

# **UNIVERSIDAD DON VASCO A.C.**

Incorporación No. 8727-15

A la Universidad Nacional Autónoma de México.

## **Escuela de Ingeniería Civil**

### **PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS DE LOS SUELOS, EN LA COMUNIDAD DE SAN LORENZO, MUNICIPIO DE URUAPAN, MICH.**

Tesis

Que para obtener el título de

Ingeniero Civil

Presenta:

**Moisés Nico Ramón.**

Asesor:

Ing. Anastacio Blanco Simiano.

**Uruapan, Michoacán, 24 de Marzo 2011.**



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. . . . .	1
Planteamiento del Problema. . . . .	2
Objetivo. . . . .	2
Pregunta de investigación . . . . .	3
Justificación. . . . .	3
Marco de referencia. . . . .	5
Capítulo 1.- Origen y Formación de los Suelos.	
1.1. Constitución interna del globo terrestre. . . . .	6
1.2. Suelo.. . . .	7
1.3. Erosión. . . . .	8
1.4. Agentes generadoras de los suelos. . . . .	12
1.5. Suelos residuales y transportados. . . . .	13
1.6. Características y estructura de las partículas minerales. . . . .	18
1.7. Físico Química de la arcillas. . . . .	18
1.8. Propiedades hidráulicas de los suelos. . . . .	18
1.8.1. Capilaridad y tensión superficial. . . . .	19
1.9. Clasificación de los suelo. . . . .	21
1.9.1. Suelos gruesos. . . . .	22

1.10. Intemperismo y suelo. . . . .	23
-------------------------------------	----

## Capítulo 2.- Relaciones de la Fase del Suelo y su Clasificación.

2.1. Fases del suelo. . . . .	26
2.2. Relaciones de pesos y volúmenes. . . . .	29
2.3. Relaciones fundamentales del Suelo. . . . .	30
2.4. La relación de vacíos y la porosidad . . . . .	33
2.5. Granulometría. . . . .	35
2.6. Sistemas de clasificación de los suelos.. . . .	36
2.7. Clasificación de fragmento de roca. . . . .	39
2.8. Suelos Finos. . . . .	45
2.9. Métodos de muestreo. . . . .	47
2.10. Densidad Relativa. . . . .	53
2.11. Límites de consistencia. . . . .	57

## Capítulo 3.- Resumen Ejecutivo de Macro y Micro localización.

3.1. Generalidades de proyecto. . . . .	66
3.2. Objetivo.. . . .	67
3.3. Alcance del proyecto. . . . .	67
3.4. Resumen ejecutivo. . . . .	68
3.5. Entorno Geográfico. . . . .	68
3.6. Macro y Micro localización. . . . .	69

3.7. Resumen ejecutivo. . . . .	71
3.8. Entorno geográfico. . . . .	71
3.9. Hidrografía. . . . .	70
3.10. Orografía. . . . .	72
3.11. Clima. . . . .	72
3.12. Principales ecosistemas. . . . .	72
3.13. Uso de suelo. . . . .	73
3.14. Actividad económica. . . . .	72
3.15. Agricultura. . . . .	74
3.16. Turismo. . . . .	74
3.17. Comercio. . . . .	75
3.18. Informe fotográfico. . . . .	76
3.19. Estado físico actual. . . . .	77
3.20. Alternativas de solución. . . . .	77
Capítulo 4.- Metodología.	
4.1. Método empleado. . . . .	78

4.1.1. Método científico. . . . .	80
4.1.1.1. Método matemático. . . . .	81
4.2. Enfoque de la investigación. . . . .	81
4.3. Diseño de la investigación. . . . .	82
4.4. Instrumentos de recopilación. . . . .	83
4.5. Descripción del proceso de investigación. . . . .	84

## Capítulo 5.- Análisis e Interpretación de Resultados.

5.1. Análisis granulométrico. . . . .	86
5.2. Límite plástico. . . . .	87
5.3. Límite líquido. . . . .	87
5.4. Límite de contracción. . . . .	88
5.5. Densidad de los sólidos. . . . .	88
Conclusiones . . . . .	90
Bibliografía. . . . .	92

Anexos.

Cuando se requiere la construcción de la obra de infraestructura, siempre existen problemas de conocer las características de los materiales de construcción, el medio en que se construye, así como conocer el lugar preciso de la construcción, ya que de esta manera nos lleva al estudio primeramente del suelo, y por este motivo se realiza el estudio de Mecánica de Suelos para conocer, cuales son las características que presenta el suelo, las propiedades, el comportamiento del suelo, y así mismo conocer la capacidad de carga del suelo, de esta manera se obtendrá las PROPIEDADES ÍNDICE Y MECÁNICAS DE LOS SUELOS, EN LA COMUNIDAD DE SAN LORENZO, MUNICIPIO DE URUAPAN, MICH.

Al revisar la licitación de obra pública para el centro comercial Vasco de Quiroga, analizando principalmente la formación de la propuesta económica y técnica. Se tratara de dar respuesta al cuestionamiento, ¿el fallo de la licitación del centro comercial Vasco de Quiroga con n° de contrato 45060001-001-09 se realizó de acuerdo a Ley Obra Pública?

El capítulo 1 se dará a conocer del origen de los suelos, la formación de los suelos, características que presentan los suelos y las propiedades hidráulicas.

En el capítulo 2 se hablara de las propiedades de los suelos como son: la relación de pesos volumétricos de los suelos, las fases que presenta el suelo, sistema de clasificación del suelo, así como los métodos de muestreo en campo para llevar a cabo un estudio de Mecánica de Suelos.

En el capítulo 3 se mencionara las características de la región donde se realizo el sondeo para llevar a cabo los estudios para la obtención de dicho objetivo.

En el capítulo 4 se dará a conocer la metodología empleada en esta investigación, así como también se describirán los procesos y métodos usados para poder llevar a cabo este estudio.

En el capítulo 5 se explica las pruebas de laboratorio y sus finalidades, dando a conocer los resultados de estas pruebas de laboratorio y dando una respuesta del objetivo de la estudio de Mecánica de Suelos en la localidad de San Lorenzo.



# INTRODUCCIÓN

## **Antecedentes.**

En la actualidad los estudios en diferentes áreas de la rama de la Ingeniería Civil se han desarrollado de manera satisfactoria de acuerdo a las necesidades y requerimientos de la población, tanto en la construcción y diseño de estos, gracias a la tecnología con que se cuenta.

En la construcción de cualquier obra civil así como en el proyecto de estos es indispensable tomar en cuenta las características del suelo y, sobre todo, lograr que la sociedad se concientice de la importancia de analizar el suelo donde se cimentará una construcción. Cabe señalarse que al respecto la Mecánica de Suelos se encarga de estudiar y clasificar el suelo de acuerdo al Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS), como actualmente son conocidos en gravas, arenas, limos y arcillas, muy útil al realizar una construcción.

Es por ello que es importante conocer y tener un estudio de mecánica de suelos de cualquier obra civil, para así obtener la mayor calidad de estructuras en cuanto a su resistencia a las cargas axiales en cualquier tipo de suelo o así mismo implementar solución a los problemas posibles que se puedan presentar en una obra civil que carezca de resistencia el suelo existente en el lugar indicado.

## **Planteamiento del Problema.**

En todos los casos, sin excepción, de cualquier construcción de obra civil ha de desarrollarse un estudio del suelo, por ello el objetivo de esta tesis es para promover e impulsar un estudio de Mecánica de Suelos de la edificación de obras de casas habitación en la localidad de San Lorenzo, Mich., lugar donde actualmente se construye sin hacer los estudios respectivos del suelo, por lo cual se llega a convertir la construcciones que se hacen en el lugar en un problema económico, estructural y funcional para sus habitantes.

## **Objetivo.**

### **Objetivo general:**

Determinar la capacidad de carga del suelo de la comunidad de San Lorenzo, Mich., así como definir la propiedad índice que sirva de referencia de la citada capacidad de carga.

### **Objetivos particulares:**

- a) Definir el origen de los suelos.
- b) Señalar la clasificación de los suelos de acuerdo al SUCS.
- c) Realizar un análisis del suelo de la comunidad de estudio para conocer su capacidad de carga y sus propiedades.

d) Determinar el un índice de la propiedad de mecánica de suelos para la comunidad de San Lorenzo, Mich.

e) Señalar la importancia de hacer una obra civil considerando el estudio de Mecánica de Suelos.

### **Pregunta de Investigación.**

En el presente trabajo de investigación se procederá a contestar la siguiente pregunta de investigación:

¿Cuál es la capacidad de carga del suelo de la comunidad de San Lorenzo, Mich.?

Asimismo, se responderá otras preguntas secundarias, las cuales se mencionan a continuación:

¿Cuál es el origen de los suelos?

¿Cómo se clasifican los suelos?

¿Cuál es el clima del lugar de estudio?

### **Justificación.**

Tener un conocimiento de las propiedades de los suelos es algo que lleva a hacer mejor las cosas y a prever los asentamientos no favorables para las obras

civiles que son edificadas, por lo cual es importante pensar en esta investigación para hacer un estudio de los suelos para así mismo tener un índice de la propiedades del suelo en la comunidad de San Lorenzo, ya que de esta manera se beneficia a la población local, al conocer las propiedades mecánicas del suelo donde hacen sus edificaciones propias o públicas y de esta manera la población podrá tener un mejor certeza en la inversión que hacen.

## **Marco de referencia.**

El lugar del presente estudio fue en la comunidad de San Lorenzo, municipio de Uruapan, Mich., y está localizada a 1620 metros sobre el nivel de mar, colinda con las comunidades de Angahuan y Capacuaro, por el lado que corresponde al sur colinda con la ciudad de Uruapan, Michoacán.

Para llegar a esta localidad partiendo de la ciudad de Uruapan, se usa la carretera federal que va de Uruapan a Los Reyes, hasta el kilómetro 23, pasando por el cruce al kilómetro 18 que desvía a la ciudad de Zamora.

La localidad cuenta con servicios de drenaje, el 60% de las calles no están pavimentadas, cuenta con el servicio urbano, cuenta con la red de agua potable, en referente al alumbrado público, tiene en funcionamiento el 90%, cuenta con tiendas de abarrotes, cuenta además con locales de papelería. En lo académico cuenta con una escuela preescolar, dos escuelas de primaria, dos a nivel secundaria, y una preparatoria de Bachilleres, cuenta con una clínica de Salud, locales de farmacia.

La comunidad según el conteo realizado el Censo del año 2009 cuenta con 3,800 habitantes.

# CAPÍTULO 1

## ORIGEN Y FORMACIÓN DE LOS SUELOS

Es importante conocer lo que se va a estudiar, es por ello que se abordará el estudio del suelo, sus orígenes, propiedades, clasificación, y la formación de ellos, así como los factores mecánicos e hidráulicos de los mismos.

### 1.1. Constitución interna del globo terrestre.

El globo terrestre está constituido por un núcleo formado por los elementos químicos predominantes por compuestos de hierro y níquel. Se considera actualmente que la densidad media de este núcleo es considerablemente superior a la de capas más superficiales; también después de estudios de ondas sísmicas o transmisión de estas se dedujo o se llegó a que éste es un directo transmisor de ondas sísmicas ya que carece de rigidez total. Existe una opinión empero no suficientemente comprobada de que en torno al núcleo que sobre un radio de 1300 km contra 3400 km de radio de todo el núcleo posee una alta rigidez por lo que es considerado como sólido y no considerado como un elemento fluido, es decir, un líquido formado también por gases (magma).

Así mismo, el globo terrestre está constituido por un núcleo que es altamente rígido cubierto por un fluido (magma), que a este mismo lo cubre la corteza terrestre que está compuesto por silicatos que mide aproximadamente entre 30 km a 40 km

en las plataformas continentales y que está constituido por grandes masas heterogéneas con depresiones ocupadas por mares y océanos. Toda la corteza terrestre se encuentra en estado de balance isostático, es decir, flotando sobre el magma, más denso. En la separación entre el magma o la parte fluida y la corteza terrestre que la envuelve suele considerarse escarpado con pendientes grandes.

En esta corteza propiamente dicha existe una pequeña capa formada por la descomposición y la disgregación de los últimos materiales de los niveles, a esto se le llama suelo, que en esta tesis se estudiará más a fondo al abordar el tema de Mecánica de Suelos.

## **1.2. Suelo.**

Desde hace tiempo se ha creído que el suelo es un agregado de partículas orgánicas e inorgánicas que está sujeta a disponer las cosas de manera conveniente para un objetivo específico, pero en realidad se trata de una organización específica con sus diferentes propiedades que varían de acuerdo a un segmento de origen y su extremo. En el suelo varían sus propiedades tanto en la horizontal como en la vertical y éste tiene un perfil que cambia de acuerdo a sus características o propiedades y es importante mencionar que en la vertical tiene grandes cambios en comparación a la horizontal y éste es un hecho de que se hace abundante en la aplicación.

En el libro de Mecánica de Suelos, del autor Juárez Badillo, se define al “suelo como un término del que se hacen uso de diferentes profesionales. La interpretación varía de acuerdo con sus respectivos intereses, para el Agrónomo, por ejemplo, la

palabra se aplica para la parte superficial de la corteza capaz de sustentar la vida vegetal, siendo esta interpretación demasiado restringida para el Ingeniero. Para el geólogo es todo material intemperizado en el lugar en que ahora se encuentra y con contenido de materia orgánica cerca de la superficie; esta definición peca de parcial en ingeniería, al no tomar en cuenta los materiales transportados no intemperizado posteriormente a su transporte”. (Juárez Badillo; 2004:34)

Por tanto, se puede entender al suelo como la representación de todo material terroso, es decir, material con aspecto de granito, desde un relleno de desperdicios hasta areniscas parcialmente cementadas o lutitas suaves y queda fuera de la definición de las rocas sanas, ígneas o metamórficas y los depósitos sedimentarios altamente cementados que no se ablanden o desintegren por la acción de la intemperie y mencionando también el contenido del agua en el suelo que también ocupa un lugar importante en el comportamiento mecánico de estos suelos, que debe considerarse como una parte integral del mismo.

### **1.3. Erosión.**

“La erosión del suelo es la remoción del material superficial por acción del viento o del agua. El proceso se presenta gracias a la presencia del agua en las formas: pluvial (lluvias) o de escorrentía (escurrimiento), que en contacto con el suelo (las primeras con impacto y las segundas con fuerzas tractivas), vencen la resistencia de las partículas (Fricción o cohesión) del suelo generándose el proceso de erosión.



Muchos proyectos de ingeniería exigen la remoción de la vegetación y excavaciones de suelo generando problemas ambientales en laderas y cursos de agua por la producción e incorporación de sedimentos a las corrientes que alteran los ecosistemas naturales y generan gran cantidad de problemas por sedimentación.

La erosión es un proceso normal del desarrollo del paisaje, pero solamente en algunas partes del mundo domina otros procesos de desnudamiento. Los otros procesos principales de remoción de sedimentos son los movimientos en masa y los procesos de transporte en masa, y cada uno de ellos es dominante en ambientes adecuados. La mayor parte de los conocimientos sobre los mecanismos de erosión y sus tasas correspondientes se basan en el trabajo del Servicio de Conservación de Suelos de los Estados Unidos. El enfoque del siempre ha sido pragmático, y sus predicciones en cuanto a tasas de erosión se han concentrado en torno al desarrollo y extensión de la Ecuación Universal de Pérdida de Suelos.

Los puntos tanto fuertes como débiles de la EUPS se hallan en la estimación de la erosión como producto de una serie de términos como precipitación pluvial, grado y longitud de la pendiente, así como factores edáficos y agrologicos". (Duque E, Escobar E; 1998:68)

Los protagonistas principales de la erosión son: el impacto de las gotas de lluvia que genera el desprendimiento por salpicadura, compacta el suelo, reduciendo la infiltración y aumentando la escorrentía; la capacidad hidráulica del flujo superficial sobre una pendiente capas de acarrear los sedimentos. Pero la comprensión del fenómeno se fundamenta en una separación entre la hidrología y la hidráulica, y en las propiedades del suelo que son importantes para cada una de ellas: las

propiedades hidrológicas del suelo determinan la tasa de infiltración y de esta manera se fija la parte de la precipitación pluvial que contribuye al flujo superficial.

Las propiedades hidráulicas del suelo determinan la resistencia del suelo al transporte por el flujo o por las gotas de lluvia.

La erosión de suelos, la pérdida de suelos y la acumulación de sedimentos son términos que tienen distintos significados en la tecnología de la erosión de suelos: la erosión de suelos es la cantidad bruta de suelo retirado por la acción dispersante de las gotas de lluvia y por la escorrentía. La pérdida de suelo es el suelo desprendido de una pendiente determinada. La producción de sedimentos es el volumen de suelo depositado en un punto que está bajo evaluación.

Es la erosión por agua lluvia y abarca la erosión provocada por el impacto de las gotas sobre el suelo desnudo, como también la acción hidráulica que arranca y transporta las partículas de suelo por el escurrimiento en laderas y taludes.

a. Saltación pluvial. El impacto de las gotas de lluvia en el suelo desprovisto de vegetación y expuesto, ocasiona el desalojo y arrastre del suelo fino. El impacto compacta el suelo disminuyendo la permeabilidad e incrementando la escorrentía.

b. Escurrimiento superficial difuso. Comprende la erosión laminar sobre laderas desprovistas de vegetación y afectadas por la saltación pluvial, que estimulan el escurrimiento del agua arrastrando finos. El escurrimiento difuso ocurre cuando la velocidad del agua es menor de 30 cm/s

c. Esguerrimiento superficial concentrado. Produce dos formas, los surcos de erosión (canales bien definidos y pequeños), y las cárcavas, que son canales o zanjones de mayor magnitud. Cuando el flujo se hace turbulento, la energía del agua es suficiente para labrar canales paralelos o anastomados, llamados surcos. Más profundos y anchos que los surcos son las cárcavas, por las que circula agua durante y poco después de los aguaceros.

El proceso se da en cuatro etapas:

1. Entallamiento del canal.
2. Erosión remontante desde la base.
3. Cicatrización.
4. Estabilización.

d. Esguerrimiento subsuperficial. Las aguas infiltradas ocasionan la tubificación y el sifonamiento del suelo, formando cavidades, en donde la fuerza de infiltración ha superado la resistencia del suelo.

Aspectos relacionados con la erosión hídrica que deben considerarse:

1. Las geofomas desnudativas creadas por la erosión.
2. Los fenómenos dinámicos asociados al transporte de masas.
3. La sedimentación y la colmatación de las vaguadas de los cauces.

#### **1.4. Agentes generadoras de los suelos.**

La corteza terrestre es atacada por los principales elementos, que son el aire y las aguas, siendo esto un medio de acción, sumamente variados. Todos los mecanismos de ataque pueden incluirse en dos grupos: desintegración mecánica y descomposición química.

