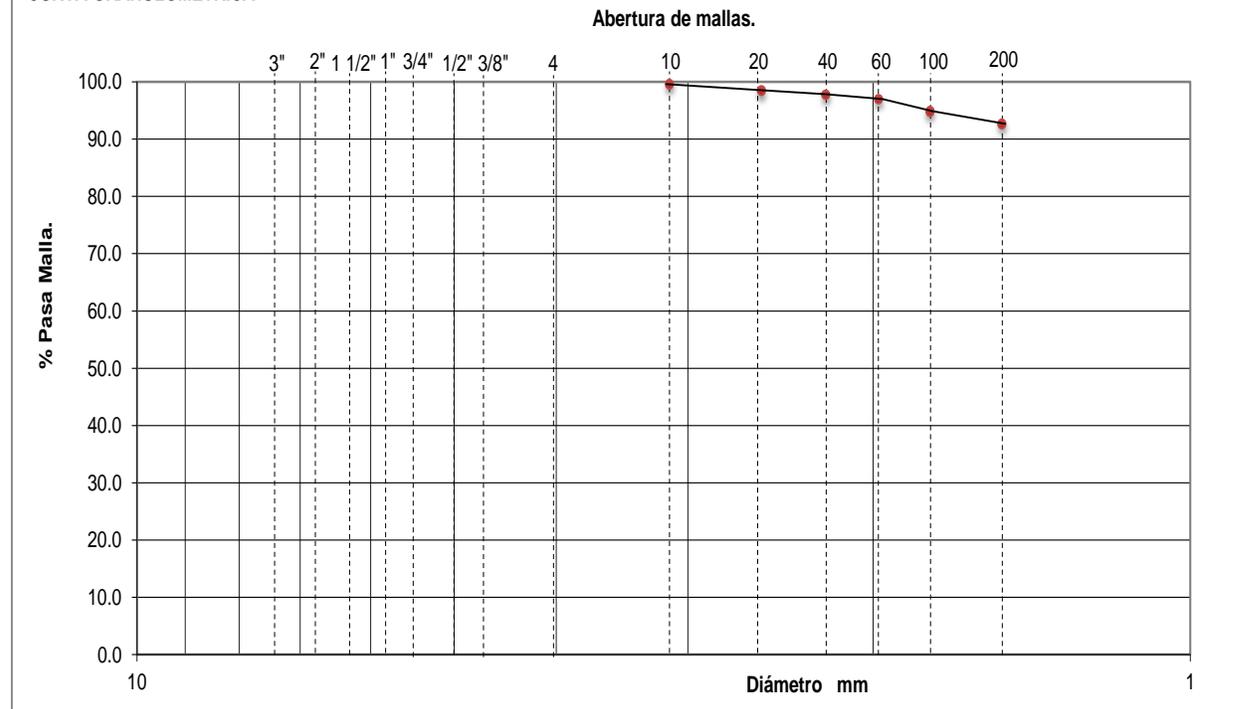
5.8 Cálculos

GRANULOMETRIA O CLASIFICACION POR TAMAÑOS DEL SUELO

| | | | | | | | |
|-------------------------|---------------------------------|------------|-----|---------------------------|-------|-----------|--------|
| OBRA | | | | DESPERDICIO % RET 2" | _____ | FECHA: | _____ |
| LOCALIZACION | PERIBAN DE RAMOS, Michoacán | | | PESO HUMEDO (gm) | _____ | | |
| ENSAYE No. | 2 | SONDEO No. | 1 | PESO SECO (gm) | _____ | % W NAT. | _____ |
| MUESTRA No. | 2 | PROF. | 2.0 | PESO NETO DE MAT. "kg" | _____ | OPERADOR: | SERGIO |
| DESCRIPCION MATER. | Arcilla fina Color cafe obscuro | | | VOLUMEN MOLDE "m3" | _____ | CÁLCULO: | SERGIO |
| TIPO DE GRANULOMETRIA : | Por lavado | | | PESO VOLUMETRICO "Ton/m3" | _____ | Vo. Bo.: | _____ |

| GRANULOMETRIA GRUESA HASTA MALLA No. 4 | | | | | GRANULOMETRIA FINA POR LAVADO HASTA MALLA No. 200 | | | | |
|--|------------|----------------|------------|--------------|---|----------|----------------|------------|--------------|
| Abertura | Malla | Peso retenido | % Retenido | % Pasa malla | Abertura | Malla | Peso retenido | % Retenido | % Pasa malla |
| Malla mm. | pulgadas | Parcial (kgs) | Parcial | Parcial | Malla mm. | No. | Parcial (gms) | Parcial | Parcial |
| 76.2 | 3" | | | | | | | | 100 |
| 50.8 | 2" | | | | 2 | 10 | 1.9 | 0.38 | 99.62 |
| 36.1 | 1 1/2" | | | | 0.84 | 20 | 3.4 | 0.68 | 98.94 |
| 25.4 | 1" | | | | 0.42 | 40 | 5.2 | 1.04 | 97.90 |
| 19.05 | 3/4" | | | | 0.25 | 60 | 11.3 | 2.26 | 95.64 |
| 12.7 | 1/2" | | | | 0.149 | 100 | 17.3 | 3.46 | 92.18 |
| 9.52 | 3/8" | | | | 0.074 | 200 | 27.7 | 5.54 | 86.64 |
| 4.76 | No. 4 | | | | | Pasa 200 | 432.5 | 86.50 | 0.14 |
| | Pasa No. 4 | | | | | SUMA | 499.3 | 100.00 | |
| | SUMA | | | | | Σ = | 500 | | |

CURVA GRANULOMETRICA



DENSIDAD

Volumen Desalojado

D 10 = _____

D 30 = _____

D 60 = _____

Peso seco _____

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

Gravas $C_u > 4$ Arenas, $C_u > 6$. _____

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

Gravas y Arenas C_c entre 1 y 3 _____

Densidad Relativa Aparente _____

MAYOR 3"= _____

G = _____

S = _____

F = 86.7%

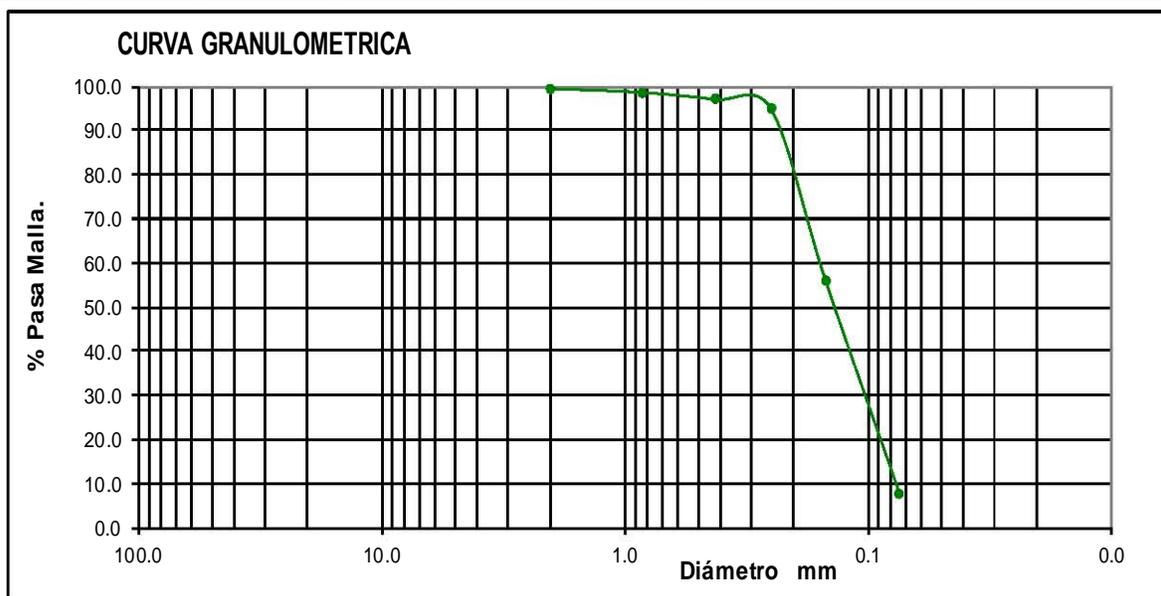
CLASIFICACIÓN GRANULOMETRICA:

Material fino

GRANULOMETRIA O CLASIFICACION POR TAMAÑOS DEL SUELO

| | |
|--|--|
| OBRA _____ | DESPERDICIO % RET 2" _____ FECHA: _____ |
| LOCALIZACION: PERIBAN DE RAMOS, MICH. | PESO HUMEDO (gram) _____ |
| ENSAYE No. 1 SONDEO No. 1 | PESO SECO (gram) _____ % WNAT. _____ |
| MUESTRA No. 1 PROF. 2 MTS | PESO NETO DE MAT. "kg" _____ OPERADOR: _____ |
| DESCRIPCION MATER. ARENA CON MAT. FINO | VOLUMEN MOLDE "m3" _____ CÁLCULO: _____ |
| TIPO DE GRANULOMETRIA : POR MALLAS | PESO VOLUMETRICO "Ton/m3" _____ Vo. Bo.: _____ |

| GRANULOMETRIA GRUESA HASTA MALLA No. 4 | | | | | GRANULOMETRIA FINA POR LAVADO HASTA MALLA No. 200 | | | | |
|--|------------|----------------|------------|--------------|---|----------|----------------|------------|--------------|
| Abertura | Malla | Peso retenido | % Retenido | % Pasa malla | Abertura | Malla | Peso retenido | % Retenido | % Pasa malla |
| Malla mm. | pulgadas | Parcial (kgs) | Parcial | Parcial | Malla mm. | No. | Parcial (gms) | Parcial | Parcial |
| 76.2 | 3" | | | | | | | | 100 |
| 50.8 | 2" | | | | 2 | 10 | 3.0 | 0.60 | 99.40 |
| 36.1 | 1 1/2" | | | | 0.84 | 20 | 4.3 | 0.87 | 98.53 |
| 25.4 | 1" | | | | 0.42 | 40 | 7.9 | 1.59 | 96.94 |
| 19.05 | 3/4" | | | | 0.25 | 60 | 10.4 | 2.08 | 94.87 |
| 12.7 | 1/2" | | | | 0.149 | 100 | 194.3 | 38.86 | 56.01 |
| 9.52 | 3/8" | | | | 0.074 | 200 | 240.9 | 48.18 | 7.83 |
| 4.76 | No. 4 | | | | | Pasa 200 | 37.9 | 7.58 | 0.25 |
| | Pasa No. 4 | | | | | SUMA | 498.9 | 100.00 | |
| | SUMA | | | | | Σ = | 500 | | |



DENSIDAD

Volumen Desalojado _____

Peso seco _____ - Densidad Relativa Aparente _____ -

D 10 = _____

$Cu = D_{60} / D_{10} =$ _____

MAYOR 3" = _____ 0.00%

D 30 = _____

Gravas Cu > 4 Arenas, Cu > 6.

G = _____ 0.0%

D 60 = _____

$Cc = (D_{30})^2 / (D_{10} \cdot D_{60}) =$ _____

S = _____ 92.2%

Gravas y Arenas Cc entre 1 y 3

F = _____ 7.8%

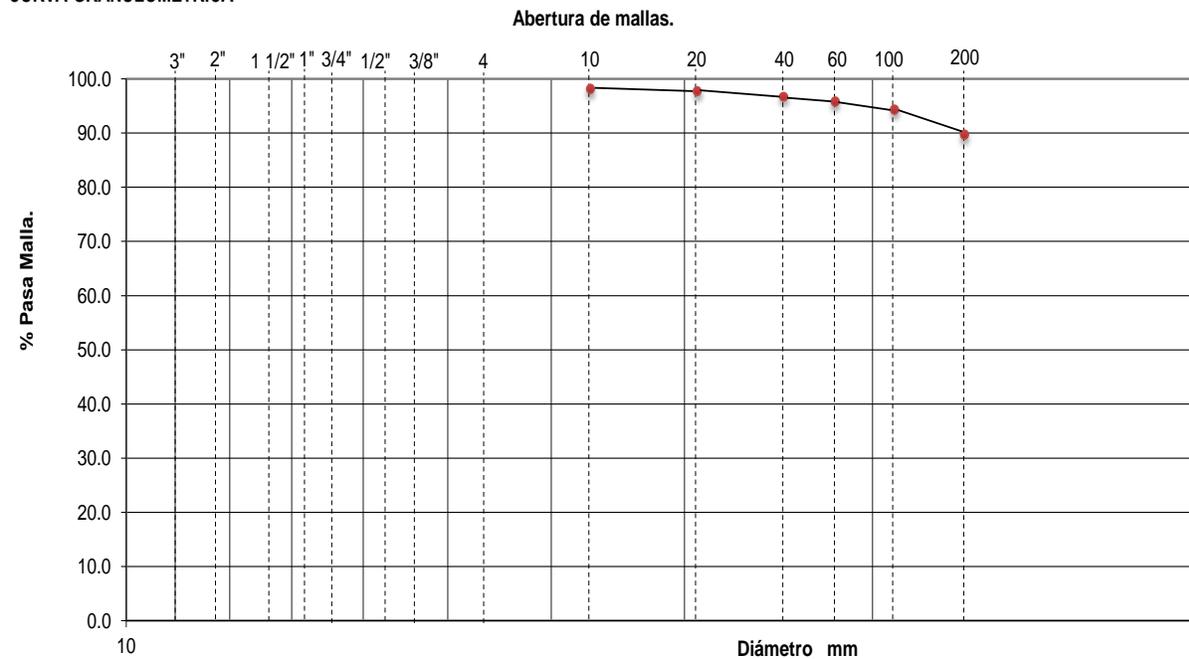
CLASIFICACIÓN GRANULOMETRICA: _____ Arena con material fino

