



01121
116

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Facultad de Ingeniería

**“ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS
MÉTODOS UTILIZADOS EN EL
LABORATORIO PARA EL MEJORAMIENTO
DE SUELOS”**

T E S I S

que para obtener el título de:

I N G E N I E R O C I V I L

P R E S E N T A :

ALEJANDRO RAMÍREZ JIMÉNEZ



ASESOR: ING. HÉCTOR A. LEGORRETA CUEVAS

México, D.F.

Junio del 2003

A



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



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.



UNIVERSIDAD NACIONAL
AUTÓNOMA DE MÉXICO

Autorizo a la Dirección General de Bibliotecas de la
UNAM a difundir en formato electrónico e impreso el
contenido de mi trabajo profesional.
NOMBRE: Ramón Jiménez
Alexandre
FECHA: 11/11/02
FIRMA: [Firma]

FACULTAD DE INGENIERIA
DIRECCION
FING/DCTG/SEAC/UTIT/ 160/02

Señor
ALEJANDRO RAMÍREZ JIMÉNEZ
Presente

En atención a su solicitud me es grato hacer de su conocimiento el tema que propuso el profesor ING.
HÉCTOR A. LEGORRETA CUEVAS, que aprobó esta Dirección, para que lo desarrolle usted como
TRABAJO ESCRITO de su examen profesional de **INGENIERO CIVIL**.

**"ANÁLISIS COMPARATIVO DE LOS MÉTODOS UTILIZADOS PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELOS
EN EL LABORATORIO"**

- INTRODUCCIÓN**
- I. SISTEMA DE CLASIFICACIÓN DE SUELOS
 - II. LA COMPACTACIÓN DE SUELOS
 - III. METODOS DE COMPACTACIÓN
 - IV. PROCEDIMIENTOS GENERALES PARA EL MEJORAMIENTO DE SUELOS
 - V. CARACTERÍSTICAS DEL MATERIAL EMPLEADO EN LOS ENSAYES
 - VI. EQUIPO PARA ELABORAR Y PROBAR SUELO MEJORADO
 - VII. ANÁLISIS DE RESULTADOS
- CONCLUSIONES**
BIBLIOGRAFÍA

Ruego a ustedes cumplir con la disposición de la Dirección General de la Administración Escolar en el sentido de que se imprima en lugar visible de cada ejemplar de la tesis el Título de ésta.

Asimismo les recuerdo que la Ley de Profesiones estipula que deberán prestar servicio social durante un tiempo mínimo de seis meses como requisito para sustentar Examen Profesional.

Atentamente
"POR MI RAZA HABLARA EL ESPIRITU"
Cd. Universitaria a 6 de noviembre de 2002.
EL DIRECTOR

M.C. GERARDO FERRANDO BRAVO
GFB/GMP/mstg.

B

Agradecimientos.

A mis Padres.

Con el mayor de los respetos y una infinita gratitud por todo el cariño que siempre le han brindado a sus hijos.

Sra. Angélica Jiménez Espinoza.

Gracias por todos tus esfuerzos, desvelos y sacrificios y porque además de esto siempre has estado a mi lado. Este trabajo también es parte de ti.

Sr. Pascual Ramírez Trejo.

Porque he aprendido bastantes cosas en la universidad, pero sin duda lo más importante de mi carrera y de la vida lo estoy aprendiendo de la persona a quién más he admirado toda mi vida. Gracias por todo el ejemplo que me has dado.

A mis Hermanos y Hermanas

Porque siempre han mantenida unida a toda la familia aún en las situaciones más difíciles.

A la Universidad Nacional Autónoma de México.

Por haberme brindado la oportunidad de tener una formación humana y poder tener una carrera profesional.

A todos mis profesores quienes me han sabido guiar mis pasos hacia el conocimiento y han sembrado en mi la vocación de servir y ser cada día mejor.

Ing. Héctor Alfredo Legorreta Cuevas.

Por haber aceptado dirigir este trabajo. Por su confianza brindada. Pero sobre todo por todo lo que he aprendido durante mi estancia en el laboratorio.

Al Personal del Laboratorio de Mecánica de Suelos.

Siempre estuvieron dispuestos a prestarme su apoyo de manera incondicional además de apoyarme con ideas, sugerencias y observaciones en cuanto al trabajo escrito.

En especial a las siguientes personas:

Ing. Enrique Elizalde Romero.

Sr. Oscar Díaz Silva.

Sr. Carlos Mendoza Yañez.

A todos mis amigos y compañeros.

Gracias por todos los momentos importantes que pasamos en la universidad.

Porque lo que nosotros sabemos y es más importante en la vida, no es ganar dinero, ni ascender en la escala social..... Lo más importante en la vida, es el tiempo que dedicamos a cultivar nuestra amistad.

D

Índice

Introducción.....	1
I.- Sistemas de clasificación de suelos.....	3
1.1.- Origen de los suelos.....	3
1.2.- Clasificación de suelos.....	6
1.3.- Método del AASTHO.....	7
1.4.- Método del SUCS.....	10
II.- La compactación de suelos.....	19
2.1.- Introducción.....	19
2.2.- Principios generales.....	19
2.3.- Factores que afectan la compactación.....	21
2.4.- Estructura de un suelo compactado.....	23
III.- Métodos de compactación.....	24
3.1.- Compactación en laboratorio.....	24
3.2.- Compactación en campo.....	28
IV.- Procedimientos generales para el mejoramiento de suelos...	33
4.1.- Introducción.....	33
4.2.- Procedimientos empleados.....	33
V.- Características del material empleado en los ensayos.....	43
5.1.- Propiedades índice.....	43
5.2.- Propiedades mecánicas.....	44
5.3.- Procedimientos elegidos para el mejoramiento de suelo de Prueba.....	44

E

VI.-	Equipo para elaborar y probar el suelo mejorado.....	54
6.1.-	Equipo utilizado para compactar el suelo.....	54
6.2.-	Equipo para reproducción de probetas de suelo natural y Mejorado.....	54
6.3.-	Marco de deformación controlada.....	56
6.4.-	Ensayes realizados.....	58
VII.-	Análisis de resultados.....	64
	Conclusiones.....	104
	Bibliografía.....	106
	Anexos.....	107

Introducción.

El suelo es uno de los materiales de construcción de más fácil disponibilidad en cualquier lugar y, cuando puede ser usado probablemente sea él más económico. Sin embargo, al igual que cualquier otro material de construcción, debe ser usado de la mejor manera posible.

El suelo, como material ingenieril, se diferencia de la roca, la madera y otros materiales naturales por el hecho de que puede ser modificado para darle las características deseadas.

A la mejora del terreno se suele denominar frecuentemente estabilización, que, en su sentido más amplio, es la modificación de cualquier propiedad del suelo para mejorar su comportamiento ingenieril.

La mejora del terreno puede ser una solución provisional o puede constituir una medida permanente para mejorar el comportamiento final de una estructura.

Es sabido que todas las obras de Ingeniería tienen al suelo como elemento constructivo, estas obras requieren que el suelo se encuentre en buenas condiciones en cuanto a sus características de comportamiento mecánico.

Esto que no siempre es posible ya que el suelo de un determinado lugar puede presentar condiciones desfavorables para el diseño que requieran las obras atendiendo a las solicitudes de cada proyecto.

En este sentido, este trabajo se propone realizar una comparación de algunos de los métodos que se utilizan en el laboratorio y que tengan como fin mejorar las características mecánicas de los suelos para un mejor aprovechamiento de los mismos como material de construcción.

El trabajo consiste en emplear tanto cal como cemento para modificar la estructura de un suelo, comparando los resultados obtenidos con los que se

logran con la aplicación de un aditivo industrializado de nuevo empleo para el mejoramiento de suelos.

La estabilización de suelos merece una mención destacada, toda vez que se trata de una alternativa simple, de bajo costo y buenos resultados si se lleva a cabo con recursos naturales de una manera responsable y limpia.

Se procura estudiar la viabilidad del aditivo empleado en cuanto a que pueda ofrecer una alternativa tanto como ya lo es el empleo de cal y cemento, en lo que se refiere a mejorar las propiedades de un determinado tipo de suelo.

Capítulo I

Sistemas de Clasificación de Suelos

1.1. - Origen de los suelos

Todos los suelos tienen su origen en la desintegración y descomposición de las rocas por la acción de agentes debidos al intemperismo. Las partículas resultantes de este proceso van a depender fundamentalmente de la composición de la roca madre y del clima de la región.

Intemperismo

Es el conjunto de procesos físicos y químicos por los cuales la roca se descompone para formar un suelo. Debe resaltarse sin embargo, que en la naturaleza estos procesos tienden a acontecer al mismo tiempo, de modo que un tipo de intemperismo auxilia al otro en el proceso de transformación roca-suelo.

Los procesos de intemperismo físico reducen el tamaño de las partículas, aumentando su área de superficie y facilitando el trabajo del intemperismo químico.

Intemperismo físico

Es el proceso de descomposición de la roca sin la alteración química de sus componentes.

Los principales agentes del intemperismo físico son:

Cambios de temperatura.- Los efectos del sol en la superficie de la roca actuando sobre la misma durante varias horas del día, hacen que la temperatura de la misma se incremente en varios grados y que dicha temperatura además penetre en la masa rocosa. Posteriormente cuando cae

el sol la temperatura de la superficie baja en forma brusca, haciendo que entre la parte superficial de la misma y la parte interna, se produzcan un gradiente de temperatura que dilata la roca en distintas magnitudes generando esfuerzos internos de gran magnitud que por una acción repetitiva (varios años) fatiga a la roca y finalmente la rompe.

Crecimiento de cristales.- Estos se producen en las rocas agrietadas, o microfisuradas es la penetración del agua libre que luego por la acción de un cambio de temperatura puede congelarse, provocando grandes esfuerzos de compresión en la grieta que la contiene, logrando con ello ensanchar y desgastar a las paredes de la misma.

Tensiones de la corteza terrestre.- Otra de las acciones que suelen ocurrir en la corteza terrestre, y que pueden derivar en la formación de partículas de menor tamaño, son todos los movimientos que se generan tales como los terremotos y que, además, provocan la formación de diaclasas, plegamientos, etc.

Efectos de la gravedad.- Rotura y desprendimientos de macizos rocosos sin contención lateral, son arrastrados por acción de la gravedad cayendo de alturas considerables y que por efectos del golpe generan partículas de menor tamaño.

Intemperismo químico

Es el proceso de descomposición de la roca con la alteración química de sus componentes. Hay varias formas a través de las cuales las rocas se descomponen químicamente. Puede decirse que prácticamente todo proceso de intemperismo químico depende de la presencia de agua. Entre los procesos de intemperismo químico destacan los siguientes.

Hidratación.- Como la propia palabra lo indica, es la entrada de las moléculas de agua a la estructura de los minerales. Algunos minerales cuando son hidratados (los feldespatos por ejemplo) sufren expansión, llevando al fracturamiento de la roca.

Hidrólisis.- Es la descomposición química de una sustancia por medio del agua, se produce como efecto de que el agua libre, de los climas tropicales de intensa pluviosidad, donde las rocas están formadas fundamentalmente de Silicatos y Óxidos de Fe y Al, el agua libre afloja la ligazón con estos elementos y provoca su descomposición.

Disolución.- Aún cuando la Disolución es un fenómeno físico, en la erosión de los suelos y rocas, actúa casi siempre acompañado de una importante combinación y transformación química, por lo tanto, se lo encuadra en este tipo de fenómenos.

Oxidación.- La oxidación que sufren los óxidos ferrosos liberados debido a la hidrólisis, los lleva a transformarse en óxidos férricos. Una evidencia de este accionar se da en la erosión química que sufren los basaltos que primeramente se descomponen en Saprolitos de color amarillo y posteriormente por una fuerte oxidación debido al oxígeno disuelto que aportan las lluvias, se transforman en lateritas con un fuerte color rojo.

Los diferentes minerales constituyentes de las rocas originan suelos con características diversas, de acuerdo con la resistencia que estos tengan al intemperismo local. Hay, inclusive, minerales que tiene una estabilidad química y física tal que normalmente no son descompuestos. El cuarzo, por ejemplo, por poseer una enorme estabilidad física y química es parte predominante de los suelos gruesos, como las arenas y las gravas.

Los suelos son divididos en dos grandes grupos, sedimentarios y residuales, dependiendo de la existencia o no de un agente de transporte en su formación respectivamente. Los principales agentes de transporte actuando en la formación de los suelos sedimentarios son; el agua, el viento y la gravedad.

Suelos residuales

Se forman por descomposición de las rocas, en el mismo lugar que estaba la roca, es debido a que la velocidad de meteorización es mayor que la de transporte. Estos suelos se producen en zonas de clima tropical o ecuatorial.

Suelos Transportados

Se produce cuando la velocidad de arrastre o transporte es mayor que la de meteorización. Nos encontramos con este tipo de suelo en las cuencas de los ríos y se caracterizan por ser poco firmes, hasta altas profundidades. Los problemas relacionados con las cimentaciones se van a encontrar en este tipo de suelos.

Cada agente de transporte selecciona los granos que transporta con mayor o menor facilidad, además de esto, durante el transporte, las partículas de suelo se desgastan y/o se quiebran. Resulta de esto, un tipo diferente de suelo para cada tipo de transporte. Esta influencia es tan marcada que la denominación de los suelos sedimentarios es función del agente de transporte predominante.

Se muestra a continuación los agentes de transporte, por orden de importancia de la siguiente forma:

Viento (Suelos Eólicos)

Agua (Suelos Aluviales)

- Agua de Océanos y Mares (Suelos Marinos)
- Agua de Ríos (Suelos Fluviales)
- Agua de Lluvia (Suelos Pluviales)

Glaciales (Suelos Glaciales)

Gravedad (Suelos Coluviales)

1.2. - Clasificación de los suelos

Por ser constituidos de un material de origen natural, los depósitos de suelo nunca son estrictamente homogéneos. Grandes variaciones en sus propiedades y en su comportamiento son comúnmente observadas. Puede decirse que, los depósitos de suelo que exhiben propiedades básicas similares pueden ser agrupados como clases, mediante el uso de criterios o índices apropiados. Un sistema de clasificación de suelos debe agrupar a los suelos de acuerdo con sus propiedades intrínsecas básicas.

Debido a su naturaleza extremadamente variable del suelo, generalmente, es inevitable que en cualquier clasificación ocurran casos donde es difícil de encuadrar al suelo en una determinada y única categoría, en otras palabras, siempre van a existir casos en que un determinado suelo pudiera ser clasificado como perteneciente a dos o más grupos. Del mismo modo, un mismo suelo puede ser colocado en grupos que parezcan radicalmente diferentes, en diferentes sistemas de clasificación.

En este capítulo serán presentados los dos sistemas de clasificación de suelos más difundidos en el medio geotécnico, ellos son: El Sistema Unificado de Clasificación de Suelos, SUCS (Unified Soil Classification System) y el sistema de clasificación de suelos de la AASHTO (American Association of State Highway and Transportation Officials).

1.3. - Método del AASHTO

El sistema AASHTO clasifica a los suelos en ocho diferentes grupos: del A-1 al A-8 y este incluye diversos subgrupos. Los suelos dentro de cada grupo o subgrupo son evaluados de acuerdo con su índice de grupo, el cuál es calculado mediante una fórmula empírica.

Suelos pertenecientes a los grupos A-1 al A-3

Los suelos pertenecientes al grupo A-1 son bien graduados, mientras que los suelos pertenecientes al grupo A-3 son arenas mal graduadas, sin presencia de finos. Los materiales pertenecientes al grupo A-2 a pesar de ser un suelo granular (el 35% o menos pasando la malla No. 200), poseen una cantidad significativa de finos.

Suelos pertenecientes a los grupos A-4 al A-7

Los suelos pertenecientes a los grupos A-4 al A-7 son suelos finos, materiales Limo - Arcillosos. La diferencia entre los diversos grupos es realizada con base a los límites de Atterberg. Suelos altamente orgánicos (Incluyendo a la turba) deben ser colocados en el grupo A-8.

El índice de grupo es utilizado para auxiliar a la clasificación del suelo. Especialmente cuando son utilizados como material de subrasante. El índice de grupo es determinado utilizando la ecuación siguiente:

$$IG = (F - 35)[0.2 + 0.005(LL - 40)] + 0.01(F - 15)(IP - 10)$$

donde: F: porcentaje que pasa la malla No. 200

LL: límite líquido

IP: índice de plasticidad

Cuando se trabaja con los grupos A-2-6 y A-2-7 el índice de grupo debe ser determinado utilizando solamente el índice de plasticidad.

En caso de obtener índices de grupo negativo, este se toma nulo.

Usar el sistema de clasificación AASHTO no es difícil. Una vez obtenidos los datos necesarios, se deben seguir los pasos indicados en la figura 1.1 y 1.1- a, de izquierda a derecha, y encontrar el grupo correcto mediante un proceso de eliminación.

El primer grupo a la izquierda que cumpla las exigencias especificadas, es la clasificación correcta del AASHTO.

esta clasificación completa incluye el valor del índice de grupo (redondeado al entero más próximo), y presentado en un paréntesis, a la derecha del símbolo del AASHTO. Por ejemplo: A-2-6(3), A-6(12), A-7-5(17), etc.

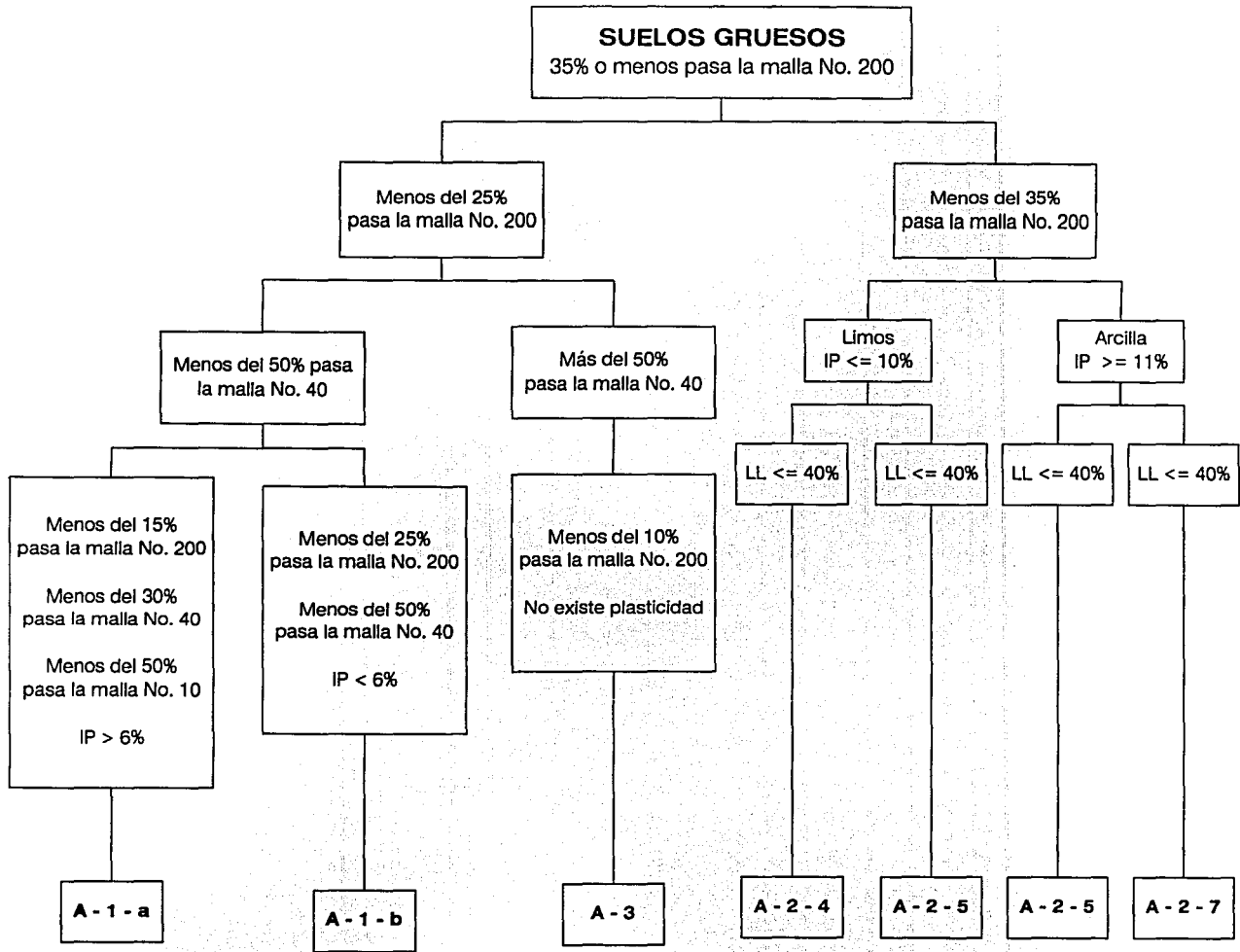


Figura. 1.1- a.- Sistema de clasificación de suelos finos del AASHTO

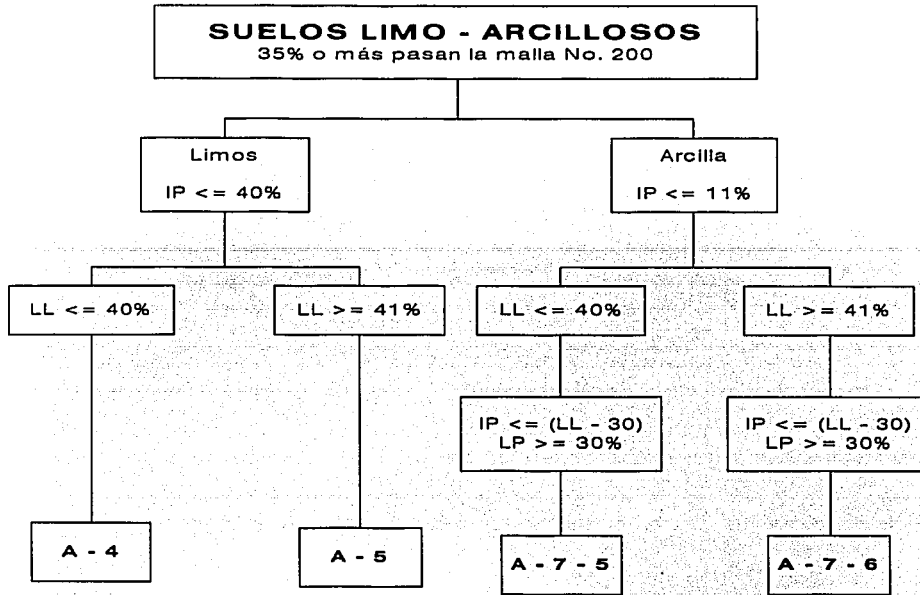


Figura. 1.1- a.- Sistema de clasificación de suelos finos del AASHTO

1.4. - Método del SUCS

Este sistema de clasificación fue originalmente desarrollado por el profesor A. Casagrande en 1948 para su uso en la construcción de pistas de aterrizaje en aeropuertos durante la Segunda Guerra Mundial, siendo modificada posteriormente para su uso en otras construcciones. La idea básica de este sistema es que los suelos gruesos pueden ser clasificados de acuerdo con su Curva granulométrica, mientras que el comportamiento ingenieril de los suelos finos está relacionado con su plasticidad.

En otras palabras, los suelos en los cuáles la fracción fina no excede en cantidad suficiente para afectar su comportamiento son clasificados de acuerdo con su curva granulométrica, en cuanto que los suelos en los cuales su comportamiento es controlado por sus fracciones finas, son clasificados de acuerdo con sus características de plasticidad.

Las cuatro mayores divisiones del Sistema Unificado de Clasificación de Suelos son los siguientes:

1. - Suelos gruesos (gravas y arenas),
2. - Suelos finos (limos y arcillas),
3. - Suelos orgánicos
4. - Turba.

La clasificación es realizada con la fracción de suelo que pasa la malla de 75 mm, debiendo anotar la cantidad de material retenido en esta malla. Son denominados suelos gruesos aquellos que posean mas del 50% de material retenido en la malla No. 200 y suelos finos aquellos que posean mas del 50% de material pasando la malla No. 200. Los suelos orgánicos y las turbas son generalmente identificadas de manera visual. Cada grupo es clasificado por un símbolo, derivado de sus nombres correspondientes del ingles y el sueco:

- Gravas (**G**)
- Arenas (**S**)
- Limos (**M**)
- Arcilla (**C**)
- Suelos orgánicos (**O**)
- Turba (**Pt**)

Suelos gruesos

Los suelos gruesos son clasificados como gravas o arenas, clasificados como gravas aquellos suelos teniendo más del 50% de su fracción gruesa retenida en la malla No. 4 (4,76 mm) y como arenas aquellos suelos teniendo mas del 50% de su fracción gruesa pasando la malla No. 4 (4.76 mm).

Cada grupo a su vez es dividido en cuatro subgrupos dependiendo de su curva granulométrica o de la naturaleza de la fracción fina eventualmente existente. Estos son:

Material prácticamente limpio de finos, bien graduado **W**, (**SW** y **GW**)

Material prácticamente limpio de finos, mal graduado **P**, (**SP** y **GP**)

Material con cantidades apreciables de finos no plásticos, **M**, (**GM** y **SM**)

Material con cantidades apreciables de finos plásticos **C**, (**GC** o **SC**)

Grupos GW y SW

Formados por un suelo bien graduado con pocos finos. En un suelo bien graduado, los granos menores pueden ocupar los espacios vacíos dejados por los granos mayores, de modo que los suelos bien graduados tienden a presentar altos valores de peso específico (o menor cantidad de vacíos) y buenas características de resistencia y deformabilidad. La presencia de finos en estos grupos no debe producir efectos apreciables en las propiedades de la fracción gruesa, ni interferir en su capacidad de drenaje, siendo fijada como máximo 5% del suelo, con relación a su peso seco. Un examen de su curva granulométrica, los suelos gruesos se fijan por medio de dos coeficientes, de uniformidad (**Cu**) y de curvatura (**Cc**). Para que un suelo sea considerado bien graduado es necesario que su coeficiente de uniformidad sea mayor que 4, en el caso de gravas, o mayor que 6, para las arenas, y que su coeficiente de curvatura esté comprendido entre 1 y 3.

Grupos GP y SP

Formados por suelos mal graduados (curvas granulométricas uniformes o abiertas). Como los subgrupos SW y GW, poseen un máximo de 5% de partículas finas, mas sus curvas granulométricas no cumplen los requisitos de gradación indicados para ser considerados como bien graduados.

Grupos GM y SM

Son clasificados como pertenecientes a los subgrupos GM y SM los suelos gruesos en los cuáles existen una cantidad de finos suficiente para afectar sus propiedades ingenieriles como: resistencia, deformabilidad y permeabilidad. La cantidad de finos necesaria para que esto ocurra es el 12%, aunque sabiendo que la influencia de finos en el comportamiento de un suelo depende no solamente de su cantidad sino también de la actividad arcilla-mineral

preponderante. Para los suelos gruesos teniendo más del que 12% de finos, deben de realizarse ensayos con vista a la determinación de sus límites de consistencia LL y IP, utilizándose para esto la fracción de suelo que pasa la malla No. 40. Para que un suelo sea clasificado como GM o SM, su fracción fina debe de situarse debajo de la línea A de la carta de plasticidad de Casagrande (figura 1.3)

Grupos GC y SC

Son clasificados como GC y SC los suelos gruesos que atienden a los criterios especificados para los grupos GM y SM, además cuya fracción fina se encuentra representada en la carta de plasticidad por arriba de la línea A. En otras palabras, son clasificados como GC y SC los suelos gruesos teniendo más del 12% de finos con comportamiento predominante de la arcilla.

Observación: Los suelos gruesos teniendo porcentajes de finos entre 5 y 12% deben tener nomenclaturas dobles, como GW-GM, SP-SC, etc., atribuidas de acuerdo con lo especificado anteriormente. De una forma general, siempre que un material no se encuentra claramente dentro de un grupo, debemos utilizar símbolos dobles, correspondientes a casos de frontera. Ejemplo: GW-SW (material bien graduado con menos de 5% de finos y formado con fracción de gruesos con iguales proporciones de gravas y arenas) o GM-GC (suelos gruesos con más del 12% de finos cuya representación en la carta de plasticidad de Casagrande se sitúa muy próxima a la línea A.

La figura. 1.2 presenta un diagrama de flujo en el cuál se explican los pasos básicos a seguir para la clasificación de suelos gruesos para el SUCS.

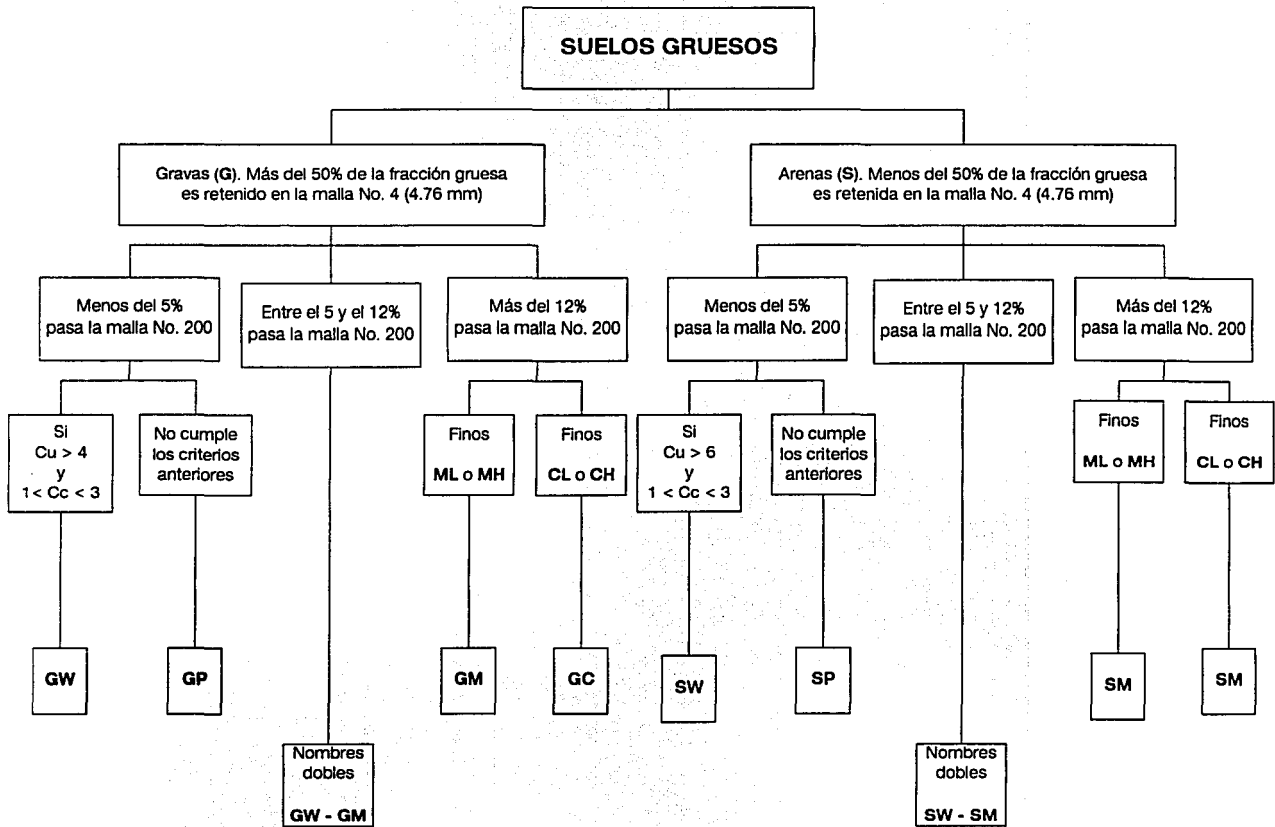


Figura I.2.- Clasificación de suelos gruesos mediante el SUCS

Suelos finos

Los suelos finos son clasificados como arcillas y limos. La clasificación de los suelos finos es realizada tomándose como base apenas los límites de plasticidad y liquidez del suelo, representados en la carta de plasticidad de Casagrande. En otras palabras, el conocimiento de la curva granulométrica de los suelos teniendo más del 50% de material pasando la malla No. 200 poco o muy poco influye en las expectativas sobre sus propiedades ingenieriles.

La carta de plasticidad de los suelos fue desarrollada por A. Casagrande de tal manera que agrupa a los suelos finos en diversos subgrupos, dependiendo de sus características de plasticidad, tal como se muestra en la figura 1.3.

La carta de plasticidad tiene tres divisiones principales:

La línea A de ecuación: $IP = 0,73(LL - 20)$

La línea B cuya ecuación es: $IP = 50 \%$

La línea U de ecuación es : $IP = 0,90(LL - 8)$

De este modo, los suelos finos, son divididos en cuatro subgrupos (CL, CH, ML y MH), son clasificados de acuerdo con su posición con relación a las líneas A y B, conforme se explica a continuación:

Grupos CL y CH

Los suelos clasificados como CL (arcillas inorgánicas de baja plasticidad) son aquellas en las cuáles se tiene su representación en la carta de plasticidad por encima de la línea A y a la izquierda de la línea B (conforme se puede observar en la figura 1.3, debemos notar también un $IP > 7\%$). El grupo CH (arcillas inorgánicas de alta plasticidad), tiene su representación en la carta de plasticidad arriba de la línea A y a la derecha de la línea B ($LL > 50\%$). Son ejemplos de este grupo las arcillas formadas por la descomposición química de cenizas volcánicas, tales como la arcilla del valle de México, con LL de aproximadamente 500%.

Grupos ML y MH

Los suelos clasificados como ML (limos inorgánicos de alta plasticidad) son aquellos los cuáles tienen su representación en la carta de plasticidad abajo de la línea A y a la izquierda de la línea B (como podemos observar en la figura 1.3, debemos notar también un $IP < 4\%$). El grupo MH (limos inorgánicos de alta plasticidad), tiene su representación en la carta de plasticidad por abajo de la línea A y a la derecha de la línea B ($LL > 50\%$).

Grupos OL y OH

Son clasificados utilizándose los mismos criterios definidos para los subgrupos ML y MH. La presencia de materia orgánica es generalmente identificada de manera visual y por su olor característico.

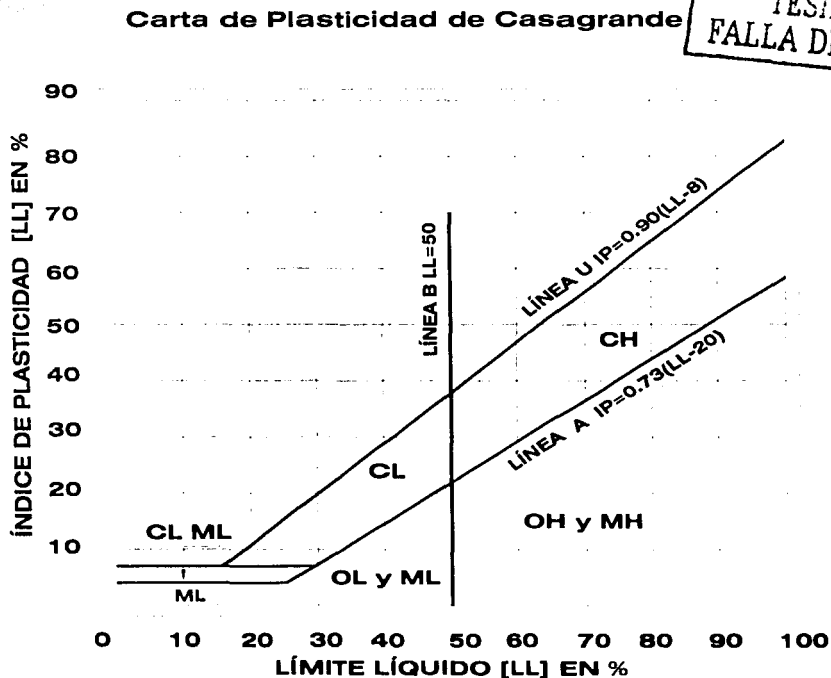


Figura 1.3. - Carta de plasticidad de Casagrande

Observación:

Suelos cuya representación en la carta de plasticidad se sitúe dentro de la zona CL- ML deben tener nomenclatura doble.

Suelos cuya representación en la carta de plasticidad se sitúe próxima a la línea B deben tener nomenclatura doble: (MH-ML o CH-CL).

Suelos cuya representación en la carta de plasticidad se sitúe próxima a la línea A deben tener nomenclatura doble: (MH-CH o CL-ML).

Las arcillas inorgánicas de media plasticidad tienen un LL entre 30 y 50%.

Suelos pantanosos y turbas.

Son suelos altamente orgánicos, generalmente fibrilares y extremadamente compresibles. Las turbas son suelos que incorporan florestas soterradas en estado avanzado de descomposición. Estos suelos forman un grupo independiente de símbolo (Pt.)

En la mayoría de los suelos turbosos, el límite de liquidez de estos suelos varía entre 300 y 500% permaneciendo su posición en la carta de plasticidad sumamente arriba de la línea A. El índice de plasticidad de estos suelos normalmente varía se encuentra entre 100 y 200.

La línea U presentada en la carta de plasticidad representa el límite superior de coordenadas (LL; IP). De este modo, siempre, en un proceso de clasificación es importante representar al suelo arriba de la línea U, los datos de laboratorio deben ser revisados en los ensayos requeridos.

La carta de plasticidad de Casagrande puede darnos una idea acerca del tipo de arcilla-mineral que predomina en la fracción fina del suelo. Suelos teniendo arcilla-mineral del tipo 1:1 (como la caolinita) tienen sus puntos de representación en la carta de plasticidad próxima a la línea A (en la parte superior a la línea A), en cuanto que los suelos teniendo presencia arcillo-mineral de alta actividad (como la montmorilonita) tienden a tener sus puntos

de representación en la carta de plasticidad próximas a la línea U (parte inmediatamente inferior a la línea U).

A pesar de los símbolos utilizados por el SUCS son de gran valor, ellos no describen completamente un depósito de suelo. En todos los suelos debemos complementar la clasificación con informaciones como: olor, color y homogeneidad del material a clasificar. Para el caso de suelos gruesos, con informaciones como: la forma de los granos, el tipo de mineral predominante, la compactidad, la presencia o no de finos, son pertinentes. Para el caso de suelos finos, información como la humedad natural y la consistencia debe ser obtenida siempre que sea posible.

Capítulo II

La compactación de suelos

2.1.- Introducción

Como sabemos, el volumen ocupado por una masa de suelo en estado suelto, se puede reducir mediante la aplicación de un esfuerzo de compresión, debiéndose esta reducción de volumen a una disminución de los vacíos del suelo.

En este capítulo será presentado un método de estabilización y mejora de suelos por vía mecánica denominado compactación. Debe hacerse notar que la compactación no es el único método, aunque sí uno de los más económicos y populares.

2.2.- Principios generales

Entendemos por compactación al proceso manual o mecánico mediante el cuál, lo que se busca es reducir de manera instantánea el volumen de vacíos del suelo, teniendo como consecuencia el mejoramiento de algunas características del suelo como son: la resistencia, deformabilidad y permeabilidad.

Los fundamentos de la compactación de suelos son relativamente nuevos y fueron descubiertos por Ralph Proctor, que en la década de los años 20's, desarrollo lo que ahora es la teoría de compactación la cuál está en función de las siguientes variables:

- ❖ Humedad
- ❖ Peso específico seco
- ❖ Energía de compactación
- ❖ Tipo de suelo (suelos gruesos, suelos finos, etc.)

El objetivo principal de la compactación es obtener un suelo, de tal manera estructurado, que posea y pueda mantener un comportamiento mecánico adecuado a lo largo de toda la vida útil de la obra en la que se aplique.

Curva de compactación

Es una curva de humedad contra peso específico seco. En una curva típica de compactación de un suelo como la presentada en la figura 2.1. Se puede notar que en la curva de compactación el peso específico seco aumenta conforme la humedad alcanza un valor máximo, decreciendo si aumentamos más la humedad a partir de este valor. En teoría al contenido de humedad para el cuál se obtiene el mayor valor del peso específico seco (γ_{dmax}) es denominado contenido de humedad óptimo (o simplemente humedad óptima).

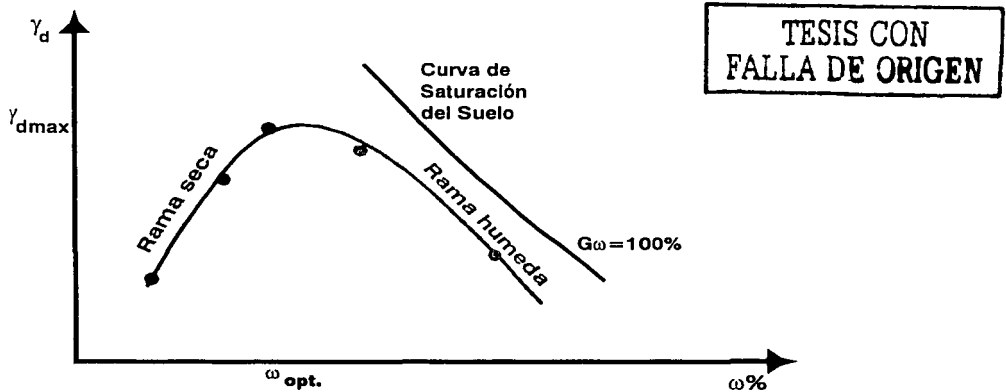


Figura 2.1.- Curva de compactación típica

En la rama de la curva de compactación, anterior al valor de la humedad óptima es generalmente llamada "rama seca" y al lado posterior "rama húmeda" de la curva de compactación. En la rama seca, la humedad es baja, ya que el agua contenida en los vacíos del suelo está bajo el efecto capilar y esta ejerce una función de aglutinante entre las partículas, esto hace que estas se muevan a una posición de empaque mas denso. A medida que se

agrega agua al suelo, ocurre la destrucción del efecto capilar, y de esta manera es mas fácil el reacomodo estructural de las partículas de suelo. En la rama húmeda, la humedad es elevada y el agua se encuentra libre en la estructura del suelo, absorbiendo una gran parte de energía específica o de compactación.

Curva de saturación

En la figura 2.1 es presentada también la curva de saturación del suelo, también llamada curva de cero vacíos de aire. El significado de esta curva se explica a continuación: Como en el proceso de compactación no conseguimos nunca expulsar todo el aire existente de los vacíos del suelo, esta curva representa la cantidad de humedad necesaria, con una determinada densidad de sólidos, para que todos los vacíos de aire dejados por las partículas puedan ser sustituidos por el agua, o sea para que el material llegue a su estado de saturación; este estado es prácticamente imposible de alcanzar por no ser factible eliminar mediante la compactación todo el aire encerrado en las partículas del suelo. Por lo tanto todas las curvas de compactación se sitúan a la izquierda de la curva de saturación.

2.3.- Factores que afectan la compactación

Energía de compactación

Un ensayo de compactación puede ser realizado utilizando diferentes energías A medida en que se aumenta la energía de compactación, hay una reducción de la humedad óptima y una elevación del valor del peso específico seco máximo. La figura. 2.2 presenta curvas de compactación obtenidas para diferentes energías.