El primer término, desintegración mecánica, se refiere a la intemperización de las rocas por agentes físicos, que fueron los cambios de clima, es decir, cambios periódicos de temperatura, así mismo esto provoca la temperatura del agua, las grietas de los grandes volúmenes de las rocas, efectos de organismos, efectos orgánicos de las plantas, etc.

Por otra parte, la descomposición química se entiende por la acción de agentes que atacan a las rocas, cambiando su composición mineralógica. Tomando en cuenta que el principal agente de la descomposición química de las rocas es el agua y otros mecanismos importantes en esta participación es la oxidación, la hidratación, y la carbonatación. Los efectos químicos de la vegetación participan también para la generación de los tipos de suelo que hay en la tierra. Los procesos químicos mencionados dieron como último resultado de descomposición la arcilla. De todos los efectos anteriores suelen acentuarse en los cambios de temperatura por lo que es común encontrar en zonas cálidas y húmedas, por tanto en otra parte en zonas de más baja temperatura existen desintegraciones con formaciones de suelos limosas, arenosas. Existen zonas de una alta temperatura como los suelen ser en los

desiertos, en estos lugares la falta de agua hace que la desintegración no se desarrolla por lo que en estos lugares predomina naturalmente las arenas.

Sin embargo, no en todos los casos donde domina la temperatura sean inmutables la formación de las arcillas, la naturaleza suele actuar con una complejidad que desafía cualquier regulación. Por ejemplo, existen países fríos y secos donde pueden existir formaciones importantes de arcilla por las corrientes de agua que en condiciones apropiadas para la construcción de depósito.

Este origen de los suelos viene de una variedad de causas o procesos geológicos naturales de la tierra (donde el hombre es totalmente ajeno al origen de los suelos) que exceden todo poder de descripción detallada. Es por lo que el resultado de diversos suelos existentes en nuestra planeta existen por lo mencionado anteriormente de hubo diversos procesos de la formación y descomposición de los agentes generadores de los suelos.

### **1.5. Suelos residuales y transportados.**

El resultado de los agentes de cambios de temperatura puede quedar en el lugar, directamente sobre la roca del cual se derivan, dando así el origen a suelos llamados residuales. Pero estos suelos producto de la intemperie pueden ser removidos del lugar de su formación, por los mismos actos naturales geológicos y depositados en otra zona. Así se generan suelos que sobreyacen sobre otros estratos sin la relación directa con ellos, a estos suelos se les denomina transportados.

Diversos agentes de transporte de los suelos hay en nuestra naturaleza, de los cuales pueden citarse como principales, el viento, los ríos y corrientes de aguas superficiales, los mares y las fuerzas de gravedad, estos factores actúan frecuentemente en combinación unos con otros.

En libro de Juárez Badillo menciona que los suelos transportados son “La combinación del escurrimiento de las aguas en las laderas de las colinas y los montes y de las fuerzas del campo gravitacional, forma los depósitos de talud, en las faldas de las elevaciones; estos depósitos suelen ser heterogéneos, sueltos y predominantemente formados por materiales gruesos. El escurrimiento de torrentes produce arrastres de materiales de gran tamaño (mayor a velocidades crecientes en el agua), que se depositan en forma graduada a lo largo de su curso, correspondiendo los materiales más finos a las zonas planas de los valles.

Los ríos acarrear materiales de muy diversas graduaciones, depositándolos a lo largo de su perfil, según varíe la velocidad de su curso; al ir disminuyendo esta, la capacidad de acarreo de la corriente se hace menor, depositándose los materiales más gruesos. De esta manera el río transporta y deposita suelos según sus tamaños decrecientes, correspondiendo las partículas más finas (limos y arcillas) a depósitos próximos de su desembocadura”. (Juárez Badillo; 2004:35)

Así mismo existen depósitos de partículas muy finas (granos muy pequeños), por un depósito de corrientes de agua con una velocidad muy pequeña en lagos donde casi existe una estabilidad del agua por lo que esto provoca la sedimentación de las partículas pequeñas haciendo depósitos lacustres.

Los depósitos glaciares están constituidos por suelos heterogéneos, que van desde grandes partículas hasta materiales bien granulados, a causa de presiones desarrolladas y de la abrasión producida por el movimiento de las masas de hielo.

En mecánica de Suelos de Juárez Badillo no explica que los vientos pueden arrasar con partículas de los suelos de tamaños menores, desde partículas de limo y las arenas gruesas esto ocasiona de que suelos arrastrados por grandes distancias, es decir, a kilómetros desde su origen algunos tipos de los suelos se deben a su origen por el arrastre del viento, el loess y los médanos, este primero se puede definir como un depósito eólico, constituido por una mezcla uniforme de arenas finas cuarzosas con presencia en su textura feldespáticas y limos estructurados en forma abierta y algo cohesiva, esta cohesión suele atribuirse a la presentación de carbonatos de calcio solubles, en los que se ha querido ver un elemento cementante; sin embargo, se ha comprobado que tales carbonatos de calcio están contenidos en grumos aislados, que no pueden proporcionar cementación a la masa y por lo tanto parece que esta cementación debe atribuirse a la existencia de las películas arcillosas envolviendo los granos depositados.

El segundo origen de los suelos mencionados como los médanos son las aglomeraciones de arenas sueltas que fue arrastrada por el viento a poca altura y que se vio depositada en un lugar por un obstáculo natural de la superficie de la corteza. Suele estar formados por arenas cuarzosas uniformes.

Por otra parte, los suelos residuales se derivan como dos conceptos principales e importantes para su estudio que resaltan como el perfil de

meteorización y el conjunto de estructuras heridas. El primero es la secuencia de materiales con diferentes propiedades que se ha formado en un lugar donde se le encuentra y que se sobreyace a la roca no meteorizada. Por tanto, el ataque mecánico y químico participó en la descomposición más sin embargo tanto la descomposición química como la mecánica existe variaciones de un punto a otro, sobre todo por variaciones locales en el tiempo y estructura de la roca, topografía, condiciones de erosión, régimen de aguas subterráneas y clima.

En un suelo se distinguen tres fases constituyentes: la sólida, la líquida y la gaseosa. La fase sólida está formada por las partículas minerales del suelo (incluyendo la capa sólida adsorbida); la líquida por el agua (libre, específicamente), aunque en el suelo pueden existir otros líquidos de menor significación; la fase gaseosa comprende sobre todo el aire, pero pueden estar presentes otros gases (vapores sulfurosos, anhídrido carbónico, etc.)

Las fases líquida y gaseosa del suelo suelen comprenderse en el volumen de vacíos ( $V_v$ ), mientras que la fase sólida constituye el volumen de sólidos ( $V_s$ ). Se dice que un suelo es totalmente saturado cuando todos sus vacíos están ocupados por agua. Un suelo en tal circunstancia consta, como caso particular de solo dos fases, la sólida y la líquida. Es importante considerar las características morfológicas de un conjunto de partículas sólidas, en un medio fluido. Eso es el suelo.

Las relaciones entre las diferentes fases constitutivas del suelo (fases sólida, líquida y gaseosa), permiten avanzar sobre el análisis de la distribución de las partículas por tamaños y sobre el grado de plasticidad del conjunto.



En los laboratorios de mecánica de suelos puede determinarse fácilmente el peso de las muestras húmedas, el peso de las muestras secadas al horno y la gravedad específica de las partículas que conforman el suelo, entre otras.

Las relaciones entre las fases del suelo tienen una amplia aplicación en la Mecánica de Suelos para el cálculo de esfuerzos.

La relación entre las fases, la granulometría y los límites de Atterberg se utilizan para clasificar el suelo y estimar su comportamiento. Modelar el suelo es colocar fronteras que no existen. El suelo es un modelo discreto y eso entra en la modelación con dos parámetros,  $e$  y  $h$  (relación de vacíos y porosidad), y con las fases. El agua adherida a la superficie de las partículas, entra en la fase sólida. En la líquida, sólo el agua libre que podemos sacar a  $105\text{ }^{\circ}\text{C}$  cuando, después de 24 o 18 horas, el peso del suelo no baja más y permanece constante.

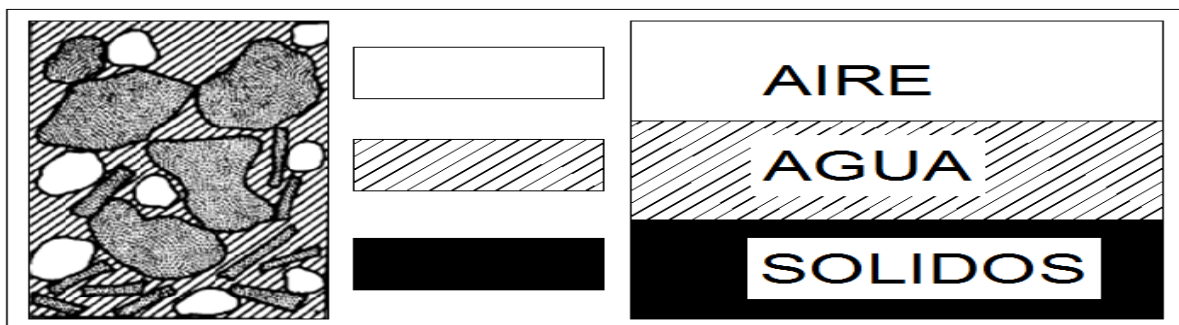


Figura 1.1. Las tres fases que representa el suelo.

(Juárez Badillo; 2004: 52)

Fase sólida: Fragmento de roca, minerales individuales, materiales orgánicos.

Fase líquida: Aguas, sales, bases y ácidos disueltos, incluso el hielo.

Fase gaseosa (aire): aire, gases, vapor de agua.

## **1.6. Características y estructura de las partículas minerales.**

### **Relaciones fino-agregados**

Agregados sin finos, ej. Un talud: Contacto grano a grano. Peso volumétrico variable. Permeable. No susceptible a las heladas. Alta estabilidad en estado confinado. Baja estabilidad en estado inconfinado.

No afectable por condiciones hidráulicas adversas. Compactación difícil. Agregados con finos suficientes: Para obtener una alta densidad. Contacto grano a grano con incremento en la resistencia. Resistencia a la deformación. Mayor peso volumétrico. Permeabilidad más baja. Susceptible a las heladas. Relativa alta estabilidad (confinado o no confinado). No muy afectable por condiciones hidráulicas adversas.

Compactación algo difícil. Agregado con gran cantidad de finos, ej. un coluvión: No existe contacto grano a grano; los granos están dentro de una matriz de finos; este estado disminuye el peso volumétrico. Baja permeabilidad. Susceptible a heladas. Baja estabilidad (confinado o no). Afectable por condiciones hidráulicas adversas. No se dificulta su compactación.

## **1.7. Físico Química de la arcillas.**

En los suelos de granos gruesos las fuerzas de gravitación predomina fuertemente sobre cualesquiera otras fuerzas, por ello, el comportamiento de toda

partícula tiende ser similar. Este comportamiento mecánico e hidráulico se define por caracteres comunes como compacidad del depósito y la orientación.

Suelos de grano muy fino, existen fuerzas de otros tipos presentan acción de gran importancia por ello debido a que en partículas (granos) la fuerza de área a volumen alcanza valores de consideración y fuerzas electromagnéticas desarrolladas en la superficie de los compuestos minerales cobra significación. Se estima que esta actividad en la superficie de la partícula individual es fundamental para tamaños menores de 0.002mm.

La teoría más común desarrollada hasta ahora, para la explicación correcta de la estructura interna de las arcillas es la que se presentara a continuación. La superficie de cada partícula de suelo posee cargas eléctricas negativas según se desprenda de la estructura iónica antes descrita.

## **1.8. Propiedades hidráulicas de los suelos.**

### **1.8.1. Capilaridad y tensión superficial**

#### **1.8.1.1. Tensión superficial.**

Es la propiedad de un líquido en la interface “líquido – gas”, por la cual las moléculas de la superficie soportan fuerzas de tensión. Por ella, una masa de agua, acomodándose al área mínima forma gotas esféricas. La tensión superficial explica “el rebote de una piedra” lanzada al agua. La tensión superficial se expresa con T y

se define como la fuerza en Newton por milímetro de longitud de superficie, que el agua es capaz de soportar.

El valor de la tensión es de  $73 \text{ dinas/cm} \approx 0,074 \text{ gf/cm}$  siendo gf, gramos-fuerza. Este coeficiente se mide en unidades de trabajo (W) o energía entre unidades de área A y representa la fuerza por unidad de longitud en cualquier línea sobre la superficie. T es entonces, el trabajo W necesario para aumentar el área A de una superficie líquida.

### 1.8.1.2. Capilaridad.

Fenómeno debido a la tensión superficial, en virtud del cual un líquido asciende por tubos de pequeño diámetro y por entre láminas muy próximas. Pero no siempre ocurre así debido a que la atracción entre moléculas iguales (cohesión) y moléculas diferentes (adhesión) son fuerzas que dependen de las sustancias (Figura 2).

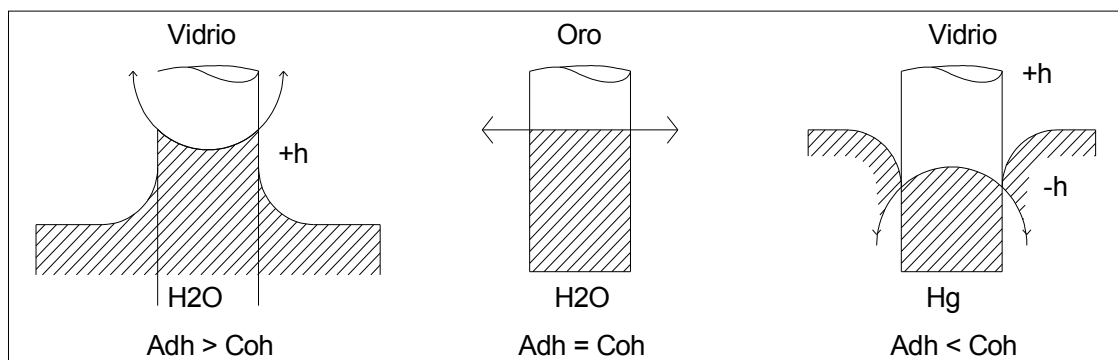


Fig.2 Fuerzas de adhesión y cohesión en los meniscos, según los materiales

Así, el menisco será cóncavo, plano o convexo, dependiendo de la acción combinada de las fuerzas de adherencia A y de cohesión C, que definen el ángulo  $\alpha$  de contacto en la vecindad, y de la gravedad.

### **1.9. Clasificación de los suelos.**

La diversa variedad con que se presentan los suelos en la naturaleza, cualquier intento de unir o de sistematización científica debe ir precedido por otra clasificación científica. La ciencia de la Mecánica de Suelos desarrolló estos sistemas de clasificación que sobre los suelos se tenía anteriormente, surgiendo así los criterios descriptivos, así mismo surgieron varios criterios y sistemas, de los cuales en las características granulométricas.

Por lo tanto, no hay duda de un sistema de Clasificación que pretenda cubrir hoy las necesidades correspondientes, debe estar basada en las propiedades mecánicas de los suelos, por ser ésta lo fundamental para las aplicaciones ingenieriles. Es por ello que a su vez esta base debe ser preponderantemente cualitativa, puesto que un sistema que relaciones cuantitativas y de detalle respecto a las propiedades mecánicas resultaría, evidentemente, laborioso y de engorrosa aplicación práctica; pero además un Sistema de clasificación debe servir para normar el criterio del técnico respecto al suelo de que se trate, no obstante de un trasfondo y extenso conocimiento de las propiedades del mismo; mencionado también que lo

más importante de las funciones de un Sistema de clasificación sería proporcionar la máxima información normativa, a partir de la cual el técnico sepa en qué dirección profundizar su investigación.

Existe una clasificación de los suelos de acuerdo a sus propiedades granulométricas. Este sistema reconoce que las propiedades, tanto mecánicas así como las propiedades hidráulicas de los suelos constituidos por partículas menores que la malla No. 200 pueden deducirse cualitativamente a partir de sus características de su plasticidad. Y por otra parte los granos mayores a la malla mencionada anteriormente, el criterio básico para la clasificación es aun el granulométrico que, no es el determinante para el comportamiento de los materiales, mas sin embargo si puede usarse el método para la clasificación de los materiales granulares.

#### **1.9.1. Suelos gruesos.**

Para el estudio de mecánica de suelos el símbolo de cada grupo siempre se representa por dos letras mayúsculas, que son las iniciales de los nombres ingleses de los suelos más comunes de ese grupo.

- a) Gravas y suelos en que predominen éstas. Está representado por el símbolo genérico G (gravel).
- b) Arenas y suelos arenosos. Está representado por el símbolo genérico S (sand).

Las gravas así como las arenas se separan con la malla No. 4, de manera que el suelo pertenece al grupo genérico G, si más del 50% de su fracción gruesa (retenida en la malla 200) no pasa de la malla No.4, y es del grupo genérico S, en caso contrario.

Los materiales de gravas y las arenas se subdividen en cuatro tipos:

- a) Material bien graduado, casi con la ausencia total de los finos. Se simboliza con la letra W. En combinación con los símbolos genéricos resultan los grupos de GW y SW.
- b) Material mal graduada, casi con la ausencia total de los finos. Se simboliza con la letra P. En combinación con los símbolos genéricos resultan los grupos de GP y SP.
- c) Material con cantidad apreciable de finos no plásticos. Su símbolo es M. En combinación con los símbolos genéricos dan grupos de GM y SM.
- d) Material con cantidad importantemente apreciable de finos de finos plásticos. Símbolo G. Así mismo al combinarse con los símbolos genéricos dan nuevos de GC y SC.

#### **1.10. Intemperismo y suelo.**

Después de la corteza en la capa delgada llamada suelo, las rocas que están en la superficie de la tierra, o no muy profundas de acuerdo al perfil de la vertical, están expuestas a la desintegración y descomposición dando así la formación de los

suelos, y estos espesores son representados de una forma heterogénea, son frecuentes tanto en el sentido lateral como en la vertical, en naturaleza mecánica.

Cada problema individual de ingeniería relacionado con el suelo exige un estudio particular, basado en el material a tratar. Se le nombra suelos residuales a aquellos suelos que son derivados directamente de la roca así llamando suelos residuales, y suelos transportados a los que son removidos del lugar de formación por agentes geológicos, y sobre yacen en otros estratos sin relación directa con ellas.

Los agentes geológicos transportadores que conducen el material de la roca al suelo, son el resultado de una acción múltiple y prolongada de factores naturales como: clima, vegetación, fauna, relieve, tiempo y la dinámica interna. Esto se agregan los factores e influencias con un carácter más restringido regionalmente: el nivel de aguas freáticas y la influencia del hombre. Dentro del factor clima está considerada la temperatura, la precipitación, el viento, etc. Por el hecho de moverse el suelo de una manera u otro del clima provoca la alteración del cuerpo sólido originado la variación de la temperatura como el calentamiento o enfriamiento de los cuerpos rocosos, originado el aumento del calibre del conducto natural y la contracción, por lo tanto, se inicia el proceso de desintegración por fisuramiento.