GRANULOMETRIA O CLASIFICACION POR TAMAÑOS DEL SUELO

| | | |
|---|---------------------------------|-----------------|
| OBRA | DESPERDICIO % RET 2" _____ | FECHA: _____ |
| LOCALIZACION _____ PERIBAN DE RAMOS, Michoacán | PESO HUMEDO (grm) _____ | |
| ENSAYE No. _____ 1 SONDEO No. _____ 2 | PESO SECO (grm) _____ | % W NAT. _____ |
| MUESTRA No. _____ 1 PROF. _____ 2.5 | PESO NETO DE MAT. "kg" _____ | OPERADOR: _____ |
| DESCRIPCION I _____ Arcilla Fina Color café obscuro | VOLUMEN MOLDE "m3" _____ | CÁLCULO: _____ |
| TIPO DE GRANULOMETRIA : _____ Por lavado | PESO VOLUMETRICO "Ton/m3" _____ | Vo. Bo.: _____ |

| GRANULOMETRIA GRUESA HASTA MALLA No. 4 | | | | | GRANULOMETRIA FINA POR LAVADO HASTA MALLA No. 200 | | | | |
|--|------------|----------------|------------|--------------|---|----------|----------------|------------|--------------|
| Abertura | Malla | Peso retenido | % Retenido | % Pasa malla | Abertura | Malla | Peso retenido | % Retenido | % Pasa malla |
| Malla mm. | pulgadas | Parcial (kgs) | Parcial | Parcial | Malla mm. | No. | Parcial (gms) | Parcial | Parcial |
| 76.2 | 3" | | | | | | | | 100.00 |
| 50.8 | 2" | | | | 2 | 10 | 0.9 | 0.18 | 99.82 |
| 36.1 | 1 1/2" | | | | 0.84 | 20 | 2.6 | 0.52 | 99.30 |
| 25.4 | 1" | | | | 0.42 | 40 | 3.8 | 0.76 | 98.54 |
| 19.05 | 3/4" | | | | 0.25 | 60 | 5.3 | 1.06 | 97.48 |
| 12.7 | 1/2" | | | | 0.149 | 100 | 13.7 | 2.74 | 94.74 |
| 9.52 | 3/8" | | | | 0.074 | 200 | 19.4 | 3.88 | 90.86 |
| 4.76 | No. 4 | | | | | Pasa 200 | 453.4 | 90.68 | 0.18 |
| | Pasa No. 4 | | | | | SUMA | 499.1 | 100.00 | |
| | SUMA | | | | | Σ = | 500 | | |

CURVA GRANULOMETRICA



DENSIDAD

Volumen Desalojado

D 10 = _____
 D 30 = _____
 D 60 = _____

Peso seco _____

$C_u = D_{60} / D_{10} =$ _____
 Gravas Cu > 4 Arenas, Cu > 6. _____
 $C_c = (D_{30})^2 / (D_{10} \cdot D_{60}) =$ _____
 Gravas y Arenas Cc entre 1 y 3

Densidad Relativa Aparente _____

MAYOR 3"= _____
 G = _____
 S = _____
 F = 90.9%

CLASIFICACIÓN GRANULOMETRICA:

Material fino

LÍMITES DE CONSISTENCIA O DE ATTERBERG

| | |
|--|------------------|
| TIPO DE OBRA: _____ | FECHA: _____ |
| LOCALIZACION: PERIBAN DE RAMOS, MICHOACAN. | MUESTRA No. UNO |
| ENSAYE Y PROF. 2.00 MTS | SONDEO NO. 1 |
| DESCRIPCION MATERIAL: _____ | OPERADOR: SERGIO |
| | CALCULO: SERGIO |

LIMITE LIQUIDO

| Prueba No | No. de Golpes | Capsula No. | Peso Capsula + Suelo Humedo (gr) | Peso Capsula + Suelo Seco (gr) | Peso del Agua (gr) | Peso Capsula (gr) | Peso Suelo Seco (gr) | Contenido de Agua W (%) |
|-----------|---------------|-------------|----------------------------------|--------------------------------|--------------------|-------------------|----------------------|-------------------------|
| 1 | 15 | 32 | 28.82 | 20.52 | 8.30 | 7.73 | 12.79 | 64.89 |
| 2 | 20 | 17 | 28.61 | 20.81 | 7.80 | 7.83 | 12.98 | 60.09 |
| 3 | 28 | 34 | 30.80 | 22.23 | 8.57 | 6.63 | 15.60 | 54.94 |
| 4 | 34 | 5 | 39.60 | 28.12 | 11.48 | 7.49 | 20.63 | 55.65 |
| 5 | | | | | | | | |

LIMITE PLASTICO

| Prueba No. | Capsula No. | Peso Capsula + Suelo Humedo (gr) | Peso Capsula + Suelo Seco (gr) | Peso del Agua (gr) | Peso Capsula (gr) | Peso Suelo Seco (gr) | Contenido de Agua W (%) |
|------------|-------------|----------------------------------|--------------------------------|--------------------|-------------------|----------------------|-------------------------|
| 1 | 8 | 10.30 | 9.60 | 0.70 | 7.95 | 1.65 | 42.42 |
| 2 | | | | | | | |
| | | | | | | | |

LIMITE DE CONTRACCION

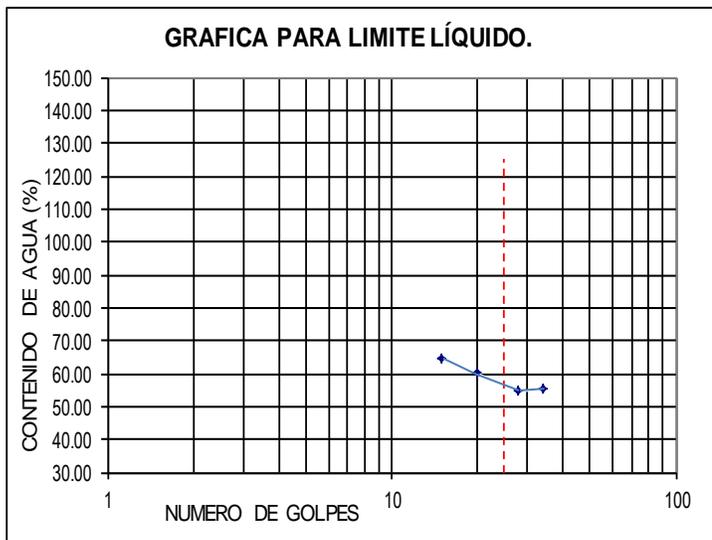
| Cápsula No. | Tipo de Prueba | Peso Capsula + Suelo Humedo (gr) | Peso Capsula + Suelo Seco (gr) | Peso del Agua (gr) | Peso Capsula (gr) | Peso Suelo Seco (gr) | Contenido de Agua W (%) |
|-------------|--------------------------|----------------------------------|--------------------------------|--------------------|-----------------------------|----------------------|-------------------------|
| | Lineal | 149.20 | 125.48 | 23.72 | 82.20 | 43.28 | 54.81 |
| | Longitud Inicial (cm) | 10 | Long. Final (cm) | 8.90 | Contracción Lineal (%) | | 11.20 |
| | Volumétrica | | | | | | |
| | Vol. Inicial cm3 | | Volúmen Final cm3 | | Contracción Volumétrica (%) | | |
| | Peso Vol. Mercurio kg/m3 | | Peso Mercurio desalojado (gr) | | | | |

HUMEDAD NATURAL W (%) = **43.67**
 LIMITE LÍQUIDO LL (%) = **60.09**
 LIMITE PLÁSTICO LP (%) = **42.42**
 INDICE PLÁSTICO IP (%) = **17.67**

CLASIFICACION SUCS = **MH**

OBSERVACIONES: _____

GRAFICA PARA LIMITE LÍQUIDO.



LÍMITES DE CONSISTENCIA O DE ATTERBERG

| | | | |
|-----------------------|--------------------------------|-------------|--------|
| TIPO DE OBRA: | | FECHA: | |
| LOCALIZACION: | PERIBAN DE RAMOS, Michoacán | MUESTRA No. | |
| ENSAYE Y PROF. | 2.00 MTS. | SONDEO NO. | 1 |
| DESCRIPCION MATERIAL: | LIMO ARENOSO COLOR GRIS OSCURO | OPERADOR: | SERGIO |
| | | CALCULO: | SERGIO |

LIMITE LIQUIDO estrato 2

| Prueba No | No. de Golpes | Capsula No. | Peso Capsula + Suelo Humedo (gr) | Peso Capsula + Suelo Seco (gr) | Peso del Agua (gr) | Peso Capsula (gr) | Peso Suelo Seco (gr) | Contenido de Agua W (%) |
|-----------|---------------|-------------|----------------------------------|--------------------------------|--------------------|-------------------|----------------------|-------------------------|
| 1 | 20 | 33 | 32.73 | 27.55 | 5.18 | 7.68 | 19.87 | 26.07 |
| 2 | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | |
| 4 | | | | | | | | |
| 5 | | | | | | | | |

LIMITE PLASTICO

| Prueba No. | Capsula No. | Peso Capsula + Suelo Humedo (gr) | Peso Capsula + Suelo Seco (gr) | Peso del Agua (gr) | Peso Capsula (gr) | Peso Suelo Seco (gr) | Contenido de Agua W (%) |
|------------|-------------|----------------------------------|--------------------------------|--------------------|-------------------|----------------------|-------------------------|
| 1 | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | |

LIMITE DE CONTRACCION

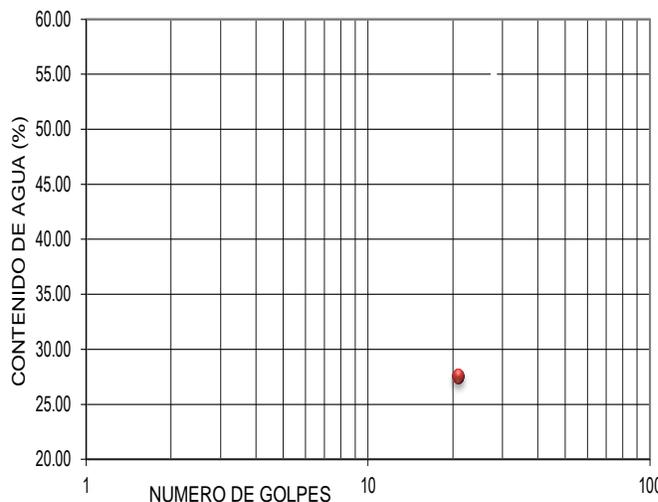
| Cápsula No. | Tipo de Prueba | Peso Capsula + Suelo Humedo (gr) | Peso Capsula + Suelo Seco (gr) | Peso del Agua (gr) | Peso Capsula (gr) | Peso Suelo Seco (gr) | Contenido de Agua W (%) |
|-------------|--------------------------|----------------------------------|--------------------------------|-----------------------------|------------------------|----------------------|-------------------------|
| | Lineal | 157.50 | 141.10 | 16.40 | 82.20 | 58.90 | 27.84 |
| | Longitud Inicial (cm) | 10 | Long. Final (cm) | 9.90 | Contracción Lineal (%) | | 10.10 |
| | Volumétrica | | | | | | |
| | Vol. Inicial cm3 | Volúmen Final cm3 | | Contracción Volumétrica (%) | | | |
| | Peso Vol. Mercurio kg/m3 | Peso Mercurio desalojado (gr) | | | | | |

| | |
|--------------------------|-------|
| HUMEDAD NATURAL W (%) = | 15.14 |
| LIMITE LÍQUIDO LL (%) = | 26.07 |
| LIMITE PLÁSTICO LP (%) = | 0.00 |
| INDICE PLÁSTICO IP (%) = | 26.07 |

CLASIFICACION SUCS = ML

OBSERVACIONES: _____

GRAFICA PARA LIMITE LÍQUIDO.