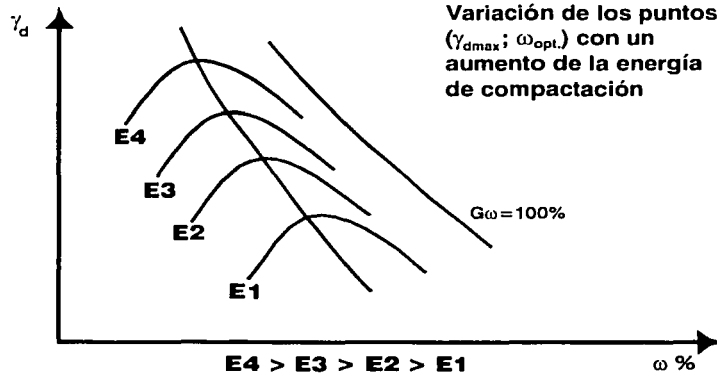


Figura 2.2 Efecto de la energía específica en la compactación de suelos

Tipo de suelo

La influencia del tipo de suelo en la curva de compactación se ilustra en la figura 2.3. Conforme se puede observar en esta figura, los suelos gruesos tienden a exhibir una curva de compactación con un mayor valor de γ_{dmax} y un menor valor de $\omega_{opt.}$ que los suelos conteniendo una gran cantidad de finos. Podemos observar también que las curvas de compactación obtenidas para suelos finos son más abiertas de aquellas obtenidas para suelos gruesos.

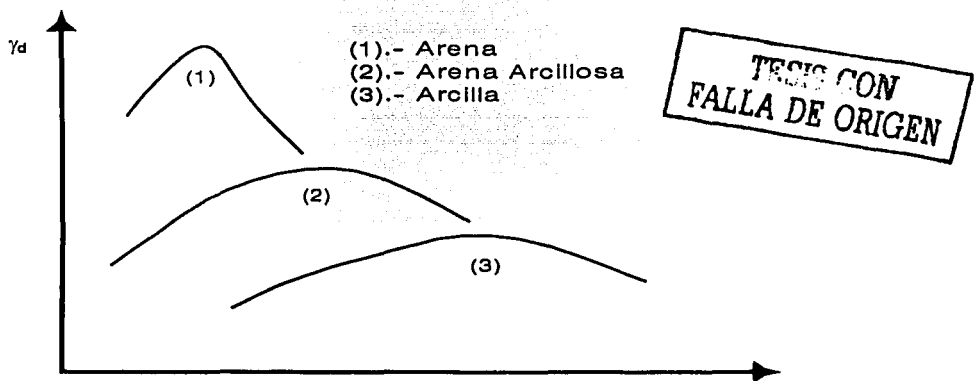


Figura 2.3.- Curvas de compactación para diferentes tipos de suelos

2.4.- Estructura de un suelo compactado

La figura 2.4 presenta la influencia de la compactación en la estructura de los suelos, como se puede observar en esta figura, las estructuras formadas del lado seco de la curva de compactación tienden la mayoría de las veces a ser de tipo flocular, en cuanto que en el lado húmedo de la curva de compactación se forman suelos con estructuras predominantemente dispersas.

En los suelos gruesos la estructura pasa de ser bofa para convertirse en compacta. Es claro que el comportamiento del suelo compactado se ve fuertemente influenciado por esta transformación de la estructura del suelo principalmente a lo que se refiere a la permeabilidad y compresibilidad.

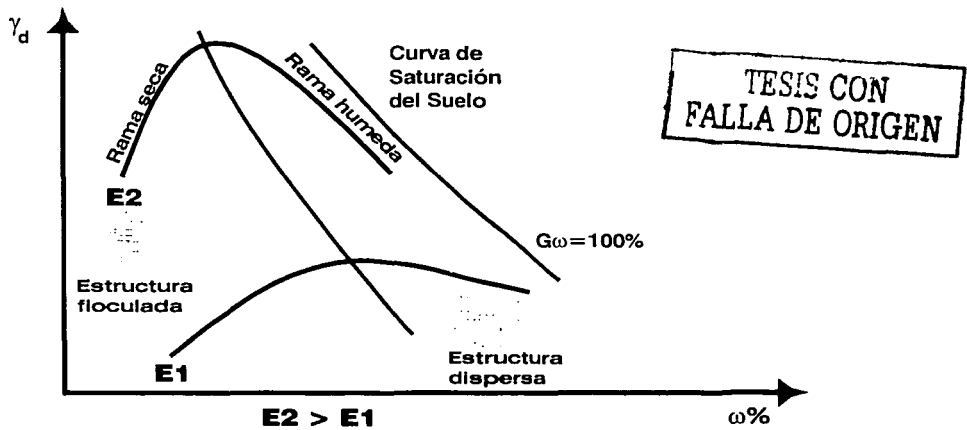


Figura 2.4 Estructura de un suelo compactado

Capítulo III

Métodos de Compactación

3.1.- Compactación en laboratorio.

Actualmente existen muchos métodos para reproducir, al menos teóricamente, en el laboratorio unas condiciones dadas de compactación de campo.

En esta primera parte del capítulo se describirán únicamente las pruebas más generales para realizar los ensayos en laboratorio

> Prueba Proctor Estándar

La prueba consiste en compactar el suelo en cuestión en tres capas dentro de un molde de dimensiones y forma determinadas por medio de golpes de un pisón, que se deja caer libremente desde una altura especificada.

El objetivo de la prueba es obtener el peso específico seco máximo de laboratorio y la humedad óptima de compactación. El material y equipo utilizado es el siguiente:

- El molde es un cilindro de 943.3 cm^3
- 10.16 cm de diámetro
- 11.7 cm de altura
- Una extensión desmontable de igual diámetro y 5 cm de altura y base metálica con tornillos de mariposa.
- El martillo es de 2.5 kg. de peso y consta de un vástago en cuyo extremo inferior hay un cilindro metálico de 5 cm de diámetro. La altura de caída es de 30.48 cm

La energía específica es también llamada energía de compactación y se obtiene de la siguiente manera:

$$E_e = \frac{\left\{ \begin{array}{l} \text{número de} \\ \text{golpes por} \\ \text{capa} \end{array} \right\} \times \left\{ \begin{array}{l} \text{número} \\ \text{de} \\ \text{capas} \end{array} \right\} \times \left\{ \begin{array}{l} \text{peso} \\ \text{del} \\ \text{martillo} \end{array} \right\} \times \left\{ \begin{array}{l} \text{altura} \\ \text{de} \\ \text{caída del} \\ \text{martillo} \end{array} \right\}}{\left\{ \begin{array}{l} \text{volumen} \\ \text{del} \\ \text{molde} \end{array} \right\}}$$

Para los datos anteriores la energía de compactación para esta prueba es:

$$E_e = \frac{(25)(3)(2.5 \text{ kg})(30.48 \text{ cm})}{943.3 \text{ cm}^3} = 6.05 \frac{\text{kg} \cdot \text{cm}}{\text{cm}^3}$$

Una foto del molde y martillo utilizado en la prueba Proctor estándar es mostrada en la figura 3.1

Para cada prueba el peso específico húmedo se calcula con la siguiente expresión

$$\gamma = \frac{W}{V_{(m)}}$$

Donde:

W: peso del suelo compactado en el molde

$V_{(m)}$: volumen del molde

De la misma manera y para un contenido de humedad conocido el peso específico seco se calcula con la siguiente expresión:

$$\gamma_d = \frac{\gamma_m}{1 + \frac{w}{100}}$$

Donde:

γ_m : peso específico húmedo

ω : contenido de humedad

El proceso es repetitivo para cada punto debiéndose graficar finalmente el contenido de humedad y el peso específico seco para cada uno de los puntos ensayados encontrando el punto donde el peso específico seco es mayor y el contenido de humedad correspondiente será la óptima

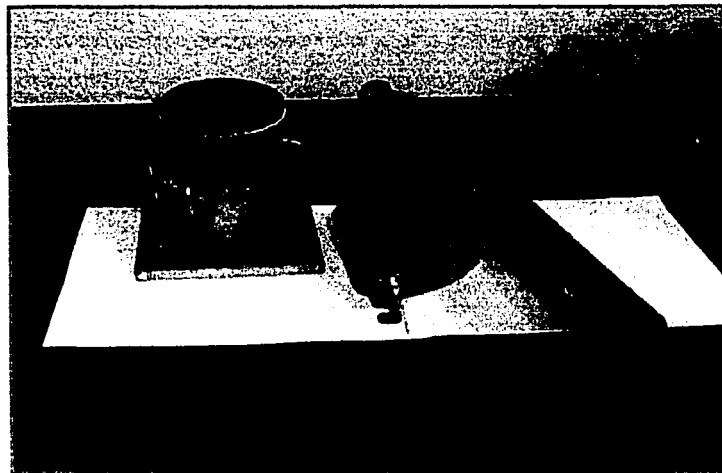


Figura 3.1 Equipo Proctor de compactación

➤ Prueba Proctor Modificada

Debido principalmente al desarrollo de mejores equipos de compactación, la energía específica de compactación que se utilizaba para reproducir las condiciones de campo con la prueba Proctor Estándar no pudo igualar las condiciones de compactación establecidas con los nuevos equipos.

Esto condujo a una modificación de la prueba, lo que aumentó la energía de compactación, conservando el mismo número de golpes por capa, pero aumentando éstas de 3 a 5, al mismo tiempo aumentó el peso del pisón (4.5 kg) y la altura de caída del mismo (45.7 cm).

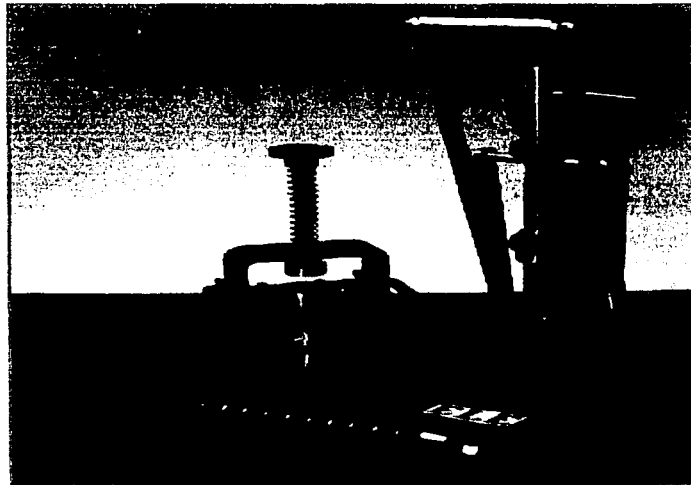
La energía de compactación es ahora de $27.2 \text{ kg} \cdot \text{cm} / \text{cm}^3$ quedando el mismo molde que se utiliza en la prueba Proctor estándar ya descrita anteriormente.

Con esto el peso específico máximo obtenido con mayor energía de compactación, resultará mayor que el obtenido en la Prueba Proctor Estándar y como consecuencia la nueva humedad óptima será ahora menor

> Prueba Harvard miniatura

La prueba de compactación propuesta por Proctor tiene una desventaja ya que no simula correctamente la compactación real del suelo, ya que en el campo la compactación no ocurre por golpes sino por amasado. Por tal motivo se desarrolló la prueba Harvard.

En esta prueba se usa un molde de 60 cm^3 de volumen y la muestra se compacta en 5 capas, también con 25 golpes por capa por medio de un pistón provisto de un resorte el cuál se calibra de acuerdo a la energía a la que se quiera llegar.



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Figura 3.2 Equipo de compactación Harvard miniatura

La forma de la curva de compactación obtenida con este ensayo es semejante a la curva de compactación Proctor pero más próxima a la curva de campo.

3.2.- Compactación en campo

Los principios que establecen la compactación de los suelos en el campo son esencialmente los mismos discutidos anteriormente para los ensayos en laboratorio. Así, los valores de peso específico seco máximo obtenidos son fundamentalmente una función del tipo de suelo, de la cantidad de agua utilizada y de la energía específica aplicada por el equipo que será utilizado, el cual depende del tipo y peso del equipo, del espesor de la capa de compactación y del número de pasadas sucesivas aplicadas.

La compactación de campo se da por medio de esfuerzos de presión, impacto, vibración o por una combinación de estos. Los procesos de compactación de campo generalmente combinan la vibración con la presión, ya que la vibración utilizada solamente es poco eficiente, siendo la presión necesaria para disminuir, con mayor eficacia, el volumen de vacíos entre las partículas del suelo.

Martillos

Son compactadores de impacto utilizados en lugares de difícil acceso para los rodillos compresores, como en baches, trincheras, etc. Poseen un peso mínimo pudiendo ser manuales o mecánicos. La capa compactada debe tener de 10 a 15 cm para el caso de suelos finos y de 15 cm para el caso de los suelos gruesos.

Rodillos estáticos

Consisten en aplicar un peso sobre la superficie del suelo, esto produce la ruptura de las fuerzas que enlazan las partículas entre sí y su acomodo en nuevos enlaces más estables dentro del material. Este procedimiento es el que se aplica cuando se utilizan máquinas sin vibración del tipo de rodillos lisos, pisones, patas de cabra, etc

El efecto que produce un peso aplicado sobre el material se traduce en una presión sobre su superficie que se transmite hacia el interior y se distribuye en forma de bulbo cuyo valor disminuye de forma exponencial con la profundidad. Debido a esto solamente se aplica la compactación estática en capas de poca profundidad, como sellado de capas o cuando es posible romper la compactación ya conseguida si se aplican cargas mayores.

Como es lógico hay dos factores en juego, como son: el peso de la máquina y el área de aplicación.

En el caso de rodillos estáticos hay cuatro factores que influyen en la compactación:

- Carga por eje
- Ancho del rodillo
- diámetro del rodillo
- Velocidad de desplazamiento.

Rodillos pata de cabra

Es un tambor metálico con protuberancias (patas) soldadas, en forma troncocónica y con altura de aproximadamente de 20 cm. Pueden ser auto propulsados o arrastrados por un tractor. Es indicado en la compactación de suelos arcillosos.

La capa compactada tiene generalmente 15 cm, con un número de pasadas variando entre 4 y 6 para suelos finos y de 6 a 8 para los suelos gruesos.

Durante la compactación con las pasadas iniciales se compactan las capas inferiores. Las capas media e inferior se compactan en una etapa posterior.

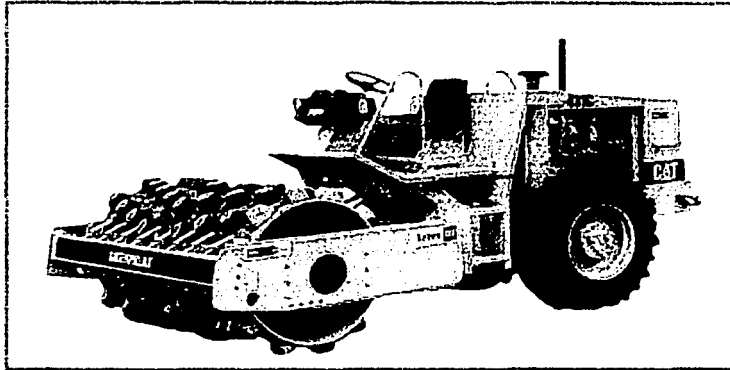


Figura 3.3.- Rodillo pata de cabra

Rodillo Liso

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Este tipo de rodillo compacta bien capas finas de 5 a 15 cm con 4 o 5 pasadas. Los rodillos lisos tienen pesos de 1 a 20 ton, y frecuentemente son utilizados para un acabado superficial de las capas compactadas. Para la compactación de suelos finos se utilizan rodillos con tres ruedas con pesos del orden de 10 ton, para materiales de baja plasticidad y de 7 ton, para materiales de alta plasticidad. La figura 3.4 ilustra rodillos compactadores de tipo liso.

Los rodillos lisos tienen ciertas desventajas como:

- Pequeña área de contacto
- En suelos de baja capacidad de carga se dificulta la tracción.

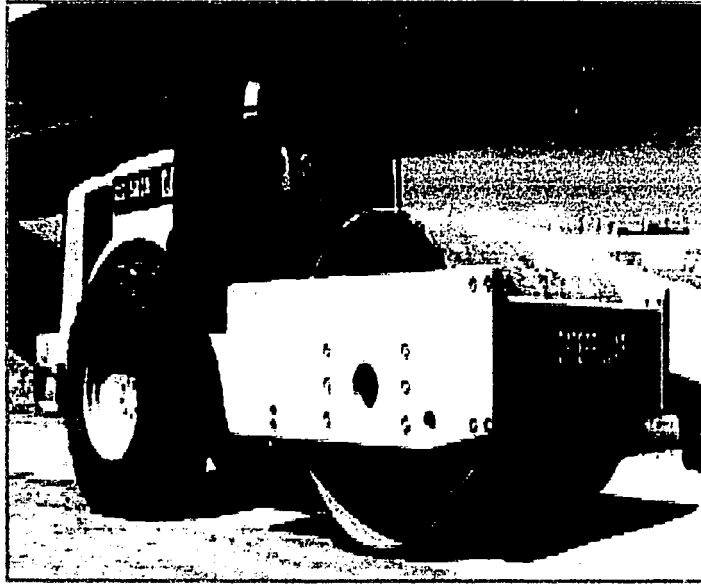


Figura 3.4 Rodillo liso

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Rodillos neumáticos

Los rodillos neumáticos son eficientes en la compactación de capas asfálticas, bases y sub-bases de pavimentos y son los indicados para suelos de granulometría fina a arenosa. Los rodillos neumáticos pueden ser utilizados en capas de mayor espesor ya que tienen una área de contacto variable, en función de la presión y del peso del equipo.

Rodillos vibratorios

En los rodillos vibratorios, la frecuencia de vibración influye de manera extraordinaria en el proceso de compactación del suelo. Son utilizados eficientemente en la compactación de suelos granulares (arenas), donde los rodillos neumáticos o Pata de Cabra no actúan con eficiencia. El espesor máximo de la capa a compactar es de 15 cm.

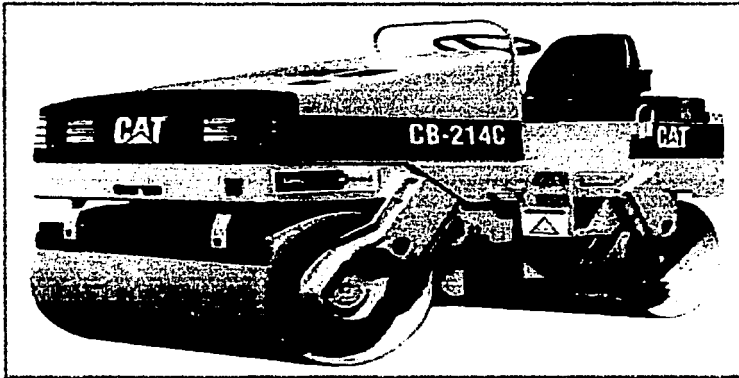


Figura 3.5 Rodillo vibratorio

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

Capítulo IV

Procedimientos Generales Para el Mejoramiento de Suelos

4.1.- Introducción

Desde los primeros tiempos el hombre ha tenido la necesidad de ser constructor, el primer material que uso para elaborar sus rudimentarias construcciones fue precisamente el suelo. Las primeras formas que el hombre construyó con el suelo fueron los terraplenes.

El funcionamiento de sus construcciones dependía fundamentalmente de la estabilidad que posteriormente presentaba sus construcciones, es decir de acuerdo al comportamiento posterior evaluaban su funcionalidad.

Se puede decir que la interacción entre el suelo y las estructuras es de lo más complicado e importante en todo trabajo de Ingeniería. Es por esto que se tiene que seleccionar el tipo de suelo y el mejor método de compactación para realizar dicha interacción.

Desde hace tiempo y con el desarrollo de la tecnología han surgido nuevos métodos de compactación que mejoran las propiedades del suelo y que se realizan en menos tiempo acelerando el proceso de construcción.

4.2.- Procedimientos empleados

Drenajes

El drenaje es el conjunto de obras destinadas a proteger taludes, laderas, pavimentos, etc., de la acción destructiva del agua. Su necesidad se estableció desde que se construyeron las primeras obras de Ingeniería; pero tal como se

concibe hoy es el resultado de la observación del comportamiento del flujo alrededor y dentro de la estructura.

Este tipo de estructuras son efectivas en la estabilización de suelos porque la resistencia de un suelo generalmente disminuye con un incremento de la cantidad de agua y la presión de poro. El drenado se puede conseguir por gravedad, bombeo, al comprimir el suelo con una carga externa, por electroósmosis, calentamiento o congelación.

Con frecuencia se bombea para drenar excavaciones. Sin embargo, para estabilizar los taludes en forma permanente se debe tomar ventaja del flujo por gravedad. Los flujos superficiales y de subsuelo se deben interceptar en la parte alta de la zona, conducirse y disponerse adecuadamente. También se debe colocar sobre toda la superficie una cubierta espesa de material orgánico y plantas, para evitar que el agua se filtre hacia el suelo.

Tipos de drenes

a) Drenes verticales de arena

Se pueden utilizar para compactar suelos saturados sin cohesión o para consolidar suelos cohesivos saturados. Proveen una vía de salida al agua que se exprime del suelo con una carga externa. Una masa de material permeable colocado sobre la superficie del terreno también sirve como parte de un sistema de drenaje.

b) Geotextiles

Como una alternativa al uso de los drenajes convencionales contruidos con agregados o bloques porosos que se colocan detrás de los muros de contención para prevenir la acumulación de agua por detrás de la estructura, y el correspondiente incremento de la presión intersticial, pueden utilizarse geotextiles especialmente diseñados para tener una alta permeabilidad.

En la selección del geotextil apropiado para una aplicación determinada, el ingeniero debe comparar las propiedades del material con la capacidad del geotextil para cumplir el propósito de la aplicación.

El uso de telas poliméricas en forma de geotextiles, geomembranas y geomallas se ha convertido en una práctica corriente en la ingeniería de suelos. Aunque hasta el momento se ha ganado mucha experiencia, continúa la investigación y el control del funcionamiento de estos materiales en el campo.

c) Drenado eléctrico

Este se adapta al principio de que el agua fluye al cátodo, cuando una corriente eléctrica pasa a través del suelo saturado. El agua se puede bombear en el cátodo. La electroósmosis es relativamente costosa y por ello casi siempre su uso es limitado

d) Estabilización de suelos por Precarga.

Cuando los suelos de un lugar son sueltos o de fácil compresión o cuando presentan consistencia inestable o alta permeabilidad o cualquier otra propiedad que haga indeseable el suelo para su utilización, pueden ser mejorados por medio de la estabilización por precarga.

La precarga es una carga temporal aplicada en un sitio de construcción para mejorar los suelos bajo la superficie. La precarga usualmente se lleva a cabo antes de la erección de una estructura, pero también se puede llevar a cabo cuando la obra está semiacabada o ya terminada.

En la mayoría de los casos en que se ha empleado este sistema los suelos han sido arenas sueltas y limos, arcillas limosas blandas, limos orgánicos. La precarga ha dado resultados satisfactorios ya sea a suelos que se encuentran encima o debajo del nivel freático. Es importante considerar que mientras otros métodos para mejorar el suelo se aplican de manera particular, la precarga no tiene restricciones. La experiencia ha demostrado que la

eficacia de otros métodos, descritos en forma breve, depende de los siguientes factores limitantes:

- **Vibroflotación.** - Arena con aproximadamente 20% de finos. Utiliza vibradores a profundidad para densificar suelos granulares - gravas y arenas limpias. El accionar vibratorio reacondiciona las partículas del suelo en una configuración más densa; se utiliza arena como relleno para mantener la elevación del terreno e incrementar la densificación. Un suelo vibrocompactado presenta asentamientos menores, incremento en la capacidad de carga y disminución del riesgo de licuación en arenas sísmicas
- **Compactación dinámica.** - Mezclas de arena y limo (la profundidad efectiva depende de la energía de la masa pero por razones prácticas raramente excede de 15 m). Es una técnica económica de mejoramiento masivo de suelos. Grúas de gran capacidad dejan caer pesos de 20 a 40 metros de altura repetidamente en un área de suelo determinada, densificando suelos a poca profundidad.
- **Micropilotes.**- Utilizados para control de asentamientos o recimentación de estructuras debido al incremento de cargas, son instalados en lugares de acceso restringido y en el interior de las estructuras. Las cargas se transmiten por fricción y por punta.
- **Jet Grouting.** - Es efectivo para casi cualquier tipo de suelo, teniendo un espectro más amplio que cualquier otra técnica de inyección. Se utiliza para recimentar estructuras, apuntalar excavaciones y para controlar el flujo de agua subterránea. Este método utiliza chorros de agua, aire y cemento para formar columnas de suelo cemento de baja permeabilidad en la geometría deseada y es especialmente útil para estabilizar estructuras críticas de difícil acceso.

El método más usual de aplicar la precarga es apilar el material de relleno. Después de dicho proceso, el material se retira y, en ocasiones, se vuelve a

utilizar en el mismo proyecto para otra precarga o para la construcción de terraplenes.

También se puede aplicar precarga induciendo el abatimiento del nivel freático. Esto se logra mediante pozos filtrantes, zanjas o bombeo al vacío en pozos relativamente profundos. A medida que baja el nivel freático, el suelo pierde su sustentación hidráulica y su peso unitario se incrementa.

Cuando el nivel freático es alto se puede aplicar una carga que lo abata. Cuando el nivel freático es bajo, se puede aplicar una carga a algunos suelos mediante la acción opuesta, es decir, inundando la superficie. En este caso, la compresión es provocada no tanto por el peso del agua, sino por las fuerzas de tensión superficial entre las partículas de contacto.

Geotextiles.

Son también conocidos como geotelas, lienzos filtrantes, telas de soporte o telas de ingeniería civil, los geotextiles son membranas permeables sintéticas, muy resistentes que actúan como elementos de refuerzo, separación, filtro y drenaje en los diferentes tipos de construcciones. Una característica importante es que estas telas son inertes biológicamente, de modo que no se descomponen en el suelo; resisten el desgaste, los desgarres, la abrasión y que no les afecta la luz ultravioleta antes de instalarlas, los ácidos, aceites y una gran variedad de solventes químicos.

Otras funciones de los geotextiles incluyen el control de la erosión y filtrado y drenado a través y a lo largo del plano de la tela. En el pasado, se utilizaron muchos materiales para separar o reforzar los suelos, que incluían pasto, juncos, troncos de madera, mallas de metal y algodón. Pero, como se deterioraban en poco tiempo, necesitaban mantenimiento frecuente o eran caros; se buscaron materiales más eficientes y duraderos. Como resultado, en la actualidad se utilizan lienzos sintéticos, que pueden ser tejidos o de una sola pieza; estos últimos se hacen de plásticos como el propileno y se les perfora para que sean permeables.

Existen además otras variaciones importantes dentro de la gama de los geotextiles, tales como; las geomallas, las geomembranas, las georredes, los geocompuestos y otros, cada uno destinado a un tipo diferente de obra y aplicación.

Geomallas

Es un material polimérico deformado o no deformado en forma de malla usado principalmente como refuerzo en cimentaciones, suelo, roca, tierra, o cualquier otro material relacionado con la Ingeniería como una parte integral de un proyecto, estructura o sistema hecho por el hombre

Geomembranas

Son membranas esencialmente impermeables usadas en cimentaciones, suelo, roca, tierra, o cualquier otro material relacionado con la Ingeniería geotécnica

Georredes

Es un material polimérico tridimensional en forma de red usada en cimentaciones, suelos, roca o cualquier otro material que se relacione con los suelos. Van acompañados por geotextiles no tejidos que cumplen una función filtrante, ayudando al flujo de agua pero impidiendo el paso de las partículas de suelo, conformando de esta manera un geodren.

Geocompuestos.

Es un material fabricado que combina geotextiles, georredes, geomallas, geomembranas y/o cualquier otro material como suelos o metales, en una forma laminada o compuesta. Dentro de este tipo de materiales se encuentran los GCL (Geosynthetic Clay Liner) que son mantos impermeables combinando geotextiles o geomembranas con arcillas. También están los geodrenes que combinan tubos y geotextiles entre otros materiales.

Propiedades físico - mecánicas de los geotextiles

La función principal que debe cumplir un geotextil permite definir las propiedades que se deben tener en cuenta para escoger el más adecuado. Para el refuerzo se hace énfasis en las propiedades mecánicas, para la filtración y el drenaje se profundiza en las hidráulicas y para otras funciones como la separación se analizan todas las propiedades por igual. Dependiendo del tipo de aplicación, de las condiciones de instalación y de la durabilidad requerida, se debe considerar las propiedades de supervivencia del geotextil, adicional a las analizadas por función.

Propiedades físicas.

Las propiedades índice describen las características generales que permiten hacer una clasificación de los geotextiles. Estas son:

Masa por unidad de área.- La masa por unidad de área es el término adecuado para lo que se conoce como el peso del geotextil o peso base, donde la masa debe medirse aproximadamente al 0.01% del total de la masa del espécimen, y la longitud y el ancho deben medirse sin que el geotextil esté sometido a ninguna tensión.

Espesor.- El espesor es una propiedad descriptiva del material. Consiste en determinar la distancia que hay entre la cara inferior y la cara superior del geotextil. Este dato se mide con un error menor a 0.02 mm. Es importante resaltar la importancia de esta propiedad en las aplicaciones de filtración, debido a que con un menor espesor el geotextil tiene una menor porosidad y por lo tanto una menor resistencia.

Propiedades mecánicas.

Los geotextiles deben asumir y sufrir deformaciones. Una carga puede causar deformación o una deformación puede generar una tracción en el geotextil; la carga puede aplicarse en el plano del geotextil o perpendicular a

su plano. La relación entre carga y deformación en un geotextil puede considerarse como un comportamiento mecánico.

Las propiedades mecánicas de un geotextil dependen de la fibra y de su estructura en el caso de un geotextil no tejido, y de la construcción de las cintas en el caso de un geotextil tejido. Existen dos direcciones en el geotextil; dirección de la máquina y dirección transversal, los geotextiles en general tienden a ser isotrópicos, sin embargo en algunos casos presentan grandes diferencias en las propiedades de una dirección a otra. Las propiedades que se describen a continuación miden la resistencia de los geotextiles a los esfuerzos de tensión.

Resistencia a la tensión.- La resistencia a la tensión es una de las propiedades más importantes de los geotextiles y se debe tener en cuenta en la determinación de los criterios y los parámetros de diseño. En uno de los casos la resistencia a la tensión se considera una función primaria (refuerzo) y en otros una función secundaria (separación, drenaje y filtración).

Resistencia al punzonamiento.- Durante el proceso de instalación los geotextiles pueden romperse o desgastarse con materiales que estén en contacto directo con su superficie tales como elementos punzantes, piedras angulares, ramas de árboles, desechos de construcción, etc.

Funciones de los geotextiles.

Separación: Impide la contaminación de los agregados seleccionados con el suelo.

Refuerzo: todo suelo tiene una baja resistencia a la tensión. El geotextil absorbe los esfuerzos de tensión que el suelo no posee.

Filtración: permite el paso del agua a través de los poros, impidiendo que las partículas sólidas traspasen el geotextil.

Drenaje planar: drena el agua en el plano del geotextil, evitando el desarrollo de la presión de poro en la masa de suelo en consideración.

Barrera impermeable: los geotextiles no tejidos al impregnarse con asfalto, elastómeros u otro tipo de mezclas poliméricas, crean una barrera impermeable contra líquidos.

Protección: gracias al espesor de los geotextiles no tejidos, estos absorben los esfuerzos inducidos por objetos angulosos o punzantes, protegiendo materiales laminares como es el caso de las geomembranas.

Aplicaciones de los geotextiles.

Vías: en la construcción de vías pavimentadas y no pavimentadas, los geotextiles mejoran la capacidad del terreno, al permitir una mejor distribución de las cargas aplicadas por el tráfico. Actúan como separador entre la sub-base y la subrasante,

Repavimentación: el exceso de humedad en las vías, es la causa principal del deterioro de los pavimentos. Los geotextiles se colocan entre la capa vieja y nueva del asfalto, actuando como una barrera impermeable que impide la penetración del agua a la subestructura del pavimento.

Ferrovías: los geotextiles utilizados en las ferrovías, distribuyen las cargas transmitidas por el ferrocarril al terreno de cimentación, lográndose un mejor comportamiento de la vía. Actúan como separador y medio de filtración del balasto y el terreno. Prolongan la vida útil de la ferrovía al impedir la contaminación del balasto con los finos del suelo.

Subdrenes: los geotextiles pueden ser utilizados como elementos separadores permeables en la construcción del sistema de drenaje (carreteras, estacionamientos, zonas costeras, campos deportivos, etc.). permiten el paso del agua filtrando los materiales finos y evitando la formación de cavernas debido a la erosión.

Terraplenes: el uso de geotextiles en terraplenes ofrece considerables reducciones de los costos contra técnicas convencionales de construcción. Cuando la cimentación es de baja capacidad y no ofrece un factor de seguridad adecuado, es imposible la construcción de terraplenes altos. El geotextil absorbe esfuerzos de tensión, mejorando la capacidad de carga del terreno, permitiendo así la construcción de terraplenes altos.

Túneles: se utilizan los geotextiles en la construcción de túneles revestidos en concreto. Cuando se colocan geomembranas impermeables, los protege de los movimientos entre la pared de roca del túnel y el revestimiento en concreto.

Capítulo V

Características del Material Empleado en los Ensayes

5.1.- Propiedades índice

Para dar inicio con las pruebas se seleccionó particularmente un único tipo de suelo con el que se trabajará para posteriormente realizar las pruebas correspondientes de laboratorio para su clasificación.

La cantidad necesaria para realizar este estudio fue de 30 kg de material, realizando las siguientes pruebas.

Se obtuvo el contenido de humedad inicial de la muestra en su estado natural. El valor de la humedad inicial de la muestra fue de:

$$\omega = 23.76 \%$$

Posteriormente se procedió a clasificar el suelo según el SUCS

Clasificando únicamente la fracción fina del suelo y quedando nuestra clasificación de la siguiente:

MH (Limo de alta plasticidad)

De igual manera se calculó la prueba de densidad de sólidos ya que esta es útil para obtener la curva de cero vacíos de aire para la prueba de compactación

El valor obtenido de esta prueba es el siguiente:

$$S_s = 2.37$$

5.2.- Propiedades mecánicas

Se realizó una prueba de compactación Proctor Estándar a una parte del material para la realización de los ensayes y que paso por la malla número 4.

El objetivo a seguir en esta prueba es el de obtener la Humedad Óptima y el Peso Específico Seco Máximo correspondiente. Lo cuál es necesario para la reproducción de las probetas a ensayar

El resultado de esta prueba se muestra a continuación:

Humedad optima ($\omega_{opt.}$) : 22 %

Peso específico húmedo (γ_m): 1.75 t/m³

Peso específico seco ($\gamma_{d,max}$): 1.40 t/m³

Los resultados de la pruebas antes descritas se encuentra en su totalidad en el anexo 1.

5.3.- Procedimientos elegidos para el mejoramiento de suelos

La estabilización química de suelos se refiere a las alteraciones producidas en su masa por la introducción de una cierta cantidad de aditivo.

Decimos que un suelo se estabiliza químicamente cuando interviene el agua en la mezcla de los materiales presentándose en él reacciones químicas.

Hay diferentes materiales para realizar este tratamiento, los cuáles son por lo general de tipo industrial como la cal hidratada y el cemento Pórtland principalmente, además de algunos aditivos de uso industrial.

En un primer caso si la mezcla es realizada con suelo y cal se obtiene lo que se llama un suelo mejorado.

En la estabilización con cal uno de los aspectos que se logra controlar es el contenido de agua en suelos muy húmedos de tal manera que sean manejables y se logren mejores condiciones de compactación. Al mezclar el suelo con la cal se mejora la condición plástica del mismo, la estabilidad volumétrica, la reducción de permeabilidad y por ende su capacidad de carga.

En el segundo caso si la mezcla es con cemento se obtiene lo que más comúnmente se llama suelo-cemento.

La estabilización con cemento generalmente se emplea para aumentar la resistencia del suelo y así mismo incrementar las cargas de tránsito y obtener mezclas con un mejor comportamiento ante la erosión y los cambios abruptos de temperatura.

En ambos casos se puede realizar el tratamiento en planta o in situ y el proceso implica la adición algún estabilizante, la mezcla con el suelo o el material que se quiere mejorar y el proceso de compactación. Su aplicación se puede llevar a cabo en vías, caminos rurales, zonas peatonales, etc.

Para el presente trabajo se utilizará en el mejoramiento de suelos los correspondientes a; el suelo natural, suelo natural + 5% de cal, suelo natural + 5% de cemento y finalmente suelo natural + 5% de aditivo ISS-2500. Realizando una comparación entre estos.

A continuación se describen los procesos de obtención del la cal y el cemento respectivamente, haciendo énfasis en el aditivo por ser el material de reciente creación y que se pretende sea de uso más común en nuestro país.

➤ **Suelo Natural más 5% de Cal**

Proceso de obtención.

El proceso de producción de la cal comienza desde la exploración y selección del yacimiento de piedra caliza, que es una roca compuesta de carbonato de calcio (CaCO_3) y porcentajes mínimos de otros minerales, ésta es una piedra natural que comúnmente se llama piedra caliza rica en calcio.

Una piedra caliza que posea un alto contenido de magnesio se clasifica como piedra caliza dolomítica. Las cales elaboradas con estas rocas se llaman cal viva y cal dolomítica respectivamente.

Una vez que se ha delimitado el yacimiento de la piedra caliza, se realiza la extracción material del yacimiento natural para posteriormente sea triturada la piedra y clasificada de acuerdo a su tamaño posterior.

Cuando se ha clasificado la piedra de acuerdo a su tamaño, ésta debe ser lavada para asegurar la pureza del producto antes del proceso de calcinación.

La piedra caliza y la piedra dolomítica son transformadas en cal viva y cal dolomítica en hornos verticales u horizontales, para alcanzar esta transformación química son necesarias temperaturas superiores a los 900°C .

Los hornos para calcinación están compuestos por un casco de acero revestido interiormente de material refractario. Los hornos verticales se subdividen en las siguientes zonas:

- a) Una zona para almacenamiento de materias primas.
- b) La zona de calentamiento previo en la cual se enfrían los gases producto de la combustión y se calienta la piedra.
- c) La zona de calcinación en la que se efectúa por lo menos el 90 % de la calcinación de la piedra.

- d) La zona de terminación en la que se quema una parte del combustible con exceso de aire para terminar la calcinación de la piedra.
- e) La zona de enfriamiento en la que pasan a contracorriente aire y cal, enfriándose la cal y calentándose el aire.

Para la obtención de la hidratación, el hidróxido de calcio (Ca(OH)_2) o cal hidratada se obtiene por la adición de agua a la cal viva. Este proceso de hidratación conlleva una reacción química exotérmica en la que se liberan grandes cantidades de calor.

Durante la hidratación o apagado de la cal, las rocas de cal viva absorben agua desintegrándose y obteniéndose un polvo fino de color blanco, que es el producto final de este proceso.

Aplicaciones

El tratamiento de suelos es uno de los principales usos de la cal en la ingeniería civil. Este procedimiento ha gozado recientemente de un gran desarrollo y juega un papel importante en las técnicas modernas de construcción.

En presencia de agua, la cal viva se hidrata formándose hidróxido de calcio. El calor liberado en esta reacción se usa para secar rápidamente los suelos húmedos. También la cal viva, la cal hidratada y la lechada de cal neutralizan los minerales de las arcillas del suelo, mejorando gradualmente sus características mecánicas.

➤ Suelo Natural + Cemento

Proceso de obtención del cemento

El proceso de fabricación del cemento comienza con la obtención de las materias primas necesarias para conseguir la composición deseada de óxidos metálicos para la producción de clínker.

La obtención de la proporción adecuada de los distintos óxidos se realiza mediante la dosificación de los minerales de partida:

Caliza y margas para el aporte de CaO.

Arcilla y pizarras para el aporte de otros óxidos.

Las materias primas son transportadas a la fábrica de cemento donde se descargan para su almacenamiento.

La prehomogenización se realiza mediante diseños adecuados del apilamiento y la extracción de los materiales en los almacenamientos reduce la variabilidad de los mismos.

Molienda y cocción de materias primas

La finalidad de la molienda es reducir el tamaño de las partículas de materias primas para que las reacciones químicas de cocción en el horno puedan realizarse de forma adecuada.

La molienda de materias primas (molienda de crudo) se realiza en equipos mecánicos rotatorios, en los que la mezcla dosificada de materias primas es sometida a impactos de cuerpos metálicos o a fuerzas de compresión elevadas.

El material obtenido debe ser homogenizado para garantizar la calidad del clínker y la correcta operación del horno.

Molienda de cemento

El proceso de fabricación de cemento termina con la molienda conjunta de clínker, yeso y otros materiales denominados "adiciones".

Los materiales utilizables, que están normalizados como adiciones, son entre otros:

Escorias de horno alto
Humo de sílice
Puzolanas naturales
Cenizas volantes
Caliza

En función de la composición, la resistencia y otras características adicionales, el cemento es clasificado en distintos tipos y clases.

La molienda de cemento se realiza en equipos mecánicos en las que la mezcla de materiales es sometida a impactos de cuerpos metálicos o a fuerzas de compresión elevadas.

> **Suelo Natural más Aditivo ISS - 2500**

Principios Físicos y Químicos

El ISS2500 (Estabilizador Iónico de suelos), es una emulsión soluble al agua que contiene aceites sulfonados; que al ser incorporados al suelo, producen en él cambios químico-físicos de estructura, acondicionándolo para alcanzar elevados índices de compactación superiores al 110 del parámetro Proctor, aumentando así la capacidad de soporte y la resistencia al esfuerzo.

Las partículas que componen los suelos se encuentran cubiertas de moléculas de agua, para lograr el intercambio iónico es necesario romper la capa de agua que las envuelve. El ISS-2500 es un agente catalítico de intercambio iónico que actúa sobre el agua reduciendo el momento dipolar de la molécula, disociando en iones de hidrógeno (H) y en iones de Hidróxilo (OH-) que a su vez, entregan Hidrónio con carga positiva o negativa y (O-)

La carga superficial neta sobre los materiales arcillosos en los suelos es prácticamente siempre negativa, por lo tanto atrae iones positivos como

hidrógeno y metales básicos que se ubican a distancias infinitamente pequeñas de la superficie, modificando el equilibrio.

Las cargas negativas del ion hidrónico y del ion hidróxilo, se combinan con los metales cargados positivamente mediante la reducción de carga que el ISS-2500 inicia en la molécula de agua; suficientes iones negativos ejercen presión sobre los iones metálicos positivos ubicados en la capa de agua, logrando un rompimiento total de la barrera de potencial electrostática existente.

