

**ANALISIS DEL COMPORTAMIENTO DE SUELOS REFORZADOS CON
FIBRA SINTETICA TOXEMENT**

GIOVANNY ALFREDO REY NARIÑO

JOHN EDISON PACHECO FORERO

UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER UIS

FACULTAD DE INGENIERIAS FISICOMECANICAS

ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

2009

**ANALISIS DEL COMPORTAMIENTO DE SUELOS REFORZADOS CON
FIBRA SINTETICA TOXEMENT**

GIOVANNY ALFREDO REY NARIÑO

JOHN EDISON PACHECO FORERO

Trabajo de grado para optar por el título de
Ingeniero Civil

Director

WILFREDO DEL TORO RODRIGUEZ

Ingeniero Civil, M. Sc.

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER UIS
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICOMECANICAS
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL**

2009

*Dedico este trabajo a Dios quien me ha
guiado por el camino del bien, a mis padres
que me han apoyado
en toda la carrera, a mi hermanita...
mi papa jose, mis tias y toda mi familia,
a mi tio pipe que nos esta cuidando desde el cielo
a mi novia querida y en especial a mi mamá
q ha estado ahí en todo momento.*

Giovanny R.

AGRADECIMIENTOS

En calidad de autores de este proyecto brindamos los siguientes agradecimientos:

A Dios. Por ser el guía de todos nuestros actos.

A nuestras familias por su apoyo incondicional en todo momento.

Al Ingeniero Wilfredo Del Toro Rodríguez, director de este proyecto, por orientarnos en la elaboración del mismo.

A German Hernández, auxiliar de laboratorio de suelos, por ofrecernos su ayuda y conocimientos en la realización de los laboratorios.

A Jairo Hernández, auxiliar de laboratorio de Hormigón por su disponibilidad de tiempo ante cualquier inquietud en la realización de los laboratorios.

A nuestros amigos y compañeros de estudio por su apoyo en la realización de este proyecto.

TABLA DE CONTENIDO

	Pág
INTRODUCCION	1
OBJETIVO GENERAL	4
OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	5
1. MARCO TEORICO.....	6
1.1. COMPONENTES DEL SUELO.....	6
1.2. PROPIEDADES IMPORTANTES DEL SUELO EN LA INGENIERIA.....	6
1.3. CLASIFICACION DE LOS SUELOS.....	7
1.4. EVALUACION DE LA RESISTENCIA DE LOS SUELOS.....	11
1.4.1 <i>COMPACTACION DE SUELOS.....</i>	<i>11</i>
1.4.2 <i>COMPRESION SIMPLE INCONFINADA.....</i>	<i>12</i>
1.4.3 <i>CORTE DIRECTO.....</i>	<i>14</i>
1.4.4 <i>CAPACIDAD DE SOPORTE DE SUELO (CBR).....</i>	<i>15</i>
2. DESCRIPCION DE LA FIBRA SINTETICA TOXEMENT.....	16
3. INVESTIGACION REALIZADA.....	17
3.1. CARACTERIZACION DE SUELOS UTILIZADOS.....	17
3.2. HUMEDAD OPTIMA DE CADA SUELO UTILIZADO.....	20
3.3. ENSAYOS DE RESISTENCIA SIN FIBRA.....	22
3.3.1 <i>Ensayo de Compresión simple. Probeta mediana.....</i>	<i>22</i>
3.3.2 <i>Ensayo de Compresión Simple. Probeta grande.....</i>	<i>25</i>
3.3.3 <i>Ensayo de esfuerzo cortante (Corte directo).....</i>	<i>27</i>
3.3.4 <i>Ensayo de CBR (55 golpes).....</i>	<i>34</i>
3.4 PORCENTAJE OPTIMO DE FIBRA SINTETICA TOXEMENT.....	37

3.5. ENSAYOS DE RESISTENCIA CON PORCENTAJE OPTIMO DE FIBRA.	42
3.5.1. <i>Ensayo de Corte Directo con adición de % óptimo de fibra toxement.</i>	42
3.5.2. <i>Ensayo de CBR con adición de % óptimo de fibra toxement.</i>	46
3.5.3. <i>Ensayo de Compresión Simple de probetas grandes con adición del % óptimo de fibra toxement.</i>	49
4. COMPARACION Y ANALISIS DE RESULTADOS.	52
4.1 CONFRONTACION DE RESULTADOS DEL ENSAYO DE COMPRESION SIMPLE SIN FIBRA Y CON % OPTIMO DE FIBRA.	52
4.1.1. <i>Comparación de esfuerzos a la compresión simple de los 2 tamaños de probetas.</i>	56
4.2. CONFRONTACION DE RESULTADOS DEL ENSAYO DE CORTE DIRECTO.	59
4.3. CONFRONTACION DE RESULTADOS DEL ENSAYO DE CBR.	63
5. ANALISIS ECONOMICO.	66
CONCLUSIONES.	69
RECOMENDACIONES.	70
BIBLIOGRAFIA.	71