LÍMITES DE CONSISTENCIA O DE ATTERBERG

| | |
|--|------------------|
| TIPO DE OBRA: _____ | FECHA: _____ |
| LOCALIZACION: PERIBAN DE RAMOS, MICHOACAN. | MUESTRA No. UNO |
| ENSAYE Y PROF. 2.50 MTS | SONDEO NO. 2 |
| DESCRIPCION MATERIAL: _____ | OPERADOR: SERGIO |
| | CALCULO: SERGIO |

LIMITE LIQUIDO

| Prueba No | No. de Golpes | Capsula No. | Peso Capsula + Suelo Humedo (gr) | Peso Capsula + Suelo Seco (gr) | Peso del Agua (gr) | Peso Capsula (gr) | Peso Suelo Seco (gr) | Contenido de Agua W (%) |
|-----------|---------------|-------------|----------------------------------|--------------------------------|--------------------|-------------------|----------------------|-------------------------|
| 1 | 18 | 4 | 26.00 | 19.50 | 6.50 | 7.49 | 12.01 | 54.12 |
| 2 | 24 | 9 | 24.62 | 18.61 | 6.01 | 7.29 | 11.32 | 53.09 |
| 3 | 28 | 2 | 30.04 | 22.56 | 7.48 | 8.34 | 14.22 | 52.60 |
| 4 | 34 | 23 | 28.12 | 21.20 | 6.92 | 7.79 | 13.41 | 51.60 |
| 5 | | | | | | | | |

LIMITE PLASTICO

| Prueba No. | Capsula No. | Peso Capsula + Suelo Humedo (gr) | Peso Capsula + Suelo Seco (gr) | Peso del Agua (gr) | Peso Capsula (gr) | Peso Suelo Seco (gr) | Contenido de Agua W (%) |
|------------|-------------|----------------------------------|--------------------------------|--------------------|-------------------|----------------------|-------------------------|
| 1 | 33 | 10.72 | 9.95 | 0.77 | 7.68 | 2.27 | 33.92 |
| 2 | | | | | | | |

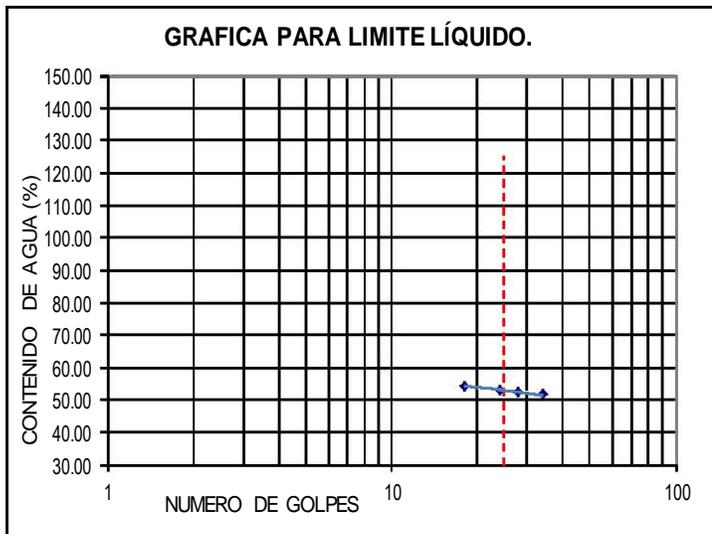
LIMITE DE CONTRACCION

| Cápsula No. | Tipo de Prueba | Peso Capsula + Suelo Humedo (gr) | Peso Capsula + Suelo Seco (gr) | Peso del Agua (gr) | Peso Capsula (gr) | Peso Suelo Seco (gr) | Contenido de Agua W (%) |
|-------------|--------------------------|----------------------------------|--------------------------------|--------------------|-----------------------------|----------------------|-------------------------|
| | Lineal | 149.25 | 126.20 | 23.05 | 81.95 | 44.25 | 52.09 |
| | Longitud Inicial (cm) | 10 | Long. Final (cm) | 8.90 | Contracción Lineal (%) | | 11.00 |
| | Volumétrica | | | | | | |
| | Vol. Inicial cm3 | | Volúmen Final cm3 | | Contracción Volumétrica (%) | | |
| | Peso Vol. Mercurio kg/m3 | | Peso Mercurio desalojado (gr) | | | | |

HUMEDAD NATURAL W (%) = **37.48**
 LIMITE LÍQUIDO LL (%) = **53.09**
 LIMITE PLÁSTICO LP (%) = **33.92**
 INDICE PLÁSTICO IP (%) = **19.17**

CLASIFICACION SUCS = **MH**

OBSERVACIONES: _____



DENSIDAD DE SÓLIDOS Ó PESO ESPECÍFICO RELATIVO DE LOS SÓLIDOS

| | |
|--|------------------------|
| TIPO DE OBRA: | FECHA: |
| LOCALIZACION: PERIBAN DE RAMOS, Michoacán | HUMEDAD NATURAL: 43.67 |
| NUMERO ENSAYE: 1 SONDEO No. 1 | OPERADOR: SERGIO |
| PROFUNDIDAD: 2.00 MTS. ESTRATO 1 | CALCULO: SERGIO |
| DESCRIPCION DEL MATERIAL: LIMO ARENOSO COLOR GRIS OSCURO | |

| NUMERO DE PRUEBA | 1 | 2 | |
|------------------------------------|--------|---|--|
| Número de Matraz. | 5 | | DENSIDAD DE SOLIDOS Ss 2.48 |
| Peso Matraz + Agua + Suelo (Gr) | 693.00 | | |
| Temperatura marca de Aforo (°C) | 51 | | |
| Peso Matraz + Agua Calibracion (G) | 663.20 | | |
| Cápsula de Evaporación Número. | - | | |
| Peso Cápsula + suelo seco (Gr) | - | | |
| Peso Cápsula (Gr) | - | | |
| Peso del Suelo seco (Gr) | 50.00 | | |
| Densidad de Sólidos | 2.48 | | |

W_{fsw} Peso del Matraz + Agua + Suelo a Temperatura de prueba.

W_{fw} Peso del Matraz + Agua a Temperatura de prueba de la curva de calibracion del matraz.

W_s Peso del Suelo Seco, después de realizada la prueba.

S_s Peso Especifico Relativo de los Sólidos ó Densidad de Sólidos.

$$S_s = \frac{W_s}{W_s + W_{fw} - W_{fsw}}$$

FORMULA GENERAL

OBSERVACIONES: _____

DENSIDAD DE SÓLIDOS Ó PESO ESPECÍFICO RELATIVO DE LOS SÓLIDOS

| | |
|--|------------------------|
| TIPO DE OBRA: | FECHA: |
| LOCALIZACION: PERIBAN DE RAMOS, Michoacán | HUMEDAD NATURAL: 15.14 |
| NUMERO ENSAYE: 2 SONDEO No. 1 | OPERADOR: SERGIO |
| PROFUNDIDAD: 2.00 MTS. ESTRATO 1 | CALCULO: SERGIO |
| DESCRIPCION DEL MATERIAL: LIMO ARENOSO COLOR GRIS OSCURO | |

| NUMERO DE PRUEBA | 1 | 2 | |
|---------------------------------|--------|---|--|
| Número de Matraz. | 4 | | DENSIDAD DE SOLIDOS Ss 2.11 |
| Peso Matraz + Agua + Suelo (Gr) | 696.50 | | |
| Temperatura marca de Aforo (°C) | 52 | | |
| Peso Matraz + Agua Calibracion | 670.20 | | |
| Cápsula de Evaporación Número | - | | |
| Peso Cápsula + suelo seco (Gr) | - | | |
| Peso Cápsula (Gr) | - | | |
| Peso del Suelo seco (Gr) | 50.00 | | |
| Densidad de Sólidos | 2.11 | | |

W_{fsw} Peso del Matraz + Agua + Suelo a Temperatura de prueba.

W_{fw} Peso del Matraz + Agua a Temperatura de prueba de la curva de calibracion del matraz.

W_s Peso del Suelo Seco, después de realizada la prueba.

S_s Peso Especifico Relativo de los Sólidos ó Densidad de Sólidos.

$$S_s = \frac{W_s}{W_s + W_{fw} - W_{fsw}}$$

FORMULA GENERAL

OBSERVACIONES: _____

DENSIDAD DE SÓLIDOS Ó PESO ESPECÍFICO RELATIVO DE LOS SÓLIDOS

| | | | |
|---|-----------------------------|------------------|--------|
| TIPO DE OBRA: | | FECHA: | |
| LOCALIZACION: | PERIBAN DE RAMOS, Michoacán | HUMEDAD NATURAL: | 37.48 |
| NUMERO ENSAYE: | 3 SONDEO No. 2 | OPERADOR: | SERGIO |
| PROFUNDIDAD: | 2.00 MTS. ESTRATO 1 | CALCULO: | SERGIO |
| DESCRIPCION DEL MATERIAL: ARCILLA COLOR CAFÉ OSCURO | | | |

| NUMERO DE PRUEBA | 1 | 2 | |
|------------------------------------|--------|---|---|
| Número de Matraz. | 1 | | DENSIDAD DE SOLIDOS Ss <b style="color: blue; font-size: 1.2em;">2.48 |
| Peso Matraz + Agua + Suelo (Gr) | 695.30 | | |
| Temperatura marca de Aforo (°C) | 47 | | |
| Peso Matraz + Agua Calibracion (G) | 665.50 | | |
| Cápsula de Evaporación Número. | - | | |
| Peso Cápsula + suelo seco (Gr) | - | | |
| Peso Cápsula (Gr) | - | | |
| Peso del Suelo seco (Gr) | 50.00 | | |
| Densidad de Sólidos | 2.48 | | |

- Wfsw Peso del Matraz + Agua + Suelo a Temperatura de prueba.
- Wfw Peso del Matraz + Agua a Temperatura de prueba de la curva de calibracion del matraz.
- Ws Peso del Suelo Seco, después de realizada la prueba.
- Ss Peso Especifico Relativo de los Sólidos ó Densidad de Sólidos.

$$Ss = \frac{Ws}{Ws + Wfw - Wfsw} \qquad \text{FORMULA GENERAL}$$

OBSERVACIONES: _____

COMPRESIÓN CONFINADA O COMPRESIÓN TRIAXIAL RÁPIDA.

Confinamiento
 σ_3 (kg/cm²) 0.50

| | |
|---|-------------------------|
| TIPO DE OBRA: _____ | FECHA: _____ |
| LOCALIZACIÓN <u>PERIBAN DE RAMOS, Michoacán</u> | PROFUND: <u>2.0</u> |
| ENSAYE No. <u>1</u> SONDEO No: <u>UNO</u> MUESTRA No: <u>UNO</u> | OPERADOR: <u>SERGIO</u> |
| PROCEDENCIA DE LA MUESTRA: <u>MATERIAL FINO COLOR CAFÉ OSCURO</u> | CALCULO: <u>SERGIO</u> |

MEDIDAS DE LA MUESTRA

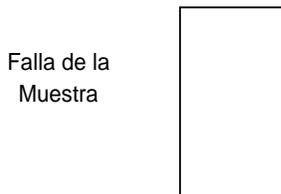
| | | | |
|-----------------------------|---|---|--|
| Diam Sup (cm) <u>3.60</u> | Área Sup (cm ²) <u>10.179</u> | Peso Wi (gr) <u>165.00</u> | Peso Hum. (gr) <u>-</u> |
| Diam Cent (cm) <u>3.60</u> | Área Cent (cm ²) <u>10.179</u> | Volúmen (cm ³) <u>91.61</u> | Peso Seco (gr) <u>-</u> |
| Diam Infer (cm) <u>3.60</u> | Área Infer (cm ²) <u>10.179</u> | gm (ton/m ³) <u>1.801</u> | Hum. Prueba <u>Natural</u> |
| Alt. Media (cm) <u>9.00</u> | Área Media (cm ²) <u>6</u> | As + 4Ac + Ai = <u>10.18</u> | Constante del Micrómetro (mm) = <u>0.0100</u> |
| | | | Velocidad Aplicación carga = <u>1.0 mm/min</u> |

| Lectura Mic. de Carga (kg) | Carga Acumulada (kg) | Lectura Mic Dy (mm) | Deformación Total (mm) | Deformación Unitaria % | 1 - Deformación Unitaria (mm) | Área Corregida (cm ²) | Esfuerzo. (kg/cm ²) |
|----------------------------|----------------------|---------------------|------------------------|------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|
| 5.00 | 1.07 | 20.00 | 0.2000 | 0.2222 | 0.9978 | 10.20 | 0.1049 |
| 10.00 | 2.14 | 40.00 | 0.4000 | 0.4444 | 0.9956 | 10.22 | 0.2094 |
| 13.00 | 2.78 | 60.00 | 0.6000 | 0.6667 | 0.9933 | 10.25 | 0.2716 |
| 16.00 | 3.43 | 80.00 | 0.8000 | 0.8889 | 0.9911 | 10.27 | 0.3335 |
| 20.00 | 4.28 | 100.00 | 1.0000 | 1.1111 | 0.9889 | 10.29 | 0.4159 |
| 22.00 | 4.71 | 120.00 | 1.2000 | 1.3333 | 0.9867 | 10.32 | 0.4565 |
| 24.00 | 5.14 | 140.00 | 1.4000 | 1.5556 | 0.9844 | 10.34 | 0.4969 |
| 24.00 | 5.14 | 160.00 | 1.6000 | 1.7778 | 0.9822 | 10.36 | 0.4958 |
| Falla de la Muestra | | | | | | | |

Cohesión Mat. $c = s/2$ (kg/cm²) 0.2479

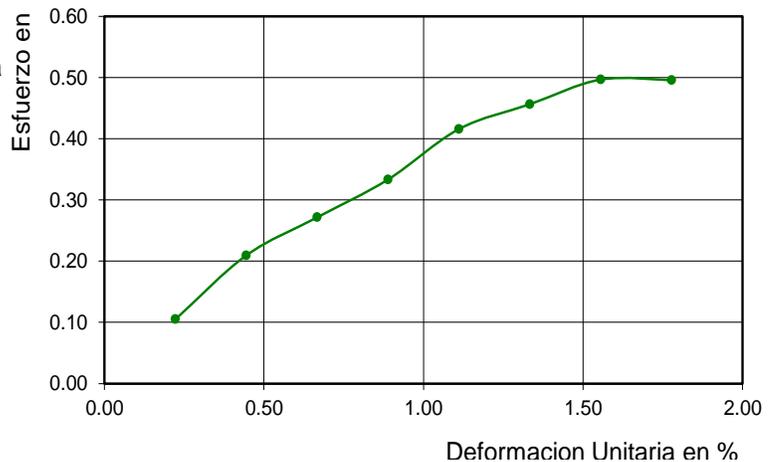
Área corregida = Área media / 1-Def. Unitaria

ESQUEMA DE FALLA DE LA MUESTRA



OBSERVACIONES: _____

CURVA ESFUERZO - DEFORMACIÓN



COMPRESIÓN CONFINADA O COMPRESIÓN TRIAXIAL RÁPIDA.