Cuando esto sucede, los iones metálicos se transfieren al agua libre salen arrastrados con la evaporación o el escurrimiento. El agua higroscópica se reduce, así como el agua retenida por tensión superficial. Las partículas del suelo pierden su capacidad de absorber agua y tienden a aglomerarse reduciéndose al área superficial susceptible de absorber agua. La estructura del suelo, se torna frágil desmenuzable.

Estos cambios otorgan al suelo condiciones óptimas para una alta compactación con medios mecánicos; son irreversibles y permanentes, por cuanto la función catalítica del ISS-2500 continúa indefinidamente cuando se encuentra en presencia de agua. Por lo tanto la estabilización es definitiva, mejora con el tiempo, la compactación aumenta cuanto más pesado es el tráfico en caminos, y la capa estabilizada constituye una barrera que impide la filtración de agua desde el subsuelo.

El ISS-2500 altera químicamente las partículas del suelo, para que no puedan absorber agua. La absorción del agua hace que la tierra no sea apta para las construcciones. El agua absorbida, actúa como lubricante para las partículas del suelo y no le permite compactarse El ISS-2500 libera los estratos del agua absorbida y así el suelo puede tener una compactación de entre 98 y 100 %. El tratamiento es permanente y el suelo nunca más absorberá agua.

USOS

Existen tres usos principales para el ISS-2500:

1.- el tratamiento del material de la superficie de desgaste para caminos de terracería

2.- el tratamiento y estabilización de las capas de trabajo (base, sub.-base y sub.-rasante) de un camino sellando (pavimento, concreto, etc.)

3.- el tratamiento y estabilización de suelos en general para elevar los grados de compactación y dar solidez a la superficie del suelo.

Los materiales que contienen arcillas tienen la tendencia de absorber agua después de la compactación, dando como resultado una baja capacidad de carga. El ISS-2500, neutraliza las características negativas de la arcilla y permite obtener mucho más altas densidades con el mismo material.

Toda vez que el ISS-2500 trabaja tratando la arcilla que se encuentra en el suelo a nivel de cada partícula, se requiere de una muy pequeña cantidad de producto por metro cuadrado.

Dado que el costo del ISS-2500 es mucho más económico, que el de los estabilizadores tradicionales y que el de los materiales acarreados de bancos, esto permite un ahorro considerable en la ejecución de la obra.

Donde hay suelos, cuyas características de compactación son buenas, el tratamiento de estos materiales con ISS-2500, minimiza el deterioro y/ó los problemas que se derivan de la penetración del agua, bajo la carpeta de sello.

En caso de que aparezcan baches derivados de que se rompa la carpeta de sello, en un camino tratado con ISS-2500 la integridad de los cimientos de la carretera, permanecerán intactos y el mantenimiento y los trabajos de reparación quedaran restringidos al sello o superficie de rodamiento.

A diferencia de los estabilizadores convencionales, no existe un periodo de obra, o una limitación en el tiempo de trabajo, cuando se estabilizan las capas con ISS-2500, lo que aumenta el potencial de ahorro en costo para los usuarios durante la temporada de lluvias o en el caso de que la maquinaria de trabajo tenga fallas y reparaciones.

VENTAJAS

Toda vez que el ISS-2500 trabaja tratando la arcilla que se encuentra en el suelo a nivel de cada partícula, se requiere de una muy pequeña cantidad (producto por metro cuadrado).

Un tambor de 210 litros de ISS-2500 es suficiente para dar tratamiento a 7 000 m² (en una capa estándar de 0.15 a 0.20 metros de espesor), siendo el equivalente a 80 toneladas de un estabilizador convencional.

Construcción y aplicación

Para la aplicación del ISS-2500 no se requiere de maquinaria especializada, utilizando únicamente equipo estándar para construcción de caminos.

No se requiere ninguna técnica constructiva especial, y se siguen métodos estándar de construcción de capas de terracería.

La aplicación estándar de ISS-2500 en capas de 0.15 a 0.20 m es de 300 ml/m²; y el equipo que se requiere es:

- pipa de agua
- motoconformadora
- vibrocompactadora.

Con este equipo se puede producir diariamente $\pm 2,500 \text{ m}^2$. Sin embargo, en la construcción de calles estrechas la producción puede disminuir dada la dificultad del equipo.

El ISS-2500 se aplica utilizando el mismo método tanto en carreteras recubiertas como en carreteras de terracería. Si la capa estabilizada se va utilizar como superficie de rodamiento en el diseño, es necesario tener un peralte de drenaje adecuado, para asegurar la obtención del máximo beneficio de la reconstrucción y de la estabilización, si se requiere un sello arriba de una capa tratada con ISS-2500. La integridad de la base permite poner un sello mucho más barato por ejemplo: baño y gravilla, o sello de arena.

Capítulo VI

Equipo Para Elaborar y Probar el Suelo Mejorado

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

6.1.- Equipo utilizado para compactar el suelo

La compactación de la muestra se realizo en el equipo Proctor Estándar del laboratorio de mecánica de suelos como el que se muestra en la figura 6.1



Figura 6.1.- Equipo de compactación Proctor estandar

6.2.- Equipo para reproducción de probetas de suelo natural y mejorado

El equipo utilizado para la compactación de las probetas se llevo a cabo en los moldes descritos a continuación, lo mismo para el suelo natural y el suelo mejorado. Describiéndose el funcionamiento del equipo de la siguiente manera.

Un molde de compactación cuyas características geométricas son las siguientes: 3.6 cm de diámetro y 9 cm de altura provisto de una extensión de 2.5 cm de altura y de igual diámetro con un volumen de 91.60 cm³. Cabe hacer la aclaración que este molde no representa al compactador Harvard miniatura pero es de características semejantes.

Un juego de barras de acero las cuáles su función era la de comprimir y extraer a la muestra de suelo, como las muestras se compactaron en tres capas, mediante una barra de acero, la cuál tiene unas graduaciones de acuerdo al volumen que debe ocupar cada capa en el molde.

El proceso de compactación se realizo mediante la aplicación de una presión a la barra graduada colocada en la muestra de suelo, para cada capa compactada se llevó a cabo una escarificación de la base para así poder establecer una unión de cada capa dentro del molde. Otra barra de acero nos servía como guía para la extracción de las probetas mejoradas de igual manera mediante una presión en la muestra pero en sentido contrario, ya que se desmonto la base del molde.

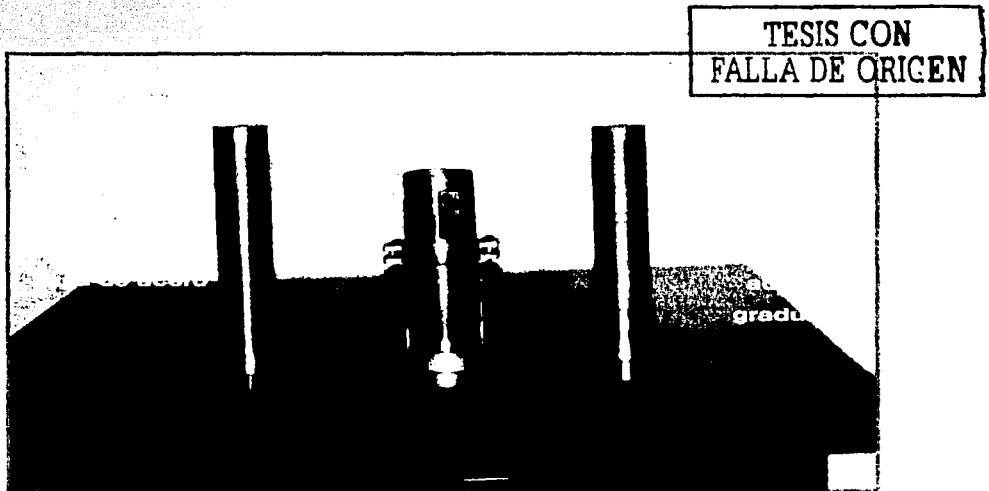


Figura 6.2.- Equipo para compactar el suelo.

La presión aplicada tanto en la fabricación como en la extracción de las probetas se realizo de forma manual mediante un gato neumático, tomando la

precaución de engrasar las paredes internas del molde para realizar la expulsión de la muestra con mayor facilidad.

Las figuras 6.2 y 6.3 muestran el equipo antes descrito



Figura 6.3.- Extracción de probetas

6.3.- Marco de deformación controlada.

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

La descripción de este equipo se explicará de manera general y únicamente se hará énfasis en las pruebas que se realizaron en él.

Sistema Mecánico

Lo conforman un sistema de engranes, un selector de velocidad, los manerales y el clutch que sirven para controlar el movimiento del pistón ya que este es el que produce el desplazamiento del plato, el cual reacciona contra el marco, generándose de esta manera la carga en la muestra la cuál se mide a través de un anillo de carga instalado en el equipo.

Sistema Neumático

Está formado por un regulador con su manómetro, una válvula de tres posiciones que controla la dirección del aire, un vaso de policarbonato y el tanque con agua para el llenado de la cámara.

Sus funciones son, dar presión confinante a la muestra del suelo a través de una presión aplicada al vaso. La otra función es aplicar presión al tanque para que este pueda subir y surtir de agua a la cámara triaxial y al vaso de policarbonato. Estas funciones son controladas en el tablero de Presión confinante

El aire a presión se envía al tablero mediante una manguera hacia el regulador, esto es la presión de alimentación, con el regulador se obtiene la presión deseada, esta presión se va hacia la válvula de tres posiciones que controla la dirección del aire, en este caso se dirige la presión al tanque del agua, y esta puede subir abriendo para ello las válvulas correspondientes y el agua entra a la cámara y al vaso de policarbonato, logrando lo anterior se regresa la válvula a la posición neutral y se baja la presión del regulador a cero.

Para aplicar la presión confinante, se regula nuevamente la presión deseada, esta se va a la válvula de tres posiciones y se dirige al vaso de policarbonato, que sirve de interfase entre aire a presión y agua, abriendo las válvulas indicadas, la presión del vaso se aplicará a la muestra que se encuentra en la cámara triaxial mediante el fluido confinante.

Instrumentación del equipo.

La instrumentación del equipo esta compuesta por lo siguiente:

- Dos transductores.
- Dos acondicionadores de señal.
- Dos micrómetros eléctricos provistos de sus impresora

Se encuentra instalado en el tablero de contrapresión y el otro juego se encuentra en el tablero de presión confinante que nos registran el valor de la presión de poro o contrapresión y presión confinante.

Esta presión la capta el transductor y a través de una señal eléctrica que llega al acondicionador de señal y la transforma a unidades de presión. Para que el transductor pueda registrar la presión de poro, este se coloca en el dren inferior de la muestra del suelo. La figura siguiente muestra el equipo

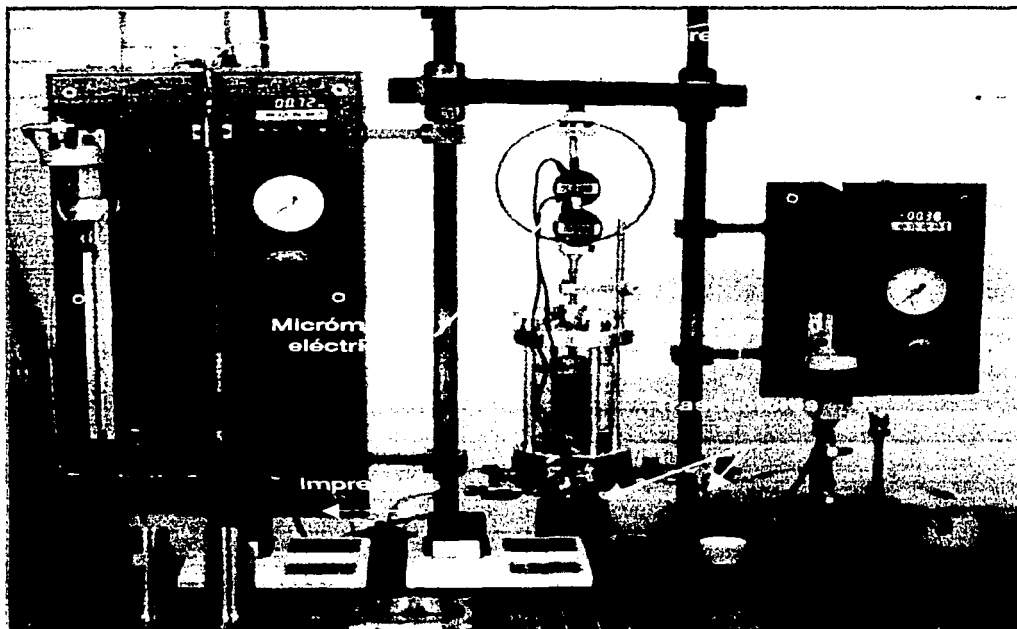


Figura 6.5.- Instrumentación del equipo

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

6.4.- Ensayes realizados

Para efectos del presente trabajo se fabricaron probetas de suelo natural y mejorado con los diferentes métodos elegidos a distintos tiempos de curado establecidos para el proyecto (0, 2, 14 y 30 días), incluyendo también al suelo en su estado natural al medio ambiente y en condición saturada durante 24 horas para cada par de muestras gemelas a ensayar.

La única prueba que se realizó a estas probetas fue de compresión simple en las condiciones óptimas determinadas con anterioridad en la prueba de compactación, para posteriormente someter a los especímenes a compresión axial sin confinar ya que únicamente se carga el espécimen llevándose a la falla, obteniendo su resistencia.

La prueba se llevo a cabo en un marco de deformación controlada explicado ya anteriormente.

La saturación de cada una de las probetas durante 24 horas se realizó en un marco triaxial de carga controlada.

Información obtenida para la realización de las pruebas.

Los datos para realizar este ensaye se obtienen en las etapas descritas a continuación.

- Fabricación de probetas de suelo natural y mejorado.
- Montaje de la probeta.
- Saturación de la probeta.
- Aplicación de la carga.
- Falla del espécimen mejorado de suelo.

Fabricación de Probetas.

En esta primera etapa se obtienen las características geométricas de cada una de las probetas, los datos obtenidos son los siguientes.

Fecha de ensaye.

Numeración de las probetas.

Diámetro superior de la probeta D_s .

Diámetro inferior de la probeta D_i .

Diámetro medio de la probeta D_m .

Tres alturas de la probeta medidas a cada 120° , h_1, h_2, h_3 .

Peso de la probeta W_m .

Área

Volumen

Peso específico

Grado de compactación

Montaje de la probeta

Esta etapa abarca únicamente el montaje de cada una de las probetas en condición normal (sin saturación) y saturadas.

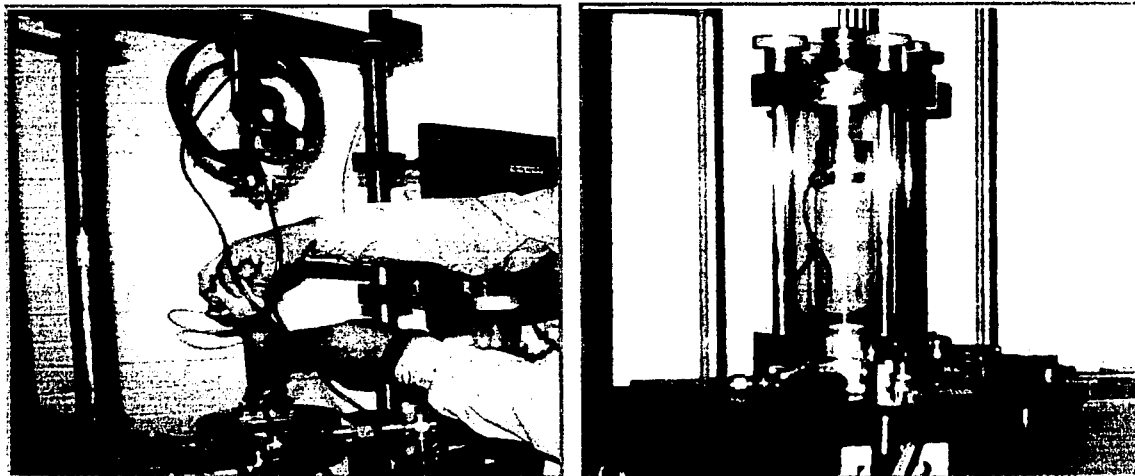


Figura 6.8.- Montaje y saturación de probetas

Saturación de la Probeta

TESIS CON
FALLO DE ORIGEN

Esta etapa comprende la circulación de agua en la muestra de suelo, en esta parte del proceso se monto cada una de las probetas en el marco de carga controlada para aplicarle un esfuerzo efectivo de 0.2 kg/cm^2 y una contrapresión de 2.3 kg/cm^2 durante 24 horas, para su posterior etapa de falla.

Aplicación de la carga

En la etapa de aplicación del esfuerzo desviador la información que se obtiene se organiza en un hoja de calculo con la siguiente Información.

- Registro de tiempo: nos indica en que momento tomar lecturas, se expresa en min.
- Lectura del micrómetro de carga: nos indica la deformación producida en el anillo, que multiplicado por la constante del anillo nos da la carga aplicada a la muestra de suelo.
- Lectura del micrómetro: nos indica el cambio de altura que va teniendo la muestra de suelo.

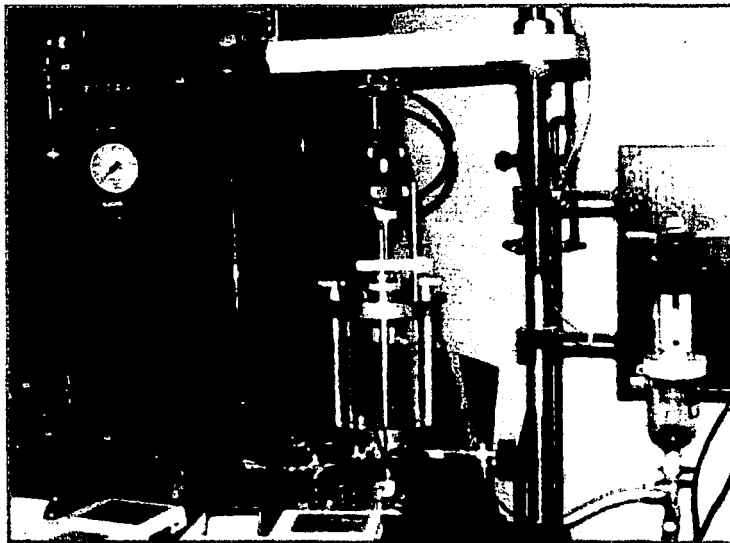


figura 6.10.- Probeta preparada para su ensaye

TESIS CON
FALTA DE ORIGEN

Falla de la muestra de suelo

En esta etapa se realiza un esquema de la muestra ya fallada, se mide el plano de falla, si es que hubo tal y se anotan las observaciones.

Procesamiento de la información

Los datos obtenidos anteriormente se procesan para obtener mayor información de la muestra de suelo en estudio.

Del primer bloque de datos se obtiene la siguiente información:

Diámetro promedio D_o , en cm

Altura media h_o , en cm

Peso de la muestra W_m , en gr

Área de la muestra A_o , en cm^2

Volumen, en cm^3

Peso específico del material γ_m , en ton/m^3

Grado de compactación en %

Esta información se obtienen con las siguientes expresiones:

$$D_o = \frac{D_l + 2D_m + D_s}{4}$$

$$h_o = \frac{h_1 + h_2 + h_3}{3}$$

$$A_o = \frac{\pi D_m^2}{4}$$

$$\gamma_m = \frac{W_o}{A_o h_m}$$

$$GC = 100 - \left(\frac{(\gamma_{mi} - \gamma_{mf})}{\gamma_{mi}} \times 100 \right)$$

La información que se obtienen durante la aplicación del esfuerzo desviador se procesa en forma tabular usando una hoja de cálculo, que debe contener la siguiente información:

Carga aplicada P, en kg

$$P = (L_1 - L_n) \times K_{\text{anillo}}$$

Deformación total δ , en mm

$$\delta_o = L_1 - L_n$$

Deformación unitaria ε , en %.

$$\varepsilon (\%) = \frac{\delta_n}{10h_c} \times 100$$

Esfuerzo Desviador σ_d , en kg/cm².

$$\sigma_{d_n} = \frac{P_n}{A_{\text{corr}}}$$

Capítulo VII

Análisis de Resultados

El análisis de los resultados obtenidos en la elaboración de las probetas se presentan a continuación en las tablas (7.1,7.2,7.3 Y 7.4) Encontrándose en general buenos resultados ya que el grado de compactación siempre estuvo cercano al 100% con respecto al óptimo alcanzado en la prueba Proctor estandar.

Sobre el procedimiento de ensaye de las probetas la información necesaria de cada una se encuentra en sus tablas de datos correspondientes, de la siguiente manera:

Las tablas comienzan con las probetas de suelo natural seguidas de sus respectivas gráficas. Continuando en el mismo orden las probetas de suelo natural + 5 % de cal, suelo natural + 5 % de cemento y finalmente se presentan las tablas y graficas de los ensayes correspondientes al aditivo ISS-2500 empleado para el estudio

Finalmente se encuentran unas tablas en las cuáles se muestra un resumen de las resistencias alcanzadas durante cada una de las etapas de ensaye.

Presentándose primero una gráfica en la cuál se puede apreciar la variación que tuvieron las probetas de cada método durante todo el ensaye.

Y finalmente una gráfica de barras en la cuál se puede apreciar de manera más clara la evolución de las resistencias alcanzadas.

PROBETAS DE SUELO NATURAL

DATOS DE LA COMPACTACIÓN

 $\gamma_m = 1.75 \text{ g/cm}^3$

FECHA DE REALIZACIÓN 21 DE OCTUBRE DE 2002	FECHA DE ENSAYE	PROBETA No.	DIÁMETROS		ALTURAS		W_{PROBETA}	ÁREA	VOLUMEN	γ_m	GRADO DE COMP.
			cm		cm		g	cm ²	cm ³	g/cm ³	%
	21/10/2002	1	D _s	3.605	H ₁	9.046	157.0700	10.2170	92.4297	1.6993	97.1055
			D _m	3.608	H ₂	9.040					
			D _i	3.606	H ₃	9.054					
			D ₀	3.607	H ₀	9.047					
	22/10/2002	2	D _s	3.555	H ₁	9.07	158.7700	10.1491	92.1371	1.7232	98.4682
			D _m	3.605	H ₂	9.054					
			D _i	3.614	H ₃	9.111					
			D ₀	3.595	H ₀	9.078					
23/10/2002	3	D _s	3.606	H ₁	8.919	158.1000	10.2269	91.3911	1.7299	98.8531	
		D _m	3.608	H ₂	8.945						
		D _i	3.612	H ₃	8.945						
		D ₀	3.609	H ₀	8.936						
24/10/2002	4	D _s	3.603	H ₁	9.097	157.9600	10.2312	92.9740	1.6990	97.0840	
		D _m	3.611	H ₂	9.043						
		D _i	3.612	H ₃	9.122						
		D ₀	3.609	H ₀	9.087						
11/11/2002	5	D _s	3.608	H ₁	9.155	158.4300	10.2042	92.8246	1.7068	97.5295	
		D _m	3.605	H ₂	9.099						
		D _i	3.600	H ₃	9.036						
		D ₀	3.605	H ₀	9.097						
12/11/2002	6	D _s	3.606	H ₁	9.142	158.4300	10.2510	93.2261	1.6994	97.1095	
		D _m	3.617	H ₂	8.994						
		D _i	3.611	H ₃	9.147						
		D ₀	3.613	H ₀	9.094						
18/11/2002	7	D _s	3.605	H ₁	9.107	158.2200	10.2142	92.9965	1.7014	97.2202	
		D _m	3.607	H ₂	9.116						
		D _i	3.606	H ₃	9.091						
		D ₀	3.606	H ₀	9.105						
19/11/2002	8	D _s	3.604	H ₁	8.978	157.9100	10.2156	91.6371	1.7232	98.4692	
		D _m	3.607	H ₂	8.979						
		D _i	3.608	H ₃	8.954						
		D ₀	3.607	H ₀	8.970						

TABLA 7.1.- FABRICACIÓN DE PROBETAS DE SUELO NATURAL

PROBETAS DE SUELO NATURAL + 5 % DE CAL

DATOS DE LA COMPACTACIÓN

 $\gamma_m = 1.75 \text{ g/cm}^3$

FECHA DE REALIZACIÓN 21 DE OCTUBRE DE 2002	FECHA DE ENSAYE	PROBETA N_0	DIÁMETROS cm		ALTURAS cm		W_{PROBETA} g	ÁREA cm^2	VOLÚMEN cm^3	γ_m g/cm^3	GRADO DE COMP. %
	21/10/2002	9	D_s	3.605	H_1	9.046	158.4900	10.2170	92.4297	1.7147	97.9833
			D_m	3.608	H_2	9.040					
			D_i	3.606	H_3	9.054					
			D_0	3.607	H_0	9.047					
	22/10/2002	10	D_s	3.622	H_1	9.011	158.3500	10.2468	92.2686	1.7162	98.0677
			D_m	3.61	H_2	8.975					
			D_i	3.606	H_3	9.028					
			D_0	3.612	H_0	9.005					
	23/10/2002	11	D_s	3.611	H_1	9.138	159.2000	10.2808	93.5521	1.7017	97.2415
		D_m	3.626	H_2	9.06						
		D_i	3.609	H_3	9.101						
		D_0	3.618	H_0	9.100						
24/10/2002	12	D_s	3.612	H_1	9.187	160.0200	10.2297	93.4350	1.7126	97.8648	
		D_m	3.603	H_2	9.093						
		D_i	3.618	H_3	9.121						
		D_0	3.609	H_0	9.134						
11/11/2002	13	D_s	3.611	H_1	9.108	160.4000	10.2453	93.2223	1.7206	98.3210	
		D_m	3.612	H_2	9.094						
		D_i	3.612	H_3	9.095						
		D_0	3.612	H_0	9.099						
12/11/2002	14	D_s	3.61	H_1	9.114	159.2700	10.2453	93.0311	1.7120	97.8291	
		D_m	3.618	H_2	9.092						
		D_i	3.601	H_3	9.035						
		D_0	3.612	H_0	9.080						
18/11/2002	15	D_s	3.61	H_1	9.017	159.2600	10.2184	92.5106	1.7215	98.3732	
		D_m	3.605	H_2	9.05						
		D_i	3.608	H_3	9.093						
		D_0	3.607	H_0	9.053						
19/11/2002	16	D_s	3.612	H_1	9.14	159.8800	10.2326	93.1301	1.7167	98.0993	
		D_m	3.61	H_2	9.143						
		D_i	3.606	H_3	9.021						
		D_0	3.610	H_0	9.101						

TABLA 7.2.- FABRICACIÓN DE PROBETAS DE SUELO NATURAL + 5 % DE CAL

PROBETAS DE SUELO NATURAL + 5 % DE CEMENTO

DATOS DE LA COMPACTACIÓN

$\gamma_m = 1.75 \text{ g/cm}^3$

FECHA DE REALIZACIÓN 21 DE OCTUBRE DE 2002	FECHA DE ENSAYE	PROBETA N _o	DIÁMETROS		ALTURAS		W _{PROBETA}	ÁREA	VOLÚMEN	γ_m	GRADO DE COMP.
			cm		cm		g	cm ²	cm ³	g/cm ³	%
	21/10/2002	17	D _S	3.61	H ₁	9.020	158.540	10.2581	92.4905	1.7141	97.9498
			D _m	3.619	H ₂	8.975					
			D _i	3.608	H ₃	9.054					
			D ₀	3.614	H ₀	9.016					
	22/10/2002	18	D _S	3.618	H ₁	9.081	157.800	10.2751	93.3908	1.6897	96.5528
			D _m	3.619	H ₂	9.065					
			D _i	3.612	H ₃	9.121					
			D ₀	3.617	H ₀	9.089					
23/10/2002	19	D _S	3.615	H ₁	9.079	157.220	10.3036	93.6045	1.6796	95.9783	
		D _m	3.628	H ₂	9.069						
		D _i	3.617	H ₃	9.106						
		D ₀	3.622	H ₀	9.085						
24/10/2002	20	D _S	3.61	H ₁	9.190	158.800	10.2723	94.4367	1.6815	96.0885	
		D _m	3.619	H ₂	9.250						
		D _i	3.618	H ₃	9.140						
		D ₀	3.617	H ₀	9.193						
11/11/2002	21	D _S	3.608	H ₁	8.993	156.760	10.2510	92.1703	1.7008	97.1866	
		D _m	3.615	H ₂	8.981						
		D _i	3.613	H ₃	9.000						
		D ₀	3.613	H ₀	8.991						
12/11/2002	22	D _S	3.611	H ₁	9.298	158.960	10.2609	95.0266	1.6728	95.5883	
		D _m	3.616	H ₂	9.200						
		D _i	3.615	H ₃	9.285						
		D ₀	3.615	H ₀	9.261						
18/11/2002	23	D _S	3.639	H ₁	8.995	159.770	10.3164	92.9953	1.7180	98.1740	
		D _m	3.621	H ₂	9.063						
		D _i	3.616	H ₃	8.985						
		D ₀	3.624	H ₀	9.014						
19/11/2002	24	D _S	3.616	H ₁	9.078	159.880	10.2652	93.2833	1.7139	97.9382	
		D _m	3.618	H ₂	9.081						
		D _i	3.609	H ₃	9.103						
		D ₀	3.615	H ₀	9.087						

TABLA 7.3.- FABRICACIÓN DE PROBETAS DE SUELO NATURAL + 5 % DE CEMENTO

PROBETAS DE SUELO NATURAL + 5 % DE ADITIVO ISS-2500

DATOS DE LA COMPACTACIÓN

γ_m 1.75 g/cm^3

FECHA DE REALIZACIÓN 21 DE OCTUBRE DE 2002	FECHA DE ENSAYE	PROBETA No.	DIÁMETROS cm		ALTURAS cm		$W_{PROBETA}$ grs.	ÁREA cm^2	VOLÚMEN cm^3	γ_m g/cm^3	GRADO DE COMP. %
	21/10/2002	25	D_s 3.612	H_1 9.106			159.2600	10.2624	93.4936	1.7034	97.3390
			D_m 3.617	H_2 9.125							
			D_l 3.613	H_3 9.1							
			D_0 3.615	H_0 9.110							
	22/10/2002	26	D_s 3.608	H_1 9.229			159.2600	10.2709	93.8451	1.6971	96.9744
			D_m 3.614	H_2 9.091							
			D_l 3.629	H_3 9.091							
			D_0 3.616	H_0 9.137							
	23/10/2002	27	D_s 3.607	H_1 9.082			159.5300	10.2496	92.6734	1.7214	98.3670
		D_m 3.614	H_2 9.03								
		D_l 3.615	H_3 9.013								
		D_0 3.613	H_0 9.042								
24/10/2002	28	D_s 3.608	H_1 9.02			159.6000	10.2241	92.6540	1.7225	98.4308	
		D_m 3.607	H_2 9.062								
		D_l 3.61	H_3 9.105								
		D_0 3.608	H_0 9.062								
11/11/2002	29	D_s 3.607	H_1 9.027			159.5300	10.2113	92.4806	1.7250	98.5721	
		D_m 3.605	H_2 9.081								
		D_l 3.606	H_3 9.062								
		D_0 3.606	H_0 9.057								
12/11/2002	30	D_s 3.609	H_1 9.104			159.2200	10.2241	92.7119	1.7174	98.1350	
		D_m 3.607	H_2 9.023								
		D_l 3.609	H_3 9.077								
		D_0 3.608	H_0 9.068								
18/11/2002	31	D_s 3.609	H_1 9.041			159.6900	10.2241	92.5040	1.7263	98.6459	
		D_m 3.607	H_2 9.071								
		D_l 3.609	H_3 9.031								
		D_0 3.608	H_0 9.048								
19/11/2002	32	D_s 3.601	H_1 9.051			159.6500	10.2057	92.3238	1.7292	98.8137	
		D_m 3.606	H_2 9.029								
		D_l 3.606	H_3 9.059								
		D_0 3.605	H_0 9.046								

TABLA 7.4.- FABRICACIÓN DE PROBETAS DE SUELO NATURAL + 5 % DE ADITIVO ISS-25000

PROYECTO : TESIS DE LICENCIATURA	
LOCALIZACIÓN : FACULTAD DE INGENIERIA	
SONDEO : S/N	
PROBETA : 2	
PROFUNDIDAD : N/D	
PRUEBA TRIAXIAL : COMPRESION SIMPLE	
σ _v = 0.00 kg/cm ²	
DATOS GENERALES:	
D _s = 3.605 cm	kanilillo = 14 1536 kg
D _m = 3.606 cm	D _u = 3.6068 cm
D ₁ = 3.046 cm	H _u = 9.0467 cm
H ₁ = 9.040 cm	A _u = 10.2170 cm ²
H ₂ = 9.054 cm	γ _m = 1.69935 um ³
W _u = 157.07 gr	w = 4.29 %

LECTURA ANILLO	P _{av} kg	MICRO mm	P _{av} mm	ε	A _{av} cm ²	σ _{av} kg/cm ²
2.652	0.000	1.956	0.000	0.000	10.217	0.000
2.657	0.778	2.029	0.073	0.081	10.225	0.076
2.658	1.359	2.127	0.171	0.180	10.236	0.133
2.738	1.925	2.223	0.267	0.255	10.247	0.188
2.779	2.505	2.321	0.365	0.403	10.258	0.244
2.824	3.142	2.388	0.432	0.478	10.266	0.306
2.862	3.680	2.450	0.494	0.546	10.273	0.358
2.928	4.331	2.516	0.560	0.619	10.281	0.421
2.950	4.925	2.593	0.637	0.704	10.289	0.479
2.954	5.548	2.672	0.716	0.791	10.298	0.539
3.038	6.171	2.758	0.802	0.887	10.308	0.599
3.082	6.794	2.854	0.898	0.993	10.319	0.658
3.122	7.365	2.945	0.989	1.093	10.330	0.712
3.158	7.869	3.036	1.090	1.194	10.340	0.761
3.194	8.379	3.131	1.175	1.290	10.351	0.809
3.225	8.818	3.232	1.276	1.410	10.363	0.851
3.244	9.087	3.344	1.388	1.534	10.376	0.876
3.247	9.129	3.496	1.500	1.691	10.393	0.878
3.235	9.959	3.574	1.618	1.789	10.403	0.951
3.227	8.846	3.626	1.670	1.846	10.409	0.850
3.224	8.804	3.645	1.689	1.867	10.411	0.846
3.214	8.662	3.699	1.743	1.927	10.418	0.831
3.206	8.549	3.751	1.795	1.984	10.424	0.820
3.169	8.450	3.799	1.843	2.037	10.428	0.810
3.190	8.322	3.856	1.900	2.100	10.436	0.797
3.183	8.223	3.912	1.956	2.162	10.443	0.787
3.176	8.124	3.964	2.008	2.220	10.449	0.778
3.161	7.912	4.112	2.156	2.383	10.466	0.756
3.156	7.841	4.253	2.297	2.539	10.483	0.748
3.147	7.714	4.411	2.455	2.714	10.502	0.735
3.132	7.544	4.570	2.614	2.859	10.521	0.717
3.127	7.431	4.719	2.763	3.054	10.539	0.705
3.117	7.289	4.871	2.915	3.222	10.557	0.690
3.107	7.148	5.025	3.069	3.392	10.576	0.676
3.095	6.992	5.187	3.231	3.571	10.595	0.660

TABLA 7.5 - PROBETA DE SUELO NATURAL EDAD 0 DIAS SIN SATURACIÓN

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

PROYECTO : TESIS DE LICENCIATURA	
LOCALIZACIÓN : FACULTAD DE INGENIERIA	
SONDEO : S/N	
PROBETA : 2	
PROFUNDIDAD : N/D	
PRUEBA TRIAXIAL : COMPRESION SIMPLE	
σ _v = 0.00 kg/cm ²	
DATOS GENERALES:	
D _s = 3.255 cm	kanilillo = 14 1536 kg
D _m = 3.605 cm	D _u = 3.5948 cm
D ₁ = 3.814 cm	H _u = 9.0783 cm
H ₁ = 9.070 cm	A _u = 10.1491 cm ²
H ₂ = 9.054 cm	γ _m = 1.72320 um ³
H ₃ = 9.111 cm	w = 4.29 %
W _u = 158.77 gr	

LECTURA ANILLO	P _{av} kg	MICRO mm	P _{av} mm	ε	A _{av} cm ²	σ _{av} kg/cm ²
2.617	0.000	4.194	0.000	0.000	10.149	0.000
2.633	0.226	4.242	0.048	0.053	10.154	0.022
2.646	0.410	4.293	0.099	0.259	10.160	0.040
2.661	0.623	4.344	0.150	0.185	10.166	0.061
2.675	0.821	4.390	0.196	0.216	10.171	0.081
2.690	1.033	4.436	0.242	0.267	10.176	0.102
2.704	1.231	4.492	0.298	0.328	10.183	0.121
2.718	1.430	4.542	0.348	0.383	10.188	0.140
2.734	1.656	4.582	0.388	0.427	10.193	0.162
2.750	1.882	4.620	0.426	0.469	10.197	0.185
2.767	2.121	4.657	0.463	0.510	10.203	0.208
2.783	2.350	4.698	0.504	0.555	10.206	0.230
2.801	2.604	4.740	0.546	0.601	10.211	0.255
2.818	2.845	4.778	0.584	0.643	10.215	0.279
2.835	3.071	4.821	0.621	0.684	10.219	0.301
2.852	3.326	4.863	0.660	0.737	10.224	0.325
2.869	3.567	4.904	0.710	0.782	10.229	0.349
2.885	3.793	4.943	0.749	0.825	10.234	0.371
2.902	4.020	4.984	0.790	0.870	10.238	0.393
2.918	4.250	5.029	0.833	0.924	10.243	0.416
2.934	4.487	5.076	0.882	0.972	10.249	0.438
2.950	4.713	5.124	0.930	1.024	10.254	0.460
2.966	4.940	5.175	0.981	1.081	10.260	0.481
2.982	5.138	5.228	1.039	1.139	10.266	0.502
2.994	5.336	5.281	1.087	1.197	10.272	0.519
3.007	5.520	5.336	1.142	1.258	10.278	0.537
3.021	5.718	5.393	1.199	1.321	10.285	0.556
3.035	5.839	5.448	1.252	1.379	10.291	0.567
3.037	5.945	5.504	1.301	1.443	10.298	0.577
3.048	6.100	5.559	1.365	1.504	10.304	0.592
3.056	6.213	5.612	1.416	1.562	10.310	0.603
3.065	6.341	5.668	1.474	1.624	10.317	0.615
3.070	6.412	5.724	1.530	1.685	10.323	0.621
3.079	6.539	5.785	1.591	1.753	10.330	0.633
3.089	6.681	5.848	1.654	1.822	10.337	0.646
3.094	6.751	5.917	1.723	1.896	10.345	0.653
3.093	6.737	5.940	1.746	1.923	10.348	0.651
3.092	6.723	5.959	1.765	1.944	10.350	0.650
3.092	6.723	5.979	1.785	1.966	10.353	0.649
3.091	6.709	6.019	1.825	2.010	10.357	0.648
3.092	6.723	6.062	1.868	2.058	10.362	0.649
3.095	6.765	6.109	1.915	2.109	10.368	0.653
3.099	6.822	6.166	1.972	2.172	10.374	0.658
3.107	6.935	6.244	2.050	2.258	10.384	0.668
3.109	6.964	6.326	2.132	2.348	10.393	0.670
3.107	6.935	6.384	2.190	2.412	10.400	0.667
3.112	7.006	6.440	2.246	2.474	10.407	0.673
3.114	7.034	6.580	2.386	2.628	10.423	0.676
3.116	7.063	6.649	2.455	2.704	10.431	0.677
3.119	7.105	6.712	2.518	2.774	10.439	0.681
3.118	7.091	6.769	2.575	2.836	10.445	0.679
3.117	7.077	6.832	2.638	2.906	10.453	0.677
3.118	7.091	6.901	2.707	2.982	10.461	0.678
3.117	7.077	6.972	2.778	3.060	10.469	0.676
3.119	7.105	7.043	2.849	3.138	10.478	0.678
3.119	7.105	7.120	2.926	3.223	10.487	0.678
3.120	7.119	7.197	3.003	3.308	10.496	0.679
3.122	7.148	7.277	3.083	3.396	10.506	0.680
3.123	7.162	7.358	3.164	3.485	10.516	0.681
3.124	7.176	7.539	3.345	3.685	10.537	0.681
3.123	7.162	7.584	3.390	3.730	10.543	0.679
3.121	7.133	7.729	3.535	3.894	10.560	0.675
3.119	7.105	7.802	3.608	3.974	10.569	0.672
3.116	7.063	7.870	3.676	4.049	10.577	0.668
3.113	7.020	7.938	3.744	4.129	10.586	0.663
3.110	6.978	8.008	3.814	4.201	10.594	0.659
3.109	6.964	8.242	4.048	4.459	10.623	0.656
3.108	6.949	8.387	4.193	4.619	10.641	0.653
3.107	6.935	8.524	4.337	4.775	10.659	0.651
3.108	6.949	9.081	4.887	5.383	10.727	0.648
3.109	6.964	9.222	5.028	5.538	10.744	0.648

TABLA 7.6 - SUELO NATURAL EDAD 0 DIAS + 24 HRS DE SATURACIÓN

PROYECTO : TESIS DE LICENCIATURA LOCALIZACION : FACULTAD DE INGENIERIA

SONDEO: S/N PROBETA: 3 PROFUNDIDAD: N/D

PRUEBA TRIAXIAL : COMPRESION SIMPLE n1 = 0.00 kg/cm2

DATOS GENERALES Table with columns for dimensions (D1, D2, H1, H2, H3, H4, W2) and weights (L, W2), and unit weight (gamma). Values are 3608, 3615, 3619, 9068, 9044, 9025, 157.94, 14.1536, 3.6118, 9.0480, 10.2453, 1.70416, 4.29 %.

PROYECTO : TESIS DE LICENCIATURA LOCALIZACION : FACULTAD DE INGENIERIA

SONDEO: S/N PROBETA: 4 PROFUNDIDAD: N/D

PRUEBA TRIAXIAL : COMPRESION SIMPLE n1 = 0.00 kg/cm2

DATOS GENERALES Table with columns for dimensions (D1, D2, H1, H2, H3, H4, W2) and weights (L, W2), and unit weight (gamma). Values are 3603, 3611, 3612, 9097, 9043, 9122, 157.96, 14.1536, 3.6093, 9.0873, 10.2311, 1.69897, 4.29 %.

Table with 10 columns: LECTURA ANILLO, Pmax kg, MICRO mm, Amax mm, epsilon %, Amax cm2, nmax. Contains 40 rows of test data.

Table with 10 columns: LECTURA ANILLO, Pmax kg, MICRO mm, Amax mm, epsilon %, Amax cm2, nmax. Contains 40 rows of test data.