Los movimientos del aire en épocas diferentes permiten la transformación de fragmentos rocosos, logrando la mayor fineza del grano por la acción del mismo aire. En las cimas montañosas cuando la roca se encuentra al descubierto, todas las partículas desprendidas de los macizos rocosos son transportadas hacia determinados sitios generando depósitos eolianos. Es importante mencionar que la



aceleración de la descomposición de las rocas se debe a la participación de los vegetales y animales, por esta razón que se ha mencionado acelera la descomposición de las rocas que genera el suelo a través de su descomposición, es decir, a formar el suelo. La vegetación juega un papel muy importante en la conservación del clima, ya que puede modificar la humedad ambiental, la temperatura, circulación del agua en el suelo, y evitar la erosión. La vegetación origina capa externa del suelo donde la materia orgánica se pudre formando la tierra fértil (humus). Cuando la vegetación es destruida por el hombre se modifica la estructura y se destruye el humus, y por las radiaciones solares directas sobre los suelos, estos se resecan y se pulverizan con el movimiento de la atmósfera.

## **CAPITULO 2**

### **RELACIONES DE LA FASE DEL SUELO Y SU CLASIFICACIÓN.**

En el presente capítulo se estudiará el suelo, así como las propiedades de las tres fase del suelo (sólida, líquida y gaseosa), también se mencionará lo que es el comportamiento en distintas fases de estos, de igual manera se estudiará en este capítulo la relación del suelo (sustancia) y el volumen de la misma.

Se verificará también en base a las fórmulas las relaciones de contenido de agua, aire en la masa de los suelos. Y, por consiguiente, el tamaño de las partículas que se están estudiando, su granulometría, la clasificación de los mismos, sus características y maneras de identificar de acuerdo al SUCS cada una de ellas.

#### **2.1. Fases del suelo.**

El suelo presenta las tres fases que son; sólida, líquida y gaseosa.

La fase sólida está formada por partículas minerales del suelo (incluyendo la capa sólida adsorbida); aunque los suelos puedan existir líquidos de menor significación.

La fase gaseosa cumple sobre todo el aire si bien pueden estar presentes otros gases, la capa viscosa del agua adsorbida que presenta propiedades intermedias entre la fase sólida. Y la líquida suele inducirse en esta última pues es susceptible a desaparecer cuando el suelo es sometido a una fuerte evaporación (secado).

La fase líquida y gaseosa del suelo suelen comprenderse en el volumen de vacíos mientras que la fase sólida constituye el volumen de los sólidos.

Un suelo es totalmente saturado cuando todos sus vacíos están ocupados por agua. Un suelo en tal circunstancia consta como caso particular solo las dos fases de la sólida y la líquida. Muchos suelos bajo el nivel de aguas freáticas (NAF) son totalmente saturados.

Para definir o identificar un suelo que es totalmente saturado y que además puede tener materia orgánica en diversas formas y cantidades como en las turbas, estas materias predominan y consisten en residuos vegetales parcialmente descompuestos.

A continuación se representa en la siguiente figura el esquema de una muestra de suelo en el que aparecen las fases principales asimismo los conceptos de uso más común con los símbolos que se indican.

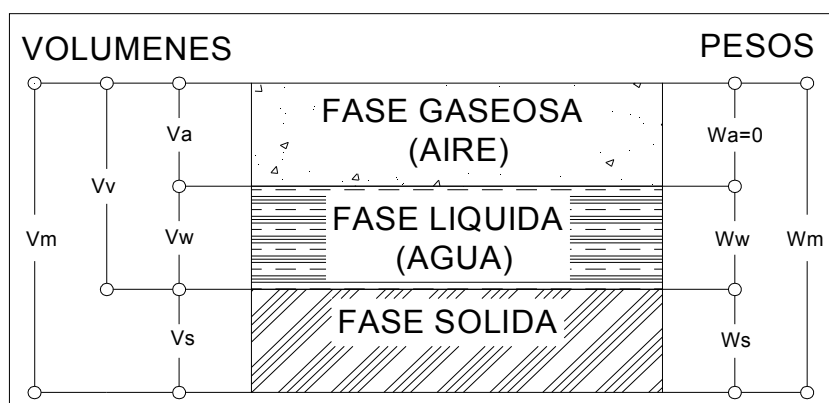


Figura 2.1 Esquema de una muestra de suelo, para indicación de los símbolos usados. (Juárez Badillo; 2004: 52)

La definición de los símbolos del esquema se define a continuación:

$V_m$  = Volumen total de la muestra del suelo (volumen de la masa).

$V_s$  = Volumen de la fase sólida de la muestra (volumen de los sólidos).

$V_v$  = Volumen de los vacíos de la muestra del suelo (volumen de vacíos).

$V_w$  = Volumen de la fase líquida contenida de la muestra (volumen de agua).

$V_a$  = Volumen de la fase gaseosa de la muestra (volumen de aire).

$M_m$  = Peso total de la muestra del suelo (peso de la masa).

$M_s$  = peso de la fase sólida de la muestra de suelo (peso de los sólidos)

$M_w$  = Peso de la fase líquida del líquido (peso del agua).

$M_a$  = Peso de la fase gaseosa de la muestra, se considera nulo en el estudio de Mecánica de Suelos.

Existen maneras de resolver un problema para la definición del peso específico de los sólidos, es decir, el suelo seco, obteniendo esto en la eliminación de toda la fase líquida. El problema que existe al querer quitar toda la fase líquida es que la película de agua adsorbida no desaparece por completo al someter al suelo a una evaporación al horno.

Para ello es conveniente llevar a cabo el proceso de vaporación de los suelos con temperatura con el rango de 105 °C a 110°C durante el tiempo necesario para lograr un peso constante lo cual se logra generalmente en tiempo de 18 0 24 horas.

## 2.2. Relaciones de pesos y volúmenes.

La relación y el peso de las distintas fases con sus volúmenes correspondientes, por medio del concepto del peso específico, es decir, la relación que hay entre la sustancia y el volumen de la misma.

En el estudio de suelo se distinguen los siguientes pesos específicos:

$\gamma_0$  = Peso específico del agua destilada, a una temperatura de 4°C y a la presión atmosférica correspondiente al nivel del mar. En sistemas derivados del métrico, es igual a 1 ó una potencia entera de 10.

$\gamma_w$  = Peso específico del agua en las condiciones reales de trabajo; su valor difiere poco del peso específico del agua destilada y, en muchas cuestiones prácticas, ambos son tomados como iguales. Más adelante se mostrará la diferencia, es decir, la variación de peso específico del agua en las condiciones reales de trabajo, en función a la temperatura, que dicho efecto es el que más influye en dicha variación.

$\gamma_m$  = Peso específico de la masa del suelo, por definición se representa:

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

$\gamma_s$  = Peso específico de la fase solida suelo:

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

El peso específico relativo se define como la relación entre el peso específico de una sustancia y el peso específico del agua, a una temperatura de 4°C, destilada y sujeta a una atmósfera de presión.

En un sistema apropiado de las unidades, su valor será idéntico al módulo del peso específico, correspondiente según se desprende de lo anterior.

A continuación se presentan los pesos específicos relativos que más se distinguen:

$S_m$  = Peso específico relativo de la masa del suelo, por definición se representa:

$$S_m = \frac{\gamma_m}{\gamma_o} = \frac{W_m}{V_m \gamma_o}$$

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

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

### **2.3. Relaciones fundamentales del Suelo.**

Las relaciones que se verán a continuación son de mayor importancia, para el manejo comprensible de las propiedades mecánicas de los suelos y un completo dominio de su significado y sentido físico.

1. Las propiedades de los suelos por su origen, se caracteriza por sus vacíos, es decir existe una relación de vacíos, o quedades, o índice de poros a la relación entre el volumen de los vacíos y el de los sólidos de un suelo:

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

Donde:

$e$  : Es la relación de vacíos que puede variar teóricamente desde 0 ( $V_v=0$ ) hasta  $\infty$  (valor correspondiente a un espacio vacío).

2. La relación que existe entre el volumen de vacíos y su volumen de masa, se expresa en mecánica de suelos como un porcentaje dentro de la masa de volumen:

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

Donde:

$n$  : Es la porosidad de la relación de vacíos entre el volumen de la masa que puede variar de 0 (en un suelo ideal con solo fase sólida) a 100 (espacio vacío) los valores reales pueden variar entre un porcentaje de 20 y 95%.

3. La saturación de agua en el suelo, se presenta en cualquier tipo de suelo, a esto se le denomina como grado de saturación de un suelo a la relación entre su volumen de agua y el volumen de sus vacíos, esto también suele representarse como un porcentaje.

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

Donde:

$G_w$  : Es el grado de saturación del suelo, varia de 0 (suelo seco) a 100% (un suelo totalmente saturado).

4. La relación entre el peso de agua contenida en el mismo y el peso de la fase sólida, se conoce como contenido de agua o humedad de un suelo.

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

Donde:

$W$  : Es el contenido de agua, puede variar de 0 a  $\infty$  . En la naturaleza la humedad de los suelos varía entre límites muy amplios.

5. El grado de saturación de aire es una magnitud de escasa importancia practica respecto a las anteriores relaciones, se define como:

$$G_A(\%) = \frac{V_A}{V_v} \times 100$$

Donde:

$G_A$  : Es el grado de saturación de aire.



## 2.4. La relación de vacíos y la porosidad.

Considerando una muestra de suelo en representación esquemática, adoptando arbitrariamente el valor unidad para el volumen de sólidos; los demás conceptos aparecen calculados con base en ese dato de partida aplicando las definiciones correspondientes. Lo anterior equivale al cálculo de todos los conceptos referidos a una escala de unidades tal que en ella se tenga  $V_s = 1$ . Si  $V_s = 1$ , el valor de  $W_s$  puede calcularse con la ecuación ligeramente modificada:

$$W_s = V_s S_s \gamma_0 \quad \therefore W_s = S_s \gamma_0$$

Teniendo en cuenta la ecuación, en forma decimal, se tiene que  $W_w = w S_s \gamma_0$ , así como aparece en el esquema.

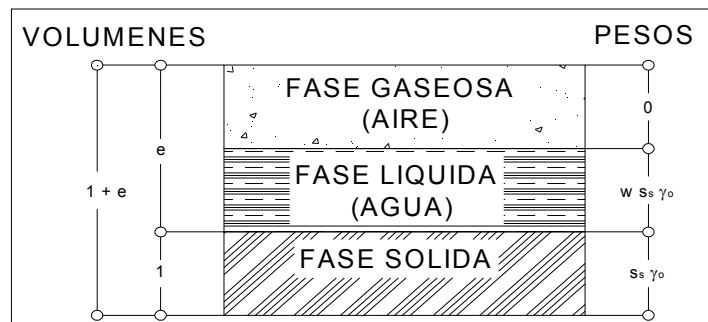


Fig. 2.2. Esquema de una muestra de suelo. (Juárez Badillo; 2004: 55)

Y aplicando la definición de porosidad:

$$n = \frac{V_v}{V_m} = \frac{e}{1 + e}$$

La expresión anterior da una correlación importante entre la relación de vacíos y la porosidad de un suelo, la expresión anterior se deduce a:

$$e = \frac{n}{1 - n}$$

“En el libro de mecánica de suelos nos describe que podría representarse la cuestión de cuál sea la razón para describir la magnitud del volumen de vacíos dentro de la muestra de suelo. En efecto, tanto la Relación de Vacíos como la Porosidad, cubren tal finalidad. El termino porosidad es más antiguo y se ha usado en diferentes campos de la ingeniería civil.

La Mecánica de Suelos lo ha preferido en lo referente a las arenas. Para suelos compresibles (arcillas) es de interés conocer la disminución del volumen de vacíos bajo la influencia de las cargas; en tal caso la porosidad tiene la desventaja de representar una relación de una cantidad variable a una constante ( $V_s$ ), aun para un suelo en compresión. En vista de lo anterior, Terzaghi considero oportuno introducir el concepto de relación de vacíos, originalmente para suelos finos; hoy, el concepto se ha hecho de uso general” (Juárez Badillo; 2004: 55).

De acuerdo al libro de Juárez Badillo menciona que puede presentarse la cuestión de la cual sea la razón para usar dos relaciones para describir la magnitud del volumen de vacíos. En efecto tanto la relación de vacíos como la porosidad, cubren tal finalidad.

El término porosidad es más antiguo y se ha usado en el área de Mecánica de Suelos. Que para suelos altamente compresibles (principalmente las arcillas) es de gran importancia conocer la disminución de volumen de vacíos bajo la influencia de las cargas; de tal modo la porosidad tiene la desventaja de representar una relación entre dos variables, mientras la relación los vacíos expresa la relación de la cantidad variable a una constante ( $V_s$ ), aun para suelo en compresión.

## **2.5. Granulometría.**

Durante las primeras investigaciones de las propiedades de los suelos se creía que las propiedades mecánicas dependían directamente de la distribución de las partículas constituyentes según sus tamaños; por ello fue la preocupación de la ingeniería para la búsqueda de los métodos adecuados para la obtención de tal distribución. Ahora es posible deducir las propiedades mecánicas de los suelos a partir de su distribución granulométrica o descripción por tamaños.

En suelos gruesos, cuya granulometría puede determinarse por mallas, la distribución por tamaños puede revelar algo de lo referente a las propiedades físicas del material, en efecto, las estadísticas indican que suelos gruesos bien graduados, es decir, con amplia gama de tamaños, tienen un comportamiento ingenieril más favorable, en lo que atañe a algunas propiedades importantes, que los suelos de granulometría muy uniforme.

Mas sin embargo en los suelos gruesos, ha de señalarse, según se ha mencionado, que el comportamiento mecánico e hidráulico está principalmente

definido por la capacidad de los granos y su orientación, características que destruye, por la misma manera de realizarse, la prueba de granulometría, de modo que en sus resultados finales se ha tenido que perder toda huella de aquellas propiedades tan decisivas.

De esto se desprende lo muy deseable que es de poder hacer una investigación granulométrica con un método tal que representa la estructuración inalterada de material; este método, sin embargo, hasta el momento no se ha encontrado y parece indicar que no se podrá desarrollar jamás.

En el punto de los suelos finos en el estado inalterado, las propiedades mecánicas e hidráulicas dependen en tal grado de su estructuración e historia geológica, que el conocimiento de su granulometría. Y los más importantes para su determinación.

## **2.6. Sistemas de clasificación de los suelos de acuerdo a la granulometría.**

El tamaño de las partículas que constituyen el suelo, establece un criterio obvio para una clasificación del mismo. Por tanto este criterio se ha venido usando desde el principio de los estudios de la granulometría de los suelos, incluso desde antes de la etapa de moderna de la ciencia. Originalmente, el suelo se dividía únicamente en cuatro fracciones debido a lo laborioso de los procedimientos disponibles de separación por tamaños.

Posteriormente, con el advenimiento de la técnica del cribado, fue posible efectuar gráficas donde se indican por medios gráficos las curvas granulométricas, así contando con agrupaciones de las partículas del suelo en mayor número de

tamaños diferentes. Actualmente se pueden ampliar notablemente las curvas en los tamaños finos, gracias a la aplicación de las técnicas de suspensiones.

a) Clasificación internacional.

Basada en desarrolladora en Suecia.

Tamaño en mm

Arena gruesa	Arena fina	Limo	Arcilla	Ultra-arcilla(colides)
2.0	0.2	0.02	0.002	0.0002

b) Clasificación MTI.

Fue propuesta por G. Gilboy y adoptado por el Massachusetts Institute of Technology.

2.0    0.6    0.2    0.06    0.02    0.006    0.002    0.0006    0.0002

Gruesa	Media	Fina	Gruesa	Media	Fina	Gruesa	Media	Fina
ARENA			LIMO			ARCILLA		

c) La siguiente clasificación, utilizada a partir de 1936 en Alemania, está basada en una proposición original de Kopecky.

MATERIAL	CARACTERISTICA	TAMAÑO (mm)
PIEDRA	-----	MAYOR DE 70mm

GRAVA	GRUESA	30 A 70
	MEDIA	5 A 30
	FINA	2 A 5
ARENA	GRUESA	1 A 2
	MEDIA	0.2 A 1
	FINA	0.1 A 0.2
POLVO	GRUESO	0.05 A 0.1
	FINO	0.02 A 0.05
LIMO	GRUESO	0.006 A 0.02
	FINO	0.002 A 0.006
ARCILLA	GRUESA	0.0006 A 0.002
	FINA	0.0002 A 0.0006
ULTRA-ARCILLA	-----	0.00002 A 0.0002

Partículas de 0.00002 mm constituyen disoluciones verdaderas y ya no se depositan, con frecuencia se han usado otro tipos de clasificación, sobresaliendo el método grafico del Public Roads Administration de los Estados Unidos, así ha destacado en sus ideas para dar idea del mecanismo utilizado en su elaboración.

En las clasificaciones que hacen a los suelos de acuerdo a su granulometría algunas teorías empíricas se contradicen, ya que este depende de un intervalo que se le da el nombre en una clasificación.

Pero la dificultad más grande que puede hacerse a estos sistemas es el uso que se hace de las palabras limo y arcilla para designar fracciones del suelo definidas exclusivamente por tamaños. Estos términos se han usado en la ingeniería como nombres para designar, para indicar fracciones de suelo definidas exclusivamente por tamaños.

Estos términos se han usado en la ingeniería como nombres para indicar tipos de suelo con propiedades físicas definidas; la razón por la que estos nombres se introdujeron para ciertas fracciones de tamaños fue la idea equivocada de que tales tamaños eran las causas de que aquellas características típicas. Mas ahora se sabe que las características de una arcilla común se deben en forma muy distinta a las propiedades de su fracción más fina.

Un suelo formado por partículas de cuarzo del tamaño de las arcillas o depósito natural de finos de derivados de roca de la misma graduación, tendría que clasificarse como 100% de arcilla, a pesar de que el conjunto no presenta ninguna de las propiedades que definen el comportamiento típicamente arcilloso, dentro de los límites apropiados de humedad, posiblemente no contenga más de un 20% de arcilla, según el criterio granulométrico.

En lo sucesivo, los términos de limo ó arcilla se emplearán únicamente para indicar tipos de suelo, recurriendo a la mención específica de un tamaño de partícula cuando se requiera indicar cierta fracción granulométrica.

## **2.7. Clasificación de fragmentos de roca.**

Los fragmentos de roca son todos aquellos cuyo tamaño está comprendido entre 7,5 cm (3") y 200 cm. Según su tamaño se clasifican como se señala en la Tabla. Los fragmentos de roca se identifican por su tamaño, forma, textura superficial y grado de alteración, utilizando para ello las características que se indican en la siguiente Tabla.