LISTA DE TABLAS

	Pág
Tabla N.1 Sistema clasificación (USCS) Granos gruesos.....	8
Tabla N.2 Sistema clasificación (USCS) Granos finos.....	10
Tabla N.3 Valores carga unitaria patrón de CBR.....	15
Tabla N.4 Propiedades físicas de la fibra sintética toxement.....	16
Tabla N.5. Resumen clasificación de los suelos utilizados.....	18
Tabla N.6 Humedad óptima de cada suelo.....	20
Tabla N.7 Datos esfuerzo max a la compresión simple de cada suelo sin fibra.... Probeta mediana	24
Tabla N.8 Esfuerzo máximo a la compresión simple. Probeta grande sin fibra...	26
Tabla N.9 Datos de esfuerzo max al cortante de cada suelo sin fibra bajo..... carga normal de 8000 gr	30
Tabla N.10 Datos de esfuerzo max al cortante de cada suelo sin fibra bajo..... carga normal de 16000 gr	31
Tabla N.11 Datos de esfuerzo max al cortante de cada suelo sin fibra bajo..... carga normal de 32000 gr	32
Tabla N.12 Resumen esfuerzo máximo al cortante de cada suelo.....	33
Tabla N.13 Resumen cohesión y ángulo fricción sin fibra.....	33

Tabla N.14	Resumen de CBR sin fibra	36
Tabla N.15	Esfuerzos máximos de cada suelo variando % de fibra en peso.....	40
Tabla N.16.	Resultados de corte directo para cada suelo con % optimo de fibra...42	
Tabla N.17	Resumen Esfuerzos máximos con % optimo de fibra de cada suelo	45
Tabla N.18	Resumen de CBR con % óptimo de fibra toxement.....	46
Tabla N.19	Esfuerzos máximos probeta grande con % optimo de fibra.....	49
Tabla N.20	Resumen comparativo del esfuerzo máximo a la compresión simple.58 con y sin fibra	
Tabla N.21	Esfuerzo cortante máximo con y sin fibra de cada suelo.....	59
Tabla N.22	Comparación de resultados del ensayo corte directo con y sin fibra ..	61
Tabla N.23	Comparación de CBR con y sin fibra.....	63
Tabla N.24	Expansión del suelo con y sin fibra.....	63
Tabla N.25	Costo unitario fibra sintética.....	66
Tabla N.26	Análisis del costo por m3 de un anden sin fibra toxement	67
Tabla N.27	Análisis del costo por m3 de un anden con fibra toxement.....	67

LISTA DE FIGURAS

	Pág
Figura N.1 Grafica de Curva de compactación.....	12
Figura N.2 Comportamiento probeta bajo carga axial.....	13
Figura N.3 Curvas granulométricas de cada suelo.....	18
Figura N.4. Graficas de Humedad óptima.....	21
Figura N.5 Máquina utilizada Ensayo compresión simple Probeta mediana.	23
Figura N. 6 Gráfica comparativa de resistencia a la compresión sin fibra Probeta mediana	24
Figura N.7 Probeta grande N.1 fallada a compresión simple.....	25
Figura N.8 Probeta grande N.2 fallada a compresión simple.....	26
Figura N.9 Maquina Universal utilizada en el ensayo de compresión simple Probeta grande.	27
Figura N.10 Dispositivo utilizado Corte directo.....	29
Figura N.11 Gráfica comparativa de resistencia al corte sin fibra Carga normal 8000 gr. (Corte directo)	30
Figura N.12 Gráfica comparativa de resistencia al corte sin fibra Carga normal 16000 gr (Corte directo)	31
Figura N.13. Gráfica comparativa resistencia al corte sin fibra Carga normal 32000 gr (Corte directo).	32
Figura N.14 Gráficas Esf. Cortante VS Esf. Normal sin fibra.....	33
Figura N.15 Máquina utilizada para ensayo de CBR.....	35
Figura N.16 Molde para ensayo de CBR.....	36