TABLA 7 6 - SUELO NATURAL EDAJ. 2 DIAS + 24 HRS DE SATURACION

TABLA 7 7 - SUELO NATURAL EDAJ. 2 DIAS SIN SATURACION

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

PROYECTO: TESIS DE LICENCIATURA
LOCALIZACIÓN: FACULTAD DE INGENIERÍA

SONDEO: S/N
PROBETA: 5
PROFUNDIDAD: N/D

PRUEBA TRIAXIAL: COMPRESIÓN SIMPLE
 $\sigma_c = 0.00$ kg/cm²

DATOS GENERALES:

$D_n = 3.605$ cm	kanilillo = 14 1536 kg
$D_o = 3.600$ cm	$D_p = 3.6045$ cm
$H_n = 9.155$ cm	$H_o = 9.0887$ cm
$H_p = 9.059$ cm	$A_n = 10.2042$ cm ²
$H_s = 9.036$ cm	$\gamma_n = 1.70637$ Um ³
$W_p = 158.43$ gr	$\omega = 4.29\%$

LECTURA ANILLO	P_{max} kg	MICRO mm	Δe_{mm} mm	ϵ %	A_{sem} cm ²	σ_{sem} kg/cm ²
2 605	0 000	1 131	0 000	0 000	10 204	0 000
2 607	2 542	1 178	0 047	0 052	10 209	0 051
2 607	0 793	1 210	0 079	0 087	10 213	0 078
2 607	1 076	1 251	0 120	0 132	10 218	0 105
2 725	1 415	1 292	0 161	0 177	10 222	0 138
2 735	769	1 336	0 205	0 225	10 227	0 173
2 753	2 055	1 385	0 254	0 279	10 233	0 205
2 775	2 406	1 436	0 305	0 335	10 239	0 236
2 793	2 661	1 485	0 354	0 389	10 244	0 260
2 835	3 255	1 587	0 456	0 501	10 256	0 317
2 856	3 553	1 640	0 509	0 600	10 263	0 349
2 878	3 864	1 657	0 566	0 622	10 268	0 376
2 904	4 232	1 745	0 614	0 675	10 274	0 412
2 931	4 614	1 793	0 652	0 728	10 279	0 449
2 957	4 982	1 836	0 707	0 784	10 284	0 484
2 984	5 364	1 882	0 751	0 826	10 289	0 521
3 010	5 732	1 929	0 798	0 877	10 295	0 557
3 037	6 114	1 973	0 842	0 926	10 300	0 594
3 064	6 497	2 016	0 885	0 974	10 304	0 630
3 095	6 835	2 057	0 928	1 018	10 309	0 673
3 126	7 374	2 099	0 968	1 064	10 314	0 715
3 162	7 884	2 140	1 009	1 109	10 319	0 764
3 195	8 252	2 183	1 052	1 156	10 324	0 809
3 229	8 632	2 224	1 093	1 202	10 328	0 855
3 258	9 242	2 265	1 134	1 247	10 333	0 894
3 293	9 738	2 304	1 173	1 289	10 338	0 942
3 349	10 510	2 415	1 412	1 617	10 347	1 193
3 372	10 828	2 445	1 314	1 444	10 354	1 046
3 373	10 870	2 447	1 316	1 447	10 354	1 050
3 428	11 365	2 505	1 374	1 510	10 361	1 097
3 445	11 859	2 534	1 403	1 542	10 364	1 147
3 482	12 413	2 563	1 432	1 574	10 367	1 197
3 523	12 953	2 599	1 468	1 614	10 372	1 253
3 562	13 545	2 630	1 499	1 648	10 375	1 306
3 595	14 069	2 661	1 530	1 682	10 379	1 356
3 638	14 621	2 690	1 559	1 714	10 382	1 408
3 675	15 159	2 721	1 590	1 748	10 386	1 460
3 714	15 696	2 751	1 620	1 781	10 389	1 511
3 754	16 263	2 778	1 647	1 811	10 392	1 565
3 790	16 772	2 803	1 672	1 838	10 395	1 613
3 829	17 324	2 828	1 697	1 866	10 398	1 666
3 868	17 876	2 859	1 728	1 900	10 402	1 719
3 908	18 442	2 889	1 758	1 933	10 405	1 772
3 946	18 980	2 919	1 788	1 966	10 409	1 823
3 987	19 560	2 947	1 816	1 996	10 412	1 875
4 025	20 098	2 972	1 841	2 024	10 415	1 930
4 061	20 628	2 998	1 867	2 052	10 418	1 978
4 099	21 146	3 021	1 890	2 078	10 421	2 029
4 133	21 627	3 046	1 915	2 105	10 424	2 075
4 170	22 150	3 070	1 939	2 132	10 426	2 124
4 204	22 632	3 097	1 966	2 161	10 430	2 170
4 235	23 127	3 128	1 988	2 189	10 433	2 217
4 273	23 608	3 161	2 030	2 232	10 437	2 262
4 306	24 075	3 195	2 054	2 269	10 441	2 306
4 340	24 557	3 229	2 098	2 306	10 445	2 351
4 367	24 938	3 264	2 133	2 345	10 449	2 387
4 394	25 321	3 299	2 168	2 383	10 453	2 422
4 417	25 646	3 333	2 202	2 421	10 457	2 452
4 437	25 929	3 374	2 243	2 466	10 462	2 478
4 457	26 213	3 413	2 282	2 504	10 466	2 504
4 459	26 241	3 483	2 352	2 586	10 475	2 505
4 453	26 156	3 554	2 423	2 664	10 483	2 495
4 389	25 250	3 689	2 558	2 812	10 499	2 405
4 348	24 670	3 739	2 608	2 867	10 505	2 448
3 782	8 167	4 984	3 853	4 236	10 656	0 786
2 965	5 095	5 154	4 023	4 422	10 676	0 477

TABLA 79 - SUELO NATURAL EDAD 14 DIAS SIN SATURACION

PROYECTO: TESIS DE LICENCIATURA
LOCALIZACIÓN: FACULTAD DE INGENIERÍA

SONDEO: S/N
PROBETA: 6
PROFUNDIDAD: N/D

PRUEBA TRIAXIAL: COMPRESIÓN SIMPLE
 $\sigma_c = 0.00$ kg/cm²

DATOS GENERALES:

$D_n = 3.605$ cm	kanilillo = 14 1536 kg
$D_o = 3.611$ cm	$D_p = 3.6128$ cm
$H_n = 9.142$ cm	$H_o = 9.0843$ cm
$H_p = 8.994$ cm	$A_n = 10.2510$ cm ²
$H_s = 9.147$ cm	$\gamma_n = 1.69842$ Um ³
$W_p = 158.43$ gr	$\omega = 4.29\%$

LECTURA ANILLO	P_{max} kg	MICRO mm	Δe_{mm} mm	ϵ %	A_{sem} cm ²	σ_{sem} kg/cm ²
2 607	0 009	2 977	0 000	0 000	10 251	0 000
2 627	0 263	3 019	0 042	0 046	10 256	0 028
2 639	0 453	3 081	0 104	0 114	10 263	0 044
2 645	0 538	3 149	0 172	0 189	10 270	0 052
2 652	0 637	3 220	0 243	0 267	10 278	0 062
2 660	0 750	3 286	0 309	0 340	10 286	0 073
2 668	0 863	3 341	0 364	0 400	10 292	0 084
2 678	1 005	3 399	0 422	0 464	10 299	0 098
2 688	1 146	3 457	0 480	0 528	10 305	0 111
2 698	1 288	3 511	0 534	0 587	10 312	0 125
2 709	1 444	3 559	0 582	0 640	10 317	0 140
2 722	1 628	3 613	0 636	0 699	10 323	0 158
2 736	1 826	3 665	0 688	0 757	10 329	0 177
2 751	2 038	3 715	0 738	0 811	10 335	0 197
2 768	2 279	3 771	0 794	0 873	10 341	0 220
2 784	2 505	3 825	0 848	0 932	10 347	0 242
2 801	2 746	3 880	0 903	0 993	10 354	0 265
2 818	2 986	3 934	0 957	1 052	10 360	0 288
2 832	3 185	3 989	1 012	1 113	10 366	0 307
2 848	3 411	4 042	1 065	1 171	10 372	0 329
2 860	3 581	4 098	1 121	1 233	10 379	0 345
2 873	3 765	4 160	1 183	1 301	10 386	0 362
2 884	3 921	4 221	1 244	1 368	10 393	0 377
2 893	4 048	4 291	1 314	1 445	10 401	0 399
2 899	4 133	4 365	1 388	1 526	10 410	0 397
2 895	4 076	4 602	1 625	1 787	10 437	0 391
2 892	4 034	4 661	1 684	1 852	10 444	0 386
2 889	3 991	4 717	1 741	1 913	10 451	0 387
2 887	3 963	4 763	1 786	1 964	10 456	0 379
2 885	3 935	4 796	1 819	2 000	10 460	0 376
2 883	3 906	4 821	1 844	2 028	10 463	0 373
2 881	3 878	4 884	1 907	2 097	10 471	0 371
2 877	3 821	4 928	1 951	2 145	10 476	0 365
2 873	3 765	4 987	2 010	2 210	10 483	0 359
2 871	3 737	5 047	2 070	2 276	10 490	0 356
2 865	3 666	5 171	2 154	2 412	10 504	0 349
2 865	3 652	5 263	2 286	2 514	10 515	0 347
2 864	3 637	5 405	2 428	2 670	10 532	0 345
2 862	3 609	5 479	2 502	2 751	10 541	0 342
2 854	3 496	5 561	2 584	2 841	10 551	0 331
2 849	3 425	5 693	2 716	2 986	10 567	0 324
2 845	3 369	5 753	2 776	3 052	10 574	0 319
2 843	3 340	5 769	2 792	3 070	10 578	0 318
2 842	3 325	5 820	2 843	3 128	10 582	0 314
2 840	3 298	5 977	3 000	3 299	10 601	0 311
2 838	3 269	6 097	3 120	3 431	10 615	0 308
2 836	3 241	6 223	3 248	3 569	10 630	0 305
2 833	3 199	6 287	3 310	3 640	10 638	0 301
2 831	3 170	6 395	3 418	3 759	10 651	0 291

TABLA 710 - SUELO NATURAL EDAD 14 DIAS + 24 HRS DE SATURACION

TESTS CON FALLA DE ORIGEN

PROYECTO: TESIS DE LICENCIATURA
LOCALIZACIÓN: FACULTAD DE INGENIERÍA

SONDEO: S/N
PROBETA: 7
PROFUNDIDAD: N/D
PRUEBA TRIAXIAL: COMPRESIÓN SIMPLE
 $\sigma_1 = 0.00$ $\sigma_2 = 0.00$ $\sigma_3 = 0.00$ kg/cm^2

DATOS GENERALES		kanililo = 14 1536 kg	
D ₁ = 3.635 cm		D ₁ = 3.607 cm	
D ₂ = 3.607 cm		D ₂ = 3.608 cm	
D ₃ = 3.606 cm		D ₄ = 8.1047 cm	
H ₁ = 9.107 cm		H ₂ = 10.2141 cm	
H ₃ = 9.116 cm		A ₁ = 1.70136 U/m ²	
H ₄ = 9.051 cm		$\omega = 4.29 \%$	
W ₂ = 158.22 gr			

PROYECTO: TESIS DE LICENCIATURA
LOCALIZACIÓN: FACULTAD DE INGENIERÍA

SONDEO: S/N
PROBETA: 8
PROFUNDIDAD: N/D
PRUEBA TRIAXIAL: COMPRESIÓN SIMPLE
 $\sigma_1 = 0.00$ $\sigma_2 = 0.00$ $\sigma_3 = 0.00$ kg/cm^2

DATOS GENERALES		kanililo = 14 1536 kg	
D ₁ = 3.654 cm		D ₁ = 3.607 cm	
D ₂ = 3.607 cm		D ₂ = 3.608 cm	
D ₃ = 3.608 cm		D ₄ = 2.4043 cm	
H ₁ = 8.978 cm		H ₂ = 8.9703 cm	
H ₃ = 8.979 cm		A ₁ = 4.5402 cm ²	
H ₄ = 8.954 cm		$\tau_m = 3.87723 \text{ U/m}^2$	
W ₂ = 157.91 gr		$\omega = 4.29 \%$	

LECTURA ANILLO	P _{total} kg	MICRO mm	A _{total} mm	ϵ	A _{ap} cm ²	P _{ap} kg/cm ²
2.642	0.000	6.957	0.000	0.000	10.214	0.000
2.672	0.425	6.908	0.051	0.056	10.220	0.042
2.695	0.708	6.954	0.097	0.107	10.225	0.069
2.714	1.047	7.001	0.144	0.158	10.230	0.102
2.744	1.472	7.049	0.192	0.214	10.236	0.141
2.775	1.911	7.091	0.234	0.257	10.240	0.187
2.803	2.307	7.134	0.277	0.304	10.245	0.225
2.835	2.760	7.175	0.318	0.349	10.250	0.269
2.869	3.241	7.217	0.360	0.385	10.255	0.318
2.907	3.779	7.251	0.394	0.433	10.259	0.368
2.942	4.274	7.283	0.426	0.468	10.262	0.417
2.980	4.812	7.317	0.460	0.505	10.266	0.469
3.008	5.206	7.351	0.494	0.543	10.270	0.507
3.048	5.775	7.373	0.516	0.567	10.272	0.562
3.089	6.355	7.398	0.541	0.594	10.275	0.618
3.131	6.949	7.426	0.569	0.625	10.278	0.676
3.175	7.572	7.454	0.597	0.656	10.284	0.736
3.215	8.138	7.481	0.624	0.685	10.285	0.791
3.256	8.719	7.505	0.648	0.712	10.287	0.848
3.295	9.271	7.531	0.674	0.740	10.290	0.901
3.337	9.865	7.556	0.699	0.768	10.293	0.958
3.378	10.445	7.480	0.723	0.794	10.296	1.015
3.417	10.997	7.598	0.741	0.814	10.298	1.068
3.459	11.592	7.618	0.761	0.836	10.300	1.125
3.500	12.172	7.637	0.780	0.857	10.302	1.181
3.544	12.795	7.662	0.802	0.882	10.305	1.242
3.587	13.403	7.681	0.824	0.905	10.307	1.300
3.621	13.885	7.700	0.843	0.926	10.310	1.347
3.658	14.408	7.722	0.865	0.950	10.312	1.397
3.696	14.946	7.746	0.889	0.976	10.315	1.449
3.734	15.484	7.773	0.916	1.006	10.318	1.501
3.770	15.994	7.797	0.940	1.032	10.321	1.550
3.809	16.546	7.819	0.962	1.057	10.323	1.603
3.846	17.069	7.842	0.985	1.082	10.326	1.653
3.884	17.607	7.866	1.009	1.108	10.329	1.705
3.921	18.131	7.898	1.041	1.143	10.332	1.755
3.955	18.612	7.929	1.072	1.177	10.336	1.801
3.992	19.136	7.953	1.106	1.215	10.340	1.851
4.020	19.532	7.994	1.137	1.249	10.343	1.888
4.047	19.914	8.024	1.167	1.282	10.347	1.925
4.073	20.282	8.063	1.206	1.325	10.351	1.959
4.093	20.565	8.112	1.255	1.378	10.357	1.986
4.096	20.650	8.173	1.316	1.445	10.364	1.993
4.061	20.112	8.283	1.426	1.566	10.377	1.938
3.750	15.711	8.633	1.776	1.951	10.417	1.508
3.380	10.474	9.039	2.178	2.392	10.454	1.051
3.325	9.412	9.125	2.268	2.491	10.475	0.899
3.273	8.959	9.167	2.310	2.537	10.480	0.855
3.242	8.492	9.211	2.354	2.585	10.485	0.810
3.222	8.237	9.238	2.381	2.615	10.488	0.785
3.202	7.954	9.272	2.415	2.652	10.492	0.758
3.189	7.770	9.299	2.442	2.682	10.496	0.740
3.178	7.615	9.321	2.464	2.706	10.498	0.725
3.170	7.501	9.337	2.480	2.724	10.500	0.714
3.161	7.374	9.364	2.507	2.754	10.503	0.702
3.151	7.233	9.403	2.546	2.796	10.508	0.688
3.141	7.091	9.439	2.582	2.836	10.512	0.675
3.133	6.979	9.477	2.620	2.878	10.517	0.663
3.129	6.821	9.513	2.656	2.917	10.521	0.658
3.126	6.879	9.540	2.683	2.947	10.524	0.654
3.123	6.836	9.567	2.710	2.976	10.527	0.649
3.120	6.794	9.593	2.733	3.004	10.530	0.645
3.117	6.751	9.632	2.775	3.048	10.535	0.641
3.114	6.709	9.663	2.806	3.082	10.539	0.637
3.111	6.666	9.693	2.836	3.115	10.543	0.632
3.106	6.596	9.728	2.871	3.153	10.547	0.625

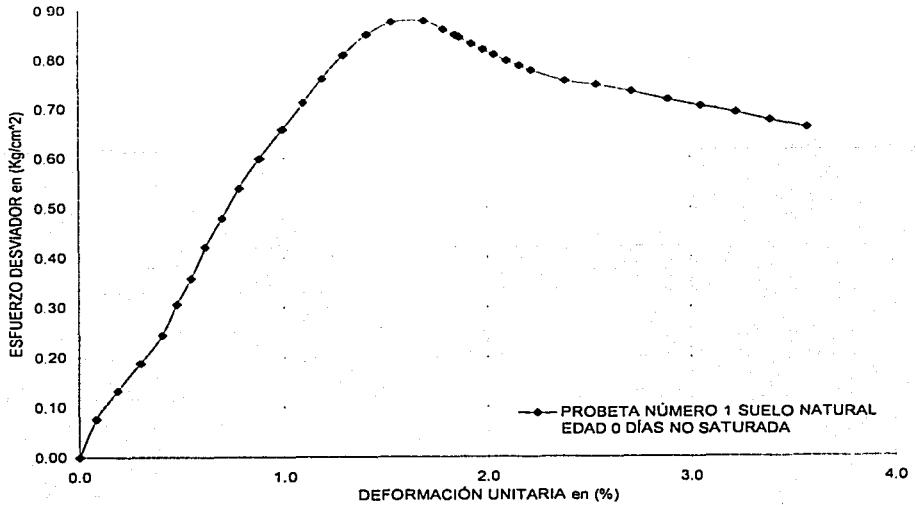
TABLA 7.11 SUELO NATURAL EDAD 30 DIAS SIN SATURACION

LECTURA ANILLO	P _{total} kg	MICRO mm	A _{total} mm	ϵ	A _{ap} cm ²	P _{ap} kg/cm ²
2.651	0.000	1.956	0.000	0.000	4.540	0.000
2.667	0.226	2.029	0.073	0.061	4.544	0.050
2.681	0.425	2.127	0.171	0.191	4.549	0.093
2.695	0.623	2.223	0.267	0.298	4.554	0.137
2.711	0.849	2.321	0.365	0.407	4.559	0.186
2.728	1.050	2.388	0.432	0.482	4.562	0.239
2.747	1.359	2.450	0.494	0.551	4.565	0.298
2.767	1.642	2.516	0.560	0.624	4.569	0.359
2.784	1.882	2.593	0.637	0.710	4.573	0.412
2.803	2.151	2.672	0.716	0.798	4.577	0.470
2.822	2.420	2.758	0.802	0.894	4.581	0.528
2.844	2.732	2.854	0.898	1.001	4.586	0.596
2.865	3.029	2.945	0.989	1.103	4.591	0.660
2.883	3.284	3.036	1.080	1.204	4.596	0.715
2.903	3.567	3.131	1.175	1.310	4.601	0.775
2.927	3.906	3.232	1.276	1.422	4.606	0.848
2.952	4.260	3.344	1.388	1.547	4.612	0.924
2.978	4.628	3.466	1.530	1.706	4.618	1.002
3.005	5.010	3.574	1.618	1.804	4.624	1.084
3.039	5.492	3.626	1.670	1.862	4.626	1.187
3.062	5.817	3.645	1.689	1.883	4.627	1.257
3.087	6.171	3.660	1.743	1.943	4.630	1.333
3.112	6.525	3.751	1.795	2.001	4.633	1.408
3.137	6.879	3.789	1.843	2.055	4.635	1.484
3.160	7.204	3.856	1.900	2.118	4.638	1.553
3.182	7.516	3.912	1.956	2.181	4.641	1.624
3.197	7.728	3.964	2.008	2.238	4.644	1.664
3.211	7.928	4.112	2.156	2.403	4.652	1.704
3.216	7.897	4.253	2.297	2.561	4.660	1.716
3.210	7.912	4.411	2.455	2.737	4.668	1.695
3.206	7.855	4.570	2.614	2.914	4.677	1.680
3.203	7.813	4.719	2.763	3.080	4.685	1.668
3.200	7.770	4.871	2.915	3.250	4.693	1.656
3.196	7.714	5.025	3.069	3.421	4.701	1.641
3.192	7.657	5.187	3.231	3.602	4.710	1.626

TABLA 7.12 SUELO NATURAL EDAD 30 DIAS + 24 HRS DE SATURACION

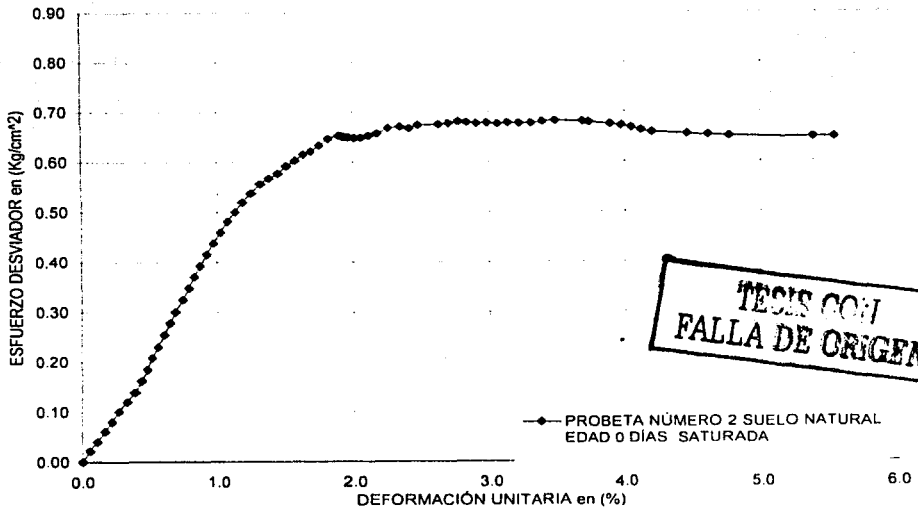
TESIS CON FALLA DE ORIGEN

ESFUERZO - DEFORMACIÓN

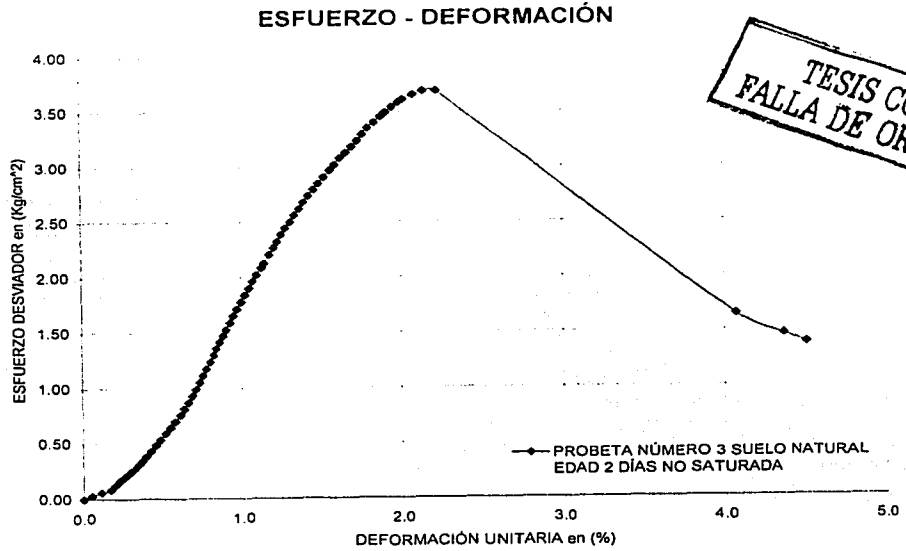


GRÁFICA 7.1.- SUELO NATURAL EDAD; 0 DÍAS SIN SATURACIÓN

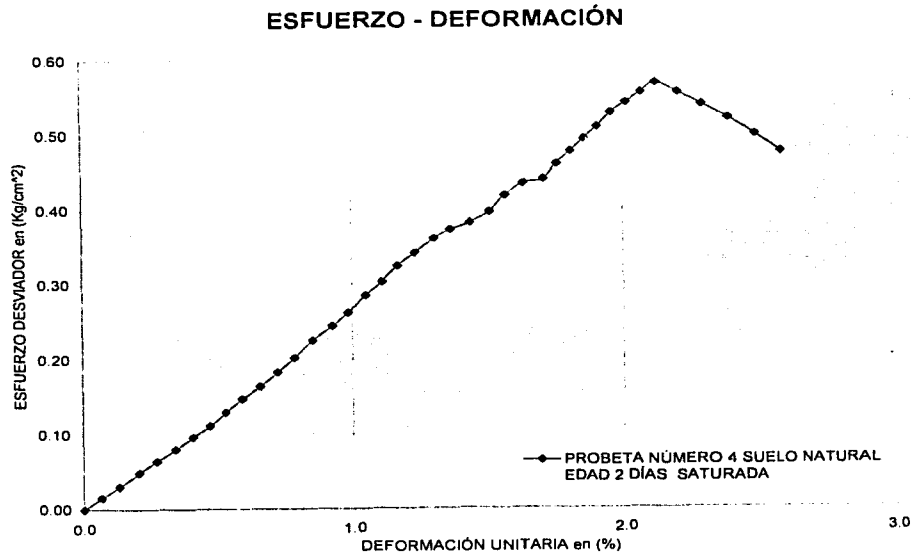
ESFUERZO - DEFORMACIÓN



GRAFICA 7.2 - SUELO NATURAL EDAD. 0 DÍAS + 24 HRS DE SATURACIÓN

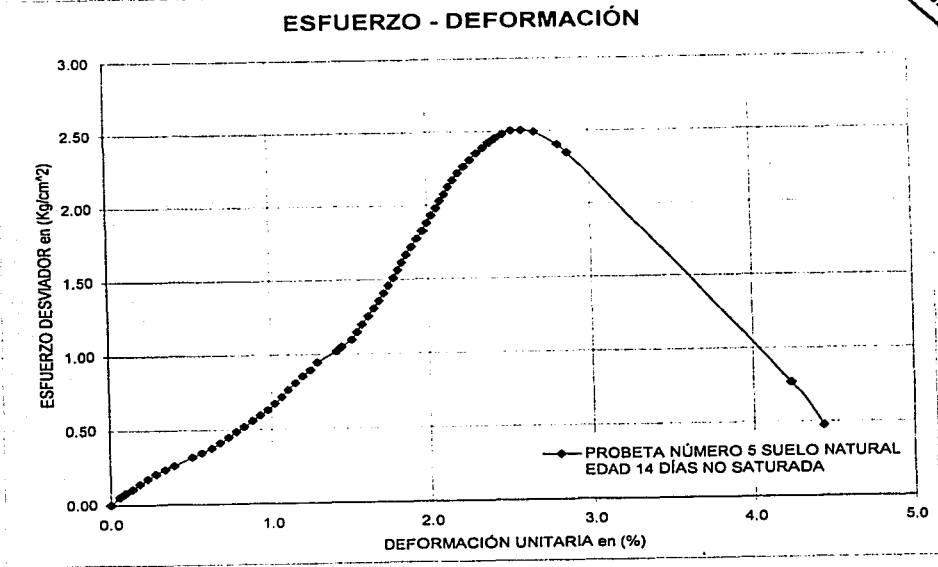


GRAFICA 7.3.- SUELO NATURAL EDAD; 2 DÍAS SIN SATURACIÓN

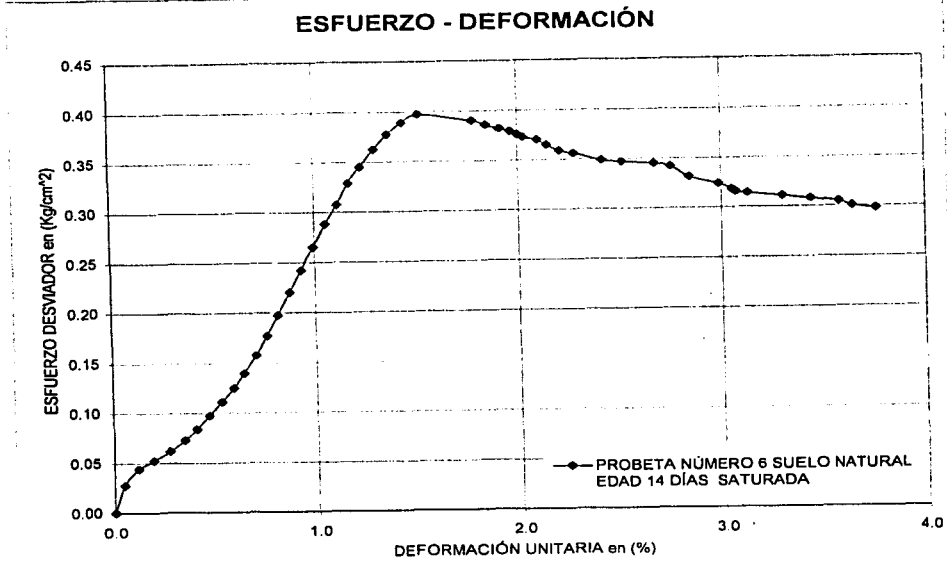


GRAFICA 7.4.- SUELO NATURAL EDAD; 2 DÍAS + 24 HRS DE SATURACIÓN

TESIS CON FALLA DE ORIGEN



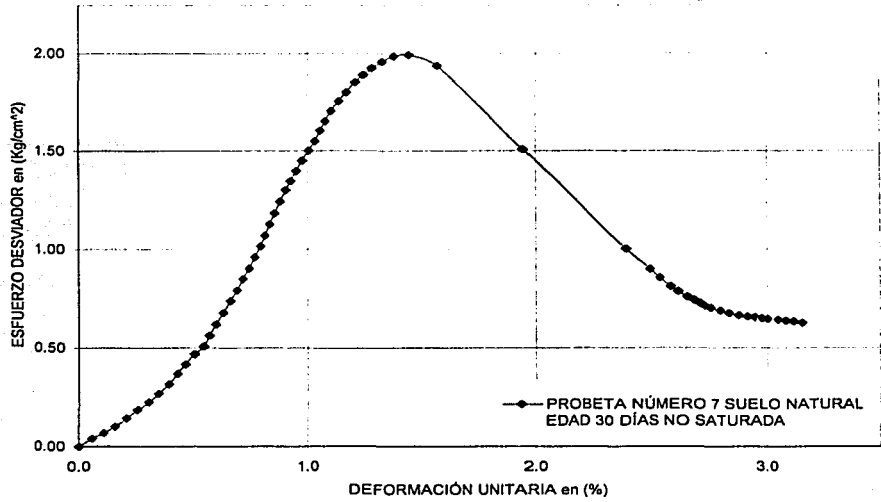
GRAFICA 7.5.- SUELO NATURAL EDAD; 14 DÍAS SIN SATURACIÓN



GRAFICA 7.6.- SUELO NATURAL EDAD; 14 DÍAS + 24 HRS DE SATURACIÓN

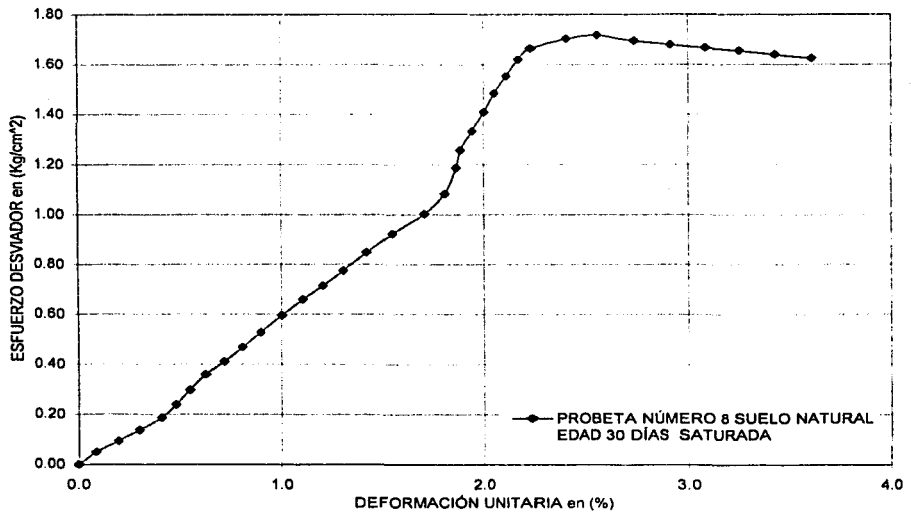
TESIS CON FALLA DE ORIGEN

ESFUERZO - DEFORMACIÓN



GRAFICA 7.7.- SUELO NATURAL EDAD; 30 DÍAS SIN SATURACIÓN

ESFUERZO - DEFORMACIÓN



GRAFICA 7.8.- SUELO NATURAL EDAD; 30 DÍAS + 24 HRS DE SATURACIÓN

PROYECTO: TESIS DE LICENCIATURA EN
LOCALIZACIÓN: FACULTAD DE INGENIERÍA

SONDEO: S/N
PROYECTO: 10
PROFUNDIDAD: 10.0
PRUEBA TRIAXIAL: COMPRESIÓN SIMPLE
 $\sigma_1 = 0.00$ $\sigma_2 = \sigma_3 = 0.00$ σ_3/σ_1

DATOS GENERALES		Muestra = 40.7550 g	
$D_s = 3.528$ cm	$D_6 = 3.608$ cm	$D_s = 3.608$ cm	$D_6 = 3.688$ cm
$H_s = 2.246$ cm	$H_6 = 2.246$ cm	$H_s = 10.2170$ cm ²	$H_6 = 1.71471$ cm ²
$W_s = 158.45$ g	$W_6 = 158.45$ g	$w = 4.20$ %	

LECTURA ANILLO	P_{max} kg	MICRO mm	σ_{max} mm	σ %	A_{max} cm ²	σ_{max} kg/cm ²
1.521	0.000	0.028	0.000	0.000	10.217	0.000
1.625	1.142	0.042	0.034	0.038	10.221	0.112
1.660	2.422	0.057	0.059	0.076	10.225	0.235
1.663	3.745	0.073	0.073	0.107	10.230	0.366
1.713	5.374	0.111	0.143	0.158	10.233	0.525
1.777	7.165	0.151	0.163	0.180	10.235	0.700
1.825	9.119	0.205	0.170	0.199	10.237	0.861
1.873	11.073	0.251	0.193	0.213	10.239	1.001
1.921	13.027	0.282	0.184	0.219	10.239	1.122
1.969	14.981	0.313	0.203	0.224	10.240	1.243
1.977	16.935	0.335	0.229	0.229	10.240	1.364
1.972	19.174	0.364	0.212	0.234	10.241	1.872
1.976	21.494	0.380	0.222	0.245	10.242	2.069
1.982	23.657	0.393	0.238	0.253	10.242	2.209
1.983	25.891	0.376	0.248	0.274	10.245	2.527
1.989	28.208	0.378	0.250	0.276	10.245	2.734
1.996	30.543	0.372	0.244	0.270	10.245	2.933
1.999	32.779	0.371	0.243	0.269	10.244	3.131
1.994	34.155	0.364	0.247	0.273	10.245	3.334
1.992	36.477	0.363	0.246	0.275	10.244	3.540
1.993	38.785	0.360	0.202	0.290	10.247	3.727
1.991	40.708	0.362	0.217	0.302	10.248	3.972
1.992	42.786	0.344	0.266	0.316	10.249	4.174
1.990	45.146	0.328	0.300	0.332	10.251	4.404
1.984	47.345	0.326	0.308	0.340	10.252	4.618
1.978	49.543	0.345	0.317	0.350	10.253	4.832
1.982	51.741	0.350	0.322	0.356	10.253	5.046
1.975	53.899	0.359	0.337	0.366	10.254	5.256
1.983	56.260	0.372	0.344	0.380	10.256	5.486
1.942	58.662	0.382	0.354	0.391	10.257	5.719
1.944	61.186	0.393	0.365	0.403	10.258	5.968
1.966	63.770	0.403	0.375	0.415	10.259	6.210
1.923	66.330	0.411	0.383	0.423	10.260	6.435
1.921	68.391	0.421	0.391	0.434	10.262	6.665
1.938	70.772	0.420	0.403	0.444	10.263	6.890
1.935	73.032	0.439	0.411	0.454	10.264	7.116
1.933	75.393	0.448	0.420	0.464	10.265	7.345
1.909	77.473	0.456	0.428	0.473	10.266	7.566
1.961	79.790	0.463	0.435	0.481	10.268	7.772
1.915	81.988	0.471	0.443	0.490	10.267	7.985
1.969	84.186	0.480	0.452	0.500	10.268	8.199
1.926	86.527	0.491	0.463	0.512	10.270	8.424
1.944	88.969	0.494	0.476	0.528	10.271	8.652
1.945	91.351	0.513	0.485	0.536	10.272	8.893
1.969	93.444	0.510	0.492	0.544	10.273	9.106
1.958	95.981	0.519	0.500	0.553	10.274	9.339
1.919	98.434	0.517	0.509	0.563	10.274	9.580
1.906	100.914	0.518	0.527	0.576	10.276	9.821
1.914	103.322	0.522	0.534	0.586	10.276	10.054
1.921	105.843	0.516	0.547	0.605	10.279	10.297
1.954	108.001	0.515	0.557	0.616	10.280	10.506
1.932	110.362	0.519	0.571	0.631	10.282	10.734
1.932	112.805	0.523	0.585	0.647	10.283	10.970
1.930	115.166	0.524	0.596	0.659	10.285	11.198
1.949	117.649	0.523	0.607	0.671	10.286	11.436
1.951	120.092	0.546	0.618	0.683	10.287	11.674
1.951	122.493	0.558	0.630	0.696	10.289	11.906
1.967	124.914	0.571	0.643	0.711	10.290	12.129
1.927	127.256	0.585	0.657	0.726	10.292	12.365
1.970	129.821	0.599	0.670	0.741	10.293	12.612
1.952	132.365	0.613	0.685	0.757	10.295	12.856
1.910	134.706	0.630	0.702	0.776	10.297	13.082
1.971	137.189	0.643	0.716	0.790	10.298	13.321
1.927	139.689	0.658	0.730	0.807	10.300	13.541
1.983	141.749	0.674	0.746	0.825	10.302	13.759
1.940	144.069	0.693	0.765	0.846	10.304	13.982
1.958	146.433	0.711	0.782	0.868	10.306	14.208
1.958	148.673	0.726	0.798	0.882	10.308	14.443
1.953	151.889	0.747	0.819	0.911	10.328	10.059

TABLA 7-13: SUELO NATURAL + 5% DE CAL EDAD 0 DÍAS SIN SATURACIÓN

PROYECTO: TESIS DE LICENCIATURA EN
LOCALIZACIÓN: FACULTAD DE INGENIERÍA

SONDEO: S/N
PROYECTO: 10
PROFUNDIDAD: 10.0
PRUEBA TRIAXIAL: COMPRESIÓN SIMPLE
 $\sigma_1 = 0.00$ $\sigma_2 = \sigma_3 = 0.00$ σ_3/σ_1

DATOS GENERALES		Muestra = 40.7550 g	
$D_s = 3.630$ cm	$D_6 = 3.608$ cm	$D_s = 3.630$ cm	$D_6 = 3.630$ cm
$H_s = 9.011$ cm	$H_6 = 9.011$ cm	$H_s = 10.2487$ cm ²	$H_6 = 1.71618$ cm ²
$W_s = 158.35$ g	$W_6 = 158.35$ g	$w = 4.20$ %	

LECTURA ANILLO	P_{max} kg	MICRO mm	σ_{max} mm	σ %	A_{max} cm ²	σ_{max} kg/cm ²
1.148	0.000	0.000	0.000	0.000	10.247	0.000
1.161	0.529	0.113	0.041	0.050	10.252	0.050
1.171	0.936	0.163	0.095	0.106	10.258	0.091
1.184	1.466	0.222	0.154	0.171	10.264	0.143
1.197	1.995	0.280	0.212	0.235	10.271	0.194
1.217	2.809	0.351	0.283	0.314	10.279	0.273
1.228	3.257	0.397	0.329	0.365	10.284	0.317
1.246	3.689	0.445	0.377	0.419	10.289	0.368
1.273	5.089	0.481	0.413	0.450	10.294	0.494
1.305	6.391	0.514	0.446	0.495	10.298	0.621
1.341	7.657	0.547	0.479	0.532	10.302	0.763
1.380	9.444	0.574	0.506	0.562	10.305	0.917
1.421	11.114	0.598	0.530	0.589	10.307	1.078
1.462	12.783	0.616	0.550	0.611	10.310	1.240
1.507	14.615	0.640	0.572	0.635	10.312	1.417
1.552	16.446	0.658	0.591	0.656	10.314	1.595
1.601	18.441	0.678	0.610	0.677	10.317	1.788
1.648	20.355	0.695	0.627	0.699	10.319	1.973
1.699	22.268	0.711	0.643	0.714	10.320	2.158
1.745	24.303	0.726	0.660	0.733	10.322	2.344
1.793	26.257	0.744	0.678	0.751	10.324	2.543
1.844	28.333	0.763	0.695	0.772	10.326	2.744
1.895	30.410	0.780	0.712	0.794	10.328	2.944
1.948	32.567	0.795	0.727	0.807	10.330	3.153
1.994	34.847	0.812	0.744	0.826	10.332	3.373
2.059	37.086	0.826	0.758	0.842	10.334	3.580
2.115	39.366	0.840	0.772	0.857	10.335	3.804
2.168	41.523	0.856	0.787	0.874	10.337	4.017
2.224	43.803	0.870	0.802	0.891	10.339	4.237
2.277	45.980	0.885	0.817	0.907	10.341	4.445
2.323	47.833	0.899	0.831	0.923	10.342	4.625
2.370	50.113	0.914	0.846	0.940	10.344	4.805
2.432	52.270	0.928	0.860	0.955	10.346	5.052
2.485	54.268	0.940	0.872	0.968	10.347	5.266
2.543	56.789	0.952	0.884	0.982	10.348	5.489
2.599	59.069	0.967	0.899	0.998	10.350	5.707
2.653	61.267	0.983	0.915	1.016	10.352	5.918
2.706	63.425	0.996	0.928	1.031	10.353	6.125
2.758	65.541	1.011	0.943	1.047	10.355	6.329
2.814	67.651	0.925	0.957	1.063	10.357	6.546
2.867	69.979	0.941	0.973	1.081	10.359	6.746
2.916	74.416	0.972	1.004	1.115	10.362	7.181
2.966	78.301	0.911	1.043	1.158	10.367	7.650
2.993	81.657	0.956	1.088	1.208	10.372	8.060
2.961	87.646	0.949	1.111	1.254	10.377	8.446
2.997	91.555	0.947	1.179	1.306	10.383	8.816
2.965	94.323	0.991	1.223	1.356	10.388	9.060
2.919	96.521	0.970	1.302	1.448	10.397	9.283
2.901	10.209	0.886	1.602	4.018	10.376	0.060