### Clasificación de los fragmentos de roca

TIPO	SUB TIPO	IDENTIFICACION	SIMBILO DEL GRUPO.
FRAGMENTOS DE ROCA TAMAÑOS MAYORES DE 7.5 CM Y MENORES DE 2 METROS	Grandes (mayores de 75 cm y menores de 2 m)	Fragmentos grandes, con menos del 10% de otros fragmentos o de suelo.	Fg
		Fragmentos grandes mezclados con fragmentos medianos, predominando los grandes, con menos del 10% de fragmentos chicos o de suelo.	Fgm.
		Fragmentos grandes mezclados con fragmentos chicos, predominando los grandes, con menos del 10% de fragmentos medianos o de suelo.	Fgc
		Fragmentos grandes mezclados con fragmentos medianos y chicos, predominando los grandes sobre los medianos y éstos sobre los chicos, con menos del 10% de suelo.	Fgmc
		Fragmentos grandes mezclados con fragmentos chicos y medianos, predominando los grandes sobre los chicos y éstos sobre los medianos, con menos del 10% de suelo.	Fgcm
	Medianos (mayores de 20 cm y menores de 75 cm)	Fragmentos medianos, con menos del 10% de otros fragmentos o de suelo.	Fm
		Fragmentos medianos mezclados con fragmentos grandes, predominando los medianos sobre los grandes, con menos del 10% de fragmentos chicos o de suelo.	Fmg
		Fragmentos medianos mezclados con fragmentos chicos, predominando los medianos sobre los chicos, con menos del 10% de fragmentos grandes o de suelo.	Fmc
		Fragmentos medianos mezclados con fragmentos grandes y chicos, predominando los medianos sobre los grandes y éstos sobre los chicos, con menos del 10% de suelo.	Fmgc
		Fragmentos medianos mezclados con fragmentos chicos y grandes, predominando los medianos sobre los chicos y éstos sobre los grandes, con menos del 10% de suelo.	Fmcm
	Chicos (mayores de 7,5 cm y menores de 20 cm)	Fragmentos chicos, con menos del 10% de otros fragmentos o de suelo.	Fc
		Fragmentos chicos mezclados con fragmentos grandes, predominando los chicos, con menos del 10% de fragmentos medianos o de suelo.	Fcg
		Fragmentos chicos mezclados con fragmentos medianos, predominando los chicos, con menos del 10% de fragmentos grandes o de suelo.	Fcm
		Fragmentos chicos mezclados con fragmentos grandes y medianos, predominando los chicos sobre los grandes y éstos sobre los medianos, con menos del 10% de suelo.	Fcgm
		Fragmentos chicos mezclados con fragmentos medianos y grandes, predominando los chicos sobre los medianos y éstos sobre los grandes, con menos del 10% de suelo.	Fcmg



### Características de los fragmentos de roca

Forma	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Redondeada</li><li>➤ Subred ondeada</li><li>➤ Angulosa</li><li>➤ Lajeada</li><li>➤ Acicular (En forma de aguja)</li></ul>
Textura (Cuando los fragmentos sean francamente porosos se hará notar también esta característica)	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Lisa</li><li>➤ Rugosa</li><li>➤ Muy rugosa</li></ul>
Grado de alteración	<ul style="list-style-type: none"><li>➤ Sanos</li><li>➤ Alterados</li><li>➤ Muy alterados</li></ul>

#### 2.7.1. Clasificación de suelos con base en el sistema SUCS.

Los suelos son materiales con partículas de tamaño menor de 7,5 cm (3"). Se clasifican como se indica en la Tabla y se explica a continuación, con base en su composición granulométrica determinada mediante los procedimientos indicados, y en sus características de plasticidad, representada por los límites de consistencia determinados de acuerdo con, Límites de Consistencia. Los suelos se clasifican como suelos gruesos cuando más del 50% de sus partículas son de tamaño mayor

que 0,075 mm (malla N°200) y como suelos finos cuando el 50% de sus partículas o más, son de tamaño menor.

### **2.7.2. Suelos gruesos**

Los suelos gruesos se clasifican como grava cuando más del 50% de las partículas de la fracción gruesa tienen tamaño mayor que 4,75 mm (malla N°4) y como arena cuando el 50% de las partículas o más de la fracción gruesa, son de tamaño menor.

La grava se identifica con el símbolo G (Gravel) y la arena con el símbolo S (Sand). Ambas a la vez se subdividen en ocho subgrupos:

#### **a) Grava o arena bien graduada (GW o SW)**

Si el material contiene hasta 5% de finos, cuando se trate de una grava cuyo coeficiente de uniformidad ( $C_u$ ) es mayor de 4 y su coeficiente de curvatura ( $C_c$ ) esté entre 1 y 3, se clasifica como grava bien graduada y se identifica con el símbolo GW. Cuando se trate de una arena cuyo coeficiente de uniformidad ( $C_u$ ) es mayor de 6 y su coeficiente de curvatura ( $C_c$ ) esté entre 1 y 3, se clasifica como arena bien graduada y se identifica con el símbolo SW.

#### **b) Grava o arena mal graduada (GP o SP).**

Si el material contiene hasta 5% de finos y sus coeficientes de uniformidad y curvatura ( $C_u$  y  $C_c$ ), no cumplen con lo indicado en el Punto anterior, se clasifica

como grava mal graduada o arena mal graduada, según corresponda y se identifica con los símbolos GP o SP, respectivamente.

**c) Grava o arena limosa (GM o SM).**

Si el material contiene más de 12% de finos y estos son limo de acuerdo con lo indicado en el apartado de la definición y clasificación de los limos que más adelante se indica sobre más a fondo de lo que son los limos, se clasifica como grava limosa o arena limosa, según corresponda y se identifica con los símbolos GM o SM, respectivamente.

**d) Grava o arena arcillosa (GC o SC)**

Si el material contiene más de 12% de finos y estos son arcilla de acuerdo con lo indicado en el apartado de la definición de la arcilla que más adelante se verá. Se clasifica como grava arcillosa o arena arcillosa, según corresponda y se identifica con los símbolos GC o SC, respectivamente.

**e) Grava o arena bien graduada limosa (GW-GM o SW-SM)**

Si el material contiene entre 5 y 12% de finos y estos son limo de acuerdo con lo indicado en la definición y clasificación de los limos. Cuando se trate de una grava bien graduada, se clasifica como grava bien graduada limosa y se identifica con el símbolo GW-GM. Cuando se trate de una arena bien graduada, se clasifica como arena bien graduada limosa y se identifica con el símbolo SW-SM.

**f) Grava o arena mal graduada limosa (GP-GM o SP-SM)**

Si la grava o la arena son mal graduadas, contienen entre 5 y 12% de finos y estos son limo de acuerdo en la definición y clasificación de los limos. Se clasifican como grava mal graduada limosa o arena mal graduada limosa, según corresponda y se identifican con los símbolos GP-GM o SP-SM, respectivamente.

**g) Grava o arena bien graduada arcillosa (GW-GC o SW-SC)**

Si la grava o la arena son bien graduadas, contienen entre 5 y 12% de finos y estos son arcilla de acuerdo con lo indicado en las arcillas. Se clasifican como grava bien graduada arcillosa o arena bien graduada arcillosa, según corresponda y se identifican con los símbolos GW-GC o SW-SC, respectivamente.

**h) Grava o arena mal graduada arcillosa (GP-GC o SP-SC)**

Si la grava o la arena son mal graduadas, contienen entre 5 y 12% de finos y estos son arcilla de acuerdo con lo indicado en las arcillas. Se clasifican como grava mal graduada arcillosa o arena mal graduada arcillosa, según corresponda y se identifican con los símbolos GP-GC o SP-SC, respectivamente.

$$C_u = \frac{D_{60}}{D_{10}}, C_c = \frac{(D_{30})^2}{D_{10} \times D_{60}}$$

Donde D10, D30 y D60 son los tamaño de las partículas para el cual el 10, 30 y 60% en masa del material es menor que esos tamaños, respectivamente, determinados gráficamente de la curva granulométrica.

## **2.8. Suelos finos.**

Los suelos finos se clasifican según sus características de plasticidad, en: limo y arcilla.

### **2.8.1. Limo (M)**

El suelo fino se clasifica como limo cuando su límite líquido (LL) y su índice plástico (IP), Límites de Consistencia, definen un punto ubicado en las zonas I o III de la Carta de plasticidad que se muestra y se identifica con el símbolo M. Si dicho punto se aloja en la zona I, el material se clasifica como limo de baja compresibilidad y se identifica con el símbolo ML; si se ubica en la zona III, se clasifica como limo de alta compresibilidad y se identifica con el símbolo MH.

Si el material contiene una cantidad apreciable de materia orgánica y el punto definido por su límite líquido (LL) y su índice plástico (Ip) se ubica cercano y por debajo de la línea A de la Carta de plasticidad, se clasifica como limo orgánico de baja compresibilidad si su límite líquido (LL) es menor de 50% y se identifica con el símbolo OL, o como limo orgánico de alta compresibilidad si su límite líquido (LL) es mayor y se identifica con el símbolo OH.

### **2.8.2. Arcilla (C)**

El suelo fino se clasifica como arcilla cuando su límite líquido (LL) y su índice plástico (Ip), Límites de Consistencia, definen un punto ubicado en las zonas II o IV de la Carta de plasticidad que se muestra y se identifica con el símbolo C. Si dicho punto se aloja en la zona II, el material se clasifica como arcilla de baja

compresibilidad y se identifica con el símbolo CL, si se ubica en la zona IV, se clasifica como arcilla de alta compresibilidad y se identifica con el símbolo CH.

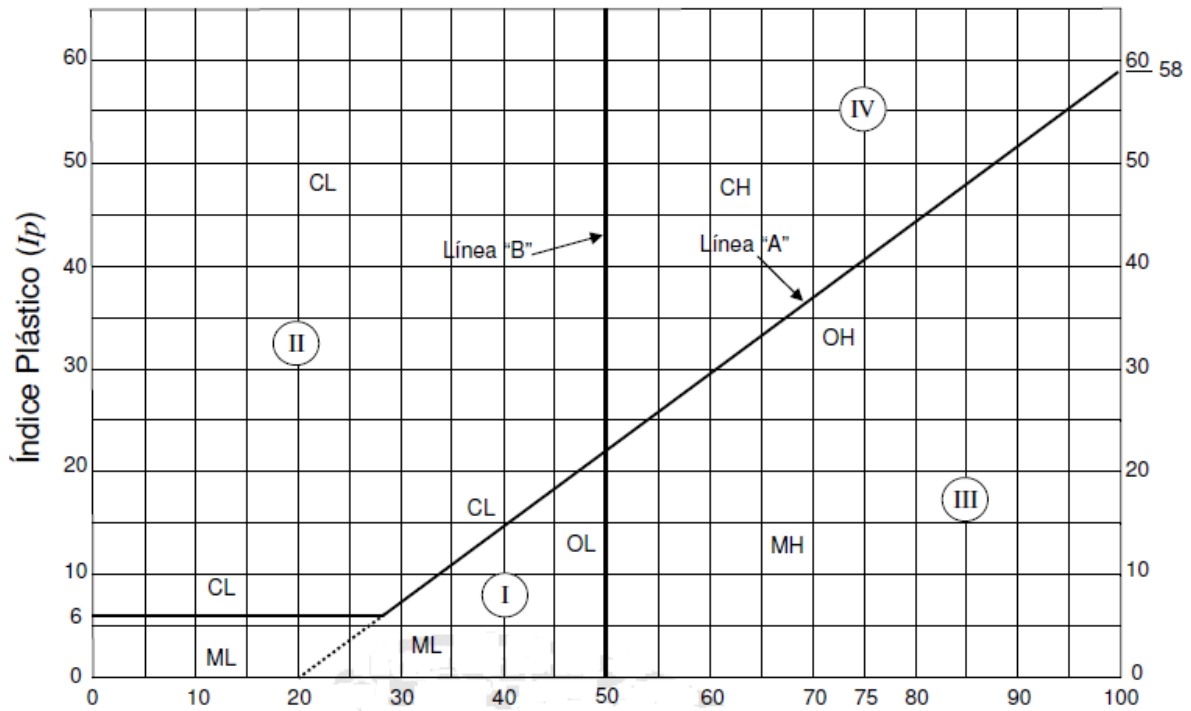


Fig. 2.3. Carta de plasticidad. (Juárez Badillo, 1998:98-155).

Altamente orgánicos (Pt).

El suelo fino se clasifica como altamente orgánico cuando se identifica por su color, olor, sensación esponjosa y frecuentemente por su textura fibrosa; se le denomina turba y se identifica con el símbolo Pt.

## **2.9. Métodos de muestreo y prueba de materiales.**

El método de muestreo consiste en obtener una porción representativa del suelo con el que se pretende construir una estructura o bien del material que ya forma parte de la misma. El muestreo incluye además las operaciones de envase, identificación y transporte de las muestras, las que se clasifican como sigue:

### **Muestras cúbicas inalteradas**

Son aquellas en las que se conserva la estructura y el contenido de agua natural del suelo en el lugar donde se toma la muestra, por lo que su obtención, envase y transporte, requieren cuidados especiales a fin de no alterarlas. Son generalmente cúbicas, de aproximadamente 30 cm por lado, que se recubren con una membrana impermeable hecha de manta de cielo, parafina y brea para protegerlas o bien con plástico, y evitar la pérdida de agua durante el transporte y almacenamiento.

### **Muestras representativas.**

Son aquellas que están constituidas por el material disgregado o fragmentado, en las que se toman precauciones especiales para conservar el contenido de agua, envasándolas en bolsas de plástico u otros recipientes impermeables para impedir la pérdida de agua durante el transporte y almacenamiento.

### **Muestras integrales.**

Son aquellas que están constituidas por el material disgregado o fragmentado de diversos estratos, en las que quedan representados cada uno de los diferentes materiales en la proporción en la que participan.

### **Procedimiento para la obtención de las muestras.**

Las muestras cúbicas inalteradas se obtienen de suelos finos o arenosos que puedan labrarse sin que se disgreguen.

### **Trabajos previos.**

Se limpia la superficie donde se extraerá la muestra, eliminando toda la materia orgánica, polvo y basura o cualquier otra sustancia que pueda contaminarla.

Después antes de efectuar el muestreo se prepara una mezcla de cuatro partes de parafina por una parte de brea, se derrite por medio del calor; dicha mezcla se conserva a temperatura tal que la mantenga en estado líquido hasta ser empleada.

### **Procedimiento de muestreo**

La obtención de las muestras se efectúa en las paredes de una excavación, en la superficie del terreno natural.



## **Muestras cúbicas obtenidas de una superficie sensiblemente horizontal**

- a)** Se marca sobre el terreno un cuadrado de aproximadamente 30 cm por lado, se excava alrededor de sus bordes para labrar un cubo. Esta excavación tendrá dimensiones tales que permitan las operaciones de labrado y extracción de la muestra sin dañar la estructura del material ya sea por presión o por impacto y se lleva hasta la profundidad necesaria para, posteriormente, efectuar un corte horizontal en la base del cubo y desprenderlo.
- b)** Inmediatamente después de haber labrado el cubo y antes de desprenderlo, se cubren sus caras expuestas con manta de cielo recién embebida en la mezcla de parafina y brea, de tal manera que quede bien adherida a la muestra.
- c)** Una vez protegidas las cinco caras descubiertas del cubo, se procede a efectuar el corte en su base y a separarlo cuidadosamente para no dañarlo, cubriendo inmediatamente su cara inferior con una capa de manta de cielo embebida en la mezcla de parafina y brea.
- d)** Posteriormente, mediante una brocha se aplica otra capa de parafina y brea en todas las caras de la muestra inalterada y antes de que

dicha capa seque, se fija una tarjeta de identificación en la cara que originalmente estaba en la parte superior.

### **Muestras cúbicas obtenidas de una pared.**

#### **Obtención de muestras representativas e integrales**

Las muestras representativas e integrales se obtienen de las paredes de un corte, de un pozo a cielo abierto, de un frente natural, del frente abierto de un banco, de los taludes de un almacenamiento de materiales o de capas de terracería construidas. El muestreo, de acuerdo con su propósito, se hará como sigue:

#### **Trabajos previos**

Se limpia la superficie de la pared o talud donde se extraerá la muestra, eliminando toda la materia orgánica, polvo y basura o cualquier otra sustancia que pueda contaminarla.



Fotografía 1.1.- Limpieza de la superficie donde se extraerá la muestra.

Fuente: propia.

## **Procedimiento de muestreo:**

### **Muestras representativas**

Cuando se requiera determinar la estratigrafía y propiedades del subsuelo que pueda observarse directamente en la superficie de la pared, una vez limpiada como se indica en el Inciso anterior, las muestras representativas se toman de cada estrato de suelo que se identifique plenamente en la pared. Cada muestra obtenida se envasa en una bolsa de plástico limpia y resistente o en cualquier otro recipiente hermético, se introduce una tarjeta de identificación y se cierra inmediatamente el envase para evitar cambios en el contenido de agua.

### **Muestras integrales**

Cuando se trate de muestras integrales, una vez limpia la pared o el talud, se procede como sigue:

- a) Se hace un canal vertical de sección transversal uniforme en la pared o el talud, en toda altura del material que se considere aprovechable, como se muestra en la Fotografía No 2, cuidando de no incluir la capa de tierra vegetal que, en su caso, exista en la parte superior de la pared.
- b) El material extraído del canal se recoge en una bolsa de plástico.
- c) Si se requiere obtener una muestra integral, como la mostrada en la Fotografía 3.

- d) Para obtener muestras integrales de capas, se excava una caja en todo el espesor de la capa, con las dimensiones necesarias para excavar el sondeo y para obtener la muestra del tamaño indicado.



Fotografía 1.2.- canal vertical de sección transversal uniforme en la pared.

Fuente: propia.



Fotografía 3 muestra integral.

Fuente: propia.

## 2.10. Densidad Relativa.

Estas pruebas permiten determinar las relaciones masa-volumen de los materiales respecto a la relación masa-volumen del agua, así como la absorción de los materiales y se utilizan para calcular los volúmenes ocupados por el material o mezcla de materiales en sus diferentes condiciones de contenidos de agua y el cambio de masa del material debido a la entrada de agua en sus poros, con respecto a su condición en estado seco; las pruebas se realizan de distinta manera en la fracción del material retenida en la malla N°4 (4,75 mm) y en la porción que pasa dicha malla.