Confinamiento
 σ_3 (kg/cm²) 1.00

TIPO DE OBRA: _____ FECHA: _____
 LOCALIZACIÓN PERIBAN DE RAMOS, Michoacán PROFUND: 2.0
 ENSAYE No. 2 SONDEO No: UNO MUESTRA No: UNO OPERADOR: SERGIO
 PROCEDENCIA DE LA MUESTRA: MATERIAL FINO COLOR CAFÉ OSCURO CALCULO: SERGIO

MEDIDAS DE LA MUESTRA

| | | | | | | | |
|-----------------|-------------|-------------------------------|---------------|---------------------------------|-------------------|----------------|----------------|
| Diam Sup (cm) | <u>4.00</u> | Área Sup (cm ²) | <u>12.566</u> | Peso Wi (gr) | <u>200.00</u> | Peso Hum. (gr) | <u>-</u> |
| Diam Cent (cm) | <u>3.90</u> | Área Cent (cm ²) | <u>11.946</u> | Volúmen (cm ³) | <u>109.37</u> | Peso Seco (gr) | <u>-</u> |
| Diam Infer (cm) | <u>4.00</u> | Área Infer (cm ²) | <u>12.566</u> | Gm (ton/m ³) | <u>1.829</u> | Hum. Prueba | <u>Natural</u> |
| Alt. Media (cm) | <u>9.00</u> | As + 4Ac + Ai = | <u>12.15</u> | Constante del Micrómetro (mm) = | <u>0.0100</u> | | |
| | | Área Media (cm ²) | <u>6</u> | Velocidad Aplicación carga = | <u>1.0 mm/min</u> | | |

| Lectura Mic. de Carga (kg) | Carga Acumulada (kg) | Lectura Mic Dy (mm) | Deformación Total (mm) | Deformación Unitaria % | 1 - Deformación Unitaria (mm) | Área Corregida (cm ²) | Esfuerzo. (kg/cm ²) |
|----------------------------|----------------------|---------------------|------------------------|------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|
| 4.00 | 0.86 | 20.00 | 0.2000 | 0.2222 | 0.9978 | 12.18 | 0.0703 |
| 8.00 | 1.71 | 40.00 | 0.4000 | 0.4444 | 0.9956 | 12.21 | 0.1403 |
| 12.00 | 2.57 | 60.00 | 0.6000 | 0.6667 | 0.9933 | 12.23 | 0.2100 |
| 15.00 | 3.21 | 80.00 | 0.8000 | 0.8889 | 0.9911 | 12.26 | 0.2619 |
| 18.00 | 3.85 | 100.00 | 1.0000 | 1.1111 | 0.9889 | 12.29 | 0.3135 |
| 21.00 | 4.50 | 120.00 | 1.2000 | 1.3333 | 0.9867 | 12.32 | 0.3650 |
| 23.00 | 4.92 | 140.00 | 1.4000 | 1.5556 | 0.9844 | 12.34 | 0.3988 |
| 25.00 | 5.35 | 160.00 | 1.6000 | 1.7778 | 0.9822 | 12.37 | 0.4325 |
| 26.00 | 5.57 | 180.00 | 1.8000 | 2.0000 | 0.9800 | 12.40 | 0.4488 |
| 27.00 | 5.78 | 200.00 | 2.0000 | 2.2222 | 0.9778 | 12.43 | 0.4650 |
| 30.00 | 6.42 | 220.00 | 2.2000 | 2.4444 | 0.9756 | 12.46 | 0.5155 |
| 30.00 | 6.42 | 240.00 | 2.4000 | 2.6667 | 0.9733 | 12.49 | 0.5144 |
| Falla de la Muestra | | | | | | | |

Cohesión Mat. $c = S/2$ (kg/ 0.2572)

Área corregida = Área media / 1-Def. Unitaria

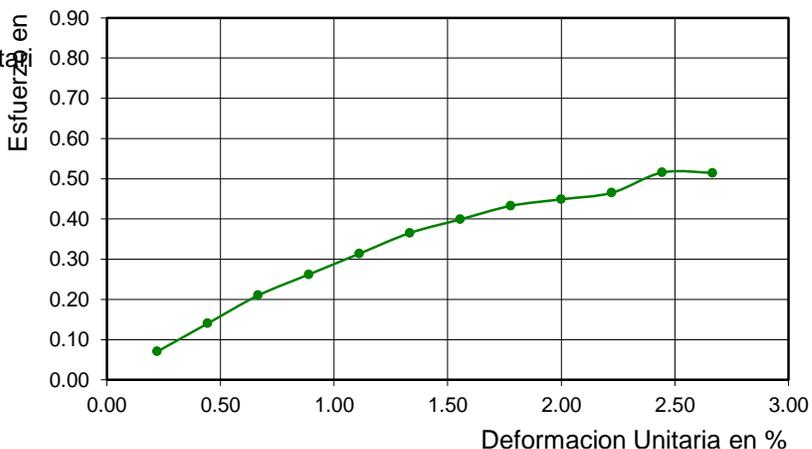
ESQUEMA DE FALLA DE LA MUESTRA

Falla de la Muestra



OBSERVACIONES: _____

CURVA ESFUERZO - DEFORMACIÓN



COMPRESIÓN CONFINADA O COMPRESIÓN TRIAXIAL RÁPIDA.

Confinamiento
 σ_3 (kg/cm²) 1.50

| | |
|---|-------------------------|
| TIPO DE OBRA: _____ | FECHA: _____ |
| LOCALIZACIÓN <u>PERIBAN DE RAMOS, Michoacán</u> | PROFUND: <u>2.0</u> |
| ENSAYE No. <u>3</u> SONDEO No: <u>UNO</u> MUESTRA No: <u>UNO</u> | OPERADOR: <u>SERGIO</u> |
| PROCEDENCIA DE LA MUESTRA: <u>MATERIAL FINO COLOR CAFÉ OSCURO</u> | CALCULO: <u>SERGIO</u> |

MEDIDAS DE LA MUESTRA

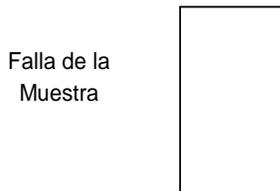
| | | | |
|-----------------------------|--|---|--|
| Diam Sup (cm) <u>3.60</u> | Área Sup (cm ²) <u>10.179</u> | Peso Wi (gr) <u>158.00</u> | Peso Hum. (gr) <u>-</u> |
| Diam Cent (cm) <u>3.60</u> | Área Cent (cm ²) <u>10.179</u> | Volúmen (cm ³) <u>91.61</u> | Peso Seco (gr) <u>-</u> |
| Diam Infer (cm) <u>3.60</u> | Área Infer (cm ²) <u>10.179</u> | Gm (ton/m ³) <u>1.725</u> | Hum. Prueba <u>Natural</u> |
| Alt. Media (cm) <u>9.00</u> | Área Media (cm ²) <u>As + 4Ac + Ai = 10.18</u> | Constante del Micrómetro = <u>6</u> | Velocidad Aplicación carga = <u>1.0 mm/min</u> |

| Lectura Mic. de Carga (kg) | Carga Acumulada (kg) | Lectura Mic Dy (mm) | Deformación Total (mm) | Deformación Unitaria % | 1 - Deformación Unitaria (mm) | Área Corregida (cm ²) | Esfuerzo. (kg/cm ²) |
|----------------------------|----------------------|---------------------|------------------------|------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|
| 4.00 | 0.86 | 20.00 | 0.2000 | 0.2222 | 0.9978 | 10.20 | 0.0839 |
| 10.00 | 2.14 | 40.00 | 0.4000 | 0.4444 | 0.9956 | 10.22 | 0.2094 |
| 14.00 | 3.00 | 60.00 | 0.6000 | 0.6667 | 0.9933 | 10.25 | 0.2925 |
| 17.00 | 3.64 | 80.00 | 0.8000 | 0.8889 | 0.9911 | 10.27 | 0.3543 |
| 22.00 | 4.71 | 100.00 | 1.0000 | 1.1111 | 0.9889 | 10.29 | 0.4575 |
| 26.00 | 5.57 | 120.00 | 1.2000 | 1.3333 | 0.9867 | 10.32 | 0.5395 |
| 29.00 | 6.21 | 140.00 | 1.4000 | 1.5556 | 0.9844 | 10.34 | 0.6004 |
| 32.00 | 6.85 | 160.00 | 1.6000 | 1.7778 | 0.9822 | 10.36 | 0.6610 |
| 34.00 | 7.28 | 180.00 | 1.8000 | 2.0000 | 0.9800 | 10.39 | 0.7007 |
| 36.00 | 7.71 | 200.00 | 2.0000 | 2.2222 | 0.9778 | 10.41 | 0.7403 |
| 38.00 | 8.13 | 220.00 | 2.2000 | 2.4444 | 0.9756 | 10.43 | 0.7796 |
| 40.00 | 8.56 | 240.00 | 2.4000 | 2.6667 | 0.9733 | 10.46 | 0.8188 |
| 42.00 | 8.99 | 260.00 | 2.6000 | 2.8889 | 0.9711 | 10.48 | 0.8578 |
| 43.00 | 9.20 | 280.00 | 2.8000 | 3.1111 | 0.9689 | 10.51 | 0.8762 |
| 43.00 | 9.20 | 300.00 | 3.0000 | 3.3333 | 0.9667 | 10.53 | 0.8742 |
| Falla de la Muestra | | | | | | | |

Cohesión Mat. $c = S/2$ (kg/c) 0.3701

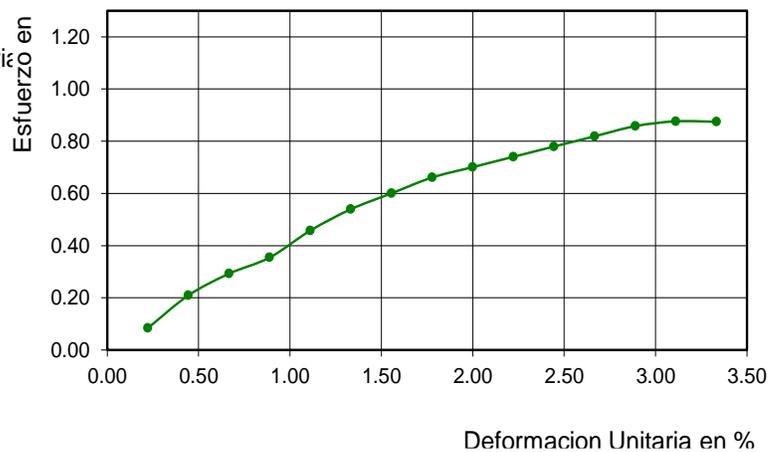
Área corregida = Área media / 1-Def. Unitaria