Figura N. 17	Suelo mezclado con fibra sintética toxement. 0.25%, 0.5%, 0.75%, 1% en peso de suelo.....	37
Figura N.18	Dificultad de utilizar porcentajes de fibra mayores al 1%.....	38
Figura N.19	Gráfica de porcentaje óptimo del suelo de Lebrija N.1 (Arena).....	39
Figura N.20	Gráfica de porcentaje óptimo del suelo de P/decuesta N.2 (Limo)....	39
Figura N.21	Gráfica de porcentaje óptimo del suelo de P/decuesta N.3 (Arena)...	40
Figura N.22	Comparación del comportamiento del suelo variando el % de fibra...	41
Figura N.23	Gráfica comparativa de Esfuerzo máximo con % optimo de fibra para cada suelo.....	41
Figura N.24	Gráfica Esf. Cortante VS Es.f normal con % óptimo de fibra.....	42
Figura N.25	Vista frontal de la muestra fallada al corte directo con % optimo de fibra	44
Figura N.26	Vista superior muestra fallada al corte directo con % optimo de fibra	45
Figura N.27	Preparación de la probeta de suelo reforzado con fibra para el ensayo de CBR	46
Figura N.28	Probeta para ensayo de CBR.....	47
Figura N.29	Ensayo de CBR a probeta reforzada con fibra sintetica toxement....	48.
Figura N.30	Probeta reforzada con fibra después de fallar por CBR.....	49
Figura N.31	Tipo de falla detallada a la compresión simple de la probeta grande con % óptimo de fibra toxement	50
Figura N.32	Tipo de falla a la compresión simple de la probeta grande con % optimo de fibra toxement	51
Figura N.33	Gráfica comparativa Esfuerzo máximo compresión simple con y sin fibra	52
Figura N.34	Tamaño de Probetas para el ensayo Compresión simple.....	56
Figura N. 35	Gráfica comparativa Influencia del tamaño de probeta en el	57

ensayo de compresión simple.

Figura N.36 Grafica comparativa Esf. Cortante VS Esf. Normal con %..... 60
óptimo de fibra y sin fibra

Figura N.37 Gráfica comparativa de CBR con y sin fibra.....65

LISTA DE ANEXOS

	Pág
ANEXO A. MEMORIAS ENSAYOS REALIZADOS AL SUELO N.1..... DE LEBRIJA.	72
ANEXO B. MEMORIAS ENSAYOS REALIZADOS AL SUELO N.2 DE..... P/DECUESTA.	95
ANEXO C. MEMORIAS ENSAYOS REALIZADOS AL SUELO N.3 DE P/DECUESTA.	117

RESUMEN

TITULO

ANALISIS DE SUELOS REFORZADOS CON FIBRA SINTETICA TOXEMENT*

AUTORES

GIOVANNY ALFREDO REY NARIÑO
JOHN EDISON PACHECO FORERO **

PALABRAS CLAVES

Suelos, propiedades, fibra sintética toxcement, resistencia, compresión, esfuerzo, deformación.

DESCRIPCION

Para la concepción de este proyecto, se tuvo en cuenta principalmente buscar nuevas alternativas en el reforzamiento del suelo fino-granular que permitieran mejorar las propiedades mecánicas de dicho material y a su vez tener un mejor comportamiento como terreno soporte (mortero) ante las interacciones con los cimientos de una determinada estructura.

Para este fin se busco una fibra sintética de alta resistencia a la tensión cuya dosificación (porcentaje en peso) fue encontrada a través de ensayos a la compresión.

En primera instancia se hizo la caracterización y clasificación de los suelos utilizados por medio de ensayos de granulometría, límites de consistencia y compactación con el fin de saber con que clase de suelo se estaba trabajando. Posteriormente se realizaron ensayos compresión, CBR y corte directo par hallar la resistencia a la compresión y fuerza cortante al suelo en su estado natural.

En una segunda parte se determino el porcentaje optimo de fibra en peso de suelo por medio de ensayos de compresión simple y de esta manera llegar a la conclusión de que cantidad de fibra mejora las propiedades mecánicas del suelo.

Por ultimo se realizaron nuevamente ensayos de corte directo, CBR y compresión simple (variando tamaños de moldes) al suelo reforzado con el porcentaje optimo de fibra y hacer una comparación entre los esfuerzos últimos entre el suelo en su estado natural y el suelo reforzado.

* Trabajo de grado

**Facultad de Ingenierías Físico mecánicas. Escuela de Ingeniería Civil. Director: Wilfredo del Toro Rodríguez

ABSTRACT

TITLE

GROUND ANALYSIS REINFORCED WITH SYNTHETIC FIBER TOXEMENT*

AUTHORS

GIOVANNY ALFREDO REY NARIÑO
JOHN EDISON PACHECO FORERO **

KEY WORDS

Grounds, properties, synthetic fiber toxement, resistance, compression, effort, deformation.

DESCRIPTION

For the conception of this project, one mainly considered to look for new alternatives in the reinforcing of the fine-granular ground that allowed to improve the mechanical properties of this material and at the same time, improve its behavior as a ground support (mortar) before the interactions with the foundations of a determined structure.

For this purpose was sought a synthetic fiber of high resistance to the tension which dosage (percentage in weight) was found through tests to the compression.

In first instance, became the characterization and classification of grounds used through granulometry, compaction and consistency limits, in order to know which class of ground was working. Later, tests were performed in compression, CBR and direct cut to find the resistance to the compression, and shear strength to the ground in its natural state.