La determinación de las densidades relativas, así como de la absorción, se hace considerando que, si se representa esquemáticamente una muestra de suelo o una partícula gruesa de material pétreo, parcialmente saturada, formada por sus fases sólida, líquida y gaseosa, como se indica en la Figura 2.1. De este capítulo, se establecen las siguientes definiciones:

Densidad relativa del material seco,  $S_d$ , es un número abstracto que representa la relación entre la masa volumétrica del material seco a la temperatura del lugar,  $\gamma_d$  y la masa volumétrica del agua destilada a 4°C,  $\gamma_o$ , ambas a la presión barométrica del lugar:

$$S_d = \frac{\gamma_d}{\gamma_o} = \frac{W_s}{(V_m)\gamma_o} = \frac{W_s}{(V_s + V_v)\gamma_o}$$

Donde:

Sd = Densidad relativa del material seco, (adimensional)

$\gamma_d$  = Masa volumétrica del material seco, (kg/m<sup>3</sup>)

$\gamma_o$  = Masa volumétrica del agua destilada a 4°C, (kg/m<sup>3</sup>)

Ws = Masa de sólidos, (kg)

Vm = Volumen total de la muestra, (m<sup>3</sup>)

Vs = Volumen de sólidos, (m<sup>3</sup>)

Vv = Volumen de vacíos, (m<sup>3</sup>)

En la práctica, en lugar de  $\gamma_o$ , que es de 1 g/cm<sup>3</sup> (1 000 kg/m<sup>3</sup>), se emplea la masa volumétrica del agua en las mismas condiciones de temperatura y presión barométrica de la muestra,  $\gamma_w$ , para determinar la densidad relativa del material húmedo, por ser aproximadamente iguales, así como para determinar todas las densidades relativas.

Densidad relativa del material saturado y superficialmente seco,  $S_{sat}$ , es un número abstracto que representa la relación entre la masa volumétrica del material

saturado a la temperatura del lugar,  $\gamma_{sat}$ , y la masa volumétrica del agua destilada a 4°C,  $\gamma_o$ , ambas a la presión barométrica del lugar:

$$S_{sat} = \frac{\gamma_{sat}}{\gamma_o} = \frac{W_s + W_w}{(V_m)\gamma_o} = \frac{W_s + W_w}{(V_s + V_v)\gamma_o} \text{ (en condición saturada)}$$

Donde:

$S_{sat}$  = Densidad relativa del material saturado y superficialmente seco, (adimensional)

$\gamma_{sat}$  = Masa volumétrica del material saturado y superficialmente seco, (kg/m<sup>3</sup>)

$\gamma_o$  = Masa volumétrica del agua destilada a 4°C, (kg/m<sup>3</sup>)

$W_s$  = Masa de sólidos, (kg)

$W_w$  = Masa del agua en condiciones de saturación, es decir, del agua que ocupa todos los vacíos, (kg)

$V_m$  = Volumen total del material, (m<sup>3</sup>)

$V_s$  = Volumen de sólidos, (m<sup>3</sup>)

$V_v$  = Volumen de vacíos, (m<sup>3</sup>)

Densidad relativa de sólidos, es decir, de la fase sólida del material,  $S_s$ , es un número abstracto que representa la relación entre la masa volumétrica de la fase

sólida del material a la temperatura del lugar,  $\gamma_{sol}$ , y la masa volumétrica del agua destilada a 4°C,  $\gamma_o$ , ambas a la presión barométrica del lugar:

$$S_s = \frac{\gamma_{sol}}{\gamma_o} = \frac{W_s}{(V_s)\gamma_o}$$

$S_s$  = Densidad relativa de sólidos, es decir, de la fase sólida del material, (adimensional)

$\gamma_{sol}$  = Masa volumétrica de la fase sólida del material, (kg/m<sup>3</sup>)

$\gamma_o$  = Masa volumétrica del agua destilada a 4°C, (kg/m<sup>3</sup>)

$W_s$  = Masa de sólidos, (kg)

$V_s$  = Volumen de sólidos, (m<sup>3</sup>)

Absorción del material es la masa del agua o líquido que penetra en los espacios entre las partículas de un suelo y en las oquedades de las partículas gruesas, cuando se le deja sumergido en agua a una temperatura de 15 a 25°C, durante 24 h; se expresa en por ciento con relación a la masa de sólidos del material.



## **2.11. Límites de consistencia.**

Estas pruebas permiten conocer las características de plasticidad de la porción de los materiales para terracerías que pasan la malla N°40 (0,425 mm), cuyos resultados se utilizan principalmente para la identificación y clasificación de los suelos. Las pruebas consisten en determinar, el límite líquido, es decir, el contenido de agua para el cual un suelo plástico adquiere una resistencia al corte de 25 g/cm<sup>2</sup>; éste se considera como la frontera entre los estados semilíquido y plástico.

El límite plástico o el contenido de agua para el cual un cilindro se rompe en tres partes al alcanzar un diámetro de 3 mm; éste se considera como la frontera entre los estados plástico y semisólido. El índice plástico se calcula como la diferencia entre los límites líquido y plástico.

### **2.11.1. Límite líquido (L.L.)**

Es la frontera entre el estado semilíquido y el plástico. Se determina en el laboratorio con el contenido del agua (expresando en porcentaje del peso seco) que deba tener un suelo remoldeado para que, a una muestra que se haya practicado una ranura de dimensiones normalizadas, se cierre, sin resbalar en su apoyo al someterlas a un impacto de 25 golpes en la copa de Casagrande bien definidos.

#### **EQUIPO NECESARIO:**

- 1) Copa de Casagrande con ranurador laminar.
- 2) Balanza con sensibilidad de 0.01grs.

- 3) Horno de temperatura constante (105° a 110°C).
- 4) Vidrio de reloj.
- 5) Cápsula de porcelana.
- 6) Espátula y de más equipo obligado.

A continuación se detallará al procedimiento de pruebas de la copa de Casagrande anteriormente mencionado:

- 1) El material que se trae del campo se seca a temperatura ambiente y se disgrega.
- 2) Seca el material, se criba por la malla No.40, y se toma en una cápsula de porcelana de 250-300 grs. Del material que pasa por la malla.
- 3) Una vez colocado el suelo en la cápsula se le agrega agua destilada y se mezcla hasta formar una pasta homogénea. La muestra se deja reposar durante 24 horas. Para que se homogenice la humedad en el suelo.
- 4) Se inicia los tanteos en la copa de Casagrande teniendo diferentes humedades. Se deben tener 5 tanteos y obtener las humedades de cada uno de ellos.
- 5) Se coloca la pasta en la copa de Casagrande, llenándola a la mitad y con un ranurador de dimensiones de 11 mm en la parte superior 2 mm en la parte interior, se debe tener los bordes redondeados para evitar deformaciones en el acomodo del suelo. Se debe ranurar la pasta según el eje de la simetría del

aparato manteniendo el ranurador perpendicular a la superficie de la copa (figura 2.4).

- 6) Después de que se llena la copa y ranurador del material el golpeo se hace girando la manivela de dos vueltas (revoluciones) por segundo. Y se cuenta el número de golpes necesarios para que la ranura cierre media pulgada aproximadamente, la ranura debe cerrar por el flujo de suelo y por deslizamiento de la pasta respecto a la capa.
- 7) En la cápsula del vidrio del reloj se extrae a una muestra representativa de aproximadamente 10 grs. Del centro de la copa, cerca de donde cerró la ranura para obtener la humedad, se pesa la cápsula con material húmedo a centésimo del gramo. Se deja secar en el horno 24 hrs. a una temperatura de 110°C.

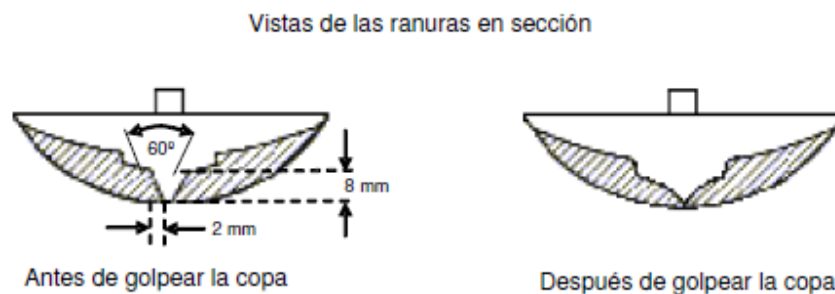


Fig. 2.4. Dimensiones de la ranura en la Copa de Casagrande.

(Juárez Badillo, 1998:98-128).

### **2.11.2. Límite Plástico (L.P.).**

Frontera entre el estado de plástico y en el semisólido del un suelo. Se define como el contenido del agua con el que se rompe en fragmentos del tamaño definido un cilindro “rollitos” de 3.0 mm de diámetro, formando con la porción del suelo al rodarlo con la palma de la mano sobre una superficie plana.

A continuación se presenta el proceso de la prueba del límite plástico.

- 1) Se amasan aproximadamente 15 gramos de suelo húmedo.
- 2) Se forma con la palma de la mano cilindros de 3.0 mm aproximadamente de diámetro apoyándose en la placa de vidrio.
- 3) Se repite el procedimiento hasta que el cilindro empieza desmoronarse al estarlo formando.
- 4) Se coloca en una capsula de vidrio de reloj y se procede a pasarlo con una capsula de 0.01 gramos de aproximadamente, y se somete al horno 24 horas con una temperatura de 110°C.
- 5) Se saca del horno y se pesa para determinar el contenido de humedad de los cilindros.
- 6) Se repite todo el proceso anterior para obtener resultados de la prueba que se podrán promediar para evaluar el limite plástico L.P.

### **2.11.3. Índice Plástico (I.P.)**

Se le llama índice de plasticidad a la diferencia aritmética entre el límite líquido (L.L.) y el límite plástico (L.P.). Los suelos con alto índice de plasticidad aumentan notablemente su volumen cuando la humedad aumenta, y se contrae cuando ésta disminuye.

Una vez calculados el límite líquido y el límite plástico se determina el índice plástico, mediante la siguiente expresión:

$$I.P. = (L.L.) - (L.P.)$$

Donde:

I.P. = Índice plástico del material.

L.L. = Límite líquido del material.

L.P. = Límite plástico del material.

### **2.11.4. Límite de contracción (L.C).**

Corresponde al contenido del agua para el cual el suelo alcanza su máxima contracción. La contracción lineal un suelo es reducción del volumen de la misma medida en una de sus dimensiones, y expresada en porcentaje (%) de la dimensión original cuando la humedad se reduce desde el límite líquido hasta el límite de contracción.

#### PROCEDIMIENTO DE PRUEBA:

- 1) Esta prueba se hace con el material que sobra del ensaye del límite líquido con una humedad poco mayor de 10% aproximadamente.
- 2) El material se coloca en una Cápsula de Petri, la cual debe pesarse y cubrir su interior con una capa delgada del aceite. El material se coloca en capas dando en cada capa golpes para que se asiente el material con el fin de expulsar el aire que contiene la muestra, hasta llenar la cápsula.
- 3) Se seca la cápsula del suelo húmedo a temperatura ambiente hasta que cambie el color, esto con la finalidad de que la pastilla del suelo no se agriete, para posteriormente colocarla en el horno a la temperatura de 110°C durante un periodo 24 horas.
- 4) Se saca del horno el material y se procede a pesarlo para obtener el peso seco de la muestra.
- 5) Se coloca en una cápsula de porcelana un recipiente de vidrio o lucita y se llena de mercurio (hg) hasta derramarlo y se engrasa. Para este paso de engrase se coloca el vidrio de 3 puntas sobre la superficie de Hg, y se presiona hacia abajo formando al excedente al salir del recipiente y

así expulsar el aire atrapado. El Hg que se derrama se recoge en la cápsula para evitar pérdidas.

- 6) La pastilla del suelo seco se coloca invertida sobre la superficie del Hg en el recipiente del vidrio de Lucita lleno de Hg, y se sumerge lentamente con movimientos de rotación por medio del vidrio de tres puntas hasta expulsar el aire atrapado.
- 7) El Hg desalojado por las pastillas, se pesa y con este dato dividida entre el peso específico de Hg se calcula el volumen de las pastillas.

Para la determinación del límite de contracción de un suelo consiste en la realización de mediciones frecuentes de la longitud y peso de un mismo prisma, hasta que ya no se observa ninguna disminución de la longitud.

Teniendo en cuenta que la gran mayoría de los suelos no presentan, prácticamente, disminución de volumen durante el proceso de secado debajo del límite de contracción. Terzaghi sugirió un método más simple de determinación, que esencialmente, consiste en medir el peso y el volumen de una muestra de suelo totalmente seca; en tal momento, puede decirse que el límite de contracción sería la humedad de la muestra seca si tuviese sus vacíos llenos de agua. De esta idea se deduce a que:

$$L.C = W_i - [(V_i - V_f) + (100/W_s)]$$

Wi: contenido de agua en %.

Vi: volumen de la pastilla húmeda.

Vf: volumen de la pastilla seca.

Ws: peso de la pastilla seca.

#### EQUIPO PARA LAS PRUEBAS DE LABORATORIO.

- Copa de Casa Grande y ranurador.
- Para la prueba de L.C:
  1. Cápsula de Petri.
  2. Placas de vidrio con punta.
  3. Dotación de mercurio.
  4. Charola de evaporación grande.
  5. Gotero con pipeta.
  6. Molde lámina galvanizada No. 2.
- Para la prueba de L.P.
  1. Placa de vidrio.
  2. Agua destilada.
  3. Balanza.
  4. Horno secador.
  5. Vidrio de reloj.
  6. Charolas de vaporación.



7. Espátula.
8. Calibrador vernier.
9. Cápsulas de porcelana.

## **CAPÍTULO 3**

### **RESUMEN EJECUTIVO DE MACRO Y MICROLOCALIZACION**

En el presente capítulo se abordarán las generalidades del proyecto, resumen ejecutivo, entorno geográfico, informe fotográfico, la topografía, localización del estudio, deduciendo el procedimiento de las pruebas de laboratorio para interpretar de manera escrita el comportamiento de los suelos y su capacidad para soportar cargas sobre una determinada área.

#### **3.1. Generalidades de proyecto.**

El desarrollo del presente trabajo es para la elaboración de la tesis de las propiedades y generalidades del suelo en la Comunidad de San Lorenzo, del municipio de Uruapan, Michoacán.

Dentro de esta comunidad existe gran variedad de vegetación, dentro de ella hay en sus alrededores bosques, los cuales son la fuente de trabajo para esta localidad, siendo la madera el trabajo que se realiza más en la zona.

### **3.2. Objetivo.**

Para el propósito la investigación, es necesario poder ver el entorno de geográfico, topográfico, principales problemas, y también los servicios que cuenta la localidad.

Por lo que el principal objetivo de trabajo de investigación es de clasificar el suelo de la comunidad de San Lorenzo de acuerdo a la tabla del SUCS y la capacidad de Carga del mismo, el procedimiento de esta investigación deberá de sujetarse a las normas y especificaciones que marca el manual del laboratorio de Mecánica de Suelos publicados por la SCT (Secretaría de Comunicaciones y Transportes)

### **3.3. Alcance del proyecto.**

El poder contar con un trabajo de investigación de las propiedades del suelo, servirá para conocer las propiedades y las características que éste presenta para el uso constructivo de estructuras de dicho suelo, y con este trabajo de investigación dar una solución a esta necesidad.

Dentro de los principales beneficiarios están los habitantes de la comunidad que requieren tener una mejor manera de construcción de casas habitación, bodegas, en fin cualquier tipo de estructura, de este modo se solucionaría esta carencia de no tener la capacidad de carga, ya que el estar construyendo estructuras con cualquier tipo de cimentación no se garantizan los asentamientos uniformes que

se puedan presentar y de esta manera se podrá contar con mas información para dichas estructura no presenten asentamientos diferenciales y sea de manera uniforme los asentamientos que se provocan al aplicarle cargas al suelo.

#### **3.4. Resumen ejecutivo.**

Dentro de esta investigación para el propósito de conocer las propiedades del suelo y el proceso del laboratorio, se realizó visitas al lugar y se logro visualizar que actualmente se ve la necesidad de la construcción de infraestructuras, principalmente de casas habitación y bodegas que descargan de gran magnitud el peso de estos sobre el suelo

Por lo que en base a un sondeo en el lugar, se enfocó en las pruebas de laboratorio en la Escuela de Ingeniería Civil de la Universidad Don Vasco, se hicieron varias pruebas de laboratorio para llegar a una conclusión del propósito de la investigación. Esto se realizó con el fin de presentar una tabla donde se especifican las propiedades mecánicas del suelo.

#### **3.5. Entorno Geográfico.**

La Tenencia de San Lorenzo es una comunidad indígena perteneciente a la meseta purépecha se encuentra localizada al noroeste del municipio de Uruapan Michoacán, con una gran variedad de vegetación por la ubicación geográfica de este pueblo indígena participando con la producción del aguacate, y la explotación de la

madera (pino, encino y cedro) con la calidad de exportación para las ciudades en los diferentes Estados del país.

Dentro de la comunidad existe una población de cerca de 3800 personas actualmente, conteo por un censo realizado por el Maestro Jaime Ángel Bernabé en el año 2006, perteneciente a esta comunidad. San Lorenzo se privilegia por preservar el idioma de los purépechas.

Por lo que está ubicado a 23 kilómetros de la ciudad de Uruapan, esta localidad pertenece al municipio de la ciudad de Uruapan segunda ciudad más importante del estado de Michoacán y conocida como la capital mundial del aguacate, la encuentra a 125 kilómetros de Morelia la capital del Estado de Michoacán. El nombre de la ciudad del municipio de Uruapan, que proviene del nombre purépecha Uruapani que significa “el florecer y fructificar de una planta al mismo tiempo”, lo cual se ha traducido como “lugar donde todo florece”. Se le ha calificado como “Capital Mundial del Aguacate”.

### **3.6. Macro y Micro localización.**

#### **3.6.1. Macro localización.**

En la siguiente figura 3.1 se representa la macro localización del estado de Michoacán en el territorio de la República Mexicana.



Figura 3.1. Localización del estado de Michoacán dentro del territorio de la República Mexicana

([www.google.com](http://www.google.com))

El estado de Michoacán está localizado en la costa oeste del país, el estado abarca un área de 58,643 km<sup>2</sup> y tiene una litoral de 247 km. De extensión, colinda al norte con Jalisco, Guanajuato y Querétaro de Arteaga; al este con el estado de México y Guerrero; al suroeste colinda con el océano pacifico, y al oeste con Colima y Jalisco. El estado de Michoacán está dividido en 113 municipios.

### **3.6.2. Micro localización.**

En la figura 3.2 se representa el territorio del estado de Michoacán. Uno de los 113 municipios del estado de Michoacán es el de Uruapan dentro de este municipio de encuentra la localidad de la Comunidad de San Lorenzo.

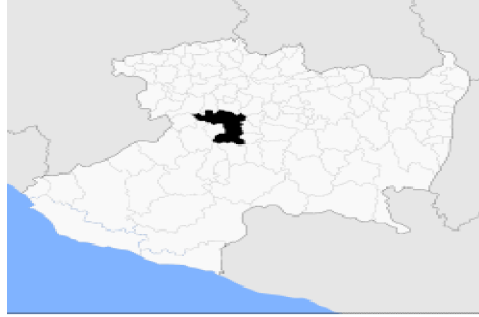


Figura 3.2. Localización del municipio de Uruapan dentro del territorio del estado de Michoacán.

(www.google.com)

### **3.7. Resumen ejecutivo.**

El objetivo de este apartado es dar a conocer las condiciones en las cuales se desarrolló el proyecto de investigación, lo cual es muy importante para establecer los factores que se deberán tomar en cuenta en un proyecto similar, dejando en claro las características de la región que en este caso se refiere a la comunidad de San Lorenzo, municipio de Uruapan Michoacán.