TABLA 7-14: SUELO NATURAL + 5% DE CAL EDAD 0 DÍAS + 24 HRS DE SATURACIÓN

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

PROYECTO: TESIS DE LICENCIATURA
LOCALIZACIÓN: FACULTAD DE INGENIERÍA

SONDEO: S/N
PROBETA: 1°
PROFUNDIDAD: 1.00 m
PRUEBA TRIAXIAL: COMPRESIÓN SIMPLE
n_c = 0.00 kg/cm²

DATOS GENERALES			
D _s = 3.751 cm	kanililo = 43 7050 kg	D ₁ = 3.6180 cm	
D ₂ = 3.522 cm		D ₂ = 3.5220 cm	
D ₃ = 3.505 cm		D ₃ = 3.5050 cm	
H ₁ = 15.13 cm		H ₁ = 15.0999 cm	
H ₂ = 0.560 cm		A ₂ = 10.2808 cm	
H ₃ = 9.15 cm		T ₂ = 17.0173 cm	
W ₁ = 15.920 g			

LECTURA ANILLO	P _{med} kg	MICRO mm	P _{med} mm	A _{med} %	P _{med} cm ²	P _{med} kg/cm ²
5.24	2.520	4.830	0.000	0.000	10.281	0.000
5.46	2.874	4.878	0.048	0.048	10.286	0.079
5.72	3.173	4.955	0.181	0.181	10.299	0.182
5.223	3.135	5.028	0.198	0.218	10.303	0.304
5.29	3.396	5.172	0.242	0.268	10.308	0.367
5.245	4.444	5.123	0.393	0.322	10.314	0.470
5.274	5.296	5.182	0.332	0.365	10.318	0.588
5.304	5.46	5.197	0.381	0.387	10.322	0.702
5.335	5.528	5.259	0.432	0.331	10.331	0.824
5.345	5.743	5.289	0.459	0.504	10.333	0.851
5.381	12.422	5.311	0.459	0.529	10.335	1.012
5.524	16.202	5.333	0.503	0.553	10.338	1.567
5.485	13.882	5.355	0.525	0.517	10.340	1.342
5.514	15.726	5.375	0.545	0.599	10.343	1.527
5.582	17.468	5.393	0.563	0.614	10.345	1.728
5.612	18.723	5.428	0.578	0.635	10.347	1.904
5.660	21.820	5.420	0.648	0.648	10.348	2.126
5.714	23.057	5.435	0.625	0.650	10.350	2.313
5.745	25.254	5.459	0.656	0.735	10.357	2.516
5.854	28.464	5.484	0.734	0.734	10.367	3.011
5.867	30.165	5.476	0.648	0.710	10.354	2.913
5.917	32.201	5.460	0.660	0.725	10.356	3.109
5.968	34.274	5.524	0.714	0.741	10.358	3.309
6.024	36.557	5.516	0.786	0.754	10.359	3.529
6.075	38.633	5.527	0.697	0.766	10.360	3.729
6.126	42.831	5.536	0.796	0.776	10.361	3.941
6.181	42.948	5.544	0.714	0.785	10.362	4.145
6.231	45.228	5.554	0.724	0.789	10.363	4.364
6.285	47.345	5.565	0.808	0.808	10.365	4.568
6.340	49.421	5.576	0.740	0.820	10.368	4.788
6.395	51.860	5.587	0.757	0.832	10.367	4.963
6.450	53.899	5.602	0.802	0.862	10.369	5.199
6.508	56.282	5.605	0.775	0.852	10.369	5.426
6.562	58.459	5.615	0.785	0.893	10.370	5.637
6.615	60.556	5.625	0.827	0.927	10.371	5.848
6.672	62.935	5.631	0.801	0.880	10.372	6.068
6.724	65.053	5.637	0.807	0.887	10.373	6.272
6.781	67.137	5.643	0.816	0.916	10.373	6.485
6.839	69.735	5.656	0.826	0.908	10.375	6.721
6.896	72.255	5.665	0.835	0.918	10.376	6.944
6.952	74.335	5.673	0.843	0.927	10.377	7.163
7.008	76.814	5.682	0.852	0.936	10.378	7.382
7.066	78.975	5.690	0.860	0.945	10.379	7.609
7.119	81.133	5.697	0.867	0.953	10.380	7.817
7.174	83.372	5.707	0.872	0.958	10.380	8.032
7.229	85.611	5.709	0.878	0.966	10.381	8.247
7.285	87.809	5.718	0.886	0.974	10.382	8.458
7.340	90.130	5.725	0.895	0.984	10.383	8.681
7.393	92.287	5.735	0.905	0.995	10.384	8.887
7.451	94.048	5.743	0.913	1.003	10.384	9.114
7.508	96.069	5.751	0.921	1.012	10.386	9.337
7.562	98.167	5.760	0.930	1.022	10.387	9.547
7.618	101.444	5.770	0.940	1.033	10.388	9.766
7.683	103.971	5.778	0.948	1.042	10.389	10.008
7.739	106.373	5.787	0.957	1.052	10.390	10.238
7.794	108.612	5.795	0.964	1.062	10.391	10.452
7.852	110.971	5.803	0.972	1.074	10.392	10.678
7.908	113.252	5.811	0.982	1.081	10.394	10.896
7.960	115.369	5.814	1.004	1.023	10.395	11.098
8.016	117.649	5.844	1.034	1.114	10.397	11.316
8.071	119.898	5.855	1.025	1.126	10.398	11.530
8.132	122.371	5.867	1.031	1.140	10.399	11.767
8.188	124.651	5.878	1.048	1.152	10.401	11.985
8.242	126.846	5.889	1.059	1.164	10.402	12.195
8.297	129.088	5.901	1.071	1.177	10.403	12.408
8.352	131.327	5.912	1.082	1.189	10.405	12.622
8.413	133.688	5.926	1.096	1.204	10.406	12.847
8.464	135.887	5.942	1.112	1.222	10.408	13.066
8.525	138.370	5.959	1.129	1.241	10.410	13.292
8.575	140.566	5.974	1.144	1.257	10.412	13.521
8.636	142.899	5.989	1.159	1.274	10.413	13.722
8.694	145.250	6.008	1.175	1.291	10.415	13.946
8.752	147.811	6.019	1.189	1.307	10.417	14.170
8.816	150.216	6.239	1.208	1.328	10.419	14.417
8.870	152.415	6.055	1.225	1.346	10.421	14.626
8.933	154.865	6.072	1.242	1.365	10.423	14.857
8.988	157.218	6.086	1.261	1.386	10.425	15.080
9.044	159.898	6.108	1.278	1.404	10.427	15.296
9.095	161.737	6.127	1.297	1.425	10.429	15.508
9.147	163.651	6.144	1.314	1.444	10.431	15.692
9.199	165.808	6.162	1.332	1.464	10.434	15.882
9.248	168.383	6.182	1.352	1.488	10.436	16.079
9.297	169.797	6.201	1.372	1.508	10.439	16.272
9.341	171.833	6.231	1.401	1.540	10.442	16.457
9.389	173.542	6.252	1.423	1.568	10.444	16.616
9.436	175.878	6.271	1.445	1.588	10.447	16.807
9.484	177.410	6.301	1.471	1.617	10.450	16.977
9.527	179.162	6.329	1.495	1.647	10.453	17.140
9.567	182.789	6.376	1.546	1.699	10.458	17.286
9.518	1816	10.759	5.926	6.516	10.967	0.711
9.533	8.42	10.760	5.930	6.517	10.991	0.766
9.538	8.930	10.745	5.935	6.522	10.998	0.785

* TABLA 15: SUELO NATURAL + 5% DE CAL EDAD 2 DIAS SIN SATURACION

PROYECTO: TESIS DE LICENCIATURA
LOCALIZACIÓN: FACULTAD DE INGENIERÍA

SONDEO: S/N
PROBETA: 1°
PROFUNDIDAD: 1.00 m
PRUEBA TRIAXIAL: COMPRESIÓN SIMPLE
n_c = 0.00 kg/cm²

DATOS GENERALES			
D _s = 3.618 cm	kanililo = 66 5020 kg	D ₁ = 3.6090 cm	
D ₂ = 3.503 cm		D ₂ = 3.5030 cm	
D ₃ = 3.618 cm		H ₁ = 9.1827 cm	
H ₁ = 15.13 cm		H ₂ = 0.003 cm	
H ₂ = 0.560 cm		A ₂ = 10.2287 cm	
H ₃ = 9.21 cm		T ₂ = 17.1284 cm	
W ₁ = 15.920 g			

LECTURA ANILLO	P _{med} kg	MICRO mm	P _{med} mm	A _{med} %	P _{med} cm ²	P _{med} kg/cm ²
2.100	0.000	4.988	0.000	0.000	10.230	0.000
2.110	0.855	5.045	0.058	0.064	10.236	0.668
2.123	1.599	5.101	0.113	0.124	10.242	0.156
2.138	2.641	5.160	0.172	0.188	10.249	0.258
2.155	3.823	5.218	0.230	0.252	10.256	0.373
2.164	4.448	5.284	0.296	0.324	10.263	0.439
2.190	6.255	5.316	0.351	0.362	10.267	0.609
2.218	8.201	5.356	0.368	0.403	10.271	0.788
2.245	10.147	5.390	0.402	0.440	10.275	0.984
2.276	12.232	5.421	0.433	0.474	10.278	1.190
2.307	14.387	5.452	0.465	0.508	10.282	1.399
2.338	16.541	5.480	0.492	0.539	10.285	1.608
2.377	19.252	5.503	0.515	0.564	10.288	1.871
2.415	21.893	5.528	0.538	0.589	10.290	2.146
2.456	24.743	5.554	0.564	0.621	10.294	2.424
2.505	28.146	5.580	0.592	0.648	10.296	2.714
2.544	30.859	5.601	0.613	0.671	10.299	2.966
2.592	34.195	5.622	0.634	0.694	10.301	3.220
2.638	37.253	5.642	0.654	0.716	10.303	3.616
2.682	42.450	5.663	0.675	0.736	10.305	3.977
2.728	43.647	5.676	0.691	0.757	10.308	4.234
2.772	48.705	5.689	0.711	0.778	10.310	4.530
2.817	49.833	5.717	0.729	0.798	10.312	4.833
2.861	52.601	5.739	0.751	0.822	10.315	5.128
2.906	56.019	5.757	0.766	0.842	10.317	5.430
2.953	59.285	5.775	0.781	0.862	10.319	5.745
3.000	62.552	5.792	0.804	0.880	10.321	6.061
3.048	65.888	5.812	0.824	0.902	10.323	6.383
3.096	69.224	5.831	0.843	0.923	10.325	6.704
3.146	72.699	5.846	0.860	0.940	10.327	7.048
3.192	76.896	5.865	0.877	0.960	10.329	7.389
3.242	79.371	5.882	0.887	0.979	10.331	7.663
3.289	82.638	5.896	0.908	0.994	10.332	7.998
3.337	85.974	5.910	0.922	1.009	10.334	8.320
3.386	89.380	5.923	0.938	1.024	10.336	8.631
3.435	92.785	5.937	0.949	1.039	10.337	8.976
3.485	96.290	5.951	0.963	1.054	10.339	9.311
3.534	99.666	5.963	0.975	1.067	10.341	9.646
3.579	102.793	5.975	0.987	1.081	10.341	9.940
3.628	106.199	5.986	0.998	1.093	10.343	10.266
3.676	109.535	5.999	1.011	1.107	10.344	10.589
3.727	113.080	6.011	1.023	1.120	10.346	10.930
3.776	116.485	6.026	1.038	1.136	10.347	11.258
3.829	120.864	6.045	1.057	1.157	10.349	11.678
3.871	123.048	6.055	1.067	1.168	10.351	11.892
3.919	126.424	6.070				

PROYECTO TESTS DE LICENCIATURA LOCALIZACIÓN: FACULTAD DE INGENIERÍA						
SONDEO: S/1						
PROBETA: 13						
PROFUNDIDAD: N/D						
PRUEBA TRIAXIAL: COMPRESIÓN SIMPLE						
σ _v = 0.00 kg/cm ²						
DATOS GENERALES						
D ₁ = 3.612	cm	kamilo = 152.6373	kg			
D ₂ = 3.612	cm					
D ₃ = 3.612	cm	D ₄ = 3.6118	cm			
H ₁ = 0.238	cm	H ₂ = 0.9990	cm			
H ₃ = 0.264	cm	A ₁ = 10.2453	cm ²			
H ₄ = 0.265	cm	τ ₁ = 1.7202	Um ²			
H ₅ = 0.524	cm	τ ₂ = 4.29	%			
LECTURA ANILLO	P _{av} kg	MICRO mm	P _{av} mm	%	A _{av} cm ²	P _{av} kg/cm ²
153	0.255	1.598	0.020	0.003	10.245	0.000
115	1.837	1.648	0.050	0.256	10.251	0.179
128	3.816	1.655	0.067	0.107	10.266	0.372
144	6.256	1.74	0.149	0.164	10.262	0.610
158	8.305	1.752	0.152	0.211	10.267	0.818
176	11.448	1.834	0.238	0.256	10.272	1.154
192	13.227	1.836	0.238	0.252	10.272	0.956
212	14.348	1.938	0.340	0.174	10.284	1.105
221	18.011	1.975	0.361	0.191	10.288	1.251
248	22.132	2.015	0.417	0.410	10.292	1.250
275	26.894	2.050	0.452	0.441	10.294	2.075
314	32.206	2.081	0.463	0.537	10.300	3.127
351	37.854	2.110	0.512	0.563	10.303	3.674
389	43.654	2.137	0.539	0.592	10.306	4.236
427	49.554	2.161	0.563	0.619	10.309	4.797
467	55.560	2.185	0.587	0.645	10.312	5.388
508	61.818	2.209	0.611	0.672	10.315	5.993
548	68.224	2.231	0.633	0.696	10.317	6.584
590	74.334	2.252	0.654	0.719	10.319	7.203
631	80.552	2.275	0.677	0.737	10.321	7.808
671	86.958	2.287	0.689	0.757	10.323	8.394
715	92.551	2.325	0.707	0.777	10.326	8.973
753	98.274	2.325	0.707	0.766	10.328	9.606
795	105.225	2.344	0.746	0.820	10.332	10.225
838	112.168	2.362	0.764	0.842	10.332	10.858
881	118.152	2.380	0.782	0.856	10.334	11.461
926	125.822	2.398	0.820	0.879	10.336	12.153
978	133.558	2.420	0.822	0.923	10.339	12.918
1038	139.863	2.436	0.838	0.921	10.341	13.556
1100	153.306	2.476	0.878	0.965	10.345	14.858
1225	168.206	2.513	0.915	1.006	10.349	16.253
1352	182.249	2.548	0.955	1.044	10.353	17.603
1392	196.745	2.581	0.983	1.082	10.357	18.996
1487	211.255	2.615	1.017	1.116	10.361	20.389
1584	225.056	2.651	1.053	1.157	10.365	21.809
1681	240.882	2.683	1.085	1.192	10.369	23.229
1782	256.276	2.716	1.120	1.231	10.373	24.706
1878	270.831	2.753	1.155	1.269	10.377	26.109
1974	285.584	2.792	1.194	1.312	10.382	27.500
2063	299.169	2.830	1.232	1.354	10.386	28.805
2155	312.448	2.872	1.274	1.400	10.391	30.070
2236	325.575	2.917	1.319	1.450	10.396	31.317
2316	337.788	2.965	1.367	1.502	10.402	32.475
2395	349.845	3.019	1.421	1.562	10.408	33.614
2456	359.185	3.081	1.493	1.641	10.416	34.480
278	17.553	5.838	4.040	4.440	10.721	1.837

*TABLA 710 - SUELO NATURAL + 5% DE CAL EDAD 14 DIAS SIN SATURACION

PROYECTO TESTS DE LICENCIATURA LOCALIZACIÓN: FACULTAD DE INGENIERÍA						
SONDEO: S/1						
PROBETA: 14						
PROFUNDIDAD: N/D						
PRUEBA TRIAXIAL: COMPRESIÓN SIMPLE						
σ _v = 0.00 kg/cm ²						
DATOS GENERALES						
D ₁ = 3.610	cm	kamilo = 152.6373	kg			
D ₂ = 3.610	cm					
D ₃ = 3.601	cm	D ₄ = 3.6118	cm			
H ₁ = 0.114	cm	H ₂ = 0.8803	cm			
H ₃ = 0.202	cm	A ₁ = 10.2453	cm ²			
H ₄ = 0.935	cm	τ ₁ = 1.7201	Um ²			
H ₅ = 1.527	cm	τ ₂ = 4.29	%			
LECTURA ANILLO	P _{av} kg	MICRO mm	P _{av} mm	%	A _{av} cm ²	P _{av} kg/cm ²
7.067	0.000	0.924	0.000	0.000	10.245	0.000
7.072	0.763	0.886	0.062	0.068	10.252	0.674
7.081	2.137	1.074	0.150	0.165	10.262	2.008
7.086	2.900	1.112	0.188	0.207	10.267	2.822
7.092	3.818	1.150	0.235	0.259	10.272	3.871
7.102	5.342	1.222	0.298	0.328	10.276	5.520
7.120	6.090	1.330	0.406	0.447	10.291	6.786
7.125	6.853	1.361	0.461	0.502	10.296	7.665
7.142	11.448	1.412	0.608	0.650	10.301	13.111
7.163	14.191	1.441	0.702	0.688	10.306	15.277
7.182	17.027	1.471	0.802	0.755	10.311	17.552
7.203	20.759	1.563	1.019	0.704	10.316	20.751
7.229	24.260	1.603	0.679	0.746	10.323	23.351
7.250	27.933	1.639	0.715	0.787	10.327	27.055
7.273	31.443	1.675	0.751	0.827	10.331	30.444
7.298	35.259	1.711	0.787	0.867	10.335	34.12
7.325	39.280	1.744	0.820	0.903	10.339	38.009
7.354	43.627	1.777	0.853	0.936	10.342	42.206
7.387	48.444	1.811	0.887	0.977	10.346	47.221
7.415	53.198	1.840	0.916	1.009	10.350	52.132
7.448	58.155	1.870	0.946	1.042	10.353	57.617
7.480	63.039	1.899	0.975	1.074	10.357	62.887
7.516	68.534	1.928	1.005	1.107	10.360	68.616
7.549	73.571	1.958	1.034	1.139	10.363	73.999
7.583	78.761	1.988	1.062	1.170	10.367	79.98
7.620	84.408	2.014	1.090	1.200	10.370	86.145
7.655	89.751	2.040	1.116	1.229	10.373	92.533
7.692	95.398	2.066	1.142	1.258	10.376	99.194
7.726	101.648	2.090	1.166	1.284	10.379	106.236
7.768	108.093	2.113	1.189	1.309	10.381	113.678
7.803	112.245	2.137	1.213	1.336	10.384	121.619
7.840	117.689	2.160	1.236	1.361	10.387	130.160
7.880	124.064	2.182	1.258	1.385	10.389	139.444
7.918	129.684	2.204	1.280	1.410	10.392	150.500
7.960	136.305	2.228	1.304	1.436	10.395	162.113
7.999	142.258	2.251	1.327	1.461	10.397	174.682
8.041	148.689	2.274	1.350	1.487	10.400	188.295
8.081	154.774	2.297	1.373	1.512	10.403	202.878
8.121	160.880	2.320	1.396	1.537	10.405	218.651
8.166	167.748	2.344	1.420	1.564	10.408	235.117
8.253	181.028	2.367	1.473	1.622	10.414	253.858
8.331	192.933	2.453	1.529	1.684	10.421	281.514
8.406	204.381	2.503	1.578	1.739	10.427	310.802
8.478	215.524	2.550	1.632	1.787	10.433	342.858
8.553	226.819	2.600	1.689	1.868	10.440	377.225
8.616	236.740	2.689	1.765	1.944	10.448	423.858
8.653	242.083	2.765	1.871	2.065	10.465	481.142
8.673	241.555	3.150	2.226	2.451	10.503	501.843
7.627	85.477	4.231	3.307	3.642	10.633	8.039

TABLA 710 - SUELO NATURAL + 5% DE CAL EDAD 14 DIAS + 24 HRS DE SATURACION

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

ESTA TESIS NO SALE DE LA BIBLIOTECA

PROYECTO TESIS DE LICENCIATURA
 LOCALIZACION: FACULTAD DE INGENIERIA
 TÍTULO: SUELO
 PROBETA: 15
 PROFUNDIDAD: N/D

PRUEBA TRIAXIAL / COMPRESION SIMPLE
 L. 0.00 / kg/cm²

DATOS GENERALES:
 D₁ = 3.817 cm
 D₂ = 3.622 cm
 D = 3.456 cm
 H₁ = 9.217 cm
 H₂ = 9.052 cm
 H₃ = 9.053 cm
 W₁ = 152.26 gr

kamilo = 152.937 kg
 D_u = 3.6070 cm
 H_u = 9.0533 cm
 t_u = 1.72154 Urm*
 4.29 %

LECTURA ANILLO	P ₀ kg	MICRO mm	A ₀ mm ²	V ₀ cm ³	A ₁₀₀ mm ²	V ₁₀₀ cm ³	A ₂₀₀ mm ²	V ₂₀₀ cm ³	A ₃₀₀ mm ²	V ₃₀₀ cm ³	A ₄₀₀ mm ²	V ₄₀₀ cm ³
5.415	0.250	4.898	0.900	0.200	10.219	0.000						
5.419	0.458	4.926	0.958	0.964	10.225	0.045						
5.422	0.916	5.020	0.132	0.735	10.232	0.060						
5.425	0.174	5.074	0.176	0.194	10.236	0.134						
5.430	2.137	5.132	0.234	0.258	10.245	0.209						
5.435	2.922	5.185	0.287	0.317	10.251	0.283						
5.441	3.815	5.245	0.348	0.384	10.258	0.372						
5.450	5.190	5.303	0.405	0.447	10.264	0.506						
5.460	6.714	5.356	0.459	0.506	10.270	0.654						
5.467	7.784	5.397	0.499	0.551	10.275	0.758						
5.499	10.354	5.435	0.537	0.593	10.279	1.203						
5.527	15.627	5.473	0.574	0.635	10.284	1.558						
5.546	19.843	5.511	0.613	0.677	10.288	1.929						
5.572	23.811	5.548	0.648	0.716	10.292	2.314						
5.627	34.218	5.584	0.686	0.758	10.296	2.743						
5.628	32.254	5.612	0.714	0.789	10.300	3.112						
5.859	37.261	5.646	0.748	0.828	10.304	3.600						
5.867	50.478	5.679	0.787	0.863	10.307	4.243						
5.923	48.860	5.711	0.873	0.869	10.311	4.545						
5.957	52.049	5.740	0.842	0.930	10.314	5.046						
5.993	57.544	5.768	0.871	0.972	10.317	5.577						
6.228	62.887	5.796	0.858	0.992	10.321	6.093						
6.263	68.229	5.821	0.923	1.025	10.324	6.609						
6.299	73.724	5.845	0.947	1.074	10.327	7.135						
6.335	79.216	5.870	0.972	1.074	10.329	7.665						
6.174	85.172	5.893	0.965	1.099	10.332	8.244						
6.212	90.977	5.916	1.021	1.126	10.335	8.803						
6.252	97.277	5.941	1.043	1.152	10.337	9.391						
6.290	102.879	5.965	1.067	1.176	10.340	9.949						
6.329	108.830	5.990	0.993	1.206	10.343	10.622						
6.369	114.936	6.016	1.118	1.235	10.346	11.109						
6.409	121.241	6.043	1.145	1.265	10.349	11.656						
6.449	127.147	6.073	1.175	1.293	10.353	12.200						
6.489	133.252	6.101	1.203	1.329	10.356	12.807						
6.528	139.225	6.128	1.230	1.359	10.359	13.438						
6.567	145.158	6.153	1.255	1.388	10.362	14.099						
6.610	151.127	6.182	1.284	1.418	10.365	14.637						
6.652	157.827	6.209	1.311	1.448	10.369	15.222						
6.692	164.208	6.235	1.341	1.481	10.372	15.826						
6.734	170.648	6.268	1.370	1.513	10.375	16.447						
6.772	176.449	6.296	1.398	1.544	10.379	17.001						
6.814	182.656	6.324	1.426	1.575	10.382	17.613						
6.854	188.925	6.345	1.451	1.503	10.385	18.196						
6.898	195.681	6.374	1.474	1.532	10.388	18.836						
6.940	202.502	6.399	1.501	1.596	10.391	19.441						
6.982	208.522	6.424	1.524	1.686	10.394	20.061						
7.025	215.066	6.448	1.552	1.712	10.396	20.687						
7.065	221.111	6.472	1.572	1.786	10.399	21.289						
7.111	228.193	6.484	1.560	1.783	10.402	21.938						
7.150	234.146	6.511	1.616	1.788	10.404	22.504						
7.193	240.729	6.539	1.641	1.813	10.407	23.126						
7.233	246.814	6.562	1.664	1.836	10.410	23.710						
7.274	253.073	6.583	1.685	1.861	10.412	24.305						
7.317	259.496	6.626	1.707	1.885	10.415	24.930						
7.344	263.757	6.620	1.722	1.902	10.417	25.321						
7.422	275.358	6.661	1.763	1.947	10.421	26.423						
7.449	279.384	6.678	1.783	1.966	10.423	26.842						
7.485	285.274	6.694	1.799	1.987	10.426	27.383						
7.528	291.842	6.721	1.823	2.014	10.428	27.985						
7.562	297.332	6.745	1.843	2.041	10.431	28.477						
7.600	304.053	6.768	1.868	2.063	10.434	29.142						
7.644	309.548	6.788	1.892	2.088	10.436	29.961						
7.684	315.614	6.811	1.913	2.113	10.439	30.298						
7.722	321.454	6.835	1.937	2.140	10.442	30.785						
7.764	327.865	6.860	1.962	2.167	10.445	31.390						
7.802	333.962	6.886	1.986	2.196	10.448	32.028						
7.838	339.160	6.913	2.015	2.226	10.451	32.452						
7.873	344.522	6.940	2.042	2.252	10.454	32.954						
7.908	349.845	6.968	2.071	2.288	10.458	33.548						
7.943	354.729	7.000	2.102	2.326	10.461	33.909						
7.973	359.196	7.030	2.132	2.355	10.465	34.379						
8.013	365.874	7.061	2.163	2.391	10.469	34.949						
8.043	370.451	7.091	2.193	2.422	10.472	35.375						
8.076	375.488	7.124	2.228	2.459	10.476	35.843						
8.107	380.219	7.164	2.268	2.503	10.481	36.278						
8.128	383.425	7.205	2.307	2.548	10.486	36.567						
8.139	385.104	7.264	2.386	2.613	10.493	36.702						
8.154	22.585	9.819	4.920	5.434	10.908	7.051						

TABLA 7.19: SUELO NATURAL + 5% DE CAL EDAO 30 DIAS SIN SATURACION

PROYECTO TESIS DE LICENCIATURA
 LOCALIZACION: FACULTAD DE INGENIERIA
 TÍTULO: SUELO
 PROBETA: 16
 PROFUNDIDAD: N/D

PRUEBA TRIAXIAL / COMPRESION SIMPLE
 L. 0.00 / kg/cm²

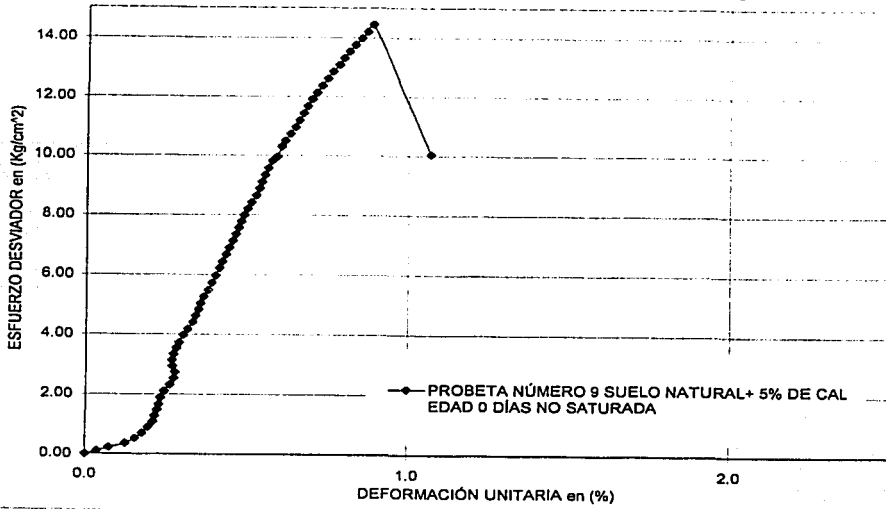
DATOS GENERALES:
 D₁ = 3.619 cm
 D₂ = 3.610 cm
 D = 3.606 cm
 H₁ = 9.140 cm
 H₂ = 9.143 cm
 H₃ = 9.021 cm
 W₁ = 159.88 gr

kamilo = 152.937 kg
 D_u = 3.6095 cm
 H_u = 9.1013 cm
 t_u = 1.71874 Urm*
 4.29 %

LECTURA ANILLO	P ₀ kg	MICRO mm	A ₀ mm ²	V ₀ cm ³	A ₁₀₀ mm ²	V ₁₀₀ cm ³	A ₂₀₀ mm ²	V ₂₀₀ cm ³	A ₃₀₀ mm ²	V ₃₀₀ cm ³	A ₄₀₀ mm ²	V ₄₀₀ cm ³
5.681	0.000	12.092	0.000	0.000	10.233	0.000						
5.684	0.458	12.125	0.063	0.069	10.240	0.045						
5.688	1.068	12.184	0.127	0.134	10.248	0.104						
5.692	1.679	12.236	0.174	0.191	10.252	0.164						
5.697	2.442	12.290	0.228	0.251	10.258	0.238						
5.704	3.511	12.344	0.282	0.310	10.264	0.342						
5.714	5.037	12.390	0.328	0.390	10.270	0.460						
5.726	6.869	12.438	0.416	0.413	10.275	0.688						
5.741	9.158	12.484	0.422	0.464	10.280	0.891						
5.757	11.600	12.532	0.470	0.516	10.285	1.128						
5.773	14.043	12.578	0.514	0.565	10.291	1.365						
5.808	16.943	12.630	0.561	0.612	10.296	1.645						
5.816	20.606	12.660	0.598	0.657	10.300	2.001						
5.841	24.422	12.698	0.636	0.669	10.305	2.370						
5.868	28.543	12.733	0.671	0.727	10.309	2.769						
5.892	32.206	12.768	0.706	0.776	10.313	3.123						
5.917	36.022	12.798	0.736	0.809	10.316	3.492						
5.942	40.449	12.833	0.761	0.845	10.320	3.920						
5.973	44.570	12.861	0.769	0.878	10.323	4.317						
6.001	48.844	12.891	0.829	0.911	10.327	4.720						
6.031	52.710	12.923	0.861	0.946	10.331	5.157						
6.060	57.850	12.953	0.851	0.979	10.334	5.588						
6.090	62.429	12.984	0.922	1.013	10.337	6.039						
6.124	67.313	13.015	0.947	1.047	10.341	6.509						
6.153	72.045	13.046	0.983	1.080	10.344	6.965						
6.186	77.082	13.074	1.012	1.112	10.348	7.449						
6.220	81.969	13.102	1.041	1.144	10.351	7.919						
6.251	87.003	13.129	1.067	1.172	10.354	8.403						
6.283	91.888	13.157	1.095									

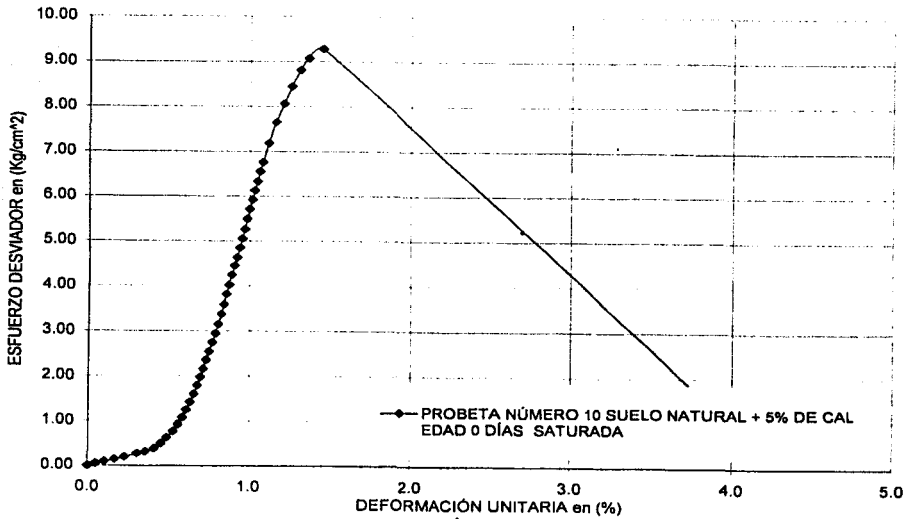
TESIS CON FALLA DE ORIGEN

ESFUERZO - DEFORMACIÓN



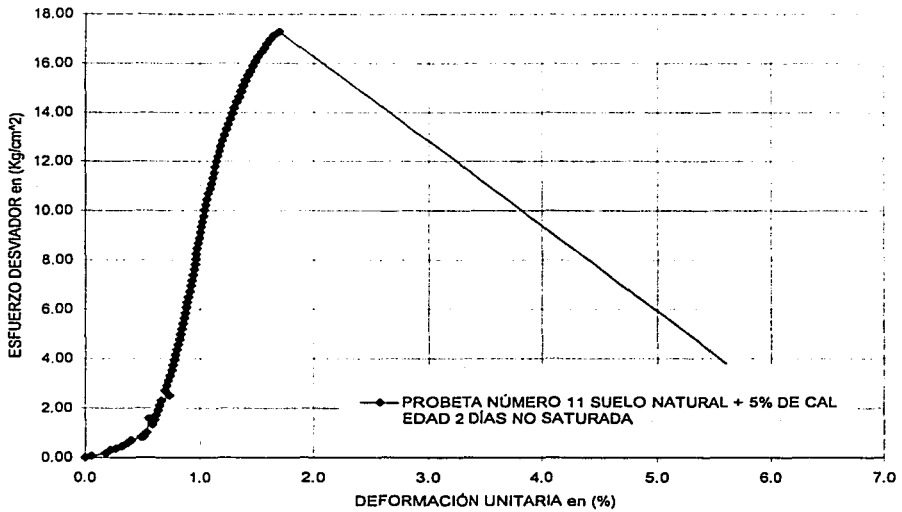
GRAFICA 7.9.- SUELO NATURAL + 5 % DE CAL EDAD 0 DÍAS SIN SATURACIÓN

ESFUERZO - DEFORMACIÓN



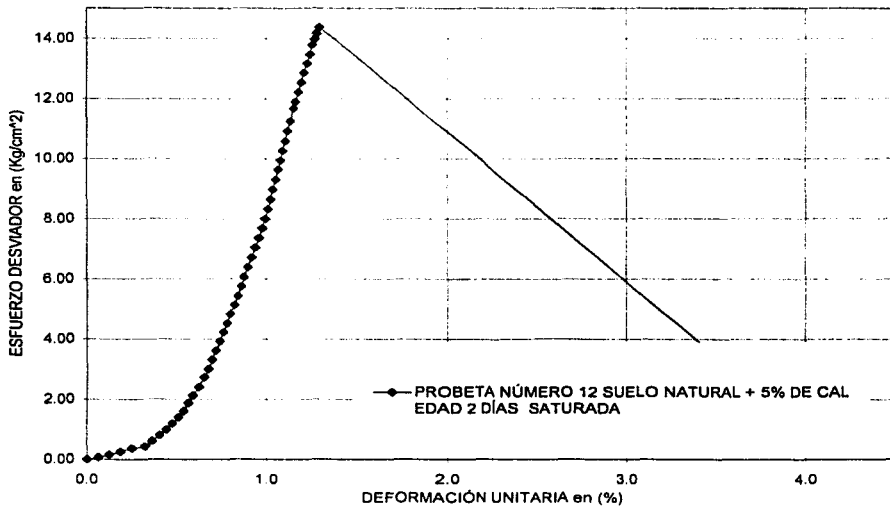
GRAFICA 7.10.- SUELO NATURAL + 5 % DE CAL EDAD, 0 DÍAS + 24 HRS DE SATURACIÓN

ESFUERZO - DEFORMACIÓN



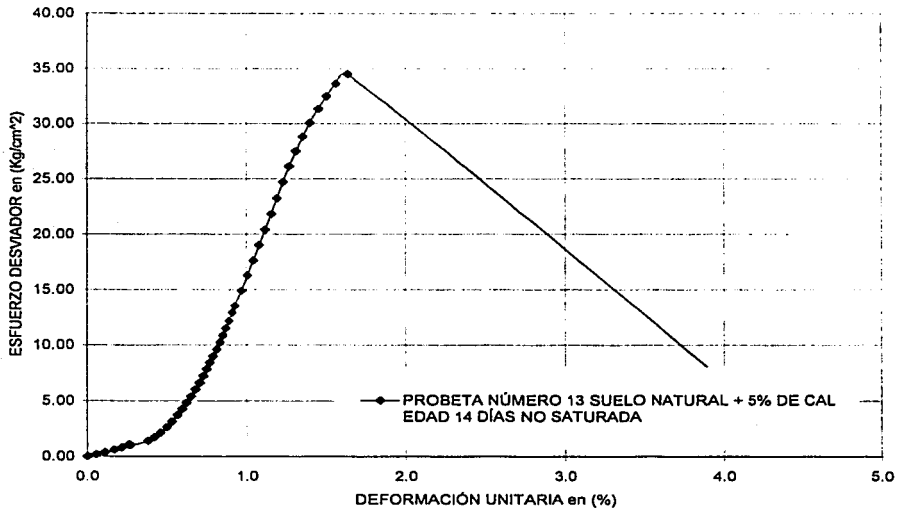
GRAFICA 7.11.- SUELO NATURAL + 5% DE CAL EDAD; 2 DÍAS SIN SATURACIÓN

ESFUERZO - DEFORMACIÓN



GRAFICA 7.12 - SUELO NATURAL + 5% DE CAL EDAD; 2 DÍAS + 24 HRS DE SATURACIÓN

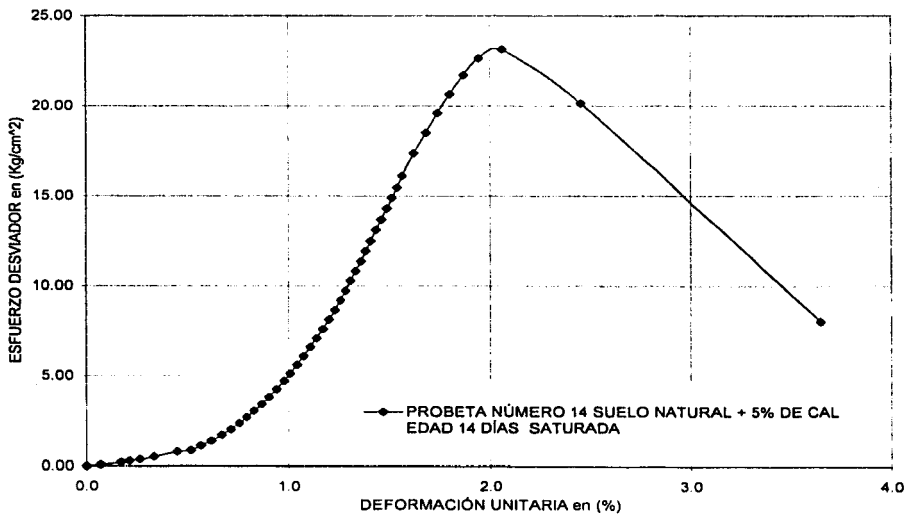
ESFUERZO - DEFORMACIÓN



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

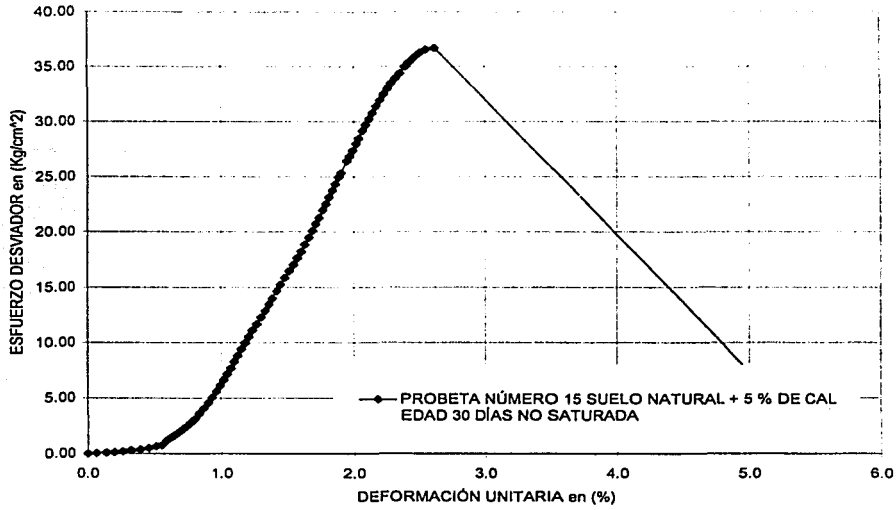
GRAFICA 7.13.- SUELO NATURAL + 5 % DE CAL EDAD; 14 DÍAS SIN SATURACIÓN

ESFUERZO - DEFORMACIÓN



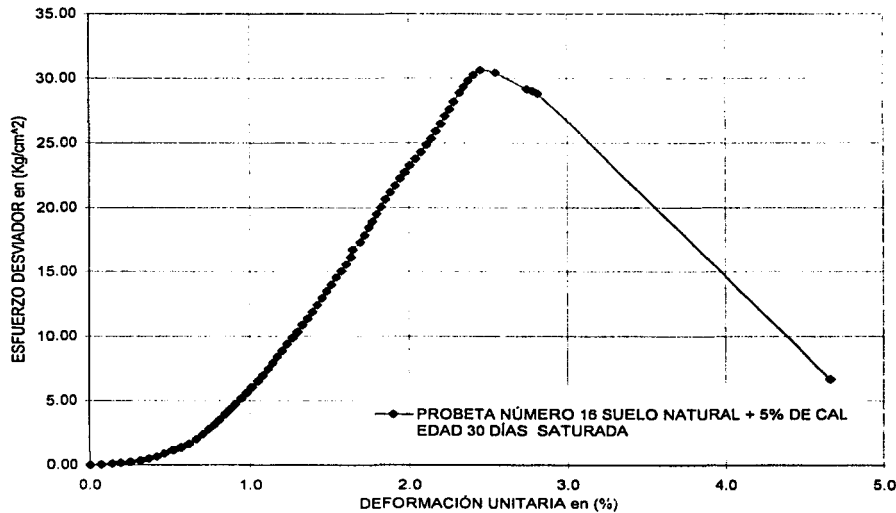
GRAFICA 7.14.- SUELO NATURAL + 5 % DE CAL EDAD, 14 DÍAS + 24 HRS DE SATURACIÓN