In second part, the optimum fiber percentage was determined through tests of simple compression, to reach the conclusion of what amount of fiber improves the mechanical properties of the ground.

Finally, tests of direct cut, CBR and simple compression were realized (varying size of molds) to the ground reinforced with the optimum percentage of fiber and to make a comparison of the last efforts between the ground in its natural state, and the reinforced grounds.

* Degree work.

** Faculty of mechanical Engineering. Physical. School of Civil Engineering. Director: Wilfredo del Toro Rodriguez .

INTRODUCCION

Las cargas que transmite la cimentación al terreno producen tensiones y por lo tanto deformaciones en la capa del terreno soporte. Como en todos los materiales la deformación depende de la tensión y de las propiedades del suelo.

Debido a las interacciones entre el suelo y los cimientos, las características del suelo sobre el que se construye influye en la selección del tipo de cimientos y de su tamaño lo cual va afectar el diseño de la superestructura, el tiempo de construcción, y en consecuencia los costos de obra. *Es por este motivo que se busca mejorar las propiedades mecánicas del suelo adicionando fibra sintetica toxement.*

Por otra la manera como se comporta el terreno esta afectada por su densidad y por la proporción relativa que hay entre huecos llenos de agua y aire. Cabe resaltar que estas propiedades varían con el tiempo y depende de los siguientes factores:

- Variación del volumen de huecos como consecuencia de la compactación del terreno
- Variación del volumen de huecos como consecuencia del desplazamiento de las partículas
- Variación del volumen de huecos como consecuencia de la deformación de las partículas

Por este motivo es que el ingeniero busca estudiar alternativas que permitan reforzar el suelo y de esta manera mejorar sus propiedades mecánicas en busca de un suelo mas estable y resistente para las obras de ingeniería.

El material seleccionado para trabajar en esta investigación ha sido la fibra sintética toxement, un material de polietileno y polipropileno de alta resistencia a la tensión

En el primer capítulo trataremos conceptos teóricos como los componentes del suelo, sus propiedades, clasificación y evaluación de la resistencia del mismo que nos ayude a comprender mejor la investigación realizada.

En el segundo capítulo se hace una descripción de la fibra a utilizar en el proyecto, sus propiedades, aplicaciones y principales beneficios de su uso.

En el tercer capítulo se hace una descripción de la investigación realizada como la caracterización del suelo, ensayos de resistencia sin fibra, porcentaje óptimo de fibra sintética a utilizar y ensayos de resistencia al suelo reforzados con la fibra.

Finalmente en el capítulo 4 se hace una comparación de resultados entre la resistencia del suelo sin fibra y con porcentaje de fibra óptima

OBJETIVO GENERAL

Estudiar el comportamiento de suelos fino-granulares bajo adición de fibras sintéticas producidas por toxcement para mejoramiento de las propiedades mecánicas

OBJETIVOS ESPECIFICOS

Estudio del comportamiento de los suelos seleccionados sin adición de fibras sintéticas toxement.

Análisis de la dosificación optima de fibra sintética toxcement de acuerdo con las características físicas de cada uno de los suelos.

Análisis del comportamiento de cada uno de los suelos bajo adición de dosificación optima de fibra sintética toxcement.

Evaluación del comportamiento de los suelos adicionados, con fibra comparados con los mismos en su estado natural.

1. MARCO TEORICO

El suelo es la capa mas superficial de la corteza terrestre que resulta de la descomposición de las rocas ya sea por acción del viento, agua, seres vivos o cambios bruscos de temperatura. Entre sus propiedades físicas se encuentra el color, la textura, consistencia, porosidad, humedad, densidad, Ph, materia orgánica, capacidad de intercambio iónico entre otras

1.1 COMPONENTES DEL SUELO

Los suelos se pueden clasificar según sus componentes en **inorgánicos** si están constituidos por arena, arcilla, agua y aire y en **orgánicos** si aparte de estos elementos se suman los restos de las plantas y animales que a su vez producen el *humus*, capa superior del suelo de color compuesto de minerales y restos vegetativos y de animales de color amarillento a negro.

1.2 PROPIEDADES IMPORTANTES DEL SUELO EN LA INGENIERIA

- **DENSIDAD.**

Es la cantidad de masa o materia por unidad de volumen. Una de las propiedades ingenieriles mas importante es el estado o grado de compactación en términos de densidad relativa o en razón de la diferencia entre la densidad natural en seco y la densidad seca minima aunque en la construcción de rellenos ingenieriles se da como el cociente entre la densidad real en seco y la densidad máxima en seco determinada en una prueba de laboratorio de densidad-humedad.