### **3.8. Entorno geográfico.**

San Lorenzo se encuentra dentro del municipio de Uruapan, al centro-occidente del estado de Michoacán, limita con los pueblos de Angahuan, Capacuaro, Pomocuaran. Con los municipios limita con Los Reyes, Charapan, Paracho, Nahuatzen, Tingambato, Ziracuaretiro, Taretan, Nuevo Urecho, Gabriel Zamora, Parácuaro, San Juan Nuevo Parangaricutiro, Tancítaro y Peribán.

### **3.9. Hidrografía.**

El principal sistema hidrográfico ríos intermitentes de las aguas subterráneas que se derivan de la cuenca del río Cupatitzio, el cual nace dentro de la ciudad Uruapan, de donde se obtiene la mayor parte de agua para satisfacer a la ciudad de Uruapan.

### **3.10. Orografía.**

Los principales accidentes orográficos de la comunidad indígena de San Lorenzo son los cerros que hay alrededor ya que San Lorenzo se encuentra en medio de la sierra donde existe la principal fuente oxígeno para la vida humana de la ciudad de Uruapan son el cerro de la Cruz, Cerro del Águila. Los cuales ofrecen una gran cantidad del oxígeno requerido por la Comunidad gracias a la variedad de las plantas.

### **3.11. Clima.**

El clima de esta comunidad es un clima que varía de gran manera en cada estación del año, la máxima temperatura que alcanza en esta comunidad es de 35°C y la mínima temperatura que llega en temporada del invierno en el lugar es de 3°C, mencionando también que las temporadas de lluvias son en las épocas de verano.

### **3.12. Principales ecosistemas.**

Esta zona que se encuentra en medio de la sierra de la meseta purépecha, un gran porcentaje de los habitantes de esta comunidad se dedica a la agricultura del



maíz, también se dedican en la explotación de la madera. Esta comunidad se encuentra cubierto por el bosque, dentro de ella las zonas más elevadas se encuentran pino y encino, en zonas más bajas especies como parota, guaje, cascalote y cirrián. Su fauna se conforma principalmente por coyote, zorrillo, venado, zorra, liebre, tlacuache, conejo.

### **3.13. Uso de suelo.**

El cultivo del maíz ocupa un 20 % de la población, conjuntamente con el cultivo del frijol, combinando esta actividad (agricultura), con otros como el cultivo de aguacate.

### **3.14. Actividad económica.**

La principal fuente de la actividad económica en la región sin duda es la explotación de la madera, como la fabricación de diversos muebles, artesanías e instrumentos musicales y además de que participa en el comercio con el aguacate que está actualmente también es una de las actividades se que realiza en esta localidad.

### **3.15. Agricultura.**

La principal actividad agrícola de la comunidad sin duda es el maíz. Muchos años se han dedicado las tierras para el cultivo del maíz, mas sin embargo también se está empezando de manera veloz en el cultivo del aguacate y el durazno.

### **3.16. Turismo.**

La Comunidad cuenta con edificios históricos culturales que se destacan para formar parte de la historia y que son el orgullo de esta comunidad de San Lorenzo.



Fotografía 3.1. Edificio antiguo ubicado en el centro de la comunidad de San Lorenzo.

Fuente: propia.

La iglesia Histórica que se encuentra en la plaza de la Comunidad donde se puede apreciar la infraestructura antigua de esta Iglesia, en esta estructura se puede

apreciar desde el enfoque estructural, diseño y arquitectónico de las características propias que tiene este edificio.

### **3.17. Comercio.**

El comercio de la ciudad está basado principalmente en la explotación de la madera, los lugares de la venta de su madera es en las ciudades más importantes del país como Monterrey y Guadalajara, estos siendo la fuente de economía que sustenta de gran manera a la comunidad.

### 3.18. Informe fotográfico.



Fotografía 3.2. Estructura ubicada al norte de San Lorenzo. (Fuente propia)



Fotografía 3.3. Estructura ubicada al poniente de San Lorenzo. (Fuente propia)

En las fotos anteriores se muestran algunas estructuras en la comunidad lo cual se nota que estos requieren un estudio de Mecánica de Suelos.

### **3.19. Estado físico actual.**

Actualmente la comunidad se encuentra en proceso de la construcción de obras que requieren un estudio en particular de la Mecánica de Suelos como casas habitación, estructuras que descargan su peso propio que requieren dicho análisis, por tal motivo se hizo la presente investigación para la solución de que sea en beneficio a la sociedad.

### **3.20. Alternativas de solución.**

A través de esta investigación dar una expectativa del comportamiento de los suelos de acuerdo a su clasificación.

Para dar solución a la pregunta de investigación se realizarán pruebas en el laboratorio de mecánica de suelos de la escuela de Ingeniería Civil de la Universidad Don Vasco, apoyándose con la tabla del SUCS para la clasificación del suelo, el propósito de la investigación que es conocer la capacidad de carga.

## **CAPÍTULO 4**

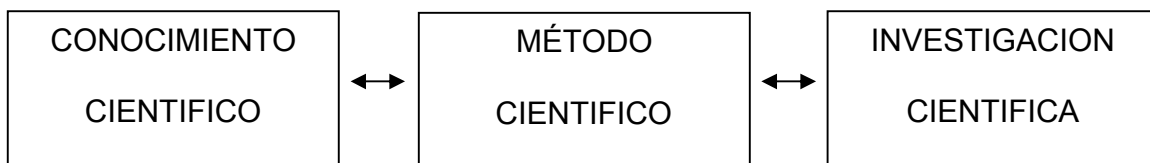
### **METODOLOGÍA.**

En el presente capítulo se abordará lo referente a la metodología utilizada para el desarrollo de la presente tesis considerando el procedimiento empleado, enfoque de investigación, diseño de investigación, instrumentos de compilación de datos y la descripción del procedimiento de investigación, esto con el fin de conocer la metodología del presente trabajo de investigación.

#### **4.1. Método empleado.**

El autor Tamayo y Tamayo (2000), describe que el método científico es un procedimiento para descubrir las condiciones en que se presentan sucesos específicos, caracterizando generalmente por ser tentativo, verificable, de razonamiento riguroso y observación empírico.

La ciencia y la epistemología ponen en manifiesto del método científico, no pudiendo hablar de una investigación sin tener que llevar un proceso del llamado método científico. Se puede hablar que dentro del conocimiento científico y la investigación científica se encontrara siempre un método científico, que depende del conocimiento y la investigación científica tal como se representa en el siguiente esquema:



De acuerdo al esquema anterior representado puede ser citado como esquemas cíclicos, de modo que pueden ser tomados y ser analizados así mismo como un esquema cíclico.

El método científico también se puede representar como una serie de pasos o un procedimiento para descubrir las condiciones que se representan sucesos específicos, haciéndose notable por ser experimental, verificable, es decir, es probado de acuerdo a la investigación entrando en un razonamiento riguroso y observación empírica.

Así también el método científico se describe como un suceso de pasos, que se deben seguir para el descubrimiento de nuevos conocimientos e investigaciones, esto lleva que el método llegue a una aplicación lógica y a los hechos y realidades observados.

Por lo tanto, este método científico es un conjunto de procedimientos por los cuales se plantean los problemas científicos y se ponen a prueba las hipótesis y los instrumentos de trabajo investigativo.

Para el presente trabajo de investigación se ha abordado en el método científico para llevar a cabo la secuencia de procesos o pasos para realizar diversos

tipos de procedimientos para la determinación de las características del suelo así como su capacidad de carga.

Este método utilizado fue con la finalidad de dar a conocer la interpretación de los resultados objetivos que permita formular la investigación de una manera general las propiedades y características así como su capacidad de carga.

#### **4.1.1. Método científico.**

“El método científico es un procedimiento para descubrir las condiciones en que se presentan sucesos específicos, caracterizado generalmente por ser tentativo, verificable, de razonamiento riguroso y observación en empírica (Tamayo; 2000: 35).

De acuerdo con Tamayo (2000), las etapas para el método científico son:

- Investigación (observación). Este se refiere a la percepción del una dificultad.
- Hipótesis. Se realizara la identificación y definición de la dificultad del problema, elaboración de propuestas de soluciones y la deducción de las consecuencias de la solución del problema.
- Comprobación. Verificación de la hipótesis mediante la acción, con el fin de determinar la hipótesis para la solución de nuestro problema.

Debido a que en la presente tesis de investigación se emplean e involucran procesos de cálculos matemáticos se trabaja con el método matemático dentro del estudio científico.



#### **4.1.1.1. Método matemático.**

De acuerdo con Ángeles (2005), es una de las primeras nociones conceptuales que capta el ser humano, por lo que este método se identifica ya que se trabaja con números y serie de cálculos con el fin de llegar a un resultado.

El procedimiento matemático es genético el cual indica el origen del objeto; por lo que en cualquier investigación que se asienten números, variedad de hipótesis, diversidad de comprobaciones, con fin de afirmar o negar algo que se está aplicando el método cuantitativo.

#### **4.2. Enfoque de la investigación.**

Dentro de la investigación se tienen dos principales enfoques, los cuales son el cuantitativo y el cualitativo.

De acuerdo a Hernández y Cols. (2005), la investigación cuantitativa es la posibilidad de generalizar los resultados más ampliamente, ofrece un punto de vista de conteo y magnitudes de estos, esto facilita la comprobación entre estudios similares. Este método cuantitativo es el más usado por las ciencias como la física, química, y biología, también una de las principales licenciaturas que utilizan este enfoque de investigación cuantitativa es la ingeniería ya que esta ofrece una generalización de los resultados más ampliamente, otorga un control sobre los fenómenos y punto de vista de conteo.

Investigación cualitativa continuando “Da la profundidad a los datos, la dispersión, la riqueza interpretativa, la contextualización del ambiente o entorno, los

detalles y las experiencias únicas” (Hernández y Cols.; 2005: 18). Por lo que el método cualitativo se ha empleado en disciplinas humanísticas como la antropología, la Etnografía y la Psicología Social.

#### **4.2.1. Alcance.**

Este estudio busca la descripción de especificar las propiedades, características y cualquier fenómeno que someta al análisis, desde un punto científico, describir y recolectar los datos obtenidos de los análisis. Por tanto, el presente estudio tiene un alcance descriptivo, el cual se destaca por realizar un análisis de las partes y describir sus características y relaciones entre las partes.

#### **4.3. Diseño de la investigación**

En la presente investigación, se llevó a cabo un diseño transeccional exploratorio, también conocido con el nombre de diseño transversal. Este tipo de diseño se basa en el propósito de comenzar a conocer una comunidad, un contexto, una situación, una variable o un conjunto de variables. “se aplican a problemas de investigación nuevos o poco conocidos, y contribuyen el preámbulo de otros diseños (no experimentales y experimentales). Son muy utilizados dentro del enfoque

cualitativo para lo que hemos denominado inmersión inicial en el campo”.  
(Hernández y cols.; 2004: 272)

#### **4.4. Instrumentos de recopilación.**

Un instrumento de recopilación es el que permite obtener resultados al hacer uso de ellos, partiendo de los datos conocidos y viendo el interés que se tiene para conocer, para así dar respuesta a los objetivos que se pretende dar la solución a una o varias de ellas, en la actualidad hay diversos programas de la computadora que realizan diversos tipos de operaciones matemáticas, diseños gráficos, análisis de costos, etc. Estos programas hoy en la actualidad ayudan de gran manera para el ahorro de tiempo y a su vez de manera técnica tienen una gran precisión en los resultados.

En la presente investigación se acudió a los programas de la hoja de cálculos el cual es conocido con el nombre de Microsoft Excel, este programa ayuda de gran manera en los cálculos matemáticos de las pruebas de laboratorio en el caso particular de esta investigación que se hizo para llevar a cabo con éxito la trabajo, así mismo se requirió el uso del programa grafico Autocad 2011, este programa es utilizado principalmente para el diseño arquitectónico de casas habitación, edificios, modelos en 3D, pero en este caso, este programa se utilizó para tener una expectativa mejor de las figuras que representan el esquema de la muestra del suelo.

#### **4.5. Descripción del proceso de investigación.**

La investigación surge de la necesidad de conocer el tipo de suelo que hay en particular en la comunidad de San Lorenzo, ya que esta comunidad mencionada es arrasada juntamente con las ciudades vecinas como Uruapan, Paracho, y sus alrededores de ahí se tomo la necesidad de pensar que en el futuro muy próximo se tendrá la necesidad de la construcción de infraestructura. En el proceso de este tema de tesis que es de la rama de Mecánica de Suelos, se utilizo como fuentes de investigación se utilizo como fuentes de investigación el libro de Mecánica de Suelos del Autor Juárez Badillo publicado en el año 2004, Manual del laboratorio publicado por la SCT (Secretaria de Comunicaciones y Transportes), para llevar a cabo el objetivo del tema principal y central de la tesis, se procedió con la investigación para dar la explicación de manera general, los tipos de suelo que hay en la tierra y el comportamiento de ellas, cuando a estos son aplicados las cargas.

Dentro de la investigación, se tuvo la necesidad de manera obligatoria de extraer una muestra inalterada en el sitio de donde se desea conocer las propiedades del suelo.



Fotografía 4.1. Muestra inalterada extraída a 2 metros de profundidad.

Fuente propia.

El sondeo mencionado anteriormente se realizó mediante la excavación de las siguientes dimensiones que son de dos metros de largo, dos metros de ancho y dos metros de profundidad el cual se encontró el siguiente tipo de suelo “material fino LIMO ARENOSO”. También es importante mencionar que se procedió con dos muestras para notar diferencias dentro de estas dos muestras. Ya que cada muestra se cuidó la humedad de dos maneras diferentes, una de ellas se cubrió la humedad con manta de cielo cubriendo esto con brea, y la segunda muestra cubierta con plástico que resulta más económico pero con riesgos de perder humedad.

## CAPÍTULO 5

### ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.

En el presente capítulo de trabajo de la investigación se abordará los pasos que se hicieron en el laboratorio de Mecánica de Suelos para la obtención de resultados de la granulometría, límites de consistencia, densidad de sólidos, la consolidación y la capacidad de carga por las pruebas triaxiales, de los cuales se partió mediante la muestra sacada en el lugar de trabajo de investigación.

#### 1.1. Análisis granulométrico.

En esta parte de la granulometría, es la parte mecánica de los suelos donde se estudia lo referente a las normas y distribución de tamaños de las gravas o partículas que constituyen un suelo.



Fotografía 5.1. Muestra de material en la serie de mallas.

Fuente propia.

La medición del tamaño de los granos de un suelo para este análisis se efectuó de la siguiente manera:

Medición con mayas. Este análisis mecánico es el que se ha utilizado para determinar el trabajo de la investigación, y el principio de este consiste en ordenar en forma descendente una serie de mallas, depositar el suelo previamente seco en el juego de mallas en forma horizontal o vertical durante un periodo de 5 minutos.

El propósito de este procedimiento mecánico de la prueba granulométrica es obtener la curva granulométrica donde indica el tamaño de los granos e indica la graduación del suelo (ver anexo 1).

### **1.2. Límite plástico.**

El propósito de esta prueba fue ver el contenido de agua según el cual el suelo empieza a tener sus propiedades plásticas para pasar a un estado semilíquido (ver anexo 2).

### **1.3. Límite líquido.**

Este proceso de límite líquido se hizo con el propósito de ver el contenido de agua del suelo ya que éste se clasificó como un suelo fino.



Fotografía 5.1. Muestra de material sobre la copa de Casagrande para la prueba de límite líquido.

Fuente: propia (laboratorio de Mecánica de Suelos).

#### **1.4. Límite de contracción.**

En el campo laboral el suelo tiende a perder agua, es por ello que este método se utilizó en las pruebas de laboratorio, para ver el suelo cuando este pierde el contenido de agua, ya que este provoca que el suelo pierda su volumen y se debe principalmente a las fuerzas de tensión de capilar.

#### **1.5. Densidad de sólidos.**

La determinación de densidades relativas, se hizo considerando que, si se representa esquemáticamente una muestra de suelo o una partícula gruesa de material. Mediante la prueba se hizo para este trabajo de investigación las pruebas que se representan en el anexo (ver anexo 3).





Fotografía 5.2. Muestra de suelo en el matraz para la calibración de la prueba de densidad de sólidos.

Fuente: propia.

## CONCLUSIONES

Durante el proceso de investigación de campo y experimental se determinó que el suelo se clasifica como un suelo fino color café oscuro, limo arenoso.

Para lograr el objetivo general de conocer la capacidad de carga del suelo de la comunidad de San Lorenzo, se tubo la necesidad de realizar varias pruebas de laboratorio como, el conocer la granulometría del suelo para conocer su clasificación granulométrica. Otras pruebas que se realizaron son, densidad de sólidos, limites de consistencia, peso volumétrico del suelo, así la propia humedad natural del suelo.

Así el objetivo de este trabajo de investigación era conocer las propiedades del suelo y su capacidad de carga para describir esto como una referencia a considerar en las construcciones que se hagan en la localidad de cualquier magnitud, señalando que se cumplió dicho objetivo al obtener que la capacidad de carga es de 4.23 t/m<sup>2</sup> y de 4.89 t/m<sup>2</sup> para zapatas cuadradas o aisladas.

Lo cual se puede tomar como referencia para las construcciones y de esta manera solucionar el problema que existe actualmente de que las construcciones se hacen sin un estudio de Mecánica de Suelos. Pero se recomienda en casos de estructuras grandes, realizar un estudio de Mecánica de Suelos en particular por que las propiedades de los suelos varían de un sitio a otro.

Por lo tanto se concluye que en este trabajo de investigación se cumplió con el objetivo de dar a conocer la capacidad de carga de los cuales se describieron anteriormente, y de tener in índice de referencia a tomar en las construcciones de las obras civiles y de no carecer más de la falta de un estudio de mecánica de suelos en el lugar de la Comunidad de San Lorenzo.

## BIBLIOGRAFÍA.

Tamayo y Tamayo, Mario (2000)

El proceso de la Investigación Científica.

Ed. Limusa México.

Secretaría de Comunicaciones y Transportes (1974)

Métodos de Muestreo y Prueba de Materiales.

México.

Carlos Crespo Villalaz (2004)

Mecánica de suelos y cimentaciones.

Ed. Limusa México.

Juárez Badillo y Rico Gallegos. (2004)

Fundamentos de Mecánica de Suelos, tomo 1.

Ed. Limusa México.

OTRAS FUENTES:

<http://www.Google.com> (2010).