ESFUERZO - DEFORMACIÓN



GRAFICA 7.15.- SUELO NATURAL + 5 % DE CAL EDAD; 30 DÍAS SIN SATURACIÓN

ESFUERZO - DEFORMACIÓN



GRAFICA 7.16.- SUELO NATURAL + 5 % DE CAL EDAD; 30 DÍAS + 24 HRS DE SATURACIÓN

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

PROYECTO: TESIS DE LICENCIATURA
LOCALIZACIÓN: FACULTAD DE INGENIERÍA

SONDEO: S/N
PROBETA: 17
PROFUNDIDAD: N/D

PRUEBA TRIAXIAL: COMPRESIÓN SIMPLE
 $\sigma_3 = 0.00$ kg/cm²

DATOS GENERALES:

D ₁ = 3.610 cm	kanito = 152.6373 kg
D ₂ = 3.618 cm	
D ₃ = 3.608 cm	D ₂₀ = 3.6140 cm
H ₁ = 9.020 cm	H ₂₀ = 9.0163 cm
H ₂ = 8.975 cm	A ₂₀ = 10.2581 cm ²
H ₃ = 9.054 cm	$\gamma = 1.71413$ U/m ³
W ₁ = 158.54 gr	$w = 4.29$ %

LECTURA ANILLO	P _{total} kg	MICRO mm	V _{total} mm ³	%	A ₂₀ cm ²	ρ_{total} kg/cm ³
6.987	0.000	3.739	0.000	0.000	10.258	0.000
6.992	0.783	3.804	0.065	0.072	10.265	0.074
6.998	1.679	3.855	0.128	0.140	10.272	0.163
7.004	2.595	3.924	0.185	0.205	10.279	0.252
7.013	3.969	3.978	0.239	0.265	10.285	0.380
7.025	5.800	4.040	0.301	0.334	10.292	0.564
7.035	7.327	4.085	0.346	0.384	10.298	0.711
7.048	9.311	4.139	0.400	0.444	10.304	0.904
7.062	11.448	4.195	0.456	0.506	10.310	1.110
7.075	13.432	4.246	0.502	0.562	10.316	1.302
7.090	15.722	4.301	0.562	0.623	10.322	1.523
7.106	18.164	4.354	0.615	0.682	10.329	1.759
7.122	20.606	4.406	0.667	0.740	10.335	1.994
7.138	23.048	4.453	0.719	0.792	10.340	2.229
7.155	25.643	4.502	0.763	0.846	10.346	2.479
7.173	28.391	4.551	0.812	0.901	10.351	2.743
7.190	30.985	4.600	0.861	0.955	10.357	2.992
7.209	33.885	4.650	0.911	1.010	10.363	3.270
7.228	36.786	4.703	0.964	1.069	10.369	3.548
7.248	39.533	4.754	1.015	1.126	10.375	3.810
7.265	42.433	4.803	1.064	1.180	10.381	4.088
7.282	45.028	4.851	1.112	1.233	10.386	4.355
7.300	47.775	4.900	1.161	1.288	10.392	4.597
7.318	50.523	4.951	1.212	1.344	10.398	4.850
7.336	53.270	5.001	1.262	1.400	10.404	5.120
7.351	55.560	5.049	1.310	1.453	10.409	5.338
7.366	57.850	5.099	1.360	1.508	10.415	5.554
7.381	60.135	5.151	1.412	1.566	10.421	5.771
7.390	61.513	5.203	1.464	1.624	10.427	5.899
7.406	63.955	5.219	1.580	1.752	10.441	6.125
7.392	61.818	5.472	1.733	1.922	10.459	5.910
7.340	53.881	5.669	1.930	2.141	10.482	5.140
7.289	46.096	5.863	2.124	2.356	10.506	4.386
7.219	35.412	6.093	2.354	2.611	10.533	3.362
7.174	28.543	6.297	2.607	2.837	10.558	2.704
7.169	27.780	6.351	2.612	2.897	10.564	2.630
7.165	27.169	6.449	2.710	3.006	10.578	2.569
7.162	26.712	6.493	2.754	3.054	10.581	2.524
7.154	25.490	6.575	2.836	3.151	10.591	2.407
7.150	24.880	6.615	2.876	3.190	10.596	2.348
7.144	23.964	6.653	2.914	3.232	10.601	2.261
7.139	23.201	6.698	2.959	3.282	10.606	2.187
7.138	22.743	6.724	2.985	3.311	10.609	2.159
7.130	21.827	6.766	3.027	3.357	10.614	2.056
7.126	21.217	6.812	3.073	3.403	10.620	1.998
7.123	20.759	6.861	3.122	3.463	10.626	1.954
7.120	20.301	6.898	3.159	3.504	10.631	1.910
7.118	19.995	6.920	3.181	3.528	10.633	1.880
7.116	19.690	6.958	3.219	3.570	10.638	1.851
7.114	19.385	6.985	3.246	3.600	10.641	1.822
7.111	18.927	7.033	3.294	3.653	10.647	1.778
7.109	18.622	7.068	3.329	3.692	10.651	1.748
7.106	18.164	7.121	3.362	3.751	10.658	1.704
7.102	17.553	7.201	3.462	3.840	10.668	1.645
7.100	17.248	7.255	3.516	3.900	10.674	1.616

*TABLA 7.21: SUELO NATURAL + 5% DE CEMENTO EDAD 0 DIAS SIN SATURACIÓN

PROYECTO: TESIS DE LICENCIATURA
LOCALIZACIÓN: FACULTAD DE INGENIERÍA

SONDEO: S/N
PROBETA: 18
PROFUNDIDAD: N/D

PRUEBA TRIAXIAL: COMPRESIÓN SIMPLE
 $\sigma_3 = 0.00$ kg/cm²

DATOS GENERALES:

D ₁ = 3.618 cm	kanito = 152.6373 kg
D ₂ = 3.618 cm	
D ₃ = 3.612 cm	D ₂₀ = 3.6170 cm
H ₁ = 9.081 cm	H ₂₀ = 9.0890 cm
H ₂ = 9.065 cm	A ₂₀ = 10.2751 cm ²
H ₃ = 9.121 cm	$\gamma = 1.8886$ U/m ³
W ₁ = 157.80 gr	$w = 4.29$ %

LECTURA ANILLO	P _{total} kg	MICRO mm	V _{total} mm ³	%	A ₂₀ cm ²	ρ_{total} kg/cm ³
7.096	0.000	3.155	0.000	0.000	10.275	0.000
7.101	0.763	3.229	0.074	0.081	10.283	0.074
7.107	1.679	3.287	0.132	0.145	10.290	0.163
7.114	2.747	3.350	0.195	0.215	10.297	0.267
7.118	3.358	3.408	0.253	0.276	10.304	0.326
7.121	3.816	3.470	0.315	0.347	10.311	0.370
7.132	5.495	3.526	0.371	0.408	10.317	0.533
7.145	7.479	3.577	0.422	0.464	10.323	0.725
7.158	9.464	3.634	0.479	0.527	10.330	0.916
7.174	11.906	3.685	0.530	0.583	10.335	1.152
7.193	14.806	3.729	0.574	0.632	10.340	1.432
7.215	18.164	3.769	0.614	0.676	10.345	1.756
7.238	21.674	3.807	0.652	0.717	10.349	2.094
7.265	25.996	3.842	0.687	0.756	10.353	2.492
7.292	29.917	3.875	0.720	0.792	10.357	2.889
7.322	34.496	3.906	0.751	0.826	10.361	3.329
7.354	39.380	3.937	0.782	0.860	10.364	3.800
7.388	44.570	3.969	0.814	0.896	10.368	4.299
7.422	49.780	4.003	0.848	0.933	10.372	4.798
7.454	54.644	4.037	0.882	0.970	10.376	5.286
7.487	59.681	4.072	0.917	1.009	10.380	5.750
7.518	64.413	4.105	0.950	1.045	10.384	6.203
7.550	69.297	4.140	0.985	1.084	10.388	6.671
7.582	74.182	4.176	1.021	1.123	10.392	7.138
7.612	78.781	4.213	1.058	1.164	10.396	7.576
7.642	83.340	4.251	1.096	1.206	10.401	8.013
7.669	87.451	4.288	1.133	1.247	10.405	8.408
7.695	91.430	4.328	1.173	1.291	10.409	8.783
7.723	95.704	4.369	1.214	1.336	10.414	9.190
7.748	99.919	4.413	1.258	1.384	10.419	9.551
7.772	103.183	4.460	1.305	1.436	10.425	9.898
7.794	106.541	4.509	1.354	1.490	10.431	10.214
7.811	109.136	4.557	1.402	1.543	10.436	10.458
7.789	105.778	4.723	1.568	1.725	10.455	10.117
7.162	10.074	5.488	2.331	2.565	10.546	0.855

TABLA 7.22: SUELO NATURAL + 5% DE CEMENTO EDAD 0 DIAS + 24 HRS DE SATURADA

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

PROYECTO: TESIS DE LICENCIATURA
LOCALIZACIÓN: FACULTAD DE INGENIERÍA

SONDEO: S-N
PROBETA: 19
PROFUNDIDAD: N/D

PRUEBA TRIAXIAL: COMPRESIÓN SIMPLE
0.60 kg/cm²

DATOS GENERALES:	
D ₁ = 3.615 cm	kamilo = 152.6373 kg
D ₂ = 3.628 cm	
D ₃ = 3.617 cm	D ₁ = 3.6220 cm
H ₁ = 9.079 cm	H ₁ = 9.0847 cm
H ₂ = 9.069 cm	A ₁ = 10.3035 cm ²
H ₃ = 9.106 cm	T ₁ = 1.67862 um ²
W ₁ = 157.22 gr	w = 4.29 %

LECTURA ANILLO	P _{med} kg	MICRO mm	P _{med} mm	t %	A _{med} cm ²	P _{med} kg/cm ²
7 100	0 000	2 900	0 000	0 000	10 304	0 000
7 104	0 611	2 963	0 063	0 069	10 311	0 059
7 108	1 221	3 026	0 126	0 139	10 318	0 118
7 114	2 137	3 087	0 187	0 206	10 325	0 207
7 118	2 747	3 149	0 249	0 274	10 332	0 266
7 122	3 356	3 207	0 307	0 338	10 338	0 325
7 131	4 732	3 266	0 366	0 403	10 345	0 457
7 143	6 563	3 318	0 418	0 460	10 351	0 634
7 158	8 853	3 365	0 465	0 512	10 357	0 855
7 173	11 143	3 407	0 507	0 558	10 361	1 075
7 191	13 890	3 449	0 549	0 604	10 366	1 340
7 211	16 943	3 487	0 587	0 646	10 371	1 634
7 232	20 148	3 527	0 627	0 690	10 375	1 942
7 255	23 659	3 568	0 668	0 735	10 380	2 279
7 279	27 322	3 606	0 706	0 777	10 384	2 631
7 306	31 443	3 645	0 745	0 820	10 389	3 027
7 332	35 412	3 682	0 782	0 861	10 393	3 407
7 360	39 886	3 720	0 820	0 903	10 397	3 817
7 390	44 205	3 757	0 857	0 943	10 402	4 256
7 420	48 844	3 793	0 893	0 983	10 406	4 694
7 453	53 881	3 831	0 931	1 025	10 410	5 176
7 487	59 071	3 870	0 970	1 068	10 415	5 672
7 519	63 955	3 909	1 009	1 111	10 419	6 138
7 546	68 534	3 948	1 048	1 154	10 424	6 575
7 578	72 961	3 986	1 086	1 195	10 428	6 996
7 606	77 234	4 024	1 124	1 237	10 433	7 403
7 630	80 898	4 057	1 157	1 274	10 436	7 751
7 656	84 866	4 093	1 193	1 313	10 441	8 128
7 686	88 530	4 128	1 228	1 352	10 445	8 476
7 732	96 467	4 206	1 306	1 438	10 454	9 228
7 781	103 946	4 287	1 387	1 527	10 463	9 934
7 829	111 273	4 375	1 475	1 624	10 474	10 624
7 873	117 989	4 473	1 573	1 731	10 485	11 253
7 916	124 552	4 578	1 678	1 847	10 497	11 885
7 949	129 436	4 689	1 789	1 969	10 511	12 315
7 166	10 074	5 698	2 798	3 080	10 631	0 948
7 151	7 784	5 763	2 863	3 151	10 639	0 732
7 149	7 479	5 799	2 899	3 191	10 643	0 703

*TABLA 723 - SUELO NATURAL + 5% DE CEMENTO EDAD 2 DIAS SIN SATURACION

PROYECTO: TESIS DE LICENCIATURA
LOCALIZACIÓN: FACULTAD DE INGENIERÍA

SONDEO: S-N
PROBETA: 20
PROFUNDIDAD: N/D

PRUEBA TRIAXIAL: COMPRESIÓN SIMPLE
0.60 kg/cm²

DATOS GENERALES:	
D ₁ = 3.610 cm	kamilo = 65 5020 kg
D ₂ = 3.619 cm	
D ₃ = 3.618 cm	D ₁ = 3.6165 cm
H ₁ = 9.190 cm	H ₁ = 9.1933 cm
H ₂ = 9.250 cm	A ₁ = 10.2723 cm ²
H ₃ = 9.140 cm	T ₁ = 1.68155 um ²
W ₁ = 158.80 gr	w = 4.29 %

LECTURA ANILLO	P _{med} kg	MICRO mm	P _{med} mm	t %	A _{med} cm ²	P _{med} kg/cm ²
2 159	0 000	3 542	0 000	0 000	10 272	0 000
2 174	1 043	3 613	0 071	0 077	10 280	0 101
2 185	1 807	3 651	0 109	0 119	10 284	0 176
2 199	2 780	3 711	0 169	0 184	10 291	0 270
2 219	4 170	3 762	0 220	0 239	10 297	0 405
2 242	5 769	3 813	0 271	0 295	10 303	0 560
2 270	7 715	3 857	0 315	0 343	10 308	0 748
2 300	9 800	3 893	0 351	0 382	10 312	0 950
2 330	11 885	3 928	0 388	0 420	10 316	1 152
2 363	14 178	3 959	0 417	0 454	10 319	1 374
2 397	16 541	3 992	0 450	0 489	10 323	1 602
2 435	19 183	4 024	0 482	0 524	10 328	1 858
2 471	21 685	4 051	0 509	0 554	10 329	2 099
2 514	24 673	4 084	0 542	0 590	10 333	2 388
2 551	27 245	4 115	0 573	0 623	10 337	2 636
2 592	30 094	4 145	0 603	0 658	10 340	2 910
2 632	32 874	4 167	0 625	0 680	10 343	3 179
2 671	35 585	4 192	0 650	0 707	10 345	3 440
2 713	38 504	4 220	0 678	0 737	10 349	3 721
2 751	41 145	4 248	0 704	0 766	10 352	3 975
2 792	43 995	4 271	0 729	0 793	10 354	4 249
2 834	46 914	4 296	0 754	0 820	10 357	4 530
2 876	49 833	4 322	0 780	0 848	10 360	4 810
2 918	52 752	4 348	0 806	0 877	10 363	5 090
2 954	55 254	4 372	0 830	0 903	10 366	5 330
2 997	58 243	4 394	0 852	0 927	10 368	5 617
3 036	60 953	4 418	0 876	0 953	10 371	5 877
3 080	64 011	4 443	0 901	0 980	10 374	6 170
3 124	67 069	4 467	0 925	1 006	10 377	6 463
3 165	69 919	4 492	0 950	1 033	10 380	6 736
3 210	73 047	4 518	0 976	1 062	10 383	7 036
3 252	75 986	4 546	1 004	1 092	10 386	7 314
3 294	78 885	4 572	1 030	1 120	10 389	7 593
3 337	81 873	4 598	1 058	1 149	10 392	7 879
3 378	84 723	4 621	1 079	1 174	10 394	8 151
3 416	87 384	4 644	1 102	1 199	10 397	8 403
3 453	89 936	4 669	1 127	1 226	10 400	8 648
3 490	92 507	4 694	1 152	1 253	10 403	8 893
3 529	95 218	4 725	1 183	1 287	10 406	9 150
3 560	97 372	4 758	1 216	1 323	10 410	9 354
3 579	98 693	4 797	1 255	1 365	10 414	9 477
2 431	18 905	6 122	2 580	2 806	10 569	1 789

TABLA 724 - SUELO NATURAL + 5% DE CEMENTO EDAD 2 DIAS + 24 HS DE SATURACION

TESIS CON
ORIGEN

PROYECTO: TESIS DE LICENCIATURA
LOCALIZACIÓN: FACULTAD DE INGENIERIA

SONDEO: S/N

PROBETA: 21

PROFUNDIDAD: N/D

PRUEBA TRIAXIAL: COMPRESION SIMPLE

$\sigma_3 = 0.00$ kg/cm²

DATOS GENERALES:

D ₁ = 5.526 cm	kaniño = 152.6373 kg
D ₂ = 3.615 cm	
D ₃ = 3.613 cm	D ₁ = 3.6128 cm
H ₁ = 8.993 cm	H ₁ = 8.9913 cm
H ₂ = 8.961 cm	A ₁ = 10.2510 cm ²
H ₃ = 9.000 cm	γ _m = 1.70077 U/m ³
W ₁ = 156.76 gr	w = 4.29 %

LECTURA ANILLO	P _{total} kg	MICRO mm	V _{total} mm ³	V ₁ mm ³	A ₁ cm ²	γ _m kg/cm ³
5.634	0.000	4.650	0.000	0.000	10.251	0.000
5.638	0.611	4.720	0.070	0.078	10.259	0.060
5.644	1.526	4.783	0.133	0.148	10.260	0.149
5.651	2.595	4.838	0.188	0.200	10.272	0.253
5.666	5.190	4.951	0.301	0.335	10.285	0.505
5.678	6.716	5.005	0.355	0.395	10.292	0.653
5.687	8.090	5.055	4.005	4.450	10.297	0.788
5.688	8.242	5.118	0.468	0.521	10.305	0.800
5.700	10.074	5.176	0.526	0.584	10.311	0.977
5.719	12.974	5.220	0.570	0.634	10.316	1.258
5.739	16.027	5.262	0.612	0.681	10.321	1.553
5.759	19.080	5.306	0.656	0.730	10.326	1.848
5.782	22.560	5.347	0.697	0.775	10.331	2.187
5.807	26.406	5.388	0.738	0.821	10.336	2.555
5.831	30.070	5.426	0.776	0.863	10.340	2.908
5.860	34.496	5.465	0.815	0.906	10.345	3.335
5.890	39.075	5.506	0.856	0.952	10.350	3.776
5.919	43.502	5.546	0.899	0.997	10.354	4.201
5.948	47.828	5.583	0.933	1.038	10.358	4.627
5.977	52.355	5.620	0.970	1.079	10.363	5.052
6.005	56.628	5.655	1.005	1.118	10.367	5.452
6.036	61.360	5.690	1.040	1.157	10.371	5.917
6.068	66.245	5.725	1.075	1.196	10.375	6.385
6.095	70.366	5.757	1.107	1.231	10.379	6.780
6.133	76.166	5.795	1.145	1.273	10.383	7.335
6.155	79.524	5.817	1.167	1.298	10.386	7.657
6.185	84.103	5.846	1.196	1.330	10.389	8.095
6.219	89.293	5.876	1.226	1.364	10.393	8.592
6.257	95.093	5.917	1.267	1.409	10.398	9.148
6.284	99.214	5.943	1.293	1.438	10.401	9.539
6.313	103.641	5.978	1.328	1.477	10.405	9.961
6.346	108.678	6.014	1.364	1.517	10.409	10.441
6.377	113.409	6.047	1.397	1.554	10.413	10.891
6.407	117.989	6.082	1.432	1.593	10.417	11.327
6.446	123.941	6.120	1.470	1.635	10.421	11.893
6.473	128.063	6.151	1.501	1.669	10.425	12.284
6.505	132.947	6.187	1.537	1.709	10.429	12.747
6.534	137.374	6.226	1.576	1.753	10.434	13.166
6.562	141.647	6.265	1.615	1.796	10.438	13.570
6.588	145.616	6.304	1.654	1.840	10.443	13.944
6.610	149.974	6.347	1.697	1.887	10.448	14.258
6.632	152.332	6.393	1.743	1.939	10.454	14.572
6.647	154.622	6.440	1.790	1.991	10.459	14.783
6.663	157.064	6.493	1.843	2.050	10.466	15.008
6.670	158.192	6.554	1.904	2.115	10.473	15.099
6.680	159.660	6.633	1.983	2.205	10.482	14.940
6.628	151.721	6.735	2.085	2.319	10.494	14.457
6.598	147.142	6.800	2.150	2.391	10.502	14.011
6.566	142.258	6.852	2.202	2.449	10.508	13.538
6.996	55.235	7.510	2.860	3.181	10.588	5.219
5.967	50.828	7.556	2.906	3.232	10.593	4.798
5.955	48.997	7.578	2.926	3.256	10.596	4.624
5.946	47.623	7.596	2.946	3.278	10.598	4.493

TABLA 7.25. SUELO NATURAL, 1.5% DE CEMENTACIÓN, 14 DÍAS SIN SATURACIÓN

PROYECTO: TESIS DE LICENCIATURA
LOCALIZACIÓN: FACULTAD DE INGENIERIA

SONDEO: S/N

PROBETA: 22

PROFUNDIDAD: N/D

PRUEBA TRIAXIAL: COMPRESION SIMPLE

$\sigma_3 = 0.00$ kg/cm²

DATOS GENERALES:

D ₁ = 5.526 cm	kaniño = 152.6373 kg
D ₂ = 3.616 cm	
D ₃ = 3.615 cm	D ₁ = 3.6145 cm
H ₁ = 9.298 cm	H ₁ = 9.2910 cm
H ₂ = 9.200 cm	A ₁ = 10.2609 cm ²
H ₃ = 9.285 cm	γ _m = 1.67280 U/m ³
W ₁ = 158.96 gr	w = 4.29 %

LECTURA ANILLO	P _{total} kg	MICRO mm	V _{total} mm ³	V ₁ mm ³	A ₁ cm ²	γ _m kg/cm ³
5.660	0.000	2.266	0.000	0.000	10.281	0.000
5.682	0.305	2.327	0.061	0.066	10.289	0.030
5.685	0.763	2.391	0.125	0.135	10.275	0.074
5.688	1.221	2.457	0.191	0.206	10.282	0.119
5.693	1.984	2.523	0.257	0.278	10.289	0.193
5.699	2.900	2.592	0.326	0.352	10.297	0.282
5.706	3.969	2.655	0.389	0.420	10.304	0.385
5.707	4.121	2.738	0.470	0.508	10.313	0.400
5.716	5.495	2.792	0.546	0.586	10.320	0.532
5.726	7.021	2.845	0.579	0.625	10.325	0.680
5.738	8.853	2.894	0.628	0.678	10.331	0.857
5.751	10.837	2.939	0.673	0.727	10.338	1.048
5.766	13.432	2.983	0.717	0.774	10.345	1.299
5.786	16.180	3.024	0.758	0.818	10.346	1.564
5.808	19.538	3.067	0.801	0.865	10.350	1.888
5.829	22.743	3.105	0.839	0.906	10.355	2.196
5.853	26.406	3.142	0.876	0.946	10.356	2.549
5.878	30.222	3.177	0.911	0.984	10.363	2.916
5.906	34.466	3.217	0.951	1.027	10.367	3.327
5.928	37.854	3.248	0.982	1.060	10.371	3.650
5.951	41.365	3.279	1.013	1.094	10.374	3.987
5.978	45.486	3.310	1.044	1.127	10.378	4.383
6.006	49.760	3.345	1.079	1.165	10.382	4.793
6.035	54.186	3.382	1.110	1.205	10.386	5.217
6.065	58.765	3.419	1.153	1.245	10.390	5.656
6.093	63.039	3.455	1.189	1.284	10.394	6.065
6.122	67.466	3.490	1.224	1.322	10.398	6.486
6.151	71.892	3.524	1.258	1.358	10.402	6.911
6.179	76.166	3.558	1.292	1.395	10.406	7.319
6.206	80.866	3.626	1.380	1.460	10.414	8.149
6.293	93.587	3.692	1.428	1.540	10.421	8.978
6.347	101.809	3.762	1.496	1.615	10.429	9.762
6.396	109.288	3.832	1.566	1.691	10.437	10.471
6.435	115.241	3.920	1.654	1.786	10.448	11.030
6.416	112.341	4.066	1.800	1.944	10.464	10.736
6.390	108.372	4.107	1.841	1.988	10.469	10.352
6.361	103.946	4.157	1.891	2.042	10.475	9.923
6.348	101.962	4.186	1.922	2.075	10.478	9.731
6.339	100.589	4.214	1.948	2.103	10.481	9.597
6.328	98.909	4.264	1.998	2.157	10.487	9.431
6.326	98.604	4.276	2.010	2.170	10.489	9.401
6.324	98.298	4.289	2.023	2.184	10.490	9.371
6.322	97.993	4.300	2.034	2.196	10.491	9.340
6.319	97.535	4.319	2.053	2.217	10.494	9.295
6.312	96.487	4.352	2.086	2.252	10.497	9.190
6.308	95.856	4.370	2.104	2.272	10.500	9.110
6.304	95.246	4.385	2.119	2.288	10.501	9.070
6.299	94.482	4.403	2.137	2.308	10.503	8.996
6.288	92.803	4.427	2.161	2.333	10.506	8.833
6.283	92.476	4.436	2.204	2.361	10.508	8.688
6.186	77.234	4.564	2.298	2.481	10.522	7.340
6.020	51.997	4.726	2.480	2.858	10.541	4.923
5.940	39.868	4.783	2.497	2.996	10.545	3.783

TABLA 7.26. SUELO NATURAL, 1.5% DE CEMENTACIÓN, 14 DÍAS SIN SATURACIÓN

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

PROYECTO: TESIS DE LICENCIATURA
LOCALIZACION: FACULTAD DE INGENIERIA

SONDEO: S/N
PROBETA: 23
PROFUNDIDAD: N/D

PRUEBA TRIAXIAL: COMPRESION SIMPLE
 $\sigma_c = 0.00$ kg/cm²

DATOS GENERALES:

D ₁ = 1530 cm	canilo = 152 8373 kg
D ₂ = 3621 cm	
D ₃ = 3616 cm	D ₃₀ = 3.6243 cm
H ₁ = 8.995 cm	H ₃₀ = 9.0143 cm
H ₂ = 9.063 cm	A ₃₀ = 10.3164 cm ²
H ₃ = 8.965 cm	$\gamma_m = 1.71805$ Um ³
W ₂ = 159.77 gr	w = 4.29 %

LECTURA ANILLO	P _{max} kg	MICRO mm	σ_{max} mm	ϵ %	A _{max} cm ²	σ_{max} kg/cm ²
5 882	0 000	1 920	0 000	0 000	10 316	0 000
5 882	0 305	1 991	0 071	0 079	10 324	0 030
5 884	0 611	2 047	0 127	0 141	10 331	0 059
5 887	1 068	2 101	0 181	0 201	10 337	0 103
5 890	1 526	2 163	0 236	0 270	10 344	0 148
5 893	1 984	2 228	0 300	0 342	10 352	0 192
5 908	2 747	2 285	0 369	0 409	10 359	0 265
5 702	3 358	2 345	0 425	0 471	10 365	0 324
5 706	3 959	2 398	0 478	0 519	10 371	0 383
5 712	4 684	2 456	0 536	0 565	10 378	0 471
5 718	5 800	2 506	0 600	0 650	10 384	0 559
5 725	6 869	2 553	0 633	0 702	10 389	0 661
5 734	8 342	2 600	0 668	0 754	10 395	0 790
5 743	9 616	2 651	0 731	0 811	10 401	0 925
5 753	11 143	2 703	0 783	0 869	10 407	1 071
5 764	12 622	2 753	0 833	0 924	10 413	1 231
5 777	14 089	2 803	0 880	0 980	10 419	1 421
5 790	16 790	2 848	0 928	1 039	10 424	1 611
5 804	18 927	2 894	0 974	1 081	10 429	1 815
5 819	21 217	2 941	1 021	1 133	10 435	2 033
5 835	23 551	2 987	1 067	1 184	10 440	2 266
5 851	26 031	3 036	1 116	1 236	10 446	2 499
5 872	29 306	3 090	1 170	1 298	10 452	2 804
5 893	32 512	3 144	1 224	1 358	10 458	3 109
5 914	35 717	3 193	1 273	1 412	10 464	3 413
5 934	38 770	3 239	1 319	1 463	10 470	3 703
5 954	41 823	3 284	1 364	1 513	10 475	3 993
5 974	44 875	3 325	1 405	1 556	10 480	4 282
5 992	47 623	3 362	1 442	1 600	10 484	4 546
6 010	50 370	3 397	1 477	1 639	10 488	4 803
6 031	53 576	3 431	1 511	1 676	10 492	5 102
6 054	57 036	3 466	1 546	1 715	10 496	5 439
6 079	60 902	3 501	1 581	1 754	10 501	5 800
6 105	64 871	3 536	1 616	1 793	10 505	6 175
6 135	69 450	3 572	1 652	1 833	10 509	6 609
6 164	73 876	3 607	1 687	1 871	10 513	7 027
6 195	78 608	3 641	1 721	1 909	10 517	7 474
6 226	83 187	3 673	1 753	1 945	10 521	7 907
6 256	87 915	3 704	1 784	1 979	10 525	8 354
6 288	92 803	3 736	1 816	2 015	10 528	8 815
6 319	97 535	3 768	1 848	2 050	10 532	9 261
6 354	102 818	3 801	1 881	2 087	10 536	9 704
6 388	106 667	3 833	1 913	2 122	10 540	10 253
6 424	113 562	3 867	1 947	2 160	10 544	10 770
6 458	118 752	3 900	1 980	2 197	10 548	11 258
6 490	123 838	3 930	2 010	2 230	10 552	11 717
6 522	128 521	3 961	2 041	2 264	10 555	12 176
6 553	133 252	3 992	2 072	2 299	10 559	12 620
6 585	138 157	4 023	2 103	2 333	10 563	13 078
6 615	142 718	4 050	2 136	2 370	10 567	13 506
6 660	149 585	4 103	2 183	2 422	10 572	14 149
6 681	152 790	4 126	2 206	2 447	10 575	14 448
6 710	157 216	4 156	2 236	2 480	10 579	14 892
6 739	161 643	4 186	2 268	2 516	10 583	15 274
6 768	166 069	4 224	2 304	2 556	10 587	15 686
6 797	170 496	4 260	2 340	2 596	10 591	16 098
6 824	174 617	4 299	2 379	2 639	10 596	16 480
6 848	178 280	4 340	2 426	2 685	10 601	16 817
6 866	181 028	4 391	2 471	2 741	10 607	17 067
6 871	181 791	4 462	2 542	2 820	10 616	17 125
6 833	175 991	4 583	2 663	2 954	10 630	16 555
5 817	20 911	5 707	3 787	4 201	10 769	1 942

TABLA 72 - SUELO NATURAL + 5% DE CEMENTO EDAD 30 DIAS SIN SATURACION

PROYECTO: TESIS DE LICENCIATURA
LOCALIZACION: FACULTAD DE INGENIERIA

SONDEO: S/N
PROBETA: 24
PROFUNDIDAD: N/D

PRUEBA TRIAXIAL: COMPRESION SIMPLE
 $\sigma_c = 0.00$ kg/cm²

DATOS GENERALES:

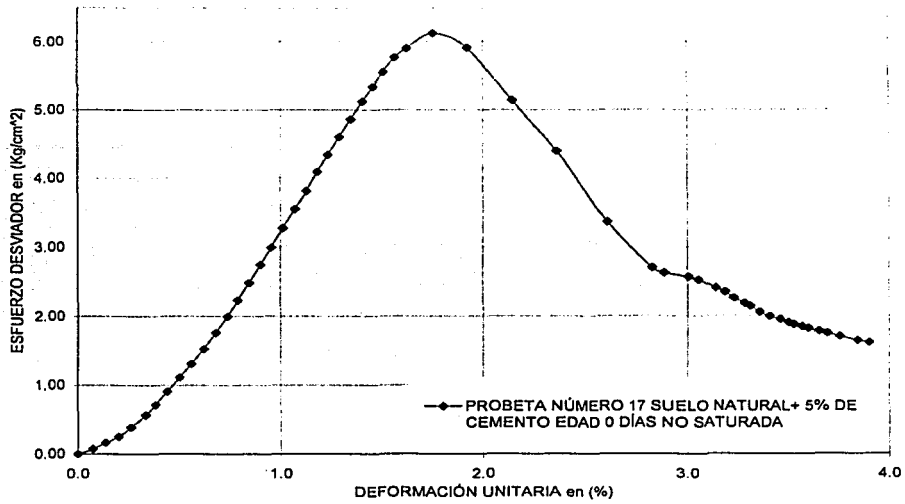
D ₁ = 3 616 cm	canilo = 152 8373 kg
D ₂ = 3 609 cm	
D ₃ = 3 609 cm	D ₃₀ = 3.6153 cm
H ₁ = 9 078 cm	H ₃₀ = 9.0873 cm
H ₂ = 9 081 cm	A ₃₀ = 10.2652 cm ²
H ₃ = 9 103 cm	$\gamma_m = 1.71392$ Um ³
W ₂ = 159.88 gr	w = 4.29 %

LECTURA ANILLO	P _{max} kg	MICRO mm	σ_{max} mm	ϵ %	A _{max} cm ²	σ_{max} kg/cm ²
5 782	0 000	3 774	0 000	0 000	10 268	0 000
5 795	0 458	3 833	0 059	0 065	10 272	0 045
5 797	0 763	3 897	0 123	0 135	10 279	0 074
5 803	1 679	3 961	0 187	0 206	10 286	0 163
5 812	2 574	4 023	0 249	0 274	10 293	0 207
5 822	4 570	4 075	0 301	0 331	10 299	0 445
5 834	6 411	4 125	0 351	0 386	10 305	0 622
5 847	8 395	4 170	0 394	0 436	10 310	0 814
5 844	23 201	4 302	0 638	0 669	10 334	2 245
5 880	13 432	4 258	0 486	0 533	10 320	1 302
5 900	16 485	4 300	0 526	0 570	10 325	1 597
5 921	19 690	4 340	0 568	0 623	10 330	1 906
5 944	23 201	4 382	0 638	0 669	10 334	2 245
5 969	27 017	4 424	0 680	0 715	10 339	2 613
5 994	30 833	4 465	0 691	0 760	10 344	2 981
6 020	34 801	4 503	0 729	0 802	10 348	3 363
6 047	38 927	4 539	0 765	0 842	10 352	3 760
6 074	43 044	4 575	0 801	0 881	10 356	4 156
6 102	56 476	4 672	0 898	0 988	10 368	5 447
6 193	61 208	4 704	0 930	1 023	10 371	5 902
6 223	65 787	4 734	0 960	1 056	10 375	6 341
6 253	70 368	4 763	0 989	1 088	10 378	6 780
6 281	74 640	4 791	1 017	1 119	10 381	7 190
6 318	80 287	4 823	1 049	1 154	10 385	7 731
6 346	84 581	4 848	1 074	1 182	10 388	8 140
6 373	88 982	4 872	1 098	1 208	10 391	8 555
6 405	93 567	4 899	1 125	1 238	10 394	9 002
6 436	98 298	4 927	1 153	1 269	10 397	9 454
6 468	103 163	4 955	1 181	1 300	10 400	9 921
6 499	107 615	4 983	1 209	1 330	10 404	10 373
6 529	112 494	5 011	1 237	1 361	10 407	10 810
6 563	117 683	5 042	1 268	1 395	10 410	11 304
6 592	122 110	5 069	1 295	1 425	10 414	11 729
6 624	126 904	5 098	1 324	1 457	10 417	12 191
6 651	131 115	5 124	1 350	1 486	10 420	12 583
6 681	135 095	5 152	1 378	1 516	10 423	13 018
6 710	140 121	5 183	1 407	1 551	10 427	13 438
6 739	144 547	5 214	1 440	1 585	10 430	13 858
6 765	148 516	5 248	1 474	1 622	10 434	14 233
6 780	150 806	5 283	1 509	1 661	10 439	14 447
6 807	154 927	5 325	1 551	1 707	10 443	14 835
6 820	156 911	5 376	1 602	1 760	10 449	15 016
6 805	154 822	5 503	1 729	1 903	10 464	14 776
6 798	153 248	5 523	1 749	1 925	10 467	14 842
6 786	151 721	5 547	1 773	1 951	10 469	14 492
6 772	149 585	5 573	1 789	1 979	10 473	14 284
6 751	146 379	5 604	1 830	2 014	10 476	13 873
5 883	13 890	6 541	2 787	3 045	10 588	1 312

TABLA 72B - SUELO NATURAL + 5% DE CEMENTO EDAD 30 DIAS + 24 HR. DE SATURACION

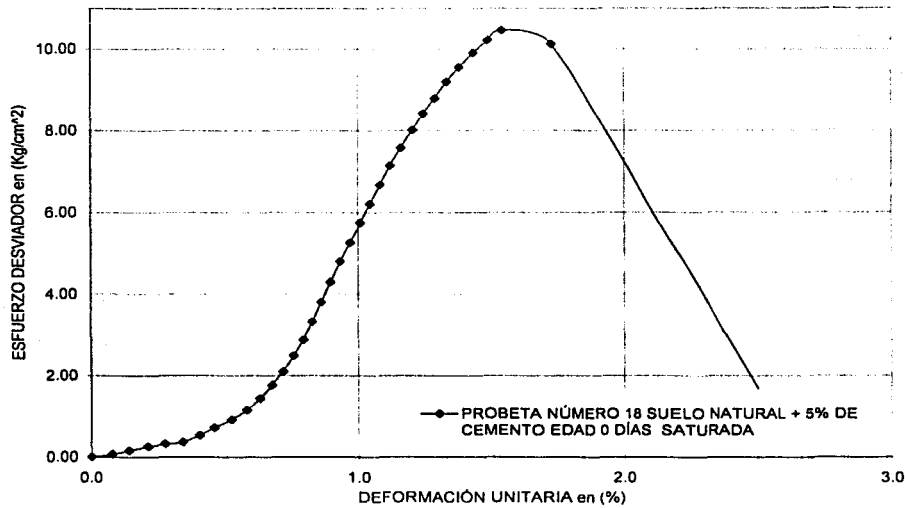
TESIS CON
TALLA DE ORIGEN

ESFUERZO - DEFORMACIÓN



GRAFICA 7.17.- SUELO NATURAL + 5 % DE CEMENTO EDAD: 0 DÍAS SIN SATURACIÓN

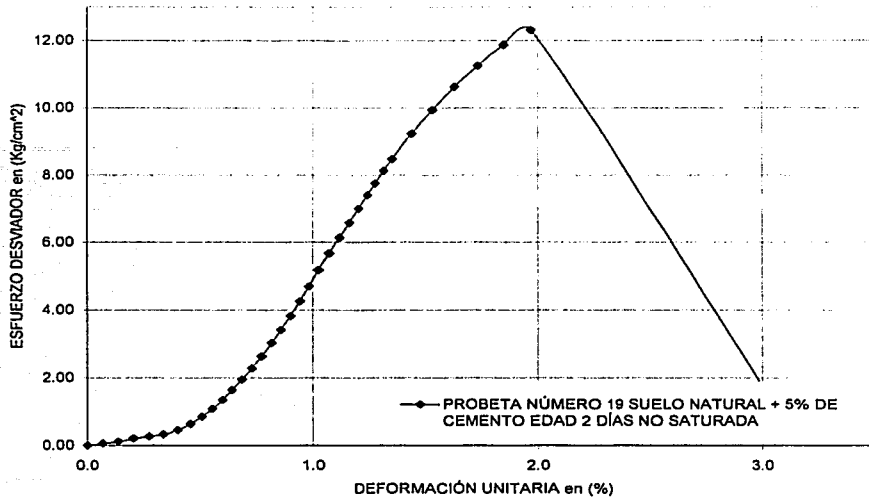
ESFUERZO - DEFORMACIÓN



GRAFICA VII 18 SUELO NATURAL + 5 % DE CEMENTO EDAD 0 DÍAS + 24 HRS DE SATURACIÓN

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

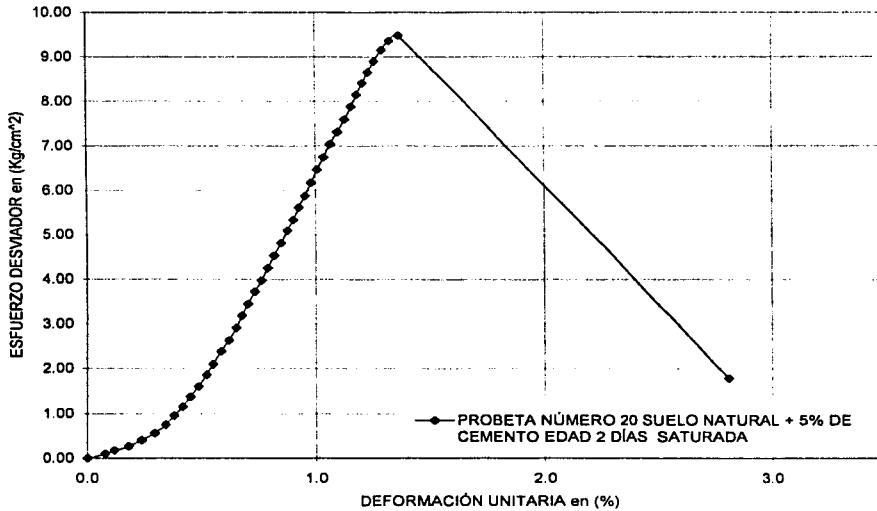
ESFUERZO - DEFORMACIÓN



TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

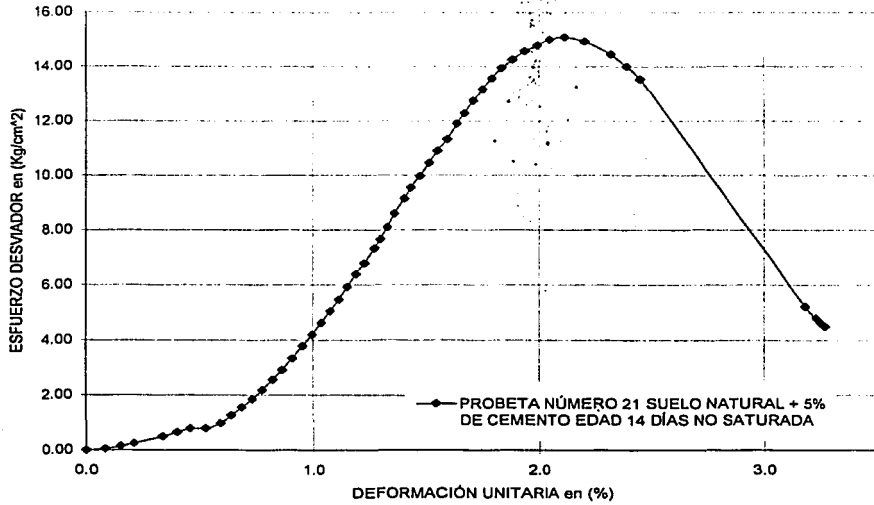
GRAFICA 7.19.- SUELO NATURAL + 5 % DE CEMENTO EDAD; 2 DÍAS SIN SATURACIÓN