- **FRICCION INTERNA**

Equivale a la resistencia a la fuerza cortante en la teoría de la elasticidad. Geometricamente la fricción interna equivale a Φ donde $\tan \Phi = f$ donde f corresponde al coeficiente de fricción. Los valores de Φ varían desde 28° en arena sueltas y limos no plasticos hasta 48° en arenas sueltas y gravillas. El valor aumenta junto con la angularidad, densidad y granulometría de las partículas y es relativamente indiferente con el tamaño de las partículas, la velocidad de carga pero puede aumentar o disminuir bajo cargas cíclicas o repetitivas.

- **COHESION**

Es la máxima resistencia del suelo a la tensión. La cohesión tien lugar por la adhesión coloidal de la superficie de la partículas, la tensión capilar de las películas de agua, la atracción electrostática de las superficies cargadas, las condiciones de drenaje y el historial de esfuerzos. Pero solo existe un verdadera cohesión en las arcillas que tienen contacto con canto con cara entre sus partículas. Los suelos no plásticos fino-granulares pueden presentar una aparente cohesión cuando se encuentran saturados parcialmente. El valor de cohesión que se utiliza para diseñar depende directamente del drenaje del suelo y del método o ensayo a emplear.

- **COMPRESIBILIDAD**

Esta propiedad tiene que ver con las características de esfuerzo-deformación debido a que la aplicación de esfuerzos provoca cambios en el volumen y desplazamientos del material o suelo.

- **PERMEABILIDAD**

Consiste en la capacidad que tiene un suelo en permitir el flujo de líquidos. Depende del tamaño del espacio poroso de l suelo y por lo tanto del tamaño de las partículas. Por lo general la permeabilidad es mayor en sentido horizontal que en el sentido vertical.

1.3 CLASIFICACION DE LOS SUELOS

Es de suma importancia reconocer el tipo de suelo en el campo desde el punto de vista tamaño y plasticidad para tener una primera concepción acerca del suelo a utilizar y decidir si es resistente frente a fuerzas de tensión, compresibilidad a la que va a estar sometida . Pero esto se debe complementar con ensayos de laboratorio que nos `permita hacer una clasificación mas exacta. El Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (USCS) nos da unos parámetros respecto a su tamaño e índice de plasticidad que nos permite dividir los granos de suelos inicialmente en 2 grandes grupos: Granos gruesos y granos finos.

Granos gruesos: Tienen mas del 50% de peso en granos mayores de 0.08mm y se representan con la letra G si mas de la mitad del porcentaje en peso se retiene en el tamiz 5 mm y con la letra S si mas de la mitad pasa por el tamiz 5 mm.

A la G o a la S se les agrega una segunda letra que describe la gradación: W, buena gradación con poco o ningún fino; P, gradación pobre, uniforme o discontinua con poco o ningún fino; M, que contiene limo o limo y arena; C, que contiene arcilla o arena y arcilla.

Granos finos: Los suelos finos, con más del 50 por ciento bajo tamiz 0,08 mm, se dividen en tres grupos, las arcillas (C), los limos (M) y limos o arcillas orgánicos (O).

Estos símbolos están seguidos por una segunda letra que depende de la magnitud del límite líquido e indica la compresibilidad relativa: L, si el límite líquido es menor a 50 y H, si es mayor.

Tabla N. 1 Sistema clasificación (USCS) Granos gruesos

SISTEMA CLASIFICACION (USCS)							
GRUESOS ($\leq 50\%$ pasa el 0.08 mm)							
Tipo de suelo	Simbolo	% RET 5 mm	* % PASA 0.08 mm	CU	CC	** IP	
GRAVAS	GW	$> 50\%$ de lo retenido en 0.08 mm	< 5	>4	1 a 3		
	GP			≤ 6	<1 ó >3		
	GM		> 12				$< .73$ (wl-20) ó <4
	GC						$> .73$ (wl-20) ó >7
ARENAS	SW	$< 50\%$ de lo retenido en 0.08 mm	< 5	> 6	1 a 3		
	SP			≤ 6	<1 ó >3		
	SM		> 12				$< .73$ (wl-20) ó <4
	SC						$> .73$ (wl-20) y >7
* Entre 5 y 12% usar simbolo doble como GW-GC, GP-GM, SW-SM, SP-SC							

** Si $IP = 0.73$ ($wl-20$), usar simbolo doble GM-GC, SM-SC	
En casos dudosos favorecer clasificacion menos plástica Ej: GW-GM en vez de GW-GC	
$CU = \frac{\phi 60}{\phi 10}$	$CC = \frac{\phi 30^2}{\phi 60 \cdot \phi 10}$

Por otra parte el agua es un factor determinante en la clasificación y comportamiento de los suelos finos debido a que su contenido hace que el suelo se comporte de una manera mas plástica, y por lo tanto mas deformable. Esta es una de las principales características de los suelos arcillosos con gran cantidad de agua los cuales se deforman sin llegar agrietarse.