[http://es.wikipedia.org/wiki/Mecanica\\_de\\_suelos](http://es.wikipedia.org/wiki/Mecanica_de_suelos)

[http://es.wikipedia.org/wiki/Tipos\\_de\\_suelo](http://es.wikipedia.org/wiki/Tipos_de_suelo)

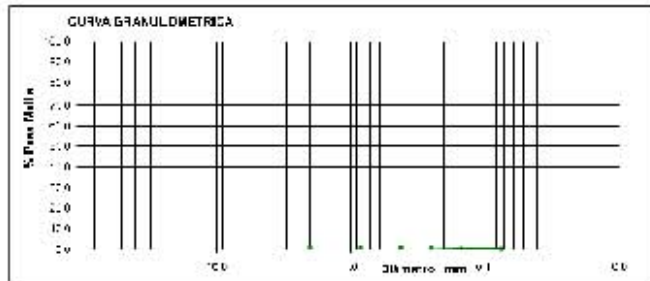
# **ANEXO 1**



GRANULOMETRIA O CLASIFICACION POR TAMAÑO DEL SUELO

OBRA: TESS	DESCRIPCION: RET 2	FECHA: 25/10/2010
LOCALIZACION: SAN LORENZO MCH. NPIO URLAPAN	PESO HUMEDO (gm)	
ENSAYE No. 1 SONDO No. UND	PESO SECO (gm)	% W/NAT.
MUESTRA No. ESTRATOS PROF.	PESO NETO DE NAT. "g"	OPERADOR: MOSES
DESCRIPCION MATER. CARBONOSO	VOLUMEN MOLES "m <sup>3</sup> "	CÁLCULO: MOSES
TIPO DE GRANULOMETRIA: POR LAVADO	PESO VOLUMETRICO Ton/m <sup>3</sup>	No. Sa.

GRANULOMETRIA CRUSA HASTA MALLA No. 4					GRANULOMETRIA FINA POR LAVADO HASTA MALLA No. 200				
Retículo	Talla	Residuo	% Retenido	% Pasado	Retículo	Talla	Residuo	% Retenido	% Pasado
Milímetros	apenas	Pesos (g)	Pesos	Pesos	Milímetros	No.	Pesos (g)	Pesos	Pesos
75.2	3"				2	10	0.4	0.20%	99.80%
60.0	2"				20	0.85	0.42%	99.58%	
47.5	1 1/2"				40	1.6	0.80%	99.20%	
37.5	1"				80	3.2	1.60%	98.40%	
30.0	3/4"				150	6.0	3.00%	97.00%	
25.0	1"				200	8.0	4.00%	96.00%	
19.0	3/8"				Res 200	79.1	39.55%	60.45%	
15.0	3/16"								
12.5	1/2"								
9.5	3/8"								
7.5	3/16"								
4.75	No. 4								
	Res No. 4								
	SUMA								

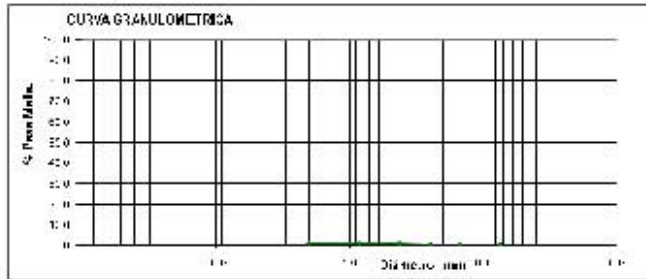




GRANULOMETRIA O CLASIFICACION POR TAMAÑO S DEL SUELO

OBRA	TESS	DESPERDICIO % RET 2	FECHA	25/10/2010
LOCALIZACION	SAN LORENZO MICH. MPIO. UZQUIARAN	PESO HUMEDO (gm)		
BOGAYA No.	1 SOCIEDAD	PESO SECO (gm)		% W.WAT.
MUESTRA No.	ESTRATOS PROX	PESO NETO DE MAT. (g)		OPERADOR
DESCRIPCION MATER.		VOLUMEN MOJOS (m <sup>3</sup> )		CALCULO
TIPO DE GRANULOMETRIA	POR LAVADO	PESO VOLUMETRICO Terms		No. Se.

GRANULOMETRIA GRUESA HASTA MALLA No. 4					GRANULOMETRIA FINA POR LAVADO HASTA MALLA No. 200				
Retena (mm)	Talla (pulgada)	Peso Retenido (g)	% Retenido	% Pasamalla	Retena (mm)	Talla (No.)	Peso Retenido (g)	% Retenido	% Pasamalla
75.2	3"				2	0.075	0.3	0.16%	99.84%
50.8	2"				0.84	30	2.3	1.43%	98.57%
38.1	1 1/2"				0.42	40	104	5.49%	94.51%
25.4	1"				0.25	60	119	11.21%	88.79%
19.0	3/4"				0.19	100	229	15.74%	84.26%
12.7	1/2"				0.074	200	423	25.80%	74.20%
9.5	3/8"					Pasa 200	563	35.17%	
4.75	No. 4					5,000	59.7	100.00%	
	Pasa No. 4								
	5,000								

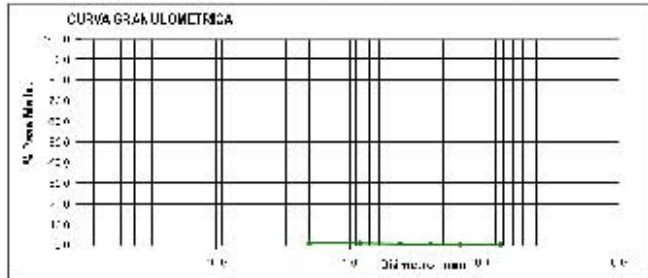




GRANULOMETRÍA O CLASIFICACIÓN POR TAMAÑO DEL SUELO

OBRA:	TESIS	DESPERDICIO % RET 2'	-	FECHA:	25/10/2010
LOCALIZACIÓN:	SAN LORENZO MICH. NINO URUJAPAN	PESO HUMEDO (gm)	-		
MUESTRA No.:	SOBRECITO	PESO SECO (gm)	-	% W.WAT.	-
MUESTRA No.:	ESTRATOR PROF. 2.8	PESO NETO DE MAT. %	-	OPERADOR:	RICARDO
DESCRIPCIÓN MATER.:	CAPA OSCURO	VOLUMEN MOLE. m <sup>3</sup>	-	CÁLCULO:	RICARDO
TIPO DE GRANULOMETRÍA:	POR LAVADO	PESO VOLUMETRICÓ Termino	-	Vol. de..	

GRANULOMETRÍA GRUESA HASTA MALLA No. 4					GRANULOMETRÍA FINA POR LAVADO HASTA MALLA No. 200				
Abertura Malla (mm)	Malla (pulgadas)	Peso retenido (gm)	% Retenido	% Pasa malla	Abertura Malla (mm)	Malla (No.)	Peso retenido (gm)	% Retenido	% Pasa malla
75.2	3"								100.0%
50.8	2"				2	10	0.1	0.10%	99.90%
38.1	1 1/2"				0.84	20	0.7	0.55%	99.45%
25.4	1"				0.42	40	2.7	2.18%	97.82%
19.0	3/4"				0.25	60	4.5	3.50%	96.50%
12.7	1/2"				0.149	100	7.5	5.21%	94.79%
9.52	3/8"				0.074	200	137	10.81%	89.19%
4.75	No. 4					Pasa 200	963	75.29%	
	Pasa No. 4					SUMA	126.2	100.00%	
	SUMA								





# **ANEXO 2**



LIMITES DE CONSISTENCIA O DE ATTERBERG

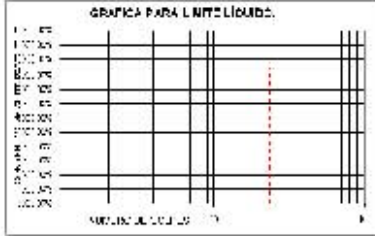
TIPO DE OBRA	TESIS	FECHA	28/10/2010
LOCALIDAD	SAN LORENZO MICH. MPO DE URUPAN	MUNICIPIO	UVO
ESTAD Y PROF.	4	SONIDO	UVO
DESCRIPCION MATERIAL	CAPIR OBS CURO	OPERADOR	WIDSES
		CALCULO	WIDSES

Prueba No.	Tríce Oble	Capas No.	Peso Capas + Suelo Humed (g)	Peso Capas + Suelo Seco (g)	Peso de Agua (g)	Peso Capas (g)	Peso Suelo Seco (g)	Contenido Agua (W%)
1	2	30	2475	2225	250	130	550	36.0%
2	2	100	2620	2425	195	140	575	32.5%
3	2	110	2770	2320	450	140	550	31.8%
4	-	-	-	-	-	-	-	-
5	-	-	-	-	-	-	-	-

Prueba No.	Capas No.	Peso Capas + Suelo Humed (g)	Peso Capas + Suelo Seco (g)	Peso de Agua (g)	Peso Capas (g)	Peso Suelo Seco (g)	Contenido Agua (W%)
1	7	2245	2215	30	210	125	35.8%
2	5	2290	2245	45	210	107	42.0%

Capas No.	Tipo de Prueba	Peso Capas + Suelo Humed (g)	Peso Capas + Suelo Seco (g)	Peso de Agua (g)	Peso Capas (g)	Peso Suelo Seco (g)	Contenido Agua (W%)
-	Linea	-	-	-	-	-	-
-	Longitud Final (cm)	50	Long. Final (cm)	50	Contracción Lineal (%)	-	3.3%
-	Volumen	-	-	-	-	-	-
-	Vol. Final (cm <sup>3</sup> )	-	Volumen Final (cm <sup>3</sup> )	-	Contracción Volumétrica (%)	-	-
-	Peso Vol. Mercurio (g/cm <sup>3</sup> )	-	Peso Mercurio (g/cm <sup>3</sup> )	-	-	-	-

- HUMEDAD NATURAL (W) = \_\_\_\_\_
- LIMITE LIQUIDO (LL) (%) = \_\_\_\_\_
- LIMITE PLASTICO (LP) (%) = \_\_\_\_\_
- INDICE PLASTICO (IP) (%) = \_\_\_\_\_
- COMPACTACION RELATIVA = \_\_\_\_\_
- INDICE FLUIDEZ (Fv) (%) = \_\_\_\_\_
- INDICE TRIBUICION D<sub>th</sub> = \_\_\_\_\_
- CLASIFICACION SUCE = \_\_\_\_\_





U.D.V.

UNIVERSIDAD DON VASCO A.C.  
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL  
LABORATORIO DE MATERIALES SECCION MECANICA DE SUELOS



**LIMITES DE CONSISTENCIA O DE ATTERBERG**

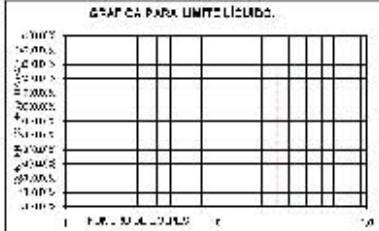
TIPO DE OBRA	TESIS	FECHA	28/10/2016
LOCALIZACION	SAN LORENZO MICH. MUN. DE DURANGO	MUESTRA No.	U10
SITIO Y PROF.	2	SONDADO	U10
OPERADOR	MOSES	OPERADOR	MOSES
DESCRIPCION MATERIAL	CAPA OSCURO	CALCULO	MOSES

Prueba No.	Moje Ojuna No.	Ojuna No.	Peso Ojuna + Suelo Humedo (g)	Peso Ojuna + Suelo Seco (g)	Peso de Agua (g)	Peso Ojuna (g)	Peso Suelo Seco (g)	Contenido de Agua (W%)
1	34	30	37.40	2135	5.55	111	14.12	32.31%
2	31	30	30.15	1872	3.42	152	330	33.96%
3	34	3	30.57	1545	4.12	111	10.12	33.45%
4	40	31	30.40	1883	3.17	870	333	31.97%
5	-	-	-	-	-	-	-	-

Prueba No.	Ojuna No.	Peso Ojuna + Suelo Humedo (g)	Peso Ojuna + Suelo Seco (g)	Peso de Agua (g)	Peso Ojuna (g)	Peso Suelo Seco (g)	Contenido de Agua (W%)
1	32	1.34	1.31	0.33	552	107	32.11%
2	31	3.25	3.33	0.27	147	91	33.81%
3	-	-	-	-	-	-	-

Ojuna No.	Tipos de Prueba	Peso Ojuna + Suelo Humedo (g)	Peso Ojuna + Suelo Seco (g)	Peso de Agua (g)	Peso Ojuna (g)	Peso Suelo Seco (g)	Contenido de Agua (W%)
-	Lineal	-	-	-	-	-	-
-	Longitudinal (L)	0	Long. Final (g)	9.07	Contracción Lineal (%)	-	33.0%
-	Volúmica	-	-	-	-	-	-
-	Vol. Inicial (V)	-	Volúmica Final (g)	-	Contracción Volumétrica (%)	-	-
-	Peso Vol. Inicial (g)	-	Peso Material desecado (g)	-	-	-	-

- HUMEDAD NATURAL (W) = \_\_\_\_\_
- LIMITE LIQUIDO (L) (N) = \_\_\_\_\_
- LIMITE PLASTICO (P) (N) = \_\_\_\_\_
- INDICE DE PLASTICIDAD (IP) (N) = \_\_\_\_\_
- CONTENIDO DE AGUA (W) = \_\_\_\_\_
- INDICE DE LIQUIDEZ (L) (N) = \_\_\_\_\_
- INDICE DE CONSISTENCIA (I) (N) = \_\_\_\_\_
- CLASIFICACION SUCS = \_\_\_\_\_





DENSIDAD DE SÓLIDOS O PESO ESPECÍFICO RELATIVO DE LOS SÓLIDOS

TPO DE OBRA:	TESIS	FECHA:	20/10/10
LOCALIZACIÓN:	SAN LORENZO (Pto DE URUPAN)	HUMEDAD NATURAL:	
NUMERO ENSAYE:	4	SONDEO No.:	UNO
PROFUNDIDAD:	2.00 M	OPERADOR:	MIO BBB
DESCRIPCION DEL MATERIAL:	CAPE O OSCURO	CALCULO:	MIO BBB

NUMERO DE PRUEBA	1	2	
Número de Matraz	4	1	
Peso Matraz + Agua + Suelo (Gr)	706.30	701.50	
Temperatura marca de Alor (°C)	22.5	23	
Peso Matraz + Agua Calibración (Gr)	672.25	669.29	
Cápsula de Evaporación Número	-	-	
Peso Cápsula + suelo seco (Gr)	-	-	DENSIDAD DE SÓLIDOS $S_s$
Peso Cápsula (Gr)	-	-	2.97
Peso del Suelo seco (Gr)	90.00	90.00	
Densidad de Sólidos	3.13	2.81	

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

$W_w$  Peso del Matraz + Agua a Temperatura de prueba de la curva de calibración del matraz.

$W_s$  Peso del Suelo Seco, después de realizar la prueba.

$S_s$  Peso Específico Relativo de los Sólidos ó Densidad de Sólidos.

$$S_s = \frac{W_s}{W_s + W_w - W_{sw}} \quad \text{FORMULA GENERAL}$$

OBSERVACIONES \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_

# **ANEXO 3**



DENSIDAD DE SÓLIDOS O PESO ESPECÍFICO RELATIVO DE LOS SÓLIDOS

TIPO DE OBRA:	TESS		FECHA:	27/10/10	
LOCALIZACION:	SANTO DOMINGO TIPO DE URUPAN		HUMEDAD NATURAL:		
NUMERO ENBAYE:	3	SONDEO No:	UNO	OPERADOR:	MOSES
PROFUNDIDAD:	1.80M			CALCULO:	MOSES
DESCRIPCION DEL MATERIAL:	CAPE OSCURO				

NUMERO DE PRUEBA	1	2	
Número de Matraz	5	5	
Peso Matraz + Agua + Suelo (Gr)	699.50	696.00	
Temperatura marca de Alora (°C)	22.2	22.2	DENSIDAD DE SÓLIDOS $S_s$
Peso Matraz + Agua Calibración (Gr)	664.48	664.48	3.02
Cápsula de Evaporación Número.	-	-	
Peso Cápsula + suelo seco (Gr)	-	-	
Peso Cápsula (Gr)	-	-	
Peso del Suelo seco (Gr)	30.00	30.00	
Densidad de Sólidos	3.34	2.71	

- $W_{fs}$  Peso del Matraz + Agua + Suelo a Temperatura de prueba.
- $W_{fw}$  Peso del Matraz + Agua a Temperatura de prueba de la curva de calibración 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.

$$S_s = \frac{W_s}{W_s - W_{fw} - W_{fs}} \quad \text{FORMULA GENERAL}$$

OBSERVACIONES: \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_



DENSIDAD DE SÓLIDOS O PESO ESPECÍFICO RELATIVO DE LOS SÓLIDOS

TIPO DE OBRA:	TESS	FECHA:	27/10/10
LOCALIZACION:	SANTO DOMINGO TIPO DE URUPAN	HUMEDAD NATURAL:	
NÚMERO ENSAYE:	ESPIRATO # SONDEO No. UNO	OPERADOR:	MOSES
PROFUNDIDAD:	0.80M	CALCULO:	MOSES
DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL:	CAFE OSCURO		

NÚMERO DE PRUEBA	1	2	
Número de Matraz	4	1	
Peso Matraz + Agua + Suelo (Gr)	706.30	701.50	
Temperatura marca de Aforo (°C)	22.50	23.00	DENSIDAD DE SÓLIDOS Ss
Peso Matraz + Agua Calibración (Gr)	672.25	669.29	2.97
Cápsula de Evaporación Número	-	-	
Peso Cápsula + suelo seco (Gr)	-	-	
Peso Cápsula (Gr)	-	-	
Peso del Suelo seco (Gr)	50.00	50.00	
Densidad de Sólidos	3.13	2.91	

W<sub>sw</sub> Peso del Matraz + Agua + Suelo a Temperatura de prueba.

W<sub>w</sub> Peso del Matraz + Agua a Temperatura de prueba de la curva de calibración del matraz.

W<sub>s</sub> Peso del Suelo Seco, después de realizada la prueba.