ESQUEMA DE FALLA DE LA MUESTRA



OBSERVACIONES: _____

CURVA ESFUERZO - DEFORMACIÓN

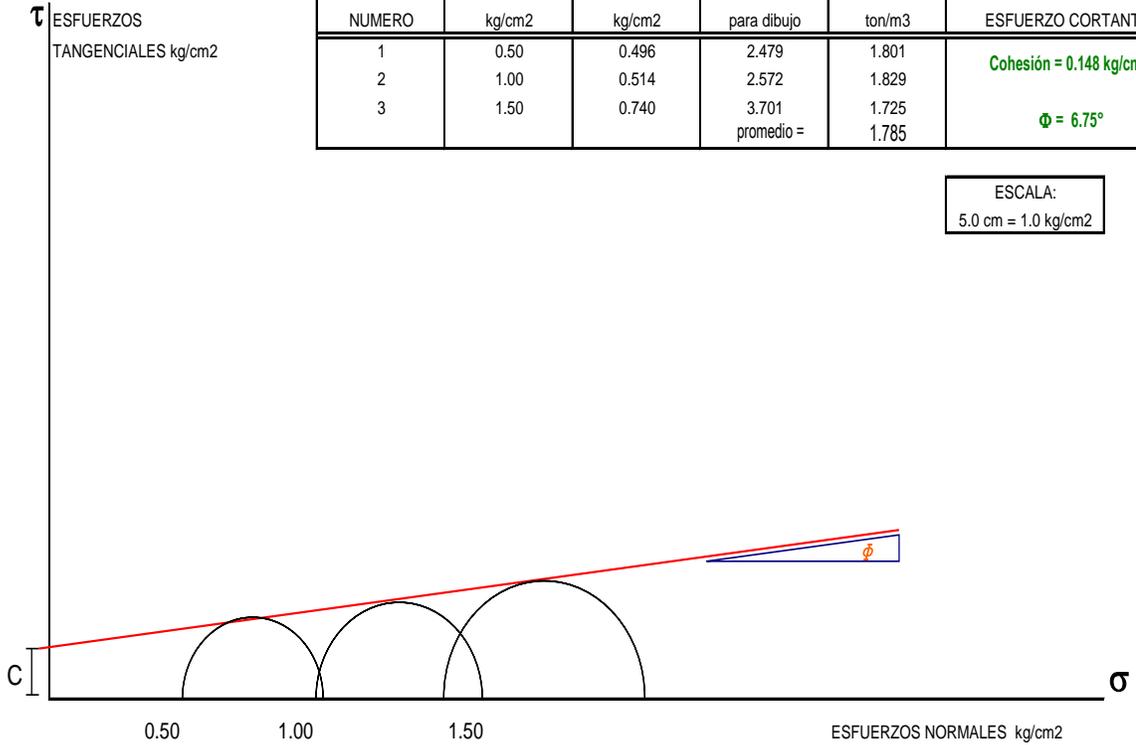


CIRCULOS DE MOHR COMPRESION TRIAXIAL RÁPIDA

TIPO DE OBRA PERIBAN, MICH. FECHA: _____
 LOCALIZACION CALLE REFORMA NORTE #91 COLONIA CENTRO PERIBAN, MICH. PROFUND: 2.00 M
 ENSAYE No. _____ SONDEO No. UNO MUESTRA No. 1 - 2 - 3 OPERADOR: SERGIO
 DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL SONDEO UNO ESTRATO DOS CALCULO: SERGIO

| PRUEBA NUMERO | σ_3 kg/cm ² | $\sigma_1 - \sigma_3$ kg/cm ² | Dimensión para dibujo | γ_m ton/m ³ | PARAMETROS DE ESFUERZO CORTANTE. |
|------------------|----------------------------------|---|--------------------------|----------------------------------|--|
| 1 | 0.50 | 0.496 | 2.479 | 1.801 | Cohesión = 0.148 kg/cm ² $\phi = 6.75^\circ$ |
| 2 | 1.00 | 0.514 | 2.572 | 1.829 | |
| 3 | 1.50 | 0.740 | 3.701 promedio = | 1.725 1.785 | |

ESCALA:
 5.0 cm = 1.0 kg/cm²



| Capacidad de carga según Terzaghi. | | | |
|------------------------------------|-------|--|------|
| Datos requeridos | | factores: | |
| C (ton/m ²) = | 1.480 | N _c = | 7.07 |
| D _f (mt) = | 2.00 | N _q = | 1.84 |
| B (Mt) = | 1.00 | N _γ = | 0.14 |
| γ (ton/m ³) = | 1.785 | S1 E3 | |
| φ Grados = | 6.75 | Cálc. basados resultados de Prueba Triaxial | |
| φ Radian = | 0.118 | | |

| Capacidad de carga obtenida: | | | |
|------------------------------|-------|--------------------|-----------|
| qu = | 17.14 | Ton/m ² | |
| qadm = qu/3 = | 5.71 | Ton/m ² | Admisible |

| Cimentaciones cuadradas o zapatas aisladas | | | |
|--|-------|--------------------|-----------|
| qu = | 20.26 | Ton/m ² | |
| qadm = qu/3 = | 6.75 | Ton/m ² | Admisible |

COMPRESIÓN CONFINADA O COMPRESIÓN TRIAXIAL RÁPIDA.

Confinamiento
 σ_3 (kg/cm²) 0.50

| | |
|---|-------------------------|
| TIPO DE OBRA: _____ | FECHA: _____ |
| LOCALIZACIÓN <u>PERIBAN DE RAMOS Michoacán</u> | PROFUND: <u>2.5</u> |
| ENSAYE No. <u>1</u> SONDEO No: <u>DOS</u> MUESTRA No: <u>UNO</u> | OPERADOR: <u>SERGIO</u> |
| PROCEDENCIA DE LA MUESTRA: <u>MATERIAL FINO COLOR CAFÉ OSCURO</u> | CALCULO: <u>SERGIO</u> |

MEDIDAS DE LA MUESTRA

| | | | |
|-----------------------------|--|--|--|
| Diam Sup (cm) <u>3.60</u> | Área Sup (cm ²) <u>10.179</u> | Peso Wi (gr) <u>185.00</u> | Peso Hum. (gr) <u>-</u> |
| Diam Cent (cm) <u>3.70</u> | Área Cent (cm ²) <u>10.752</u> | Volúmen (cm ³) <u>96.79</u> | Peso Seco (gr) <u>-</u> |
| Diam Infer (cm) <u>3.80</u> | Área Infer (cm ²) <u>11.341</u> | gm (ton/m ³) <u>1.911</u> | Hum. Prueba <u>Natural</u> |
| Alt. Media (cm) <u>9.00</u> | Área Media (cm ²) <u>As + 4Ac + Ai = 10.75</u> | Constante del Micrómetro (mm) = <u>6</u> | Velocidad Aplicación carga = <u>1.0 mm/min</u> |

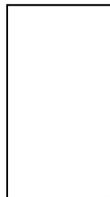
| Lectura Mic. de Carga (kg) | Carga Acumulada (kg) | Lectura Mic Dy (mm) | Deformación Total (mm) | Deformación Unitaria % | 1 - Deformación Unitaria (mm) | Área Corregida (cm ²) | Esfuerzo. (kg/cm ²) |
|-------------------------------|-------------------------|------------------------|---------------------------|---------------------------|----------------------------------|--------------------------------------|------------------------------------|
| 5.00 | 1.07 | 20.00 | 0.2000 | 0.2222 | 0.9978 | 10.78 | 0.0993 |
| 10.00 | 2.14 | 40.00 | 0.4000 | 0.4444 | 0.9956 | 10.80 | 0.1982 |
| 13.00 | 2.78 | 60.00 | 0.6000 | 0.6667 | 0.9933 | 10.83 | 0.2570 |
| 16.00 | 3.43 | 80.00 | 0.8000 | 0.8889 | 0.9911 | 10.85 | 0.3156 |
| 20.00 | 4.28 | 100.00 | 1.0000 | 1.1111 | 0.9889 | 10.88 | 0.3937 |
| 22.00 | 4.71 | 120.00 | 1.2000 | 1.3333 | 0.9867 | 10.90 | 0.4321 |
| 24.00 | 5.14 | 140.00 | 1.4000 | 1.5556 | 0.9844 | 10.92 | 0.4703 |
| 26.00 | 5.57 | 160.00 | 1.6000 | 1.7778 | 0.9822 | 10.95 | 0.5083 |
| 29.00 | 6.21 | 180.00 | 1.8000 | 2.0000 | 0.9800 | 10.97 | 0.5657 |
| 33.00 | 7.06 | 200.00 | 2.0000 | 2.2222 | 0.9778 | 11.00 | 0.6423 |
| 36.00 | 7.71 | 220.00 | 2.2000 | 2.4444 | 0.9756 | 11.02 | 0.6990 |
| Falla de la Muestra | | | | | | | |

Cohesión Mat. $c = S/2$ (kg/cr) 0.2542

Área corregida = Área media / 1-Def. Unitaria

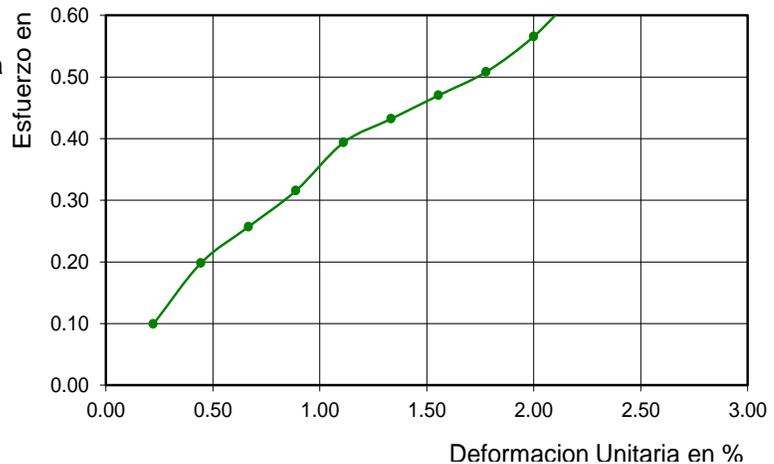
ESQUEMA DE FALLA DE LA MUESTRA

Falla de la Muestra



OBSERVACIONES: _____

CURVA ESFUERZO - DEFORMACIÓN



COMPRESIÓN CONFINADA O COMPRESIÓN TRIAXIAL RÁPIDA.

Confinamiento
 σ_3 (kg/cm²) 1.00

| | |
|---|-------------------------|
| TIPO DE OBRA: _____ | FECHA: _____ |
| LOCALIZACIÓN <u>PERIBAN DE RAMOS Michoacán</u> | PROFUND: <u>2.5</u> |
| ENSAYE No. <u>2</u> SONDEO No: <u>DOS</u> MUESTRA No: <u>UNO</u> | OPERADOR: <u>SERGIO</u> |
| PROCEDENCIA DE LA MUESTRA: <u>MATERIAL FINO COLOR CAFÉ OSCURO</u> | CALCULO: <u>SERGIO</u> |

MEDIDAS DE LA MUESTRA

| | | | |
|-----------------------------|--|--|--|
| Diam Sup (cm) <u>3.60</u> | Área Sup (cm ²) <u>10.179</u> | Peso Wi (gr) <u>184.00</u> | Peso Hum. (gr) <u>-</u> |
| Diam Cent (cm) <u>3.70</u> | Área Cent (cm ²) <u>10.752</u> | Volúmen (cm ³) <u>99.27</u> | Peso Seco (gr) <u>-</u> |
| Diam Infer (cm) <u>3.60</u> | Área Infer (cm ²) <u>10.179</u> | gm (ton/m ³) <u>1.853</u> | Hum. Prueba <u>Natural</u> |
| Alt. Media (cm) <u>9.40</u> | Área Media (cm ²) <u>As + 4Ac + Ai = 10.56</u> | Constante del Micrómetro (mm) = <u>6</u> | Velocidad Aplicación carga = <u>1.0 mm/min</u> |

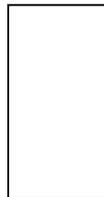
| Lectura Mic. de Carga (kg) | Carga Acumulada (kg) | Lectura Mic Dy (mm) | Deformación Total (mm) | Deformación Unitaria % | 1 - Deformación Unitaria (mm) | Área Corregida (cm ²) | Esfuerzo. (kg/cm ²) |
|----------------------------|----------------------|---------------------|------------------------|------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|
| 4.00 | 0.86 | 20.00 | 0.2000 | 0.2128 | 0.9979 | 10.58 | 0.0809 |
| 8.00 | 1.71 | 40.00 | 0.4000 | 0.4255 | 0.9957 | 10.61 | 0.1615 |
| 12.00 | 2.57 | 60.00 | 0.6000 | 0.6383 | 0.9936 | 10.63 | 0.2417 |
| 15.00 | 3.21 | 80.00 | 0.8000 | 0.8511 | 0.9915 | 10.65 | 0.3015 |
| 18.00 | 3.85 | 100.00 | 1.0000 | 1.0638 | 0.9894 | 10.67 | 0.3610 |
| 21.00 | 4.50 | 120.00 | 1.2000 | 1.2766 | 0.9872 | 10.70 | 0.4202 |
| 23.00 | 4.92 | 140.00 | 1.4000 | 1.4894 | 0.9851 | 10.72 | 0.4593 |
| 25.00 | 5.35 | 160.00 | 1.6000 | 1.7021 | 0.9830 | 10.74 | 0.4981 |
| 26.00 | 5.57 | 180.00 | 1.8000 | 1.9149 | 0.9809 | 10.77 | 0.5169 |
| 27.00 | 5.78 | 200.00 | 2.0000 | 2.1277 | 0.9787 | 10.79 | 0.5356 |
| 30.00 | 6.42 | 220.00 | 2.2000 | 2.3404 | 0.9766 | 10.81 | 0.5939 |
| 30.00 | 6.42 | 240.00 | 2.4000 | 2.5532 | 0.9745 | 10.84 | 0.5926 |
| 35.00 | 7.49 | 260.00 | 2.6000 | 2.7660 | 0.9723 | 10.86 | 0.6898 |
| 38.00 | 8.13 | 280.00 | 2.8000 | 2.9787 | 0.9702 | 10.89 | 0.7473 |
| 40.00 | 8.56 | 300.00 | 3.0000 | 3.1915 | 0.9681 | 10.91 | 0.7849 |
| 40.00 | 8.56 | 320.00 | 3.2000 | 3.4043 | 0.9660 | 10.93 | 0.7832 |
| Falla de la Muestra | | | | | | | |