ESFUERZO - DEFORMACIÓN



GRAFICA VII.20 SUELO NATURAL + 5% DE CEMENTO EDAD 2 DÍAS + 24 HRS DE SATURACIÓN

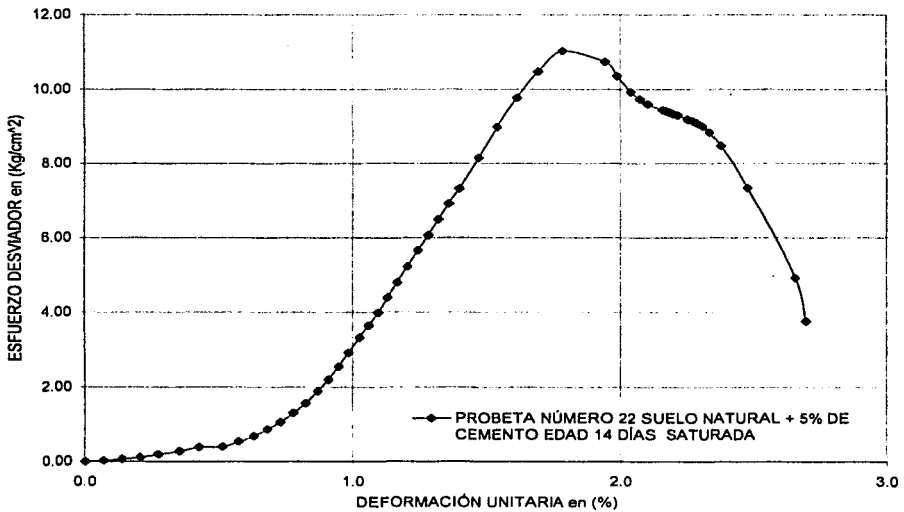
ESFUERZO - DEFORMACIÓN



GRAFICA 7.21.- SUELO NATURAL + 5 % DE CEMENTO EDAD; 14 DÍAS SIN SATURACIÓN

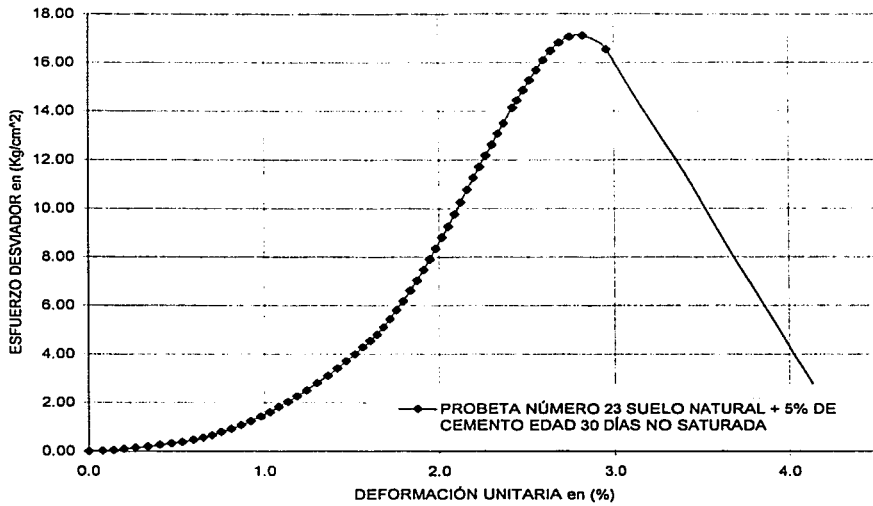
TESIS CON FALLA DE ORIGEN

ESFUERZO - DEFORMACIÓN



GRAFICA VII 22 SUELO NATURAL + 5 % DE CEMENTO EDAD 14 DÍAS + 24 HRS DE SATURACIÓN

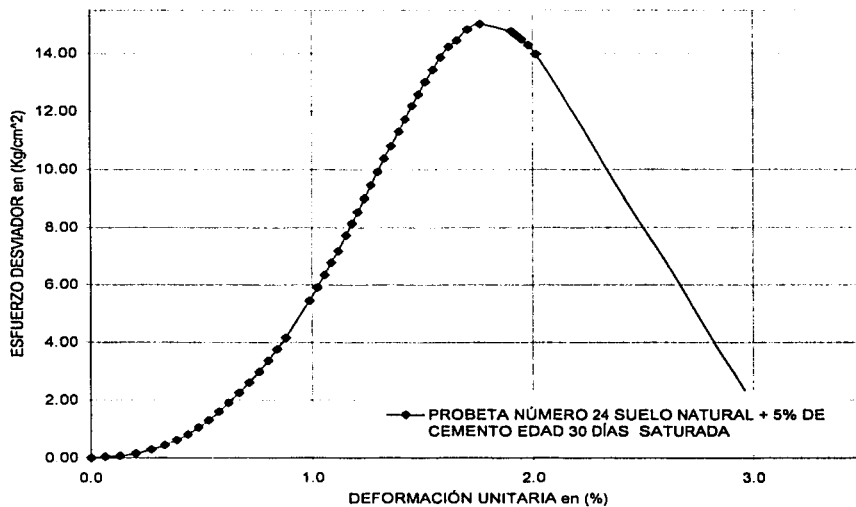
ESFUERZO - DEFORMACIÓN



GRAFICA 7.23 - SUELO NATURAL + 5% DE CEMENTO EDAD; 30 DÍAS SIN SATURACIÓN

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

ESFUERZO - DEFORMACIÓN



GRAFICA VII.24 SUELO NATURAL + 5% DE CEMENTO EDAD 30 DÍAS + 24 HRS DE SATURACIÓN

PROYECTO: TESIS DE LICENCIATURA
LOCALIZACIÓN: FACULTAD DE INGENIERIA

SÓNDEO: S/N
PROBETA: 25
PROFUNDIDAD: N/D

PRUEBA TRIAXIAL: COMPRESIÓN SIMPLE
 $\sigma_1 = 0.00$ kg/cm²

DATOS GENERALES:		kanilón = 152 6373 kg	
D ₁ =	3 612 cm	D ₂ =	3.6148 cm
D ₂ =	3 613 cm	H ₁ =	8.1103 cm
H ₁ =	9 106 cm	A ₁ =	10.2623 cm ²
H ₂ =	9 125 cm	τ _m =	1.70344 Um ²
H ₃ =	9 100 cm	ω =	4.29 %
W ₁ =	159 26 gr		

LECTURA ANILLO	P _{total} kg	MICRO mm	P _{total} mm	ε %	P _{total} cm ²	σ _{total} kg/cm ²
7 012	0 000	3 389	0 000	0 000	10 262	0 000
7 019	1 068	3 459	0 070	0 077	10 270	0 104
7 022	1 526	3 494	0 105	0 115	10 274	0 149
7 025	1 984	3 568	0 179	0 196	10 283	0 193
7 029	2 595	3 633	0 244	0 268	10 290	0 252
7 031	2 900	3 696	0 307	0 337	10 297	0 282
7 035	3 511	3 760	0 371	0 407	10 304	0 341
7 038	3 969	3 828	0 439	0 462	10 312	0 385
7 040	4 274	3 893	0 504	0 553	10 319	0 414
7 044	4 884	3 973	0 584	0 641	10 329	0 473
7 046	5 190	4 038	0 649	0 712	10 336	0 502
7 049	5 648	4 106	0 717	0 787	10 344	0 546
7 051	5 953	4 173	0 784	0 861	10 351	0 575
7 052	6 105	4 231	0 842	0 924	10 358	0 589
7 054	6 411	4 293	0 904	0 992	10 365	0 618
7 056	6 716	4 350	0 971	1 066	10 373	0 647
7 057	6 869	4 421	1 032	1 133	10 380	0 652
7 059	7 174	4 484	1 095	1 202	10 387	0 691
7 060	7 327	4 551	1 162	1 275	10 395	0 705
7 061	7 479	4 749	1 360	1 493	10 416	0 718
7 060	7 327	4 887	1 498	1 644	10 434	0 702
7 058	7 021	4 955	1 566	1 719	10 442	0 672
7 056	6 716	4 995	1 610	1 767	10 447	0 643
7 054	6 411	5 034	1 645	1 806	10 451	0 613
7 052	6 105	5 096	1 677	1 841	10 455	0 584
7 050	5 800	5 093	1 704	1 870	10 458	0 555
7 048	5 495	5 128	1 739	1 909	10 462	0 525
7 046	5 190	5 162	1 773	1 948	10 466	0 496
7 044	4 884	5 190	1 801	1 977	10 469	0 467
7 042	4 579	5 220	1 831	2 010	10 473	0 437
7 040	4 274	5 249	1 860	2 042	10 476	0 408
7 038	3 969	5 290	1 901	2 087	10 481	0 379
7 036	3 663	5 332	1 943	2 133	10 486	0 349
7 034	3 358	5 371	1 982	2 176	10 491	0 320
7 032	3 053	5 420	2 031	2 229	10 496	0 291
7 030	2 747	5 487	2 098	2 303	10 504	0 262
7 028	2 442	5 552	2 163	2 374	10 512	0 232
7 026	2 137	5 632	2 243	2 462	10 521	0 203
7 024	1 832	5 764	2 375	2 607	10 537	0 174

TABLA 7 29 - SUELO NATURAL + 5 % DE ISS-2500 EDAD 0 DIAS SIN SATURACION

PROYECTO: TESIS DE LICENCIATURA
LOCALIZACIÓN: FACULTAD DE INGENIERIA

SÓNDEO: S/N
PROBETA: 26
PROFUNDIDAD: N/D

PRUEBA TRIAXIAL: COMPRESIÓN SIMPLE
 $\sigma_1 = 0.00$ kg/cm²

DATOS GENERALES:		kanilón = 14 1536 kg	
D ₁ =	3 605 cm	D ₂ =	3.6129 cm
D ₂ =	3 614 cm	H ₁ =	9.229 cm
H ₁ =	9 229 cm	A ₁ =	10.3708 cm ²
H ₂ =	9 091 cm	τ _m =	1.69708 Um ²
H ₃ =	9 091 cm	ω =	4.29 %
W ₁ =	159 26 gr		

LECTURA ANILLO	P _{total} kg	MICRO mm	P _{total} mm	ε %	P _{total} cm ²	σ _{total} kg/cm ²
2 733	0 000	4 582	0 000	0 000	10 271	0 000
2 787	0 481	4 614	0 032	0 035	10 274	0 047
2 793	0 849	4 661	0 079	0 086	10 280	0 083
2 821	1 246	4 727	0 145	0 159	10 287	0 121
2 835	1 444	4 783	0 181	0 198	10 291	0 140
2 852	1 684	4 823	0 241	0 264	10 298	0 184
2 864	1 854	4 882	0 300	0 328	10 305	0 180
2 873	1 982	4 938	0 356	0 380	10 311	0 192
2 887	2 180	4 998	0 416	0 455	10 318	0 211
2 898	2 335	5 060	0 478	0 523	10 325	0 226
2 906	2 449	5 104	0 522	0 571	10 330	0 237
2 914	2 562	5 154	0 572	0 626	10 336	0 248
2 919	2 633	5 193	0 611	0 669	10 340	0 255
2 930	2 788	5 281	0 679	0 743	10 348	0 269
2 939	2 916	5 330	0 748	0 819	10 356	0 282
2 950	3 071	5 397	0 815	0 892	10 363	0 296
2 959	3 199	5 462	0 880	0 963	10 371	0 308
2 968	3 326	5 522	0 949	1 029	10 378	0 321
2 978	3 468	5 583	1 001	1 096	10 385	0 334
2 988	3 609	5 647	1 065	1 166	10 392	0 347
2 995	3 708	5 708	1 126	1 232	10 399	0 357
3 003	3 821	5 766	1 184	1 296	10 406	0 367
3 010	3 921	5 821	1 239	1 356	10 412	0 377
3 015	4 005	5 880	1 299	1 421	10 419	0 384
3 025	4 133	5 942	1 360	1 488	10 426	0 398
3 034	4 260	6 009	1 427	1 562	10 434	0 408
3 043	4 388	6 076	1 494	1 635	10 442	0 420
3 050	4 487	6 144	1 562	1 710	10 449	0 429
3 052	4 515	6 209	1 627	1 781	10 457	0 432
3 055	4 557	6 253	1 671	1 829	10 462	0 436
3 058	4 572	6 300	1 738	1 902	10 470	0 437
3 055	4 557	6 456	1 874	2 051	10 486	0 435
3 054	4 543	6 525	1 943	2 127	10 494	0 433
3 052	4 515	6 591	2 009	2 199	10 502	0 430
3 051	4 501	6 659	2 077	2 273	10 510	0 428
3 046	4 430	6 711	2 129	2 330	10 516	0 421
3 045	4 416	6 859	2 277	2 492	10 533	0 419
3 043	4 388	6 980	2 298	2 515	10 538	0 416
3 041	4 358	6 990	2 308	2 526	10 537	0 414
3 038	4 317	6 907	2 325	2 545	10 539	0 410
3 036	4 289	6 828	2 348	2 586	10 542	0 407

TABLA 7 30 - SUELO NATURAL + 5 % DE ISS-2000 EDAD 0 DIAS + 24 HRS DE SATURACION

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

PROYECTO: TESIS DE LICENCIATURA
LOCALIZACIÓN: FACULTAD DE INGENIERIA

SONDEO: S/N
PROBETA: 27
PROFUNDIDAD: N/D

PRUEBA TRIAXIAL: COMPRESION SIMPLE
 $\sigma_1 = 0.00$ kg/cm²

DATOS GENERALES:
 $D_1 = 3.607$ cm $\omega = 14.1538$ %
 $D_2 = 3.615$ cm $D_3 = 3.6125$ cm
 $H_1 = 9.082$ cm $H_2 = 9.0833$ cm
 $H_3 = 9.020$ cm $A_w = 10.2486$ cm²
 $H_4 = 9.013$ cm $\gamma_w = 1.72208$ t/m³
 $W_p = 159.53$ gt $\omega = 4.29$ %

LECTURA ANILLO	P_{total} kg	MICRO mm	P_{water} mm	c %	A_{wet} cm ²	σ_{wet} kg/cm ²
2625	0.000	7.818	0.000	0.000	10.250	0.000
2650	0.332	7.868	0.050	0.055	10.255	0.035
2669	0.623	7.920	0.102	0.113	10.261	0.061
2689	0.906	7.969	0.151	0.167	10.267	0.088
2709	1.189	8.019	0.201	0.222	10.272	0.116
2730	1.488	8.073	0.255	0.282	10.279	0.145
2745	1.868	8.117	0.299	0.331	10.284	0.185
2772	2.281	8.189	0.371	0.410	10.292	0.202
2795	2.406	8.243	0.425	0.470	10.298	0.234
2818	2.732	8.292	0.462	0.524	10.304	0.265
2838	3.015	8.352	0.534	0.591	10.310	0.292
2862	3.354	8.412	0.594	0.657	10.317	0.325
2882	3.637	8.460	0.642	0.710	10.323	0.352
2909	4.020	8.514	0.696	0.770	10.329	0.389
2937	4.416	8.568	0.748	0.826	10.363	0.561
2968	4.855	8.699	0.881	0.975	10.350	0.469
2970	4.883	8.725	0.907	1.004	10.353	0.472
3004	5.364	8.768	0.950	1.051	10.358	0.516
3035	5.817	8.810	1.017	1.063	10.363	0.561
3069	6.284	8.850	1.032	1.142	10.368	0.606
3100	6.723	8.899	1.081	1.196	10.374	0.648
3133	7.190	8.946	1.126	1.246	10.379	0.693
3170	7.714	8.993	1.175	1.300	10.385	0.743
3205	8.209	9.040	1.222	1.352	10.390	0.790
3238	8.676	9.082	1.264	1.398	10.395	0.835
3272	9.157	9.120	1.302	1.441	10.399	0.881
3305	9.624	9.160	1.342	1.485	10.404	0.925
3336	10.063	9.197	1.379	1.526	10.408	0.967
3368	10.516	9.233	1.415	1.566	10.413	1.010
3403	11.012	9.271	1.453	1.608	10.417	1.057
3435	11.464	9.309	1.491	1.650	10.421	1.100
3466	11.903	9.347	1.529	1.692	10.426	1.142
3498	12.358	9.388	1.570	1.737	10.431	1.185
3532	12.837	9.437	1.619	1.791	10.437	1.230
3557	13.290	9.471	1.653	1.829	10.441	1.257
3579	13.503	9.510	1.692	1.872	10.445	1.293
3605	13.871	9.550	1.732	1.916	10.450	1.327
3632	14.253	9.592	1.774	1.963	10.455	1.363
3656	14.592	9.636	1.818	2.011	10.460	1.395
3678	14.875	9.688	1.870	2.069	10.466	1.421
3695	15.144	9.742	1.924	2.129	10.472	1.448
3707	15.314	9.794	1.978	2.186	10.479	1.481
3721	15.512	9.852	2.034	2.250	10.486	1.479
3726	15.583	9.914	2.090	2.319	10.493	1.485
3724	15.555	9.965	2.147	2.375	10.499	1.482
3721	15.512	9.978	2.160	2.390	10.501	1.477
3719	15.484	9.987	2.169	2.400	10.502	1.474
3716	15.442	10.000	2.182	2.414	10.503	1.470
3710	15.357	10.020	2.202	2.436	10.506	1.462
3704	15.272	10.039	2.221	2.457	10.508	1.453
3699	15.201	10.056	2.238	2.476	10.510	1.448
3695	15.144	10.069	2.251	2.491	10.511	1.441
3689	15.059	10.082	2.264	2.505	10.513	1.432
3682	14.960	10.097	2.279	2.521	10.515	1.423
3678	14.875	10.111	2.293	2.537	10.516	1.415
3667	14.748	10.129	2.311	2.557	10.519	1.402
3657	14.607	10.147	2.329	2.577	10.521	1.388
3643	14.408	10.172	2.354	2.604	10.524	1.369
3610	13.941	10.218	2.401	2.656	10.529	1.324
3581	13.672	10.249	2.431	2.690	10.533	1.290
3487	12.200	10.388	2.550	2.821	10.547	1.157

TABLA 7.31 - SUELO NATURAL + 5 % DE ISS-2500 EDAO 2 DIAS SIN SATURACION

PROYECTO: TESIS DE LICENCIATURA
LOCALIZACIÓN: FACULTAD DE INGENIERIA

SONDEO: S/N
PROBETA: 28
PROFUNDIDAD: N/D

PRUEBA TRIAXIAL: COMPRESION SIMPLE
 $\sigma_1 = 0.00$ kg/cm²

DATOS GENERALES:
 $D_1 = 3.608$ cm $\omega = 14.1538$ %
 $D_2 = 3.610$ cm $D_3 = 3.6080$ cm
 $H_1 = 9.020$ cm $H_2 = 9.0823$ cm
 $H_3 = 9.105$ cm $A_w = 10.2340$ cm²
 $W_p = 159.60$ gt $\omega = 4.29$ %

LECTURA ANILLO	P_{total} kg	MICRO mm	P_{water} mm	c %	A_{wet} cm ²	σ_{wet} kg/cm ²
2627	0.000	3.758	0.000	0.000	10.224	0.000
2649	0.315	3.803	0.045	0.050	10.229	0.030
2667	0.566	3.853	0.095	0.105	10.235	0.055
2685	0.821	3.904	0.146	0.161	10.241	0.080
2703	1.076	3.955	0.197	0.217	10.246	0.105
2722	1.345	4.007	0.249	0.275	10.252	0.131
2740	1.599	4.060	0.302	0.333	10.258	0.156
2760	1.882	4.110	0.352	0.388	10.264	0.183
2781	2.180	4.161	0.403	0.445	10.270	0.212
2804	2.505	4.217	0.459	0.506	10.276	0.244
2828	2.817	4.273	0.515	0.568	10.282	0.274
2849	3.142	4.328	0.570	0.629	10.289	0.305
2872	3.468	4.379	0.621	0.685	10.295	0.337
2896	3.807	4.428	0.670	0.739	10.300	0.370
2920	4.147	4.480	0.722	0.797	10.306	0.402
2941	4.444	4.529	0.771	0.851	10.312	0.431
2963	4.756	4.576	0.818	0.903	10.317	0.461
2987	5.095	4.627	0.869	0.959	10.323	0.494
3005	5.350	4.678	0.920	1.015	10.329	0.516
3024	5.619	4.728	0.970	1.070	10.335	0.544
3043	5.888	4.775	1.017	1.122	10.340	0.569
3061	6.143	4.828	1.068	1.179	10.346	0.594
3077	6.369	4.882	1.124	1.240	10.352	0.615
3087	6.511	4.939	1.181	1.303	10.359	0.629
3097	6.652	5.000	1.242	1.371	10.366	0.642
3102	6.723	5.060	1.302	1.437	10.373	0.648
3104	6.751	5.123	1.365	1.506	10.379	0.650
3102	6.723	5.190	1.432	1.580	10.386	0.647
3097	6.652	5.264	1.506	1.662	10.397	0.640
3092	6.581	5.339	1.581	1.745	10.406	0.632
3083	6.454	5.412	1.654	1.825	10.414	0.620
3076	6.355	5.484	1.726	1.905	10.423	0.610
3070	6.270	5.555	1.797	1.983	10.431	0.601
3067	6.228	5.588	1.828	2.017	10.435	0.597
3062	6.157	5.633	1.875	2.069	10.440	0.590
3051	6.001	5.716	1.958	2.161	10.450	0.574
3039	5.831	5.804	2.046	2.258	10.460	0.557
3035	5.775	5.826	2.068	2.282	10.463	0.552
3032	5.732	5.843	2.085	2.301	10.465	0.548
3029	5.680	5.862	2.104	2.322	10.467	0.544
3025	5.633	5.881	2.123	2.343	10.469	0.538
3022	5.591	5.901	2.143	2.365	10.472	0.534
3019	5.548	5.916	2.158	2.381	10.473	0.530
3015	5.492	5.943	2.185	2.411	10.477	0.524

TABLA 7.32 - SUELO NATURAL + 5 % DE ISS-2500 EDAO 2 DIAS + 24 HRS DE SATURACION

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

PROYECTO: TESIS DE LICENCIATURA
LOCALIZACIÓN: FACULTAD DE INGENIERÍA

SONDEO: SN

PROBETA: 29

PROFUNDIDAD: N/D

PRUEBA TRIAXIAL: COMPRESIÓN SIMPLE

$\sigma_1 = 0.00$ kg/cm²

DATOS GENERALES:

$D_1 =$	3.607	cm	kantillo =	40.7090	kg
$D_2 =$	3.605	cm			
$H_1 =$	9.027	cm	$D_3 =$	3.6058	cm
$H_2 =$	9.081	cm	$A_0 =$	10.2113	cm ²
$H_3 =$	9.062	cm	$\gamma_m =$	1.72501	Um ³
$W_0 =$	159.53	gr	$\alpha =$	4.29	%

PROYECTO: TESIS DE LICENCIATURA
LOCALIZACIÓN: FACULTAD DE INGENIERÍA

SONDEO: SN

PROBETA: 30

PROFUNDIDAD: N/D

PRUEBA TRIAXIAL: COMPRESIÓN SIMPLE

$\sigma_1 = 0.00$ kg/cm²

DATOS GENERALES:

$D_1 =$	3.607	cm	kantillo =	40.7090	kg
$D_2 =$	3.607	cm			
$H_1 =$	9.104	cm	$D_3 =$	3.6075	cm
$H_2 =$	9.023	cm	$A_0 =$	10.2212	cm ²
$H_3 =$	9.077	cm	$\gamma_m =$	1.71784	Um ³
$W_0 =$	159.22	gr	$\alpha =$	4.29	%

LECTURA ANILLO	P_{total}	MICRO	A_{total}	ϵ	$A_{0.02}$	$\sigma_{0.02}$
	kg	mm	mm ²	%	kg/cm ²	kg/cm ²
5 059	0 000	5 305	0 000	0 000	10 211	0 000
5 072	0 529	5 603	0 098	0 108	10 222	0 052
5 077	0 733	5 639	0 134	0 148	10 226	0 072
5 082	0 936	5 680	0 175	0 193	10 231	0 092
5 091	1 303	5 735	0 230	0 254	10 237	0 127
5 101	1 710	5 788	0 283	0 312	10 243	0 167
5 112	2 158	5 843	0 338	0 373	10 250	0 211
5 125	2 687	5 892	0 387	0 427	10 255	0 262
5 139	3 257	5 943	0 438	0 484	10 261	0 317
5 153	3 827	5 992	0 487	0 538	10 267	0 373
5 170	4 519	6 043	0 538	0 594	10 272	0 440
5 186	5 170	6 089	0 584	0 645	10 276	0 503
5 204	5 903	6 134	0 629	0 695	10 283	0 574
5 223	6 676	6 177	0 672	0 742	10 288	0 649
5 242	7 450	6 224	0 719	0 794	10 293	0 724
5 262	8 264	6 270	0 765	0 845	10 298	0 802
5 281	9 037	6 316	0 811	0 895	10 304	0 875
5 303	9 933	6 362	0 857	0 964	10 309	0 964
5 323	10 747	6 407	0 902	0 998	10 314	1 042
5 342	11 521	6 453	0 948	1 047	10 319	1 116
5 363	12 376	6 499	0 994	1 098	10 325	1 199
5 382	13 149	6 548	1 043	1 152	10 330	1 273
5 401	13 922	6 593	1 088	1 201	10 335	1 347
5 416	14 655	6 633	1 128	1 245	10 340	1 417
5 436	15 469	6 677	1 172	1 294	10 345	1 495
5 458	16 243	6 721	1 216	1 343	10 350	1 569
5 476	16 976	6 770	1 265	1 397	10 356	1 639
5 495	17 749	6 816	1 311	1 448	10 361	1 713
5 513	18 482	6 862	1 357	1 498	10 367	1 783
5 532	19 255	6 911	1 406	1 552	10 372	1 856
5 549	19 947	6 962	1 457	1 609	10 378	1 922
5 566	20 639	7 014	1 509	1 668	10 384	1 988
5 582	21 291	7 063	1 558	1 720	10 390	2 049
5 600	22 024	7 119	1 614	1 782	10 397	2 118
5 617	22 716	7 177	1 672	1 846	10 403	2 183
5 626	23 224	7 239	1 734	1 915	10 411	2 229
5 639	23 811	7 299	1 794	1 981	10 418	2 266
5 645	23 855	7 376	1 871	2 066	10 427	2 288
5 647	23 937	7 435	1 930	2 131	10 434	2 294
5 645	23 855	7 491	1 986	2 193	10 440	2 285
5 639	23 611	7 539	2 033	2 245	10 446	2 260
5 634	23 408	7 562	2 057	2 271	10 449	2 240
5 632	23 326	7 571	2 066	2 281	10 450	2 232
5 630	23 245	7 582	2 077	2 293	10 451	2 224
5 627	23 123	7 603	2 098	2 317	10 453	2 212
5 625	23 041	7 618	2 113	2 333	10 455	2 204
5 622	22 919	7 633	2 128	2 350	10 457	2 192
5 620	22 838	7 647	2 142	2 365	10 459	2 184
5 614	22 583	7 670	2 185	2 391	10 461	2 160
5 610	22 431	7 665	2 180	2 407	10 463	2 144
5 605	22 227	7 703	2 198	2 427	10 465	2 124
5 599	21 983	7 720	2 215	2 446	10 467	2 100
5 592	21 698	7 739	2 234	2 467	10 470	2 072
5 586	21 454	7 754	2 249	2 483	10 471	2 048
5 580	21 209	7 770	2 265	2 501	10 473	2 025
5 574	20 965	7 782	2 277	2 514	10 475	2 002
5 567	20 680	7 796	2 294	2 530	10 476	1 974
5 559	20 355	7 809	2 304	2 544	10 478	1 943
5 551	20 029	7 823	2 318	2 559	10 480	1 911

TABLA 7 33 - SUELO NATURAL + 5 % DE ISS-2500 EDAD 14 DIAS SIN SATURACION

LECTURA ANILLO	P_{total}	MICRO	A_{total}	ϵ	$A_{0.02}$	$\sigma_{0.02}$
	kg	mm	mm ²	%	kg/cm ²	kg/cm ²
5 055	0 000	5 135	0 000	0 000	10 221	0 000
5 057	0 081	5 153	0 018	0 020	10 223	0 008
5 062	0 285	5 211	0 078	0 084	10 230	0 028
5 068	0 529	5 275	0 136	0 150	10 237	0 052
5 073	0 733	5 326	0 191	0 211	10 243	0 072
5 080	1 018	5 386	0 251	0 277	10 250	0 099
5 086	1 262	5 447	0 312	0 344	10 257	0 123
5 096	1 568	5 516	0 381	0 420	10 266	0 159
5 102	1 913	5 583	0 448	0 484	10 272	0 186
5 109	2 188	5 639	0 504	0 556	10 278	0 214
5 118	2 565	5 694	0 559	0 616	10 285	0 240
5 127	2 931	5 755	0 616	0 679	10 291	0 265
5 136	3 297	5 806	0 671	0 740	10 297	0 292
5 145	3 664	5 859	0 724	0 798	10 303	0 356
5 155	4 071	5 913	0 778	0 858	10 310	0 395
5 165	4 478	5 967	0 832	0 918	10 316	0 434
5 175	4 885	6 028	0 883	0 985	10 323	0 473
5 185	5 292	6 085	0 950	1 048	10 329	0 512
5 196	5 740	6 145	1 011	1 115	10 336	0 555
5 205	6 106	6 200	1 065	1 174	10 343	0 590
5 214	6 473	6 257	1 122	1 237	10 349	0 625
5 223	6 839	6 315	1 180	1 301	10 356	0 660
5 232	7 205	6 374	1 239	1 366	10 363	0 695
5 238	7 450	6 430	1 295	1 428	10 369	0 718
5 243	7 653	6 487	1 352	1 491	10 376	0 738
5 246	7 775	6 547	1 412	1 557	10 383	0 749
5 249	7 898	6 613	1 478	1 630	10 391	0 780
5 247	7 816	6 680	1 545	1 704	10 398	0 752
5 243	7 653	6 751	1 616	1 782	10 407	0 805
5 240	7 531	6 779	1 644	1 813	10 410	0 723
5 237	7 409	6 819	1 684	1 857	10 415	0 711
5 235	7 328	6 847	1 712	1 868	10 418	0 703
5 233	7 246	6 861	1 728	1 868	10 420	0 695
5 231	7 165	6 879	1 744	1 923	10 422	0 687
5 229	7 083	6 901	1 768	1 948	10 424	0 680
5 226	6 961	6 929	1 794	1 978	10 428	0 668
5 224	6 880	6 956	1 821	2 008	10 431	0 660
5 222	6 798	6 978	1 843	2 032	10 433	0 652
5 220	6 717	7 010	1 875	2 068	10 437	0 644
5 218	6 636	7 030	1 895	2 090	10 439	0 636
5 216	6 554	7 055	1 920	2 117	10 442	0 628
5 214	6 473	7 083	1 948	2 148	10 446	0 620
5 211	6 351	7 120	1 985	2 189	10 450	0 608
5 209	6 269	7 143	2 008	2 214	10 453	0 600
5 207	6 188	7 165	2 030	2 239	10 457	0 582
5 205	6 106	7 203	2 068	2 281	10 460	0 584
5 203	6 025	7 230	2 095	2 310	10 463	0 576
5 201	5 944	7 255	2 120	2 338	10 466	0 568
5 199	5 862	7 286	2 151	2 372	10 470	0 560
5 197	5 811	7 325	2 186	2 411	10 474	0 552
5 195	5 699	7 355	2 220	2 448	10 478	0 544
5 193	5 618	7 387	2 252	2 483	10 482	0 536

TABLA 7 34 - SUELO NATURAL + 5 % DE ISS-2500 EDAD 14 DIAS + 24 HRS DE SATURACION

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

PROYECTO: TESIS DE LICENCIATURA
LOCALIZACIÓN: FACULTAD DE INGENIERÍA

SONDEO: S/N
PROBETA: 31
PROFUNDIDAD: N/D

PRUEBA TRIAXIAL: COMPRESIÓN SIMPLE
 $\sigma_1 = 0.00$ kg/cm²

DATOS GENERALES:
 $D_m = 3.609$ cm $kamilito = 69.5020$ kg
 $D_n = 3.607$ cm
 $D_s = 3.609$ cm $D_o = 3.6088$ cm
 $H_1 = 9.041$ cm $H_n = 9.0477$ cm
 $H_2 = 9.071$ cm $A_n = 10.2240$ cm²
 $H_3 = 9.031$ cm $T_m = 1.72631$ Um²
 $W_2 = 159.65$ gF $\gamma_m = 4.29$ %

LECTURA ANILLO	P_{max} kg	MICRO mm	μ_{max} mm	μ %	A_{ap} cm ²	μ_{max} kg/cm ²
2 174	0 000	3 876	0 000	0 000	10 224	0 000
2 182	0 556	3 938	0 060	0 066	10 231	0 054
2 189	1 043	3 964	0 116	0 128	10 237	0 102
2 197	1 599	4 050	0 172	0 190	10 244	0 156
2 205	2 155	4 104	0 226	0 250	10 250	0 210
2 215	2 850	4 148	0 270	0 298	10 255	0 278
2 225	3 545	4 204	0 326	0 360	10 269	0 345
2 239	4 518	4 250	0 372	0 411	10 266	0 440
2 255	5 630	4 295	0 417	0 461	10 271	0 548
2 271	6 742	4 340	0 462	0 511	10 277	0 656
2 288	8 023	4 382	0 504	0 557	10 281	0 771
2 303	9 966	4 423	0 545	0 602	10 286	0 872
2 321	10 217	4 467	0 589	0 651	10 291	0 993
2 337	11 329	4 509	0 631	0 697	10 296	1 100
2 354	12 513	4 550	0 672	0 743	10 301	1 215
2 371	13 692	4 594	0 717	0 792	10 306	1 329
2 387	14 804	4 641	0 763	0 843	10 311	1 436
2 403	15 916	4 681	0 803	0 888	10 316	1 543
2 420	17 097	4 726	0 850	0 937	10 321	1 657
2 436	18 210	4 773	0 895	0 989	10 326	1 783
2 453	19 391	4 822	0 944	1 043	10 332	1 877
2 469	20 503	4 868	0 990	1 094	10 337	1 983
2 485	21 615	4 920	1 042	1 152	10 343	2 090
2 502	22 767	4 969	1 091	1 206	10 349	2 203
2 517	23 839	5 018	1 140	1 260	10 355	2 302
2 532	24 882	5 067	1 189	1 314	10 360	2 402
2 546	25 855	5 114	1 236	1 366	10 366	2 494
2 560	26 828	5 161	1 283	1 418	10 371	2 587
2 574	27 801	5 209	1 331	1 471	10 377	2 679
2 588	28 635	5 256	1 378	1 523	10 382	2 758
2 598	29 469	5 306	1 426	1 578	10 388	2 837
2 610	30 303	5 352	1 474	1 629	10 393	2 916
2 622	31 137	5 406	1 528	1 689	10 400	2 994
2 632	31 832	5 459	1 581	1 747	10 406	3 059
2 640	32 389	5 517	1 639	1 812	10 413	3 110
2 646	32 825	5 575	1 697	1 876	10 419	3 148
2 648	32 944	5 636	1 758	1 943	10 427	3 160
2 647	32 874	5 707	1 829	2 022	10 435	3 150
2 652	31 832	5 795	1 917	2 119	10 445	3 047
2 658	31 554	5 809	1 931	2 134	10 447	3 020
2 624	31 276	5 821	1 943	2 148	10 448	2 993
2 618	30 859	5 834	1 956	2 162	10 450	2 953
2 613	30 511	5 848	1 970	2 177	10 452	2 919
2 608	30 164	5 860	1 982	2 191	10 453	2 886
2 602	29 747	5 873	1 995	2 205	10 455	2 845
2 596	29 330	5 885	2 007	2 218	10 456	2 805
2 590	28 913	5 897	2 019	2 232	10 457	2 785
2 584	28 496	5 911	2 034	2 247	10 459	2 725
2 577	28 009	5 924	2 046	2 261	10 461	2 678
2 571	27 592	5 936	2 058	2 275	10 462	2 637
2 566	27 245	5 947	2 069	2 287	10 463	2 604
2 561	26 897	5 958	2 080	2 299	10 465	2 570
2 556	26 550	5 969	2 091	2 311	10 466	2 537
2 551	26 202	5 979	2 101	2 322	10 467	2 503
2 546	25 855	5 990	2 112	2 334	10 468	2 470
2 542	25 577	6 002	2 124	2 348	10 470	2 443
2 537	25 229	6 013	2 135	2 360	10 471	2 409
2 527	24 534	6 038	2 160	2 387	10 474	2 342
2 521	24 117	6 052	2 174	2 403	10 476	2 302
2 515	23 700	6 066	2 188	2 418	10 477	2 262

TABLA 7 35: SUELO NATURAL + 5 % DE ISB-2500 EDAD: 30 DIAS SIN SATURACIÓN

PROYECTO: TESIS DE LICENCIATURA
LOCALIZACIÓN: FACULTAD DE INGENIERÍA

SONDEO: S/N
PROBETA: 32
PROFUNDIDAD: N/D

PRUEBA TRIAXIAL: COMPRESIÓN SIMPLE
 $\sigma_1 = 0.00$ kg/cm²

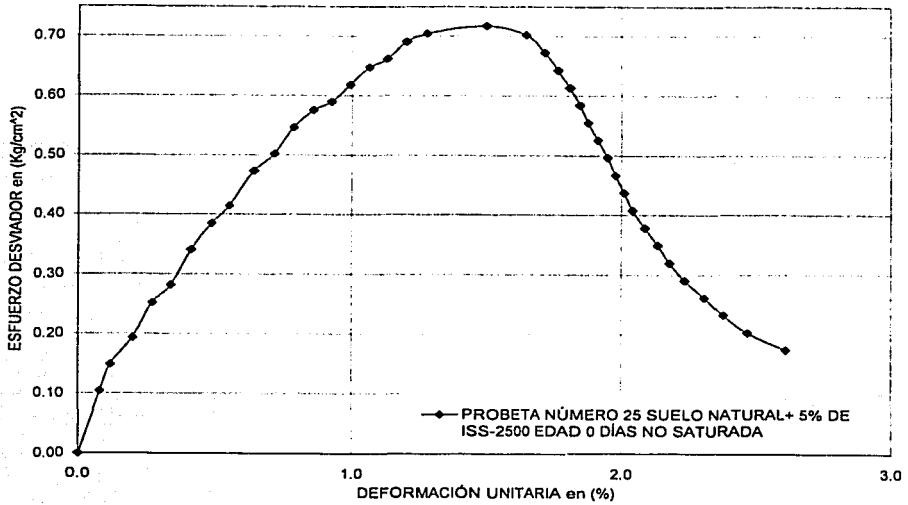
DATOS GENERALES:
 $D_m = 3.601$ cm $kamilito = 69.5020$ kg
 $D_n = 3.606$ cm
 $D_s = 3.606$ cm $D_o = 3.6048$ cm
 $H_1 = 9.051$ cm $H_n = 9.0463$ cm
 $H_2 = 9.029$ cm $A_n = 10.2056$ cm²
 $H_3 = 9.059$ cm $T_m = 1.72934$ Um²
 $W_2 = 159.65$ gF $\gamma_m = 4.29$ %

LECTURA ANILLO	P_{max} kg	MICRO mm	μ_{max} mm	μ %	A_{ap} cm ²	μ_{max} kg/cm ²
2 175	0 000	3 741	0 000	0 000	10 200	0 000
2 178	0 209	3 799	0 058	0 064	10 212	0 020
2 182	0 487	3 856	0 115	0 127	10 219	0 048
2 185	0 695	3 919	0 178	0 191	10 226	0 068
2 188	0 904	3 974	0 233	0 258	10 232	0 088
2 192	1 182	4 032	0 291	0 322	10 239	0 115
2 196	1 480	4 083	0 342	0 378	10 244	0 142
2 200	1 738	4 140	0 399	0 441	10 251	0 170
2 204	2 010	4 199	0 458	0 506	10 258	0 191
2 208	2 294	4 252	0 511	0 585	10 264	0 223
2 213	2 641	4 305	0 564	0 623	10 270	0 257
2 218	2 989	4 356	0 615	0 680	10 275	0 291
2 224	3 406	4 410	0 675	0 746	10 282	0 331
2 229	3 753	4 474	0 733	0 810	10 289	0 365
2 234	4 101	4 532	0 791	0 874	10 296	0 398
2 239	4 448	4 589	0 848	0 937	10 302	0 432
2 244	4 796	4 646	0 905	1 000	10 309	0 465
2 249	5 143	4 708	0 967	1 069	10 316	0 499
2 255	5 560	4 771	1 030	1 139	10 323	0 539
2 259	5 838	4 828	1 087	1 202	10 330	0 585
2 263	6 118	4 884	1 143	1 263	10 338	0 592
2 266	6 325	4 942	1 201	1 328	10 343	0 611
2 269	6 533	4 999	1 258	1 391	10 350	0 631
2 270	6 803	5 063	1 322	1 461	10 357	0 638
2 272	6 742	5 128	1 383	1 531	10 365	0 650
2 271	6 672	5 448	1 707	1 887	10 402	0 841
2 270	6 603	5 514	1 773	1 960	10 410	0 824
2 268	6 454	5 591	1 850	2 045	10 419	0 820
2 266	6 325	5 671	1 930	2 133	10 428	0 807
2 264	6 186	5 750	2 009	2 221	10 437	0 793
2 262	6 047	5 824	2 085	2 303	10 446	0 779
2 261	5 977	5 836	2 095	2 316	10 448	0 772
2 260	5 908	5 868	2 127	2 351	10 451	0 765
2 259	5 838	5 893	2 152	2 379	10 454	0 758
2 257	5 869	5 913	2 172	2 401	10 457	0 745
2 256	5 830	5 925	2 184	2 414	10 458	0 738
2 255	5 560	5 940	2 199	2 431	10 460	0 532
2 254	5 491	5 960	2 219	2 453	10 462	0 525
2 253	5 421	5 980	2 239	2 475	10 465	0 518
2 252	5 352	6 003	2 262	2 500	10 467	0 511
2 251	5 282	6 029	2 286	2 529	10 470	0 504
2 250	5 213	6 054	2 313	2 557	10 473	0 498