S<sub>s</sub> Peso Específico Relativo de los Sólidos ó Densidad de Sólidos.

$$S_s = \frac{W_s}{W_s + W_w - W_{sw}} \quad \text{FORMULA GENERAL}$$

OBSERVACIONES \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_  
 \_\_\_\_\_



LIMITES DE CONSISTENCIA O DE ATTERBERG

TIPO DE OBRA:	TESIS	FECHA:	27/10/2010
LOCALIDAD O/L:	SAN LORENZO MICHOACÁN DE URUAPAN	MUESTRA No:	UNO
ANÁLISIS Y PROF:	3	SOLICITADO:	UNO
DESCRIPCIÓN MATERIAL:	CAPA OSCURO	OPERADOR:	INDICES
		CALCULO:	INDICES

LÍMITE LÍQUIDO								
Pasteo No.	No de Capas	Capas No.	Peso Capas + Suelo Húmedo (g)	Peso Capas + Suelo Seco (g)	Peso de Agua (g)	Peso Capas (g)	Peso Suelo Seco (g)	Contenido de Agua (Wt%)
1	-	-	-	-	-	-	-	-
2	-	-	-	-	-	-	-	-
3	-	-	-	-	-	-	-	-
4	-	-	-	-	-	-	-	-
5	-	-	-	-	-	-	-	-

LÍMITE PLÁSTICO								
Pasteo No.	Capas No.	Peso Capas + Suelo Húmedo (g)	Peso Capas + Suelo Seco (g)	Peso de Agua (g)	Peso Capas (g)	Peso Suelo Seco (g)	Contenido de Agua (Wt%)	
1	-	-	-	-	-	-	-	
2	-	-	-	-	-	-	-	

LÍMITE DE CONTRACCIÓN								
Capas No.	Tipo de Prueba	Peso Capas + Suelo Húmedo (g)	Peso Capas + Suelo Seco (g)	Peso de Agua (g)	Peso Capas (g)	Peso Suelo Seco (g)	Contenido de Agua (Wt%)	
	Lineal	-	-	-	-	-	-	
	Longitudinal (cm)	0.05	Long. Final (cm)	0.05	Contracción Lineal (%)	-	1.00%	
	Volumétrica	-	-	-	-	-	-	
	Vol. Inicial (cm <sup>3</sup> )	-	Volumen Final (cm <sup>3</sup> )	-	Contracción Volumétrica (%)	-	-	
	Peso Vol. Resaca (g/cm <sup>3</sup> )	-	Peso Resaca Analizada (g)	-	-	-	-	

HUMEDAD NATURAL (w) = \_\_\_\_\_  
 LÍMITE LÍQUIDO (L) (%) = \_\_\_\_\_  
 LÍMITE PLÁSTICO (P) (%) = \_\_\_\_\_  
 ÍNDICE PLÁSTICO (IP) (%) = \_\_\_\_\_  
 CONSISTENCIA RELATIVA = \_\_\_\_\_  
 ÍNDICE FLUIDEZ (F) (%) = \_\_\_\_\_  
 ÍNDICE TRONCADO (T) = \_\_\_\_\_  
 CLASIFICACIÓN SUELOS = \_\_\_\_\_

OBSERVACIONES: NO SE REALIZARON PRUEBAS DE LÍMITE LÍQUIDO Y LÍMITE PLÁSTICO POR EL PORCENTAJE DE ARENA CONTENIDO.





# **ANEXO 4**

**COMPRESIÓN CONFINADA O COMPRESIÓN TRIAXIAL RÁPIDA.**

TIPO DE OBRAS: <b>TESIS</b>		Fecha: <b>11/11/2016</b>	
LOCALIZACIÓN: <b>EN LORENZO</b>		PROFUND: <b>0.6</b>	
ANÁLISIS No.: <b>5</b>	SONDRO No.: <b>UNO</b>	MUESTRA No.: <b>TR19</b>	OPERADOR: <b>MOSES</b>
PROCEDENCIA DE LA MUESTRA: <b>MATERIAL FINO LIMO GRASOSO</b>		COLOCLO: <b>MOSES</b>	

MEDIDAS DE LA MUESTRA							
Diam Sup. (cm)	3.30	Área Sup. (cm <sup>2</sup> )	8.421	Peso Wt. (gr)	92.00	Peso Hum. (gr)	-
Diam Cent. (cm)	3.30	Área Cent. (cm <sup>2</sup> )	10.76	Volumen (cm <sup>3</sup> )	99.90	Peso Seco (gr)	-
Diam Inf. (cm)	3.30	Área Inf. (cm <sup>2</sup> )	8.421	Gm. (cm <sup>3</sup> )	1.036	Hum. Prueba	Natural
Alt. Media (cm)	3.30	Área Media (cm <sup>2</sup> )	$(8.421 + 10.76 + 8.421) / 3 = 9.201$	Constante del Molinero =			0.0100
				Velocidad aplicación carga =			1.0 mm/min

Lectura Módulo Carga (kg)	Carga Acumulado (kg)	Lectura Módulo (mm)	Deformación Total (mm)	Deformación Unitaria %	1- Deformación Unitaria (mm)	Área Corregida (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo (kg/cm <sup>2</sup> )
3.00	0.64	20.00	0.2000	0.2222	0.9978	10.02	0.0641
4.00	0.86	40.00	0.4000	0.4444	0.9956	10.04	0.0853
8.00	1.71	80.00	0.8000	0.8887	0.9933	10.06	0.1702
10.00	2.14	80.00	0.8000	0.8889	0.9911	10.08	0.2123
14.00	3.00	100.00	1.0000	1.1111	0.9889	10.11	0.2966
16.00	3.43	120.00	1.2000	1.3333	0.9867	10.13	0.3382
17.00	3.64	140.00	1.4000	1.5556	0.9844	10.15	0.3685
18.00	3.85	160.00	1.6000	1.7778	0.9822	10.17	0.3787
26.00	5.57	180.00	1.8000	2.0000	0.9800	10.20	0.5456
28.00	5.99	200.00	2.0000	2.2222	0.9778	10.22	0.5866
29.00	6.21	220.00	2.2000	2.4444	0.9756	10.24	0.6061
32.00	6.85	240.00	2.4000	2.6667	0.9733	10.27	0.6672
34.00	7.28	260.00	2.6000	2.8889	0.9711	10.29	0.7073
36.00	7.71	280.00	2.8000	3.1111	0.9689	10.31	0.7472
39.00	8.35	300.00	3.0000	3.3333	0.9667	10.34	0.8076

Falla de la Muestra

Coeficiente Mat. c = 6/2 (kg/c)    0.3756

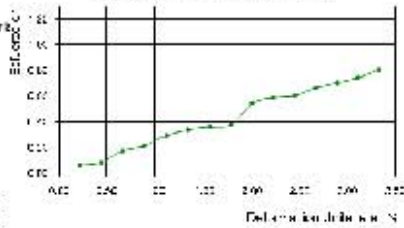
Área corregida = Área media / 1-Def. Unitaria %

ESQUEMA DE FALLA DE LA MUESTRA

Falla de la Muestra

OBSERVACIONES

**CURVA ESFUERZO - DEFORMACIÓN**



COMPRESIÓN CONFINADA O COMPRESIÓN TRIAXIAL RÁPIDA.

Confinamiento  $\sigma_2$  (kg/cm<sup>2</sup>) 1.00

TIPO DE OBR.: TESS FECHA: 11/11/2010  
LOCALIZACIÓN: SIN LOGRADO PROFUND.: 2.6  
ENLACE No.: 2 SONIDO No.: UNO MUESTRA No.: D04 OPERADOR: MOISÉS  
PROCEDIMIENTO DEL MUESTRO: MATERIAL FINO UNO ORDENADO CALCULO: MOISÉS

MEGAS DE LA MUESTRA  
Diam Sup. (cm) 3.27 Área Sup. (cm<sup>2</sup>) 8.42 Peso Wt (gr) 94.00 Peso Hum. (gr) -  
Diam Cent. (cm) 3.42 Área Cent. (cm<sup>2</sup>) 9.29 Volúmen (cm<sup>3</sup>) 92.14 Peso Seco (gr) -  
Diam Inf. (cm) 3.27 Área Inf. (cm<sup>2</sup>) 10.01 Dm (mm) 1.104 Hum. Prueba Natural  
Al. Media (cm) 3.96 Área Media (cm<sup>2</sup>) 15.45  $\sigma_2 = \sigma_3 = \sigma_1 =$  9.20 Constante del Molinero (mm) = 0.0100  
Velocidad de aplicación carga = 1.0 mm/min

Lectura Mo de Gapa (g)	Carga ó amada (kg)	Lectura Mo Dy (mm)	Deformación Total (mm)	Deformación Unitaria %	1- Deformación Unitaria (mm)	Área Corregida (cm <sup>2</sup> )	Esfuerzo. (kg/cm <sup>2</sup> )
10.00	2.14	20.00	0.2000	0.2232	0.9978	9.53	0.2247
12.00	2.57	40.00	0.4000	0.4464	0.9966	9.55	0.2691
14.00	3.00	60.00	0.6000	0.6696	0.9953	9.57	0.3132
16.00	3.43	80.00	0.8000	0.8929	0.9941	9.59	0.3572
17.00	3.64	100.00	1.0000	1.1161	0.9888	9.61	0.3786
18.00	3.85	120.00	1.2000	1.3393	0.9866	9.63	0.4000
19.00	3.85	140.00	1.4000	1.5625	0.9844	9.65	0.3991
19.00	3.85	160.00	1.6000	1.7857	0.9821	9.68	0.3982
19.00	4.07	180.00	1.8000	2.0089	0.9799	9.70	0.4194
19.00	4.07	200.00	2.0000	2.2321	0.9777	9.72	0.4184
20.00	4.28	220.00	2.2000	2.4554	0.9754	9.74	0.4394
20.00	4.28	240.00	2.4000	2.6786	0.9732	9.77	0.4384
20.00	4.28	260.00	2.6000	2.9018	0.9710	9.79	0.4374
21.00	4.50	280.00	2.8000	3.1250	0.9688	9.81	0.4582
21.00	4.50	300.00	3.0000	3.3482	0.9665	9.83	0.4572

Falla de la Muestra

Cohesión Mat. c =  $\sigma_2$  (kg/cm) 0.2167

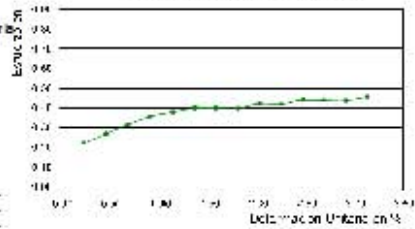
Área corregida = Área media / 1-Def. Unitaria

ESQUEMA DE FALLA DE LA MUESTRA

Falla de la Muestra

OBSERVACIONES

CURVA PRESIÓN - DEFORMACIÓN



COMPRESIÓN CONFINADA O COMPRESIÓN TRIAXIAL RÁPIDA.

Confinamiento  
 $\sigma_3$  (kg/cm<sup>2</sup>) 0.60

TIPO DE OBR.: TUBO  
LOCALIZACIÓN: SAN LORENZO  
ENGRYE No: 1 SONDEO No: UNO MUESTRA No: UNO  
PROCEDIMIENTO DE LA MUESTRA: MATERIAL FINO UNO ORDENADO

FECHA: 11/11/2010  
PROFUND: 2.6  
OPERADOR: MOISES  
CALCULO: MOISES

MECÁNICA DE LA MUESTRA  
Diam Sup (cm) 3.60 Área Sup (cm<sup>2</sup>) 10.178 Peso Wt (gr) 94.00 Peso Hum. (gr) -  
Diam Cen (cm) 3.30 Área Cen (cm<sup>2</sup>) 8.421 Volumen (cm<sup>3</sup>) 87.02 Peso Seco (gr) -  
Diam Inf (cm) 3.12 Área Inf (cm<sup>2</sup>) 7.748 Gr (por cm<sup>3</sup>) 1.126 Hum. Probada Natural  
As. Meda (cm) 3.00 Área Meda (cm<sup>2</sup>) 7.068  $A_2 - A_3 = A_1 - A_2 = 2.47$  Consistencia del Sólido (mm) = 0.010  
Velocidad aplicación carga = 1.0 mm/min

Lectura Meda (kg)	Carga Acumulada (kg)	Lectura Meda (mm)	Deformación Total (mm)	Deformación Unitaria %	+ Deformación Unitaria (mm)	Área Corregida (cm <sup>2</sup> )	Estado (kg/cm <sup>2</sup> )
10.00	2.14	20.00	0.2000	0.2222	0.9878	9.88	0.2208
12.00	2.57	40.00	0.4000	0.4444	0.9896	9.71	0.2646
13.00	2.78	60.00	0.6000	0.6667	0.9933	9.75	0.2889
14.00	3.00	80.00	0.8000	0.8889	0.9911	9.76	0.3072
14.00	3.00	100.00	1.0000	1.1111	0.9889	9.76	0.3088

Falla de la Muestra

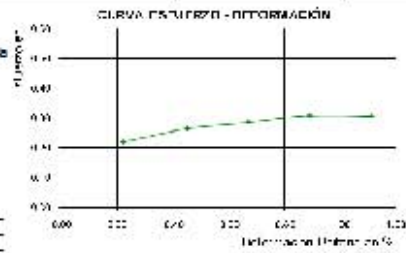
Coesión Mat.  $c = S/2$  (kg/c) 0.1536

Área corregida = Área meda /  $(1 + Def. Unitaria)$

ESQUEMA DE FALLA DE LA MUESTRA

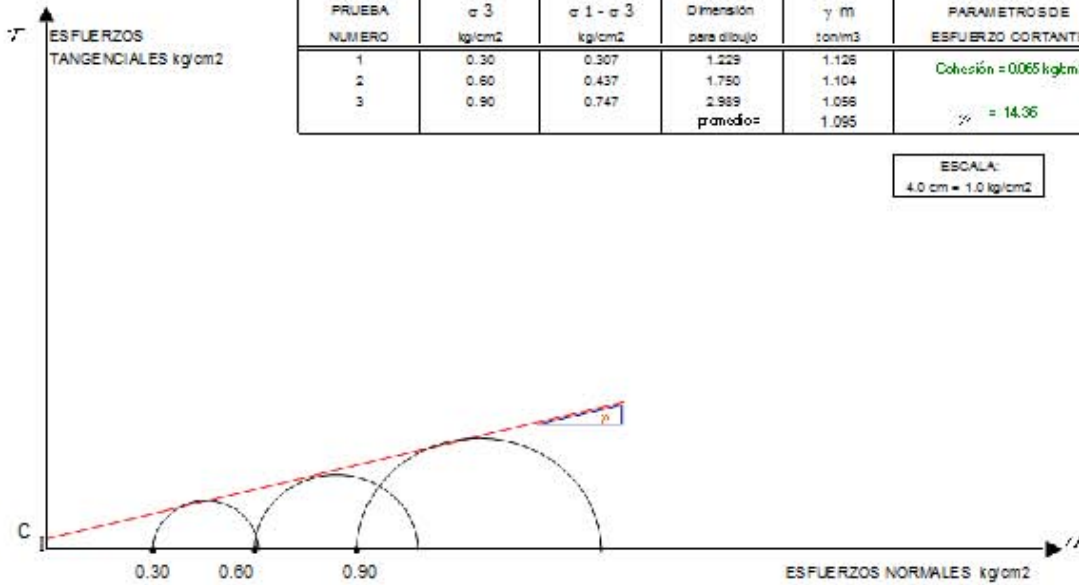


OBSERVACIONES



**CIRCULOS DE MOHR COMPRESION TRIAXIAL RÁPIDA**

TIPO DE OBRA	TESIS			FECHA:	11/11/2010
LOCALIZACION	SAN LORENZO			PROFUND:	-
ENSAYE No.	1	BONDED No.	UNO	MUESTRA No.	1 - 2 - 3
OPERADOR:	MOISES			CALCULO:	MOISES
DESCRIPCIÓN DEL MATERIAL	MATERIAL ESTRATO TRES				



PRUEBA NUMERO	$\sigma_3$ kg/cm <sup>2</sup>	$\sigma_1 - \sigma_3$ kg/cm <sup>2</sup>	Dimensión para dibujo	$\gamma$ m ton/m <sup>3</sup>	PARAMETROS DE ESFUERZO CORTANTE
1	0.30	0.307	1.229	1.126	Cohesión = 0065 kg/cm <sup>2</sup> $\phi = 14.36$
2	0.60	0.437	1.750	1.104	
3	0.90	0.747	2.989 praxido=	1.095	

ESCALA:  
4.0 cm = 1.0 kg/cm<sup>2</sup>

**Capacidad de carga según Terzaghi.**

Datos requeridos		factores:	
C (ton/m <sup>2</sup> ) =	0.650	N <sub>c</sub> =	10.58
D <sub>f</sub> (mt) =	1.30	N <sub>q</sub> =	3.71
B (Mt) =	1.00	N <sub>γ</sub> =	0.99
$\gamma$ (ton/m <sup>3</sup> ) =	1.095		
$\phi$ Grados =	14.36	Cálc. basados resultados de Prueba Triaxial	
$\phi$ Radian =	0.251		

**Capacidad de carga obtenida:**

$q_u =$	12.70	Ton/m <sup>2</sup>
$q_{adm} = q_u/3 =$	4.23	Ton/m <sup>2</sup> Admisible

**Cimentaciones cuadradas o zapatas aisladas**

$q_u =$	14.66	Ton/m <sup>2</sup>
$q_{adm} = q_u/3 =$	4.89	Ton/m <sup>2</sup> Admisible

ESTUDIO DE MECANICA DE SUELOS  
UNIVERSIDAD DON VASCO A.C.  
MOISES NIÑO RAMÓN      ASesor. ING. ANASTACIO BLANCO SIMIAND

CONCENTRADO DE RESULTADOS

OBRA: TESIS  
UBICACIÓN: SAN LORENZO MUNICIPIO DE URLAJAPAN, MICHOACÁN  
FECHA: 08 DE DICIEMBRE DE 2010

PRUEBA REALIZADA	ESTRATO No 1	POZO A BLO ESTRATO No 2	ABIERTO No1 ESTRATO No 3
PROFUNDIDAD DEL ESTRATO (mts)	0.75	1.75	2.00
DESCRIPCIÓN DEL SUELO	LIMO ARENOSO CAFE OSCURO	LIMO ARENOSO CAFE OSCURO	LIMO ARENOSO CAFE OSCURO
CONSISTENCIA DEL SUELO	BLAVE	BLAVE	BLAVE
NIVEL DE AGUAS FREÁTICAS (mts)	No	No	No
GRANULOMETRIA			
% PASA MALLA No 4	100.00	100.00	100.00
% PASA MALLA No 40	91.92	92.38	91.17
% PASA MALLA No 200	35.17	35.18	35.28
CLASIFICACIÓN GRANULOMETRICA	arena	suj. fro	suj. fro
LIMITE DE ATTERBERG			
HUMEDAD NATURAL (%)	55.78	63.80	107.30
LIMITE LIQUIDO (%)	70.00	102.30	-
LIMITE PLASTICO (%)	47.80	59.28	-
INDICE PLASTICO (%)	22.40	42.98	-
CONTRACCIÓN LINEAL (%)	6.50	6.35	-
CLASIFICACIÓN EN LIMITE	limo compresible	limo compresible	-
CLASIFICACIÓN DEL SUCS	MH	MH	-
TIPO DE SUELO	limo horgánico de alta compresibilidad	limo horgánico de alta compresibilidad	-
DENSIDAD DE SÓLIDOS			2.97
DENSIDAD DEL SUELO			-
COMPRESIÓN SIMPLE			-
PESO VOL. DEL SUELO (TON/M3)			-
ESFUERZO MÁXIMO (KG/CM2)			-
COHESIÓN DEL SUELO (KG/CM2)			-
CON PRESIÓN TRIANGULAR			-
ÁNGULO DE FRICCIÓN INTERNA (°)			14.36
COHESIÓN DEL SUELO (KG/CM2)			0.065