Cohesión Mat. $c = S/2$ (kg/ 0.2963)

Área corregida = Área media / 1-Def. Unitaria

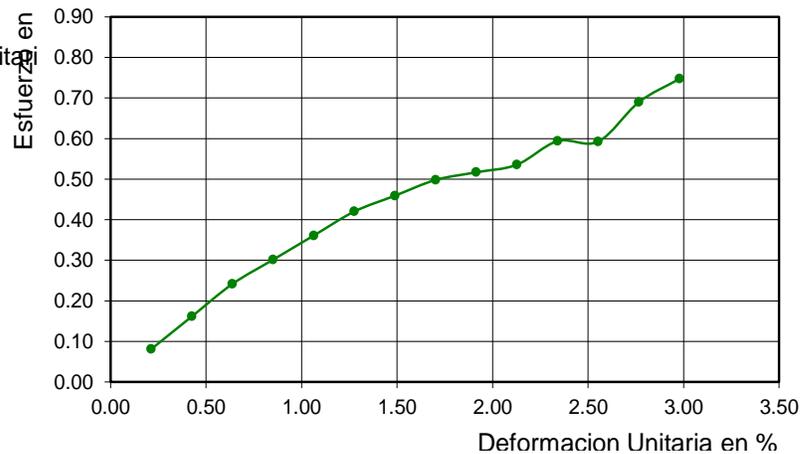
ESQUEMA DE FALLA DE LA MUESTRA

Falla de la Muestra



OBSERVACIONES: _____

CURVA ESFUERZO - DEFORMACIÓN



COMPRESIÓN CONFINADA O COMPRESIÓN TRIAXIAL RÁPIDA.

Confinamiento
 σ_3 (kg/cm²) 1.50

TIPO DE OBRA: _____ FECHA: _____
 LOCALIZACIÓN PERIBAN DE RAMOS Michoacán PROFUND: 2.5
 ENSAYE No. 3 SONDEO No: DOS MUESTRA No: UNO OPERADOR : SERGIO
 PROCEDENCIA DE LA MUESTRA: MATERIAL FINO COLOR CAFÉ OSCURO CALCULO : SERGIO

MEDIDAS DE LA MUESTRA

| | | | | | | | |
|-----------------|-------------|-------------------------------|------------------------------|------------------------------|--------------|----------------|-------------------|
| Diam Sup (cm) | <u>3.80</u> | Área Sup (cm ²) | <u>11.341</u> | Peso Wi (gr) | <u>89.50</u> | Peso Hum. (gr) | <u>-</u> |
| Diam Cent (cm) | <u>3.70</u> | Área Cent (cm ²) | <u>10.752</u> | Volumen (cm ³) | <u>96.57</u> | Peso Seco (gr) | <u>-</u> |
| Diam Infer (cm) | <u>3.70</u> | Área Infer (cm ²) | <u>10.752</u> | gm (ton/m ³) | <u>0.927</u> | Hum. Prueba | <u>Natural</u> |
| Alt. Media (cm) | <u>8.90</u> | Área Media (cm ²) | <u>As + 4Ac + Ai = 10.85</u> | Constante del Micrómetro = | <u>6</u> | | <u>0.0100</u> |
| | | | | Velocidad Aplicación carga = | | | <u>1.0 mm/min</u> |

| Lectura Mic. de Carga (kg) | Carga Acumulada (kg) | Lectura Mic Dy (mm) | Deformación Total (mm) | Deformación Unitaria % | 1 - Deformación Unitaria (mm) | Área Corregida (cm ²) | Esfuerzo. (kg/cm ²) |
|----------------------------|----------------------|---------------------|------------------------|------------------------|-------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------|
| 4.00 | 0.86 | 20.00 | 0.2000 | 0.2247 | 0.9978 | 10.87 | 0.0787 |
| 10.00 | 2.14 | 40.00 | 0.4000 | 0.4494 | 0.9955 | 10.90 | 0.1964 |
| 14.00 | 3.00 | 60.00 | 0.6000 | 0.6742 | 0.9933 | 10.92 | 0.2743 |
| 17.00 | 3.64 | 80.00 | 0.8000 | 0.8989 | 0.9910 | 10.95 | 0.3324 |
| 22.00 | 4.71 | 100.00 | 1.0000 | 1.1236 | 0.9888 | 10.97 | 0.4292 |
| 26.00 | 5.57 | 120.00 | 1.2000 | 1.3483 | 0.9865 | 11.00 | 0.5060 |
| 29.00 | 6.21 | 140.00 | 1.4000 | 1.5730 | 0.9843 | 11.02 | 0.5631 |
| 32.00 | 6.85 | 160.00 | 1.6000 | 1.7978 | 0.9820 | 11.05 | 0.6200 |
| 34.00 | 7.28 | 180.00 | 1.8000 | 2.0225 | 0.9798 | 11.07 | 0.6572 |
| 36.00 | 7.71 | 200.00 | 2.0000 | 2.2472 | 0.9775 | 11.10 | 0.6943 |
| 38.00 | 8.13 | 220.00 | 2.2000 | 2.4719 | 0.9753 | 11.13 | 0.7312 |
| 40.00 | 8.56 | 240.00 | 2.4000 | 2.6966 | 0.9730 | 11.15 | 0.7679 |
| 42.00 | 8.99 | 260.00 | 2.6000 | 2.9213 | 0.9708 | 11.18 | 0.8044 |
| 43.00 | 9.20 | 280.00 | 2.8000 | 3.1461 | 0.9685 | 11.20 | 0.8217 |
| 45.00 | 9.63 | 300.00 | 3.0000 | 3.3708 | 0.9663 | 11.23 | 0.8579 |
| 47.00 | 10.06 | 301.00 | 3.0100 | 3.3820 | 0.9662 | 11.23 | 0.8959 |
| 51.00 | 10.92 | 302.00 | 3.0200 | 3.3933 | 0.9661 | 11.23 | 0.9720 |
| 54.00 | 11.56 | 303.00 | 3.0300 | 3.4045 | 0.9660 | 11.23 | 1.0291 |
| 58.00 | 12.42 | 304.00 | 3.0400 | 3.4157 | 0.9658 | 11.23 | 1.1052 |
| 58.00 | 12.42 | 305.00 | 3.0500 | 3.4270 | 0.9657 | 11.24 | 1.1051 |
| Falla de la Muestra | | | | | | | |

Cohesión Mat. $c = S/2$ (kg/cm²) 0.3471

Área corregida = Área media / 1-Def. Unitaria

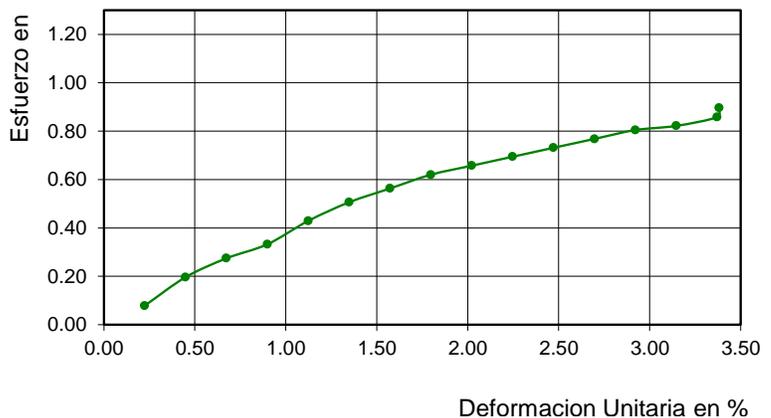
ESQUEMA DE FALLA DE LA MUESTRA

Falla de la Muestra



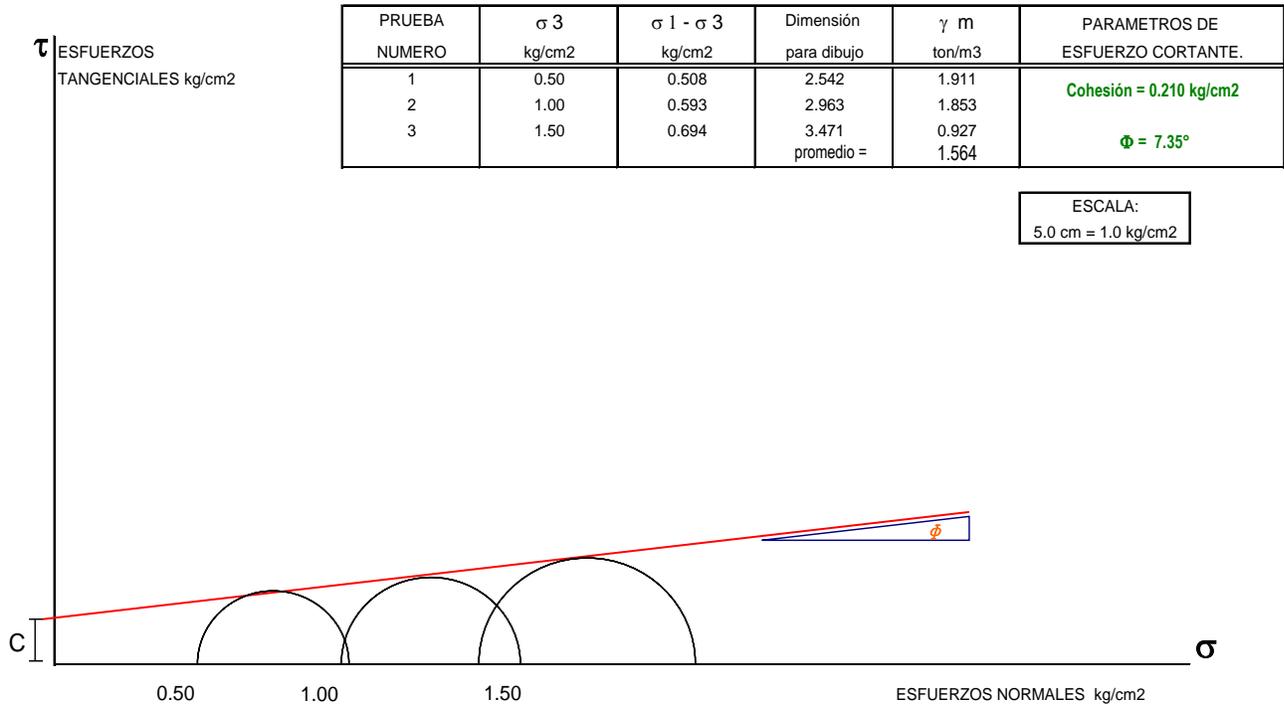
OBSERVACIONES: _____

CURVA ESFUERZO - DEFORMACIÓN



CIRCULOS DE MOHR COMPRESION TRIAXIAL RÁPIDA

| | | | |
|--------------------------|---|-----------|--------|
| TIPO DE OBRA | PERIBAN, MICH. | FECHA: | |
| LOCALIZACION | CALLE REFORMA NORTE #91 COLONIA CENTRO PERIBAN, MICH. | PROFUND: | 2.00 M |
| ENSAYE No. | SONDEO No. UNO MUESTRA No. 1 - 2 - 3 | OPERADOR: | SERGIO |
| DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL | SONDEO UNO ESTRATO DOS | CALCULO: | SERGIO |



| Capacidad de carga según Terzaghi. | | | |
|------------------------------------|-----------|--------------------------|------|
| Datos requeridos | factores: | | |
| C (ton/m2) = | 2.100 | Nc = | 7.28 |
| Df (mt) = | 2.50 | Nq = | 1.94 |
| B (Mt) = | 1.00 | Nγ = | 0.17 |
| γ (ton/m3) = | 1.564 | S1 E3 | |
| φ Grados = | 7.35 | Cálc. basados resultados | |
| φ Radian = | 0.128 | de Prueba Triaxial | |

| Capacidad de carga obtenida: | | | |
|------------------------------|-------|--------|-----------|
| qu = | 23.01 | Ton/m2 | |
| qadm = qu/3 = | 7.67 | Ton/m2 | Admisible |