TABLA 7 36: SUELO NATURAL + 5 % DE CEMENTO EDAD: 30 DIAS + 24 HRS DE SATURACIÓN

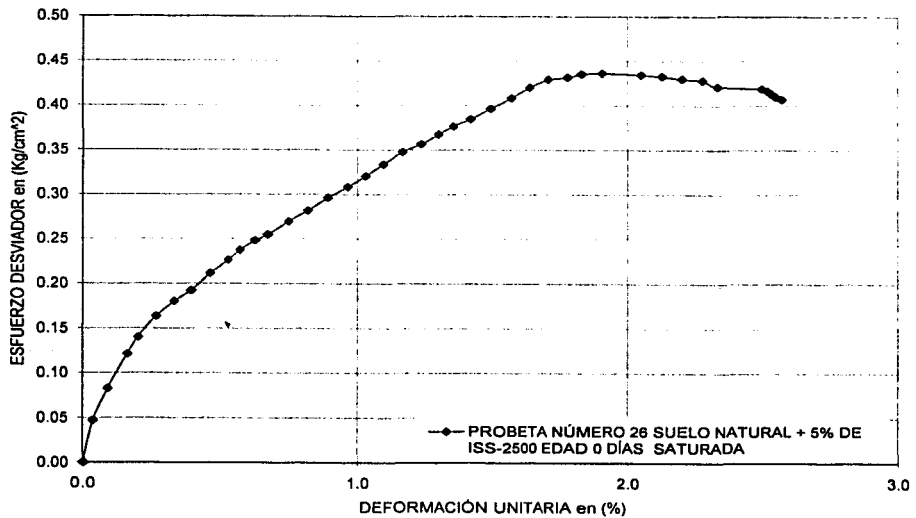


ESFUERZO - DEFORMACIÓN



GRAFICA 7.25.- SUELO NATURAL + 5 % DE ISS-2500 EDAD; 0 DÍAS SIN SATURACIÓN

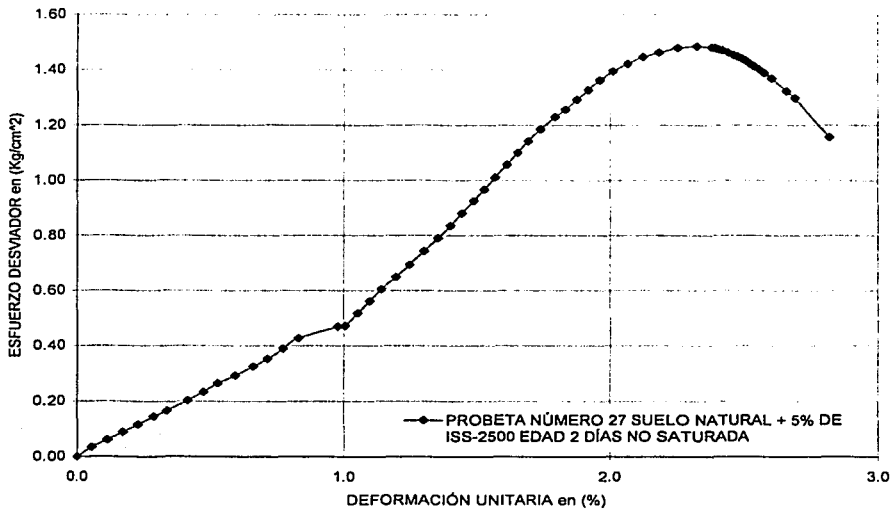
ESFUERZO - DEFORMACIÓN



GRAFICA 7.26.- SUELO NATURAL + 5 % DE ISS-2500 EDAD; 0 DÍAS + 24 HRS DE SATURACIÓN

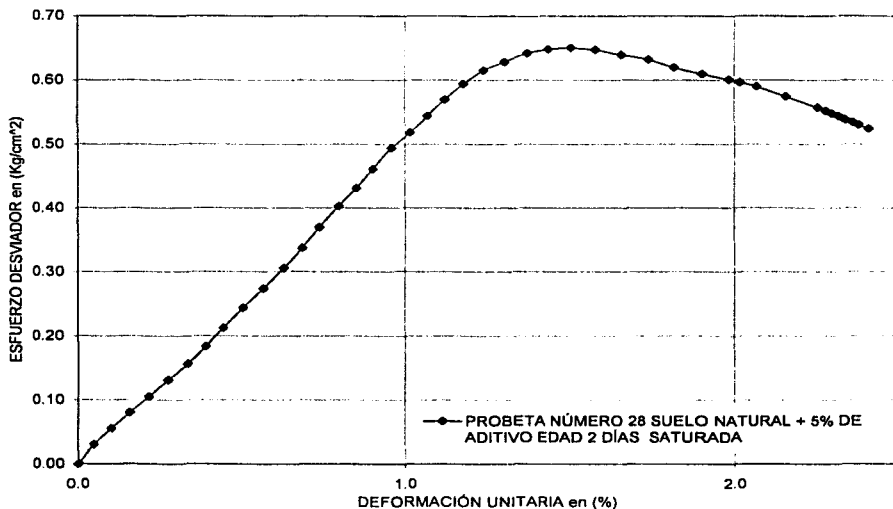
TESIS CON FALLA DE ORIGEN

ESFUERZO - DEFORMACIÓN



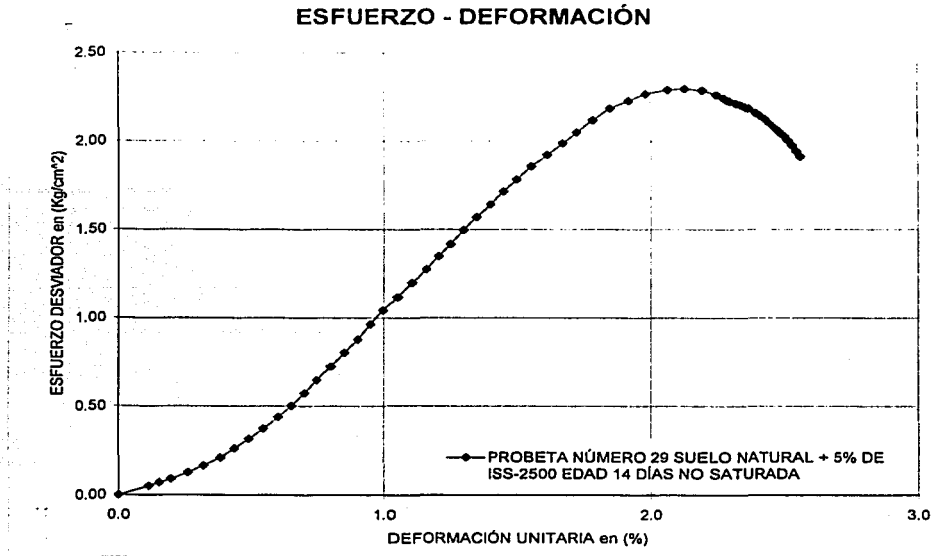
GRAFICA 7.27.- SUELO NATURAL + 5 % DE ISS-2500 EDAD; 2 DÍAS SIN SATURACIÓN

ESFUERZO - DEFORMACIÓN

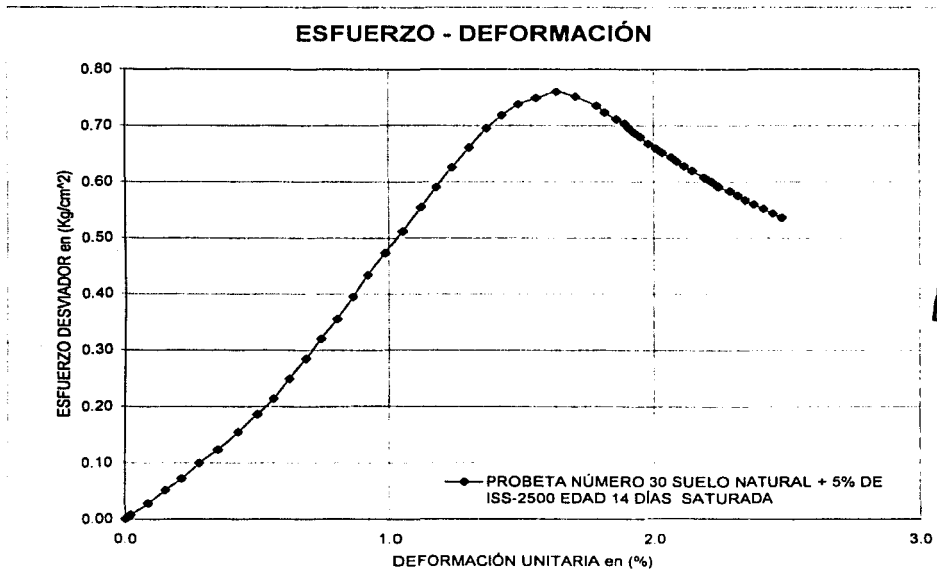


GRAFICA 7.28.- SUELO NATURAL + 5 % DE ISS-2500 EDAD, 2 DÍAS + 24 HRS DE SATURACIÓN

TESIS CON FALLA DE ORIGEN



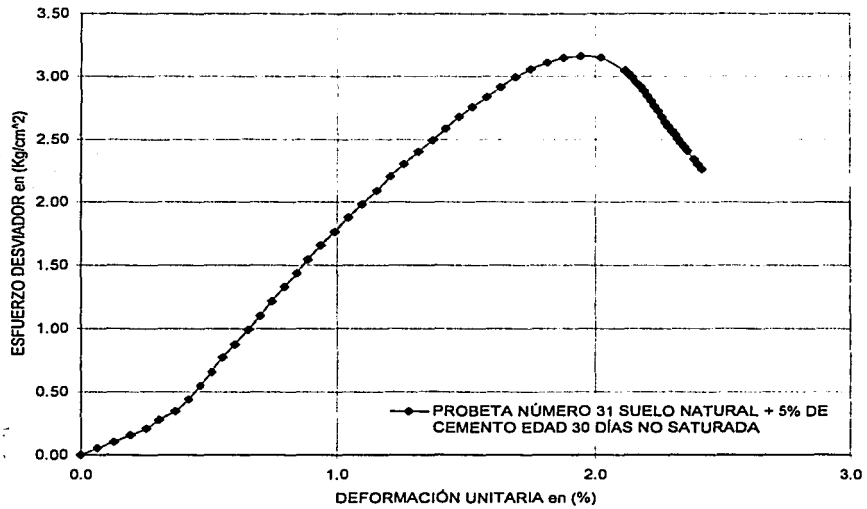
GRAFICA 7.29.- SUELO NATURAL + 5 % DE ISS-2500 EDAD; 14 DÍAS SIN SATURACIÓN



GRAFICA 7.30.- SUELO NATURAL + 5 % DE ISS-2500 EDAD; 14 DÍAS + 24 HRS DE SATURACIÓN

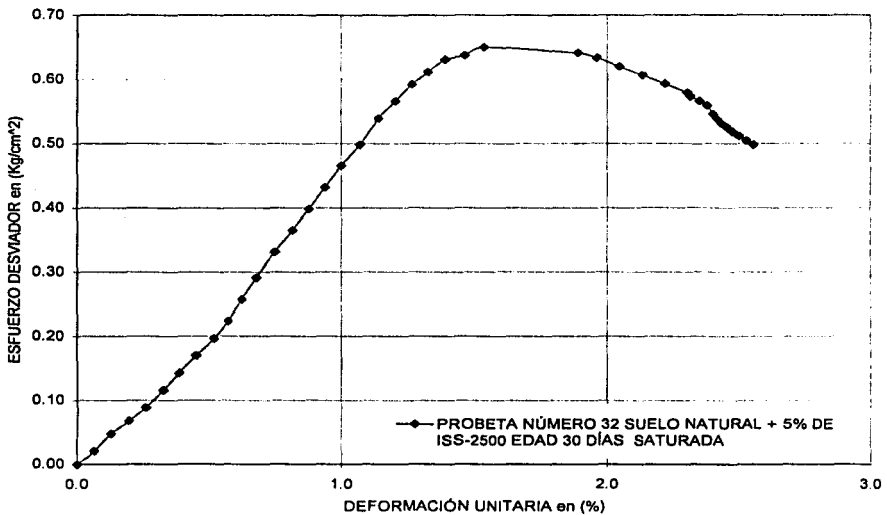
TESIS CON FALLA DE ORIGEN

ESFUERZO - DEFORMACIÓN



GRAFICA 7.31.- SUELO NATURAL + 5 % DE ISS-2500 EDAD; 30 DÍAS SIN SATURACIÓN

ESFUERZO - DEFORMACIÓN



GRAFICA 7.32.- SUELO NATURAL + 5 DE ISS-2500 EDAD 30; DÍAS + 24 HRS DE SATURACIÓN

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

En la tabla siguiente se muestra un resumen de los resultados obtenidos en lo que se refiere a compresión simple de las probetas, tanto en condición seca como saturada

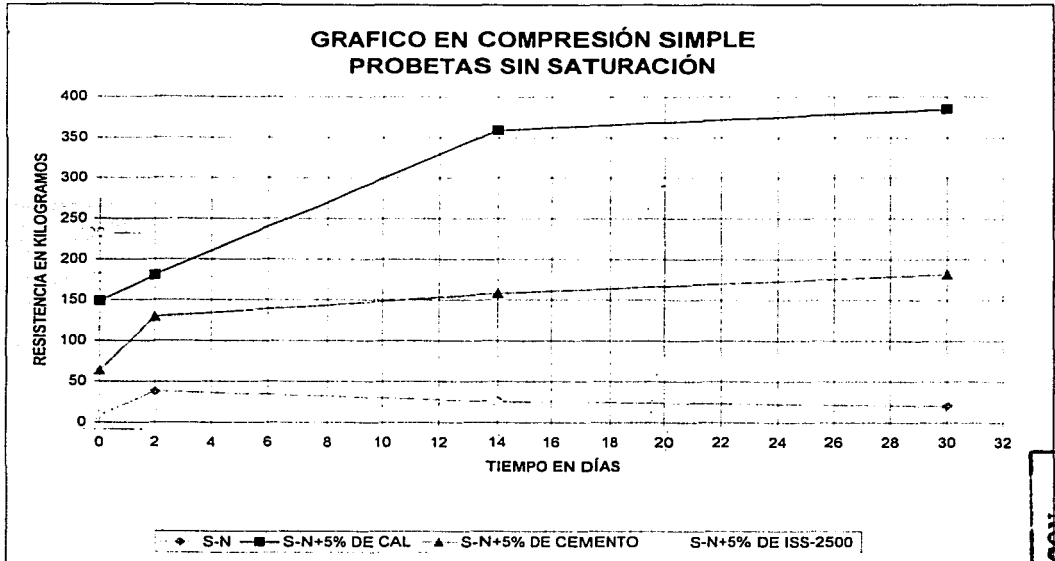
VARIACIÓN DE LA RESISTENCIA EN COMPRESIÓN SIMPLE

CONDICIÓN DE LAS PROBETAS: SIN SATURACIÓN

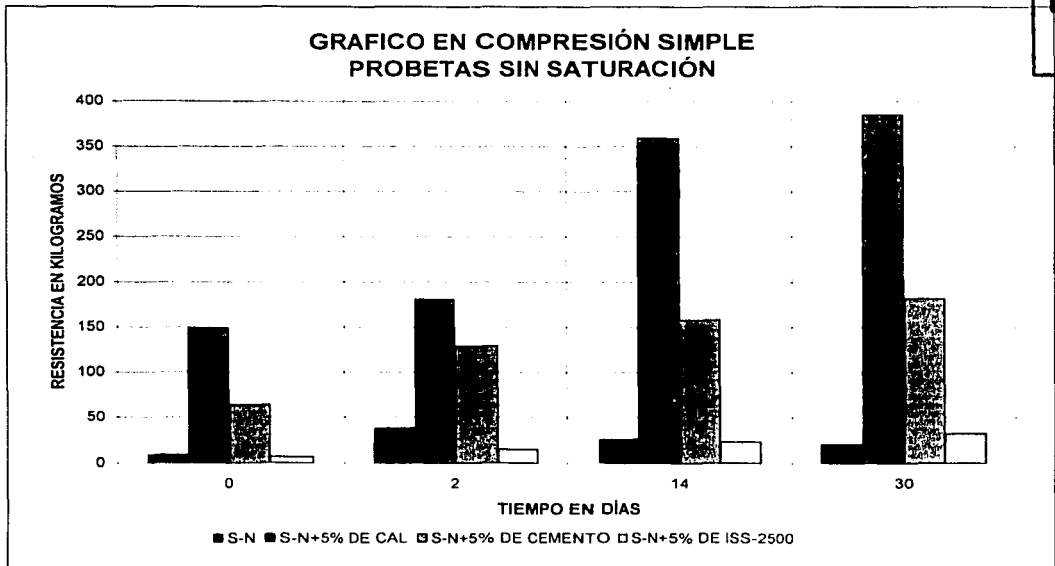
TIEMPO EN DÍAS	SUELO NATURAL kg/cm ²	SUELO NATURAL + 5 % DE CAL kg/cm ²	SUELO NATURAL + 5 % DE CEMENTO kg/cm ²	SUELO NATURAL + 5 % DE ISS-2500 kg/cm ²
0	0.878	14.443	6.125	0.718
2	3.688	17.286	12.315	1.485
14	2.505	34.48	15.099	2.294
30	1.993	10.493	17.125	3.16

CONDICIÓN DE LAS PROBETAS: + 24 HORAS DE SATURACIÓN

0	0.681	9.283	10.458	0.437
2	0.567	14.364	9.477	0.65
14	0.391	10.461	11.03	0.76
30	1.716	30.629	15.016	0.65



GRÁFICA 7.34.a.- VARIACIÓN DE LA RESISTENCIA CON EL TIEMPO

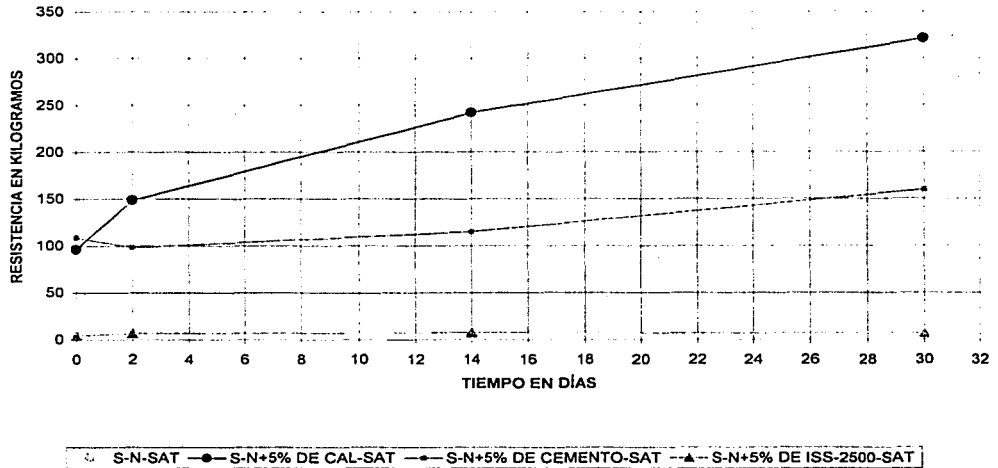


GRÁFICA 7.34.B.- VARIACIÓN DE LA RESISTENCIA CON EL TIEMPO

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

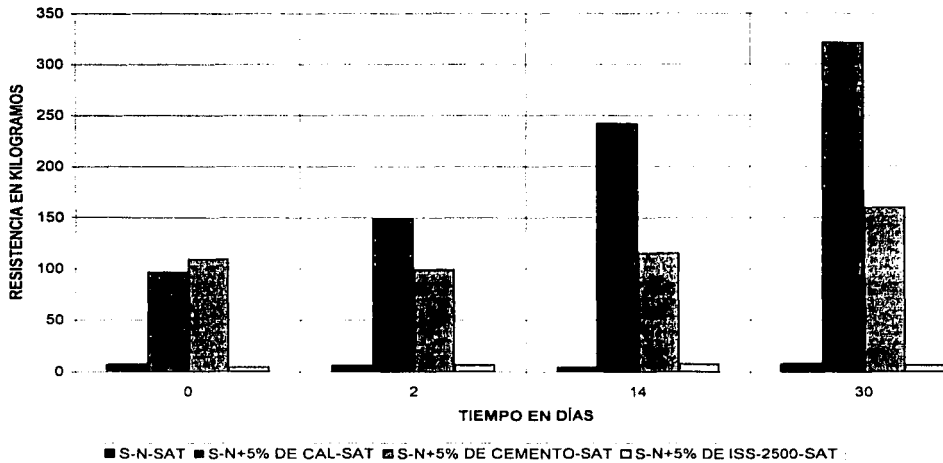
TESIS CON FALLA DE ORIGEN

GRAFICO EN COMPRESIÓN SIMPLE
PROBETAS SATURADAS



GRÁFICA 7.35.a.- VARIACIÓN DE LA RESISTENCIA CON EL TIEMPO

GRAFICO EN COMPRESIÓN SIMPLE
PROBETAS SATURADAS



GRÁFICA 7.35.B.- VARIACIÓN DE LA RESISTENCIA CON EL TIEMPO

Conclusiones.

Por la forma que tomaron las curvas esfuerzo deformación al inicio de cada prueba. Podemos mencionar lo siguiente.

Pudo haber sucedido que al momento de iniciar la prueba esta se arrancaba cuando el anillo de carga aún no empezaba a deformarse, pero sin embargo siempre se procuró tener el cuidado de iniciar la prueba cuando el anillo empezaba a registrar carga. Por esto podemos afirmar que esta no es la causa de que las probetas se presenten de esa forma.

La causa podría ser; la compactación se llevó a cabo en tres capas para cada probeta ensayada. Antes de compactar la segunda y tercera capa se escarificaba la capa anterior para garantizar la unión de ambas capas. Pero se observó que aunque las probetas quedaban bien compactadas en la mayoría de los casos se alcanzaba a apreciar la unión de cada capa, y posteriormente al finalizar cada prueba se podía corroborar que las capas quedaban separadas. Por ello en una segunda etapa se podría manejar un sistema de compactación provisto de un pistón o algún otro mecanismo para que de esta manera se puedan compactar los especímenes en una sola aplicación.

En cuanto a las resistencias presentada por las probetas y para cada uno de los métodos empleados observamos que los mejores resultados se presentaron con las probetas de suelo natural mejorado con la adición de cal tanto en estado seco como saturado.

El suelo mejorado con cemento presento menores resultados debido a la poca cantidad de agua utilizada ya que únicamente se adicionó la cantidad necesaria obtenida de la prueba de compactación.

Es importante mencionar que estas resistencias menores se deben principalmente a que en el tiempo de fraguado las probetas pierden resistencia porque no se hidratan y este no puede cumplir su función de cementante por la poca cantidad de agua utilizada.

En lo que se refiere al aditivo empleado este no ofreció buenos resultados ya que la cantidad adicionada a la mezcla del suelo a mejorar fue mínima.

Esto se debe a que se pretendía ofrecer una comparación con los demás métodos y por esta razón se utilizó la misma cantidad para cada proceso de compactación.

Es por ello que para poder dar una mejor opinión de este aditivo es necesario realizar otros tipos de pruebas más específicas en las cuáles se puedan representar mejor las condiciones específicas para la aplicación de este aditivo.

Pudiera ser necesario realizar una segunda etapa en las cuáles, el equipo a utilizar sea de proporciones más grandes, como lo siguiente:

Una revoladora para homogeneizar mejor el material

La realización de probetas de mayor tamaño, ya que el efecto de escala en nuestro caso sí influyó en la realización de las pruebas

Finalmente podemos concluir lo siguiente:

Estas técnicas no deben considerarse como competitivas entre sí, dado que tienen aplicaciones específicas según la naturaleza de los suelos y las características mecánicas a obtener. A veces pueden incluso considerarse complementarias, encargándose por ejemplo la cal de reducir la plasticidad del suelo y el cemento de aumentar rápidamente la resistencia mecánica.

Bibliografía

Juárez Badillo E.; Rico Rodríguez A.; Mecánica de Suelos Tomo I; Tercera Edición. México 1974. Limusa

Braja M. Das; Fundamentos de Ingeniería Geotécnica;. México 1999. Thomson Learning.

Braja M. Das; Principios de Ingeniería de Cimentaciones;. México 1999. Thomson Learning.

Rico Rodríguez A. y Del Castillo Mejía H.; La Ingeniería de Suelos en las Vías Terrestres; Editorial Limusa S.A. México.

Braja M. Das, Mechanics Laboratory Manual. Quinta Edición. USA 1997. Engineering Press.

Legorreta Cuevas Héctor A. Apuntes para la asignatura de Comportamiento de suelos.

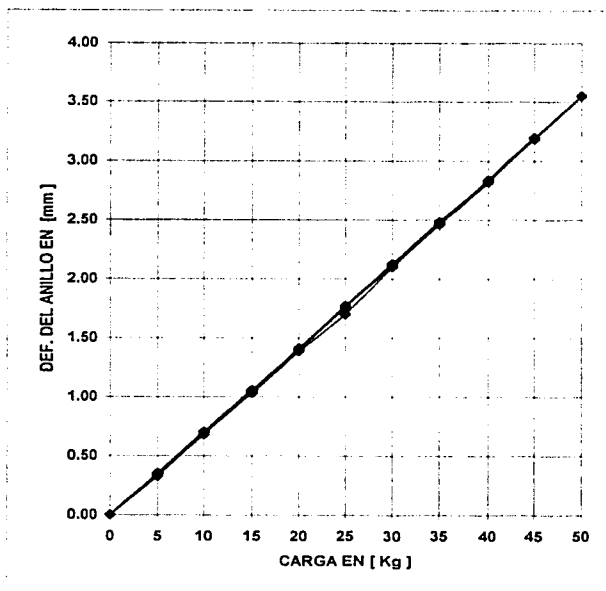
Fernández Loalza Carlos. Mejoramiento y Estabilización de Suelos. Primera edición. Editorial Limusa S.A. México. 1982.

Bernal Dauben Erika Elaine. Rehabilitación y Adecuación del equipo de deformación controlada y cámara triaxial para uso académico e Investigación; Tema para obtener título de Ing. Civil. México 2003

Anexos

CALIBRACIÓN DEL ANILLO DE 50 Kg.

DEF. MICRO mm	DEF. ANILLO mm	CARGA Kg
2.752	0.000	0.000
3.079	0.327	5.000
3.429	0.677	10.000
3.781	1.029	15.000
4.138	1.386	20.000
4.450	1.698	25.000
4.851	2.099	30.000
5.210	2.458	35.000
5.571	2.819	40.000
5.933	3.181	45.000
6.297	3.545	50.000
5.948	3.196	45.000
5.591	2.839	40.000
5.235	2.483	35.000
4.879	2.127	30.000
4.522	1.770	25.000
4.165	1.413	20.000
3.807	1.055	15.000
3.453	0.701	10.000
3.102	0.350	5.000
2.751	-0.001	0.000
3.095	0.343	5.000
3.444	0.692	10.000
3.797	1.045	15.000
4.151	1.399	20.000
4.507	1.755	25.000
4.863	2.111	30.000
5.220	2.468	35.000
5.580	2.828	40.000
5.942	3.190	45.000
6.302	3.550	50.000
5.949	3.197	45.000
5.592	2.840	40.000
5.236	2.484	35.000
4.881	2.129	30.000
4.523	1.771	25.000
4.166	1.414	20.000
3.810	1.058	15.000
3.455	0.703	10.000
3.105	0.353	5.000
2.753	0.001	0.000



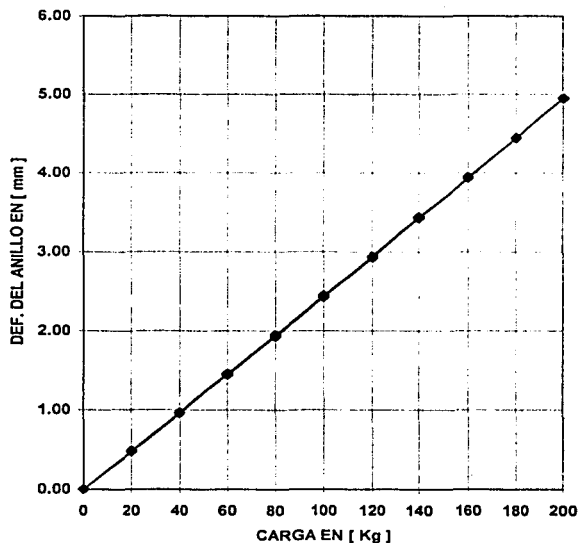
Resultado de la regresión:

Coefficientes X	0.02456459	0
Error típico del coef	2.85832E-05	0.017058286
R cuadrado		0.999747376
Nº de observaciones		41
Grados de libertad		40
Coefficientes X	0.070653209	CONSTANTE
Error típico del coef	9.31994E-05	DEL ANILLO
		K (Kg)
		14.15363881

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

CALIBRACIÓN DEL ANILLO DE 200 Kg.

DEF. MICRO mm	DEF. ANILLO mm	CARGA Kg
5.161	0.000	0.000
5.631	0.470	20.000
6.114	0.953	40.000
6.601	1.440	60.000
7.091	1.930	80.000
7.586	2.425	100.000
8.084	2.923	120.000
8.585	3.424	140.000
9.093	3.932	160.000
9.601	4.440	180.000
10.113	4.952	200.000
9.609	4.448	180.000
9.105	3.944	160.000
8.601	3.440	140.000
8.101	2.940	120.000
7.604	2.443	100.000
7.110	1.949	80.000
6.617	1.456	60.000
6.129	0.968	40.000
5.644	0.483	20.000
5.162	0.001	0.000
5.638	0.477	20.000
6.120	0.959	40.000
6.605	1.444	60.000
7.095	1.934	80.000
7.589	2.428	100.000
8.086	2.925	120.000
8.588	3.427	140.000
9.094	3.933	160.000
9.603	4.442	180.000
10.114	4.953	200.000
9.610	4.449	180.000
9.105	3.944	160.000
8.602	3.441	140.000
8.102	2.941	120.000
7.605	2.444	100.000
7.110	1.949	80.000
6.618	1.457	60.000
6.129	0.968	40.000
5.644	0.483	20.000
5.162	0.001	0.000



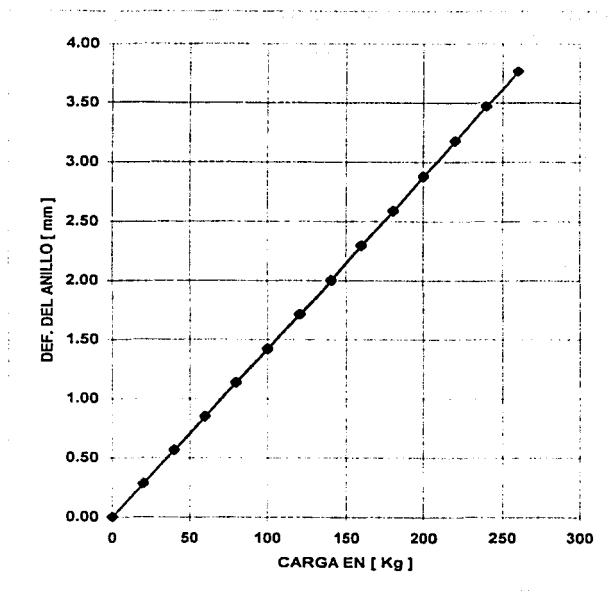
Resultado de la regresión:

Constante	0
Error típico de est Y	0.020911665
R cuadrado	0.999804335
Nº de observaciones	41
Grados de libertad	40
Coefficientes X	0.02456459
Error típico del coef	2.85632E-05
CONSTANTE	
DEL ANILLO	
K (kg)	
	40.70900504

**TESIS CON
FALLA DE ORIGEN**

CALIBRACIÓN DEL ANILLO DE 300 Kg.

DEF. MICRO mm	DEF. ANILLO mm	CARGA Kg
2.646	0.000	0.000
2.924	0.278	20.000
3.206	0.560	40.000
3.490	0.844	60.000
3.776	1.130	80.000
4.063	1.417	100.000
4.352	1.706	120.000
4.642	1.996	140.000
4.935	2.289	160.000
5.228	2.582	180.000
5.522	2.876	200.000
5.818	3.172	220.000
6.112	3.466	240.000
6.409	3.763	260.000
6.116	3.470	240.000
5.823	3.177	220.000
5.529	2.883	200.000
5.236	2.590	180.000
4.945	2.299	160.000
4.653	2.007	140.000
4.362	1.716	120.000
4.073	1.427	100.000
3.786	1.140	80.000
3.500	0.854	60.000
3.215	0.569	40.000
2.931	0.285	20.000
2.648	0.002	0.000
2.929	0.283	20.000
3.211	0.565	40.000
3.494	0.848	60.000
3.780	1.134	80.000
4.067	1.421	100.000
4.355	1.709	120.000
4.645	1.999	140.000
4.937	2.291	160.000
5.229	2.583	180.000
5.523	2.877	200.000
5.819	3.173	220.000
6.113	3.467	240.000
6.411	3.765	260.000
6.117	3.471	240.000
5.824	3.178	220.000
5.529	2.883	200.000
5.237	2.591	180.000
4.945	2.299	160.000
4.654	2.008	140.000
4.363	1.717	120.000
4.074	1.428	100.000
3.787	1.141	80.000
3.500	0.854	60.000
3.216	0.570	40.000
2.932	0.286	20.000
2.649	0.003	0.000



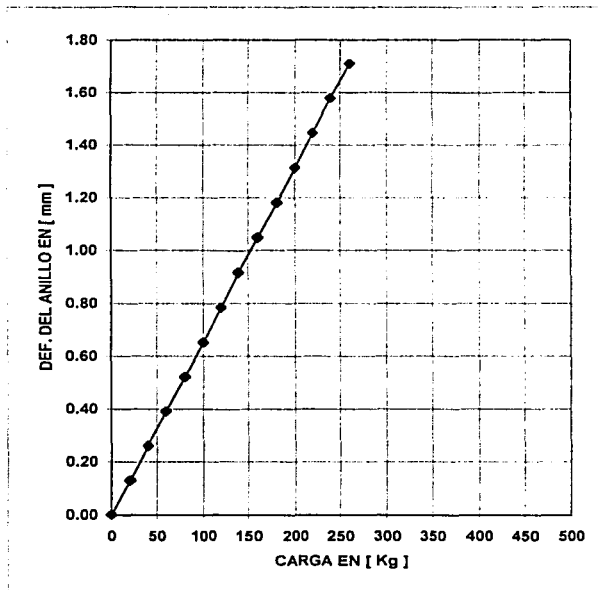
Resultado de la regresión:

Constante	0	
Error típico de est Y	0.012295045	
R cuadrado	0.999880193	
Nº de observaciones	53	
Grados de libertad	52	
Coefficientes X	0.01438807	CONSTANTE
Error típico del coef	1.13416E-05	DEL ANILLO
		K (kg)
		69.50202438

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

CALIBRACIÓN DEL ANILLO DE 500 Kg.

DEF. MICRO mm	DEF. ANILLO mm	CARGA Kg
5.675	0.000	0.000
5.804	0.129	20.000
5.934	0.259	40.000
6.064	0.389	60.000
6.195	0.520	80.000
6.326	0.651	100.000
6.457	0.782	120.000
6.589	0.914	140.000
6.721	1.046	160.000
6.854	1.179	180.000
6.987	1.312	200.000
7.120	1.445	220.000
7.253	1.578	240.000
7.385	1.710	260.000
7.253	1.578	240.000
7.121	1.446	220.000
6.989	1.314	200.000
6.856	1.181	180.000
6.724	1.049	160.000
6.591	0.916	140.000
6.457	0.782	120.000
6.328	0.653	100.000
6.197	0.522	80.000
6.066	0.391	60.000
5.936	0.261	40.000
5.806	0.131	20.000
5.676	0.001	0.000
5.805	0.130	20.000
5.935	0.260	40.000
6.065	0.390	60.000
6.196	0.521	80.000
6.326	0.651	100.000
6.458	0.783	120.000
6.589	0.914	140.000
6.722	1.047	160.000
6.854	1.179	180.000
6.987	1.312	200.000
7.120	1.445	220.000
7.253	1.578	240.000
7.385	1.710	260.000
7.253	1.578	240.000
7.121	1.446	220.000
6.988	1.313	200.000
6.855	1.180	180.000
6.723	1.048	160.000
6.591	0.916	140.000
6.459	0.784	120.000
6.328	0.653	100.000
6.197	0.522	80.000
6.066	0.391	60.000
5.936	0.261	40.000
5.806	0.131	20.000
5.676	0.001	0.000



Resultado de la regresión:

Constante	0
Error típico de est Y	0.010626006
R cuadrado	0.999567106
Nº de observaciones	53
Grados de libertad	52
Coefficientes X	0.006551481 CONSTANTE
Error típico del coef	9.80199E-06 DEL ANILLO
	k
	152.6372527

TESIS CON
FALLA DE ORIGEN

DENSIDAD DE SÓLIDOS

PROYECTO : TESIS DE LICENCIATURA
 LOCALIZACIÓN : FACULTAD DE INGENIERÍA

SONDEO : S/N
 MUESTRA N/D
 PROFUNDIDAD : N/D
 DETERMINACIÓN DE LA DENSIDAD DE SÓLIDOS

MATRAZ No.		4
VOLUMEN DEL MATRAZ (ml)		500
PESO DEL MATRAZ + AGUA + SUELO (g)		698.45
TEMPERATURA (T) °C		37.2
PESO DEL MATRAZ CON AGUA (CURVA DE CALIBRACIÓN) g.		645.694
CHAROLA METÁLICA No.		3
PESO DE LA CHAROLA g.		
PESO DE LA CHAROLA MAS EL SUELO SECO (g)		
PESO DEL SUELO SECO (g)		91.129
DENSIDAD DE SÓLIDOS $S_s = \frac{W_s}{W_{t,u} + W_s - W_{t,s}}$		2.3748

DENSIDAD DE SÓLIDOS PROMEDIO 2.37

OBSERVACIONES _____

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
 FACULTAD DE INGENIERÍA
 DEPARTAMENTO DE GEOTECNIA
 LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

TESIS CON
 FALLA DE ORIGEN

CLASIFICACIÓN DE SUELOS
 CONTENIDO DE AGUA Y
 LÍMITES DE CONSISTENCIA

OBRA: TESIS DE LICENCIATURA
 LOCALIZACIÓN: FACULTAD DE INGENIERÍA
 SONDEO No.: MUESTRA No.:
 PROFUNDIDAD:
 DESCRIPCIÓN:
 OPERADOR: ARJ FECHA:

CONTENIDO DE AGUA NATURAL

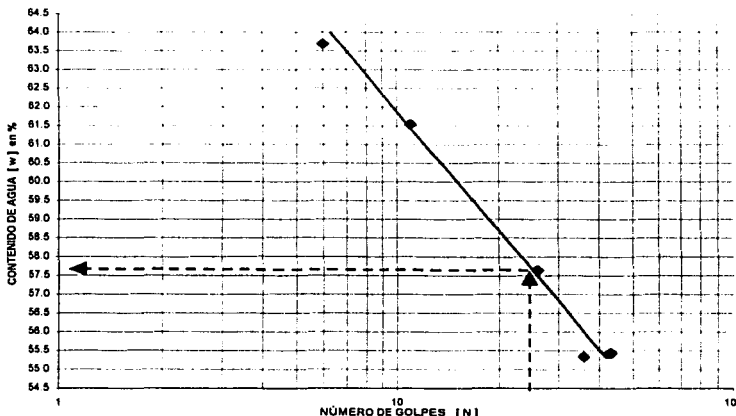
PRUEBA	NÚMERO DE GOLPES			CÁPSULA	PESO DE LA CÁPSULA	PESO DE LA CÁPSULA MAS SUELO HÚMEDO	PESO DE LA CÁPSULA MAS SUELO SECO	PESO DEL AGUA	PESO DEL SUELO SECO	CONTENIDO DE AGUA (w)
	1°	2°	3°							

LÍMITE PLÁSTICO

1	W-7	60.03	60.71	60.49	0.22	0.48	47.826
2	Z-2	60.31	61.23	60.93	0.30	0.62	48.387
3	Y-0	61.13	61.86	61.64	0.22	0.51	43.137

LÍMITE LÍQUIDO

1	26	26	X-3	58.8	62.93	61.42	1.51	2.62	57.634
2	43	43	Z-8	60.13	64.28	62.8	1.48	2.67	55.431
3	36	36	X-0	59.69	62.75	61.66	1.09	1.97	55.330
4	10	11	V-5	60.28	62.59	61.71	0.88	1.43	61.538
5	6	6	Z-0	60.27	63.92	62.5	1.42	2.23	63.677



w % _____
 LL = 57.70
 LP = 48.11
 IP = 9.59
 Fw = _____
 Cr = _____
 Tw = _____

CLASIFICACIÓN DE LA PORCIÓN FINA

S. U. C. S. MH

OBSERVACIONES:

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO
FACULTAD DE INGENIERÍA
DEPARTAMENTO DE GEOTECNIA
LABORATORIO DE MECÁNICA DE SUELOS

COMPACTACIÓN

PROYECTO:	TESIS DE LICENCIATURA	
LOCALIZACIÓN:	FACULTAD DE INGENIERÍA	
SONDEO No.:	1	MUESTRA N° 1
PROFUNDIDAD:		
DESCRIPCIÓN:	SUELO DE COLOR CAFÉ CLARO	
OPERADOR:	A.R.J	FECHA: 18-3-02

TIPO DE PRUEBA	PROCTOR ESTANDAR	
MOLDE No. >	5	
DIÁMETRO DEL MOLDE.	10.13	cm
ALTURA DEL MOLDE	11.63	cm
PESO DEL MOLDE [W mol.]	4181	gr
VOLUMEN DEL MOLDE [V mol.]	937.32	cm ³
PESO DEL MARTILLO	2516	gr
ALTURA DE CAIDA	30.48	cm
No. DE CAPAS	3	
No. GOLPES POR CAPA >	25	
ENERGÍA ESPECÍFICA DE COMPACTACIÓN	6136.17	kg-cm/cm ³

DETERMINACIÓN No.:	#	1	2	3	4	5	
PESO DEL MOLDE + SUELO HÚMEDO	gr	5617	5749	5832	5852	5832	
PESO DEL SUELO HÚMEDO	gr	1436	1568	1651	1671	1651	
PESO ESPECÍFICO HÚMEDO	t/m ³	1.532	1.673	1.761	1.783	1.761	
CAPSULA No.	#	B-1	Y-4	D-1	Y-8	D-6	
W cap.	gr	116.95	109.83	117.23	113.71	113.01	
W cap. + sh	gr	167.61	170.5	181.56	186.96	181.44	
W cap + ss	gr	161.35	160.63	168.44	169.64	164.11	
CONTENIDO DE AGUA	%	14.099	19.429	25.620	30.967	33.914	
PESO ESPECÍFICO SECO.	t/m ³	1.343	1.401	1.402	1.361	1.315	