Para estudiar este comportamiento se tiene en cuenta los Limites de consistencia o Limites de Atterberg

Los limites se basan en el concepto de que en un suelo de grano fino solo pueden existir solo pueden existir 4 estados de consistencia según su humedad. Un suelo se encuentra en estado solido y poco a poco que se le agrega agua va cambiando a estado semisólido, plástico y finalmente al estado liquido.

Los limites entre estados son llamados Límites de Atterberg debido a que el especialista en suelos Albert Mauritz Atterberg empezó a hacer ensayos manuales de plasticidad a suelos finos y definió dichos limites.

- **Límite líquido(LL):** Cuando el suelo pasa de un estado semilíquido a un estado plástico y puede moldearse. Para la determinación de este límite se utiliza la cuchara de Casagrande.
- **Límite plástico(LP):** Cuando el suelo pasa de un estado plástico a un estado semisólido y se rompe.

- **Límite de retracción o contracción(LS):** Cuando el suelo pasa de un estado semisólido a un estado sólido y deja de contraerse al perder humedad.

Relacionado con estos límites se definió el siguiente índice:

Índice de plasticidad (IP): Se define como $IP = LL - LP$ la diferencia entre el límite líquido y el límite plástico, es decir el rango de porcentaje de humedad necesario para que el suelo se comporte plásticamente.

Los suelos arcillosos tienen alto índice de plasticidad mientras que los limos presentan bajo índice.

Tabla N. 2 Sistema clasificación (USCS) Granos finos

SISTEMA CLASIFICACION (USCS)			
FINOS ($\geq 50\%$ pasa 0.08 mm)			
Tipo de suelo	Símbolo	Lim. Líquido	Índice plasticidad.
Limos inorgánicos	ML	< 50	< 0.73 (wl-20) ó <4
	MH	>50	< 0.73 (wl-20)
Arcillas inorgánicas	CL	< 50	>0.73(wl-20) y > 7
	CH	>50	> 0.73 (wl-20)
Limos o arcillas orgánicas	OL	< 50	** wl seco al horno \leq del wl seco al horno
	OH	>50	
Altamente orgánicos	P1	Materia orgánica fibrosa se carboniza, se quema o se pone incandescente	
Si IP entre 4 y 7 e $IP > 0.73$ (wl-20), usar símbolo doble: CL-ML, CH-OH			

** Si tiene olor orgánico debe determinarse adicionalmente WI seco al horno
En casos dudosos favorecer la clasificación mas plástica Ej: CH-MH en vez de CL-ML
Si $w_l = 50$; CL-CH ó ML-MH

1.4 EVALUACION DE LA RESISTENCIA DE LOS SUELOS

Con el fin de determinar la resistencia a la compresión inconfiada y al corte se llevaron a cabo una serie de ensayos que permitieron calcular los esfuerzos máximos de cada suelo. Para esto se determino en primera instancia la humedad optima con la cual se compactaron todas las muestras de cada suelo.

1.4.1 COMPACTACION DE SUELOS

La compactación de suelos es un proceso artificial realizado en laboratorio que pretende simular la compactación en el terreno y cuya única finalidad es disminuir los vacios entre particulas para que el suelo se haga mas resistente, menos permeable y deformable.

Cabe resaltar que los métodos empleados para la compactación de suelos dependen del tipo de materiales con que se trabaje en cada caso; en los materiales puramente friccionantes como la arena, los métodos vibratorios son los más eficientes, en tanto que en suelos plásticos el procedimiento de carga estática resulta el mas ventajoso.

Teniendo en cuenta las características de los suelos a utilizar se escogió el método de compactación de Proctor modificado que consiste en compactar una muestra de

material en 5 capas con un pisón que pesa 4.53 Kg (10 libras) y una altura de caída de 45.72 cm (18").

Los cálculos realizados después de llevarse a cabo el ensayo permiten encontrar la densidad seca máxima y su respectiva humedad.