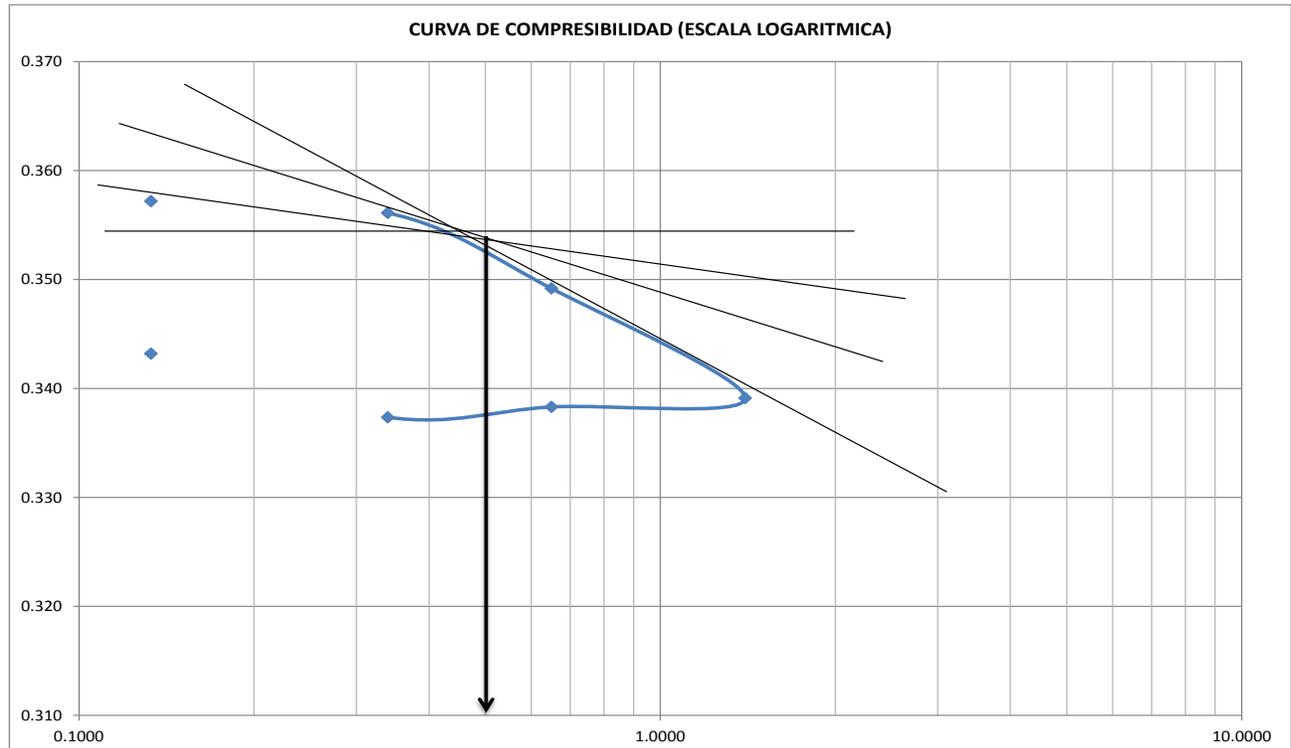
| Cimentaciones cuadradas o zapatas aisladas | | | |
|--|-------|--------|-----------|
| qu = | 27.58 | Ton/m2 | |
| qadm = qu/3 = | 9.19 | Ton/m2 | Admisible |

| | |
|------------|-----------------------------|
| OBRA: | |
| UBICACIÓN: | PERIBAN DE RAMOS, Michoacán |
| EQUIPO: | |

| CALCULO GENERALES DEL ENSAYE | | | | | |
|---|-------|-------------------------|-------|-------------------------------|-------|
| DETERMINACION DE W | | PRINCIPIO DE LA PRUEBA. | | FINAL DE LA PRUEBA. | |
| ANILLO Y VIDRIO No. | | UNO | | UNO | |
| PESO TARA + SUELO HUMEDO. | | 320.00 | | 350.70 | |
| PESO TARA + SUELO SECO. | | 294.50 | | 294.50 | |
| PESO DEL AGUA. | | 25.50 | | 56.20 | |
| PESO TARA. | | 158.00 | | 158.00 | |
| PESO SUELO SECO. Ws | | 136.50 | | 136.50 | |
| CONTENIDO DE AGUA. | | 0.19 | | 0.41 | |
| W % PROMEDIO. | | W1 = | 18.7% | W2 = | 41.2% |
| ANILLO No : | UNO | D. ANILLO (cm) | 7.48 | A. ANILLO cm ² = | 43.94 |
| EN EL CALCULO DE RELACIONES DE VACIOS , ÚSENSE LOS VALORES SIGUIENTES : | | | | | |
| ALTURA DE LA MUESTRA AL PRINCIPIO DE LA PRUEBA mm = H1 | | 20.00 | | Hs = 2H0 14.722 mm. | |
| PESO ESP. RELATIVO SOLIDOS. (Ss) | | 2.11 | | H1= 20.000 mm. | |
| ALTURA DE SOLIDOS. Hs = 10 Ws = A Ss | | 14.722 | | PESO VOLUMETRICO TON/M3 1.843 | |
| Lectura Inicial= | 11000 | CTE. MICROMETRO | | 0.002 | |
| Lectura Final = | 10245 | | | | |
| VARIACION EN LA ALTURA DEL PRINCIPIO AL FINAL DE LA PRUEBA mm. = 1.5100 | | | | | |

| CUADRO DE CALCULO PARA GRAFICAS | | | | | | | | |
|---------------------------------|--------------------|---------------|---------------|--------------------|-----------------|---------------|--------|-----------------|
| PRESION ACUMULADA P | lectura inicial | lectura final | DEFORM LINEAL | DEFORM ACUMUL | DEFORM UNITARIA | ESPESOR COMP. | 2H-2H0 | e= 2H-2H0 / 2H0 |
| kg/cm ² | (de ensaye de lab) | | δ (mm) | δ_{ac} (mm) | e % | 2H (mm) | mm | |
| 0.0000 | | | 0.000 | 0.000 | 0.00 | 20.00 | 5.278 | 0.359 |
| 0.1330 | 11000 | 10990 | 0.020 | 0.020 | 0.10 | 19.980 | 5.258 | 0.357 |
| 0.3400 | 10990 | 10982 | 0.016 | 0.036 | 0.18 | 19.964 | 5.242 | 0.356 |
| 0.6500 | 10982 | 10931 | 0.102 | 0.138 | 0.69 | 19.862 | 5.140 | 0.349 |
| 1.4000 | 10931 | 10857 | 0.148 | 0.286 | 1.43 | 19.714 | 4.992 | 0.339 |
| 0.6500 | 10857 | 10863 | -0.012 | 0.298 | 1.49 | 19.702 | 4.980 | 0.338 |
| 0.3400 | 10863 | 10870 | -0.014 | 0.312 | 1.56 | 19.688 | 4.966 | 0.337 |
| 0.1330 | 10870 | 10827 | 0.086 | 0.226 | 1.13 | 19.774 | 5.052 | 0.343 |
| 0.0000 | 10827 | 10883 | -0.112 | 0.338 | 1.69 | 19.662 | 4.940 | 0.336 |

| | | |
|------------|-----------------------------|---------------------------|
| OBRA: | | CARGA DE PRECONSOLIDACION |
| UBICACIÓN: | PERIBAN DE RAMOS, Michoacán | 5.0 TON/M2 |
| EQUIPO: | | |

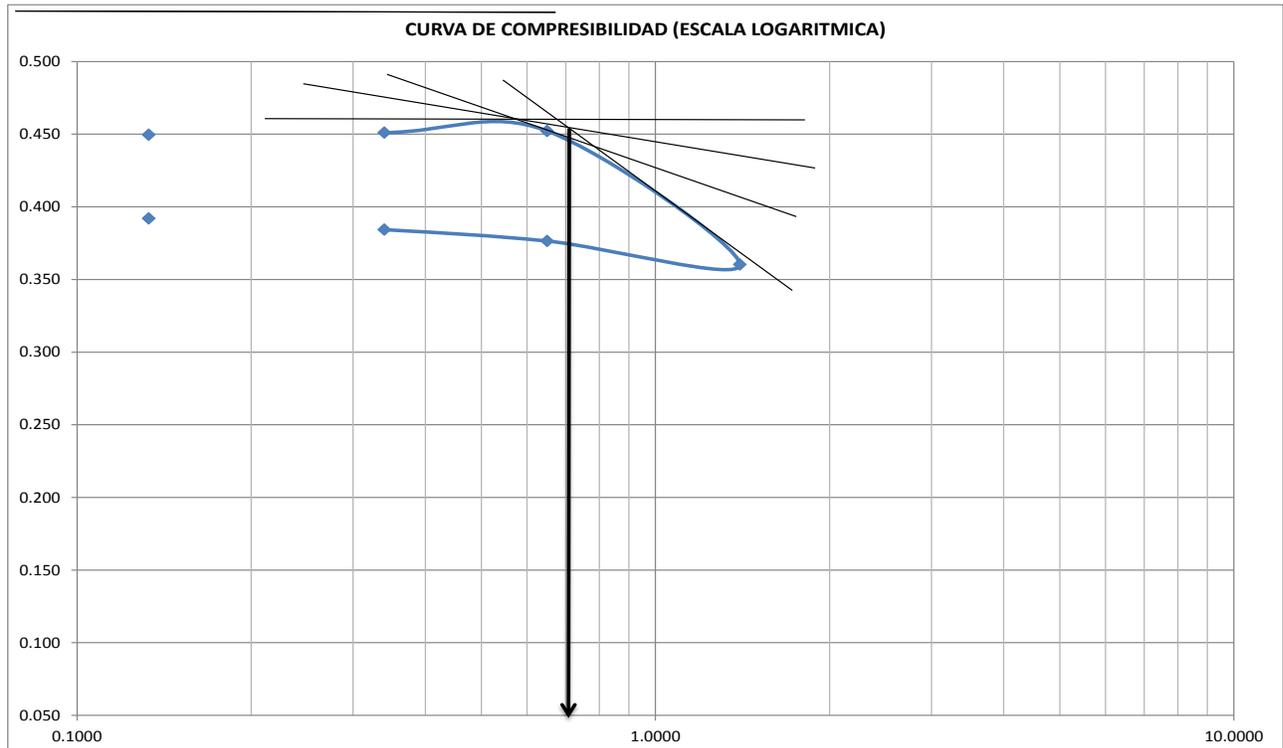


| | |
|------------|-----------------------------|
| OBRA: | |
| UBICACIÓN: | PERIBAN DE RAMOS, Michoacán |
| EQUIPO: | |

| CALCULO GENERALES DEL ENSAYE | | | | | |
|---|--------|-------------------------|-------|-----------------------------|-------|
| DETERMINACION DE W | | PRINCIPIO DE LA PRUEBA. | | FINAL DE LA PRUEBA. | |
| ANILLO Y VIDRIO No. | UNO | | | UNO | |
| PESO TARA + SUELO HUMEDO. | 325.50 | | | 348.50 | |
| PESO TARA + SUELO SECO. | 296.00 | | | 296.00 | |
| PESO DEL AGUA. | 29.50 | | | 52.50 | |
| PESO TARA. | 158.00 | | | 158.00 | |
| PESO SUELO SECO. Ws | 138.00 | | | 138.00 | |
| CONTENIDO DE AGUA. | 0.21 | | | 0.38 | |
| W % PROMEDIO. | | W1 = | 21.4% | W2 = | 38.0% |
| ANILLO No : | UNO | D. ANILLO (cm) | 7.48 | A. ANILLO cm ² = | 43.94 |
| EN EL CALCULO DE RELACIONES DE VACIOS , ÚSENSE LOS VALORES SIGUIENTES : | | | | | |
| ALTURA DE LA MUESTRA AL PRINCIPIO DE LA PRUEBA mm = H1 | | 20.00 | | Hs = 2H0 | |
| PESO ESP. RELATIVO SOLIDOS. (Ss) | | 2.19 | | 14.340 mm. | |
| ALTURA DE SOLIDOS. Hs = 10 Ws = | | 14.340 | | H1= 20.000 mm. | |
| A Ss | | | | | |
| Lectura Inicial= | 11000 | CTE. MICROMETRO | | 0.002 | |
| Lectura Final = | 10245 | | | | |
| VARIACION EN LA ALTURA DEL PRINCIPIO AL FINAL DE LA PRUEBA mm. = 1.5100 | | | | | |
| PESO VOLUMETRICO TON/M3 1.906 | | | | | |

| CUADRO DE CALCULO PARA GRAFICAS | | | | | | | | |
|---------------------------------|--------------------|---------------|---------------|--------------------|-----------------|---------------|--------|-----------------|
| PRESION ACUMULADA P | lectura inicial | lectura final | DEFORM LINEAL | DEFORM ACUMUL | DEFORM UNITARIA | ESPEJOR COMP. | 2H-2H0 | e= 2H-2H0 / 2H0 |
| kg/cm ² | (de ensaye de lab) | | δ (mm) | δ_{ac} (mm) | e % | 2H (mm) | mm | |
| 0.0000 | | | 0.000 | 0.000 | 0.00 | 20.00 | 5.660 | 0.395 |
| 0.1330 | 11000 | 10980 | 0.040 | 0.040 | 0.20 | 19.960 | 5.620 | 0.392 |
| 0.3400 | 10980 | 10925 | 0.110 | 0.150 | 0.75 | 19.850 | 5.510 | 0.384 |
| 0.6500 | 10925 | 10869 | 0.112 | 0.262 | 1.31 | 19.738 | 5.398 | 0.376 |
| 1.4000 | 10869 | 10753 | 0.232 | 0.494 | 2.47 | 19.506 | 5.166 | 0.360 |
| 0.6500 | 10753 | 10094 | 1.318 | -0.824 | -4.12 | 20.824 | 6.484 | 0.452 |
| 0.3400 | 10094 | 10102 | -0.016 | -0.808 | -4.04 | 20.808 | 6.468 | 0.451 |
| 0.1330 | 10102 | 10113 | -0.022 | -0.786 | -3.93 | 20.786 | 6.446 | 0.450 |
| 0.0000 | 10113 | 10157 | -0.088 | -0.698 | -3.49 | 20.698 | 6.358 | 0.443 |

| | | |
|------------|-----------------------------|---------------------------|
| OBRA: | | CARGA DE PRECONSOLIDACION |
| UBICACIÓN: | PERIBAN DE RAMOS, Michoacán | 7.0 TON/M2 |
| EQUIPO: | | |



5.9 Recomendaciones y observaciones generales.

El predio en general presenta una estratigrafía hasta una profundidad de 1.90 m. por debajo del nivel de piso terminado conformada por tres estratos, el primero conformado por una capa vegetal, como segundo estrato tenemos un material fino con arena (limo arenoso) color gris obscuro con un espesor promedio de 60 cm. El tercer estrato está compuesto por un suelo fino producto de roca en descomposición de consistencia media dura y color café obscuro (arcilla) el cual se encontró hasta el fin de la exploración a 1.9 m. del nivel de piso terminado.

En base al tipo de material encontrado en el sondeo y de las muestras inalteradas extraídas del estrato dos a una profundidad de 1.5 m a partir del nivel del piso terminado, tenemos la siguiente capacidad de carga admisible, tomando como base la prueba de compresión triaxial rápida.

Estrato dos, sondeo No.1: capacidad de carga admisible de **6.75 ton/m²** (seis punto setenta y ocho toneladas por metro cuadrado), a una profundidad de desplante de 1.5 m. a partir del nivel de piso terminado de la zona donde se ubica el sondeo.

Estrato dos sondeo No. 2: capacidad de carga admisible de **9.19 ton/m²** (nueve punto diecinueve toneladas por metro cuadrado) a una profundidad de desplante de 1.5 m. a partir del nivel de piso terminado de la zona donde se ubica el sondeo.

En base a la prueba de consolidación unidimensional obtuvimos una carga de pre consolidación para el estrato 2 del sondeo no. 1 de **5.00 ton/m²** (cinco toneladas por metro cuadrado) y para el estrato 2 del sondeo no. 2 de **7.00 ton/m²** (siete toneladas por metro cuadrado). La carga de pre consolidación anterior esta referida a

una profundidad de desplante de 1.5 m. a partir del nivel del terreno natural actual de la zona donde se ubicaron los sondeos.

En base a los resultados obtenidos en la prueba de compresión triaxial rápida, la prueba de consolidación unidimensional y las características que el suelo presenta, se recomienda utilizar una carga admisible de 5.00 ton/m² (cinco toneladas por metro cuadrado) para el sondeo no.1 y una carga admisible de 7.00 ton/m² (siete toneladas por metro cuadrado) para el sondeo no. 2, para una profundidad de 1.5 m. a partir del nivel del terreno natural.

Se realizó un tercer estudio en el fraccionamiento huerta de mangos a una profundidad de 2.36 mts y se obtuvo una capacidad de carga admisible de 2.2881 ton/m².

A continuación se muestra un concentrado de resultados de los sondeos que se realizaron en este trabajo de tesis:

5.10 Concentrado de resultados.

| PRUEBAS REALIZADAS | SONDEO NO. 1 | |
|--|--|---|
| | Estrato 1 | Estrato 2 |
| Prof. Del estrato (mts) | 0.30 a 1.30 | 1.30 a 1.90 |
| Descripción del Suelo | material fino de tipo limoso con arena color gris oscuro | material fino de tipo arcilloso color café oscuro |
| Consistencia del suelo | suave a media | media a dura |
| Nivel de agua freática | No | No |
| GRANULOMETRIA | | |
| % pasa malla no. 4 | - | 100 |
| % pasa malla no. 40 | - | 98.94 |
| % pasa malla no. 200 | - | 86.64 |
| Clasificación Granulométrica | - | suelo fino |
| LIMITES DE ATTERBERG | | |
| Humedad Natural (%) | - | 43.67 |
| Limite Liquido (%) | - | 60.09 |
| Limite Plástico (%) | - | 42.42 |
| Índice Plástico (%) | - | 17.67 |
| Contracción Lineal (%) | - | 11.2 |
| Clasificación Limites | - | MH |
| CLASIFICACION SUCS | - | MH |
| Descripción SUCS del Suelo | - | limo inorgánico de alta compresibilidad |
| COMPRESION SIMPLE | | |
| Peso Volumétrico (ton/m ³) | - | 1.78 |
| Esfuerzo Máximo (kg/cm ²) | - | 0.496 |
| Cohesión del Suelo (kg/cm ²) | - | 0.148 |
| COMPRESION TRIAXIAL RAPIDA | | |
| Angulo de Fricción Interna (°) | - | 6.75 |
| Cohesión del Suelo (kg/cm ²) | - | 0.148 |
| CONSOLIDACION UNIDIMENSIONAL | | |
| Densidad de Solidos | - | 2.48 |
| Carga de Pre consolidación en ton/m² | - | 5.00 |
| Penetro metro ton/m ² | - | - |

| PRUEBAS REALIZADAS | SONDEO NO. 2 | |
|---|---------------|--|
| | Estrato 1 | Estrato 2 |
| Prof. Del estrato (mts) | 0.30 a 1.30 | 1.30 a 1.90 |
| Descripción del Suelo | capa vegetal | material fino de tipo arcilloso color café oscuro |
| Consistencia del suelo | suave a media | media a dura |
| Nivel de agua freática | no | No |
| GRANULOMETRIA | | |
| % pasa malla no. 4 | - | 100 |
| % pasa malla no. 40 | - | 99.3 |
| % pasa malla no. 200 | - | 94.74 |
| Clasificación Granulométrica | - | suelo fino |
| LIMITES DE ATTERBERG | | |
| Humedad Natural (%) | - | 37.48 |
| Limite Liquido (%) | - | 53.09 |
| Limite Plástico (%) | - | 33.92 |
| Índice Plástico (%) | - | 19.17 |
| Contracción Lineal (%) | - | 11 |
| Clasificación Limites | - | MH |
| CLASIFICACION SUCS | - | MH |
| Descripción SUCS del Suelo | - | limo inorgánico de alta compresibilidad |
| COMPRESION SIMPLE | | |
| Peso Volumétrico (ton/m3) | - | 1.56 |
| Esfuerzo Máximo (kg/cm2) | - | 0.699 |
| Cohesión del Suelo (kg/cm2) | - | 0.21 |
| COMPRESION TRIAXIAL RAPIDA | | |
| Angulo de Fricción Interna (°) | - | 7.35 |
| Cohesión del Suelo (kg/cm2) | - | 0.210 |
| CONSOLIDACION UNIDIMENSIONAL | | |
| Densidad de Sólidos | - | 2.48 |
| Carga de Pre consolidación en ton/m2 | - | 7.00 |
| Penetro metro ton/m2 | - | - |

| PRUEBAS REALIZADAS | SONDEO NO. 3 | |
|---|---|---|
| | Estrato 1 | Estrato 2 |
| Prof. Del estrato (mts) | 0.41 a 1.75 | 1.75 a 2.36 |
| Descripción del Suelo | Limo inorgánico de alta compresibilidad | Limo inorgánico de alta compresibilidad |
| Consistencia del suelo | suave a media | media a dura |
| Nivel de agua freática | no | No |
| GRANULOMETRIA | | |
| % pasa malla no. 4 | 99.7 | 100 |
| % pasa malla no. 40 | 97.3 | 98.8 |
| % pasa malla no. 200 | 84.8 | 96.1 |
| Clasificación Granulométrica | - | suelo fino |
| LIMITES DE ATTERBERG | | |
| Humedad Natural (%) | 43.5 | 41.6 |
| Limite Liquido (%) | 60.5 | 70.1 |
| Limite Plástico (%) | 34.1 | 39.2 |
| Índice Plástico (%) | 26.4 | 30.9 |
| Contracción Lineal (%) | 9.9 | 11.2 |
| Clasificación Limites | MH | MH |
| CLASIFICACION SUCS | MH | MH |
| Descripción SUCS del Suelo | - | limo inorgánico de alta compresibilidad |
| COMPRESION SIMPLE | | |
| Peso Volumétrico (ton/m3) | - | 1.409 |
| Esfuerzo Máximo (kg/cm2) | - | 0.18 |
| Cohesión del Suelo (kg/cm2) | - | 0.18 |
| COMPRESION TRIAXIAL RAPIDA | | |
| Angulo de Fricción Interna (°) | - | 27 |
| Cohesión del Suelo (kg/cm2) | - | 0.18 |
| CONSOLIDACION UNIDIMENSIONAL | | |
| Densidad de Solidos | 2.66 | 2.67 |
| Carga de Pre consolidación en ton/m2 | - | - |
| Penetro metro ton/m2 | - | - |

CONCLUSIONES.

Después de todo el trabajo y de haber realizado el proceso de investigación de campo y experimental, se determinó que los suelos en estudio en el presente trabajo se tratan de una arcilla, un suelo fino color café claro.

Para poder obtener los resultados deseados o el objetivo que se planteó en un principio se tuvo que realizar una serie de pruebas al material que se extrajo de los sondeos de la comunidad de Peribán de Ramos, dichas pruebas fueron conocer la humedad natural del suelo, peso volumétrico, la granulometría para saber su clasificación de acuerdo al tamaño de las partículas del suelo, densidad relativa de sólidos, límites de consistencia (límite líquido, límite plástico y límite de contracción), y las pruebas triaxiales y consolidación unidimensional que son de las más importantes para conocer la capacidad de carga del suelo.

Como ya se mencionó anteriormente el objetivo de este trabajo de investigación era obtener la capacidad de carga del suelo de la comunidad de Peribán de Ramos y con esto las personas de la comunidad que requieran de la construcción de un proyecto tomen como referencia estos datos.

Además, de que actualmente las personas no toman en cuenta que un estudio de mecánica de suelos es muy importante para la construcción de cualquier obra civil de magnitud considerable ya que las propiedades del suelo varían de un sitio a otro y sin dicho estudio puede traer problemas para la estructura.

Aunque este trabajo solo es una muestra para poder darse una idea del tipo de suelo de la comunidad y su capacidad de carga, recomendándose que para cualquier estructura que se vaya a construir hacer el estudio de mecánica de suelos

en el sitio ya que es bien sabido que el suelo dada su naturaleza heterogénea tiende a cambiar de un sitio a otro.

Con todo esto se concluye que en el presente trabajo de investigación se cumplió con el objetivo de dar a conocer las características índice y mecánicas y lo más importante que es la capacidad de carga del suelo de la comunidad de Peribán de Ramos, Michoacán, teniendo como referencia para las futuras construcciones el presente estudio de Mecánica de Suelos.

BIBLIOGRAFÍA.

Arias Rivera, G. Carlos. (1993).

Cuaderno de Trabajo de Comportamiento de Suelos.

Ed. U.N.A.M. México.

Crespo Villalaz, Carlos. (2004).

Mecánica de Suelos y Cimentaciones.

Ed. Limusa, México.

George F. Sowers. (1993).

Introducción a la mecánica de suelos y cimentaciones

Ed. Limusa, México.

Hernández Sampieri, Roberto (2004).

Metodología de la Investigación.

Ed. Mc. Graw Hill, México.

Juárez Badillo, Eulalio. (2000)

Mecánica de Suelos, Tomo I.

Ed. Limusa, México.

Jurado Rojas, Yolanda. (2005)

Técnicas de Investigación Documental.

Ed. Thompson, México.

Lambe T. William y Whitman V. Robert (2000)

Mecánica de Suelos

Ed. Limusa, México.

Roy Whitlow. (1994)

Fundamentos de Mecánica de Suelos.

Ed. Cecsá.

Tamayo y Tamayo, Mario. (2004)

El proceso de la investigación científica.

Ed. Limusa, México.

OTRAS FUENTES DE INFORMACION.

Bañon Blázquez, Luis (2001)

Manual de Carreteras.

<http://rua.ua.es/dspace/handle/10045/1787> luis bañon

Secretaria de Comunicaciones y Transportes.

Normativa para la Infraestructura del Transporte (Normativa SCT).

<http://normas.itm.mx/>

Zea Constantino, Carmelino (2004).

Notas sobre los Fundamentos de la Mecánica de Suelos.

<http://www.ingenieria.unam.mx/~posgradoingcivil/DocsGeotecnia/PropeFunMecSue2005V1.pdf>

<http://www.michoacan.gob.mx/Ubicacion>

http://201.120.157.242/sig/sig_municipal.php (SEPLADE)

<http://www.mexico24.org/mapas-mexicanas/Mapa-vial-Michoacan-Carreteras.htm>

<http://normas.imt.mx/carr.ht>