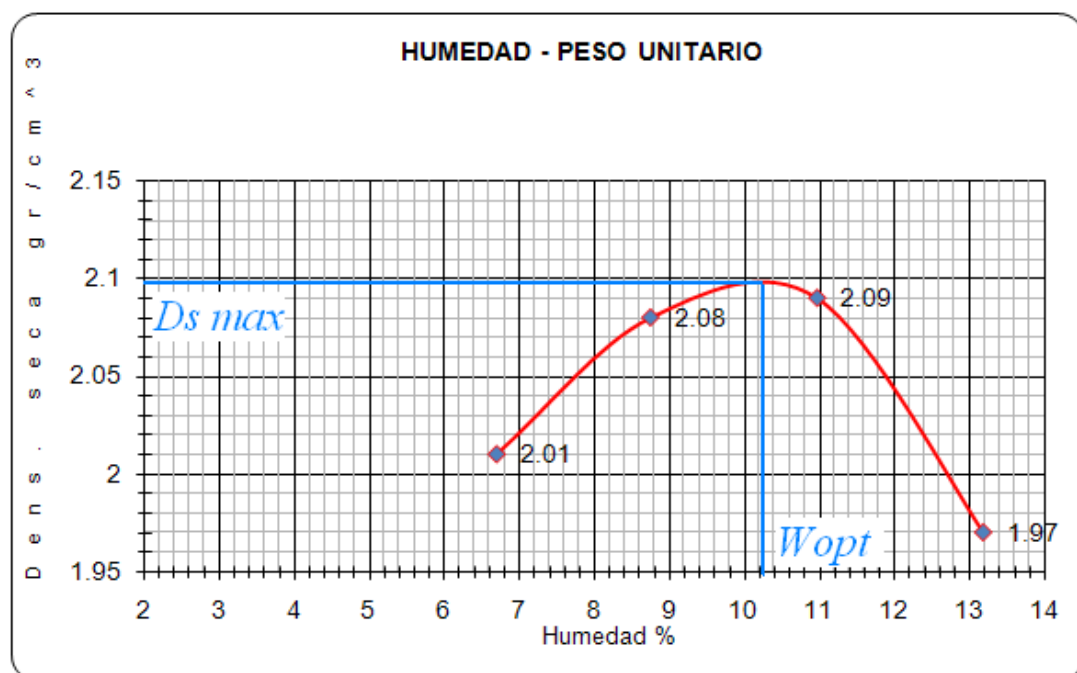


FIGURA N.1 Grafica de Curva de compactación

1.4.2 COMPRESION SIMPLE O INCONFINADA

Este tipo de ensayo solo se realiza a suelos cohesivos debido a que no hay un confinamiento lateral del material, es decir no hay fuerzas laterales aplicadas sobre la probeta y consiste en aplicar una fuerza longitudinal o axial (P) a la probeta con el fin de determinar su resistencia a la compresión inconfiada σ que se define como

carga por unidad de área para la cual la probeta ya sea cilíndrica o prismática falla. El esfuerzo último se determina por medio de la grafica **esfuerzo-deformación**.

$$\sigma = P/A$$

σ : esfuerzo ó resistencia a la compresión inconfiada

P: carga axial

A: Area transversal probeta.

Dependiendo de las características del suelo la falla de la probeta puede adoptar diferentes formas:

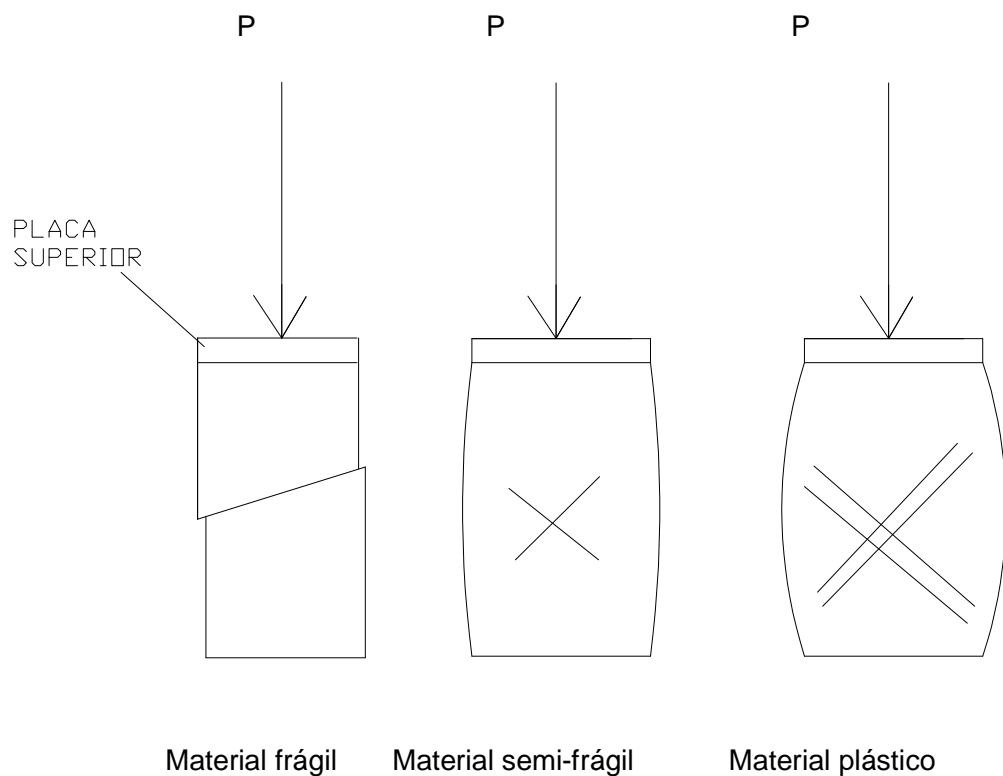


FIGURA N.2 Comportamiento probeta bajo carga axial

1.4.3 CORTE DIRECTO

Como se menciono anteriormente cuando una estructura se encuentra apoyada en la tierra, ésta le transmite esfuerzos al suelo de fundación provocándole deformaciones que pueden ocurrir de 3 formas diferentes:

La primera de ellas se debe a la deformación elástica de las partículas, la segunda tiene que ver con el cambio en el volumen del suelo debido a la evacuación de liquido contenido en los vacios de aire y la tercera se debe al desplazamiento de las partículas que puede terminar en un desplazamiento de una gran masa de tierra.

El primer factor no sucede con frecuencia debido a que en la práctica los esfuerzos transmitidos al suelo no alcanzan los esfuerzos críticos para la deformación elástica. El segundo caso corresponde al fenómeno de la consolidación y el tercer caso corresponde al estudio de la falla al corte causa de los principales catástrofes y tragedias presentadas por deslizamientos de tierra.

La falla al corte se estudia basados en la teoría de Coulomb sobre la resistencia al corte de suelos en donde relaciona la fricción interna, la cohesión y la cizalladura en la siguiente ecuación:

$$\tau = C + \sigma \tan (\Phi)$$

donde τ : esfuerzo de resistencia al corte

C : cohesión

σ : esfuerzo normal

Φ : ángulo de fricción

1.4.4 CAPACIDAD DE SOPORTE DE SUELO (CBR)

EL ensayo de CBR mide la resistencia al corte (resistencia la corte) de un suelo bajo condiciones de humedad y densidad controlados mediante una relación que hace entre una carga unitaria necesaria para lograr una cierta penetración de un pistón y una carga unitaria patrón requerida para obtener la misma penetración en una muestra estándar.

$$\text{CBR} = \frac{\text{Carga unitaria de ensayo}}{\text{Carga unitaria patrón}} * 100$$

Los valores de carga unitaria patrón a utilizar en la ecuación son los siguientes:

Tabla N.3 Valores carga unitaria patrón de CBR

<i>Penetración</i>		<i>Carga unitaria patrón</i>		
mm	Pulgada	Mpa	Kg/cm2	psi
2,54	0,1	6,90	70,00	1000
5,08	0,2	10,30	105,00	1500
7,62	0,3	13,10	133,00	1900
10,16	0,4	15,80	162,00	2300
12,7	0,5	17,90	183,00	2600

2. DESCRIPCION DE LA FIBRA SINTETICA TOXEMENT

Para el refuerzo del suelo se utilizaron fibras sintéticas estructurales que consisten en monofilamentos basados en una mezcla de polietileno y polipropileno de alta resistencia a la tensión y alto módulo de elasticidad, en comparación con otras fibras sintéticas comúnmente utilizadas como el nylon.

En la actualidad es empleada para el reforzamiento a la tensión de concretos y morteros en losas para uso industrial con gran adherencia al material provocándole una aparición más tardía de grietas y una vida útil mas larga.

Tabla N.4 Propiedades físicas de la fibra sintética toxement

PROPIEDADES FISICAS DE LA FIBRA SINTETICA TOXEMENT	
Material	Polietileno/Polipropileno
Gravedad específica	0.92
Resistencia a tensión	600-650 Mpa(87-94Ksi)
Modulo de elasticidad	5 Gpa (725 Ksi)
Punto de llama	330° C (625°F)
Tipo de fibra	Monofilamento
Color	Blanco
Absorción	Despreciable
Resistencia a álcalis	Excelente
Resistencia a ácidos	Excelente
Resistencia a moho-hongos	Excelente

3. INVESTIGACION REALIZADA

Con el fin de realizar una comparación entre el comportamiento del suelo en su estado natural y posteriormente reforzado con la fibra sintética toxement se procedió a hacer ensayos de resistencia a cada suelo sin fibra en donde se halló la resistencia a la compresión inconfiada y al corte (compresión simple, corte directo y CBR). Posteriormente se halló el porcentaje óptimo de fibra por medio de ensayos de compresión simple y nuevamente se realizaron ensayos de resistencia reforzado con fibra. Cabe resaltar que dichos ensayos se efectuaron con su respectiva humedad óptima con el fin de buscar los esfuerzos máximos de cada suelo.

En primera instancia se procedió hacer la caracterización de los suelos utilizados para saber las principales características físicas y plásticas del material. A continuación se explica el procedimiento a seguir:

- Caracterización de los suelos utilizados.
- Humedad óptima de cada suelo utilizado.
- Ensayos de resistencia sin fibra.
- Porcentaje óptimo de fibra sintética toxement.
- Ensayos de resistencia con porcentaje óptimo de fibra.
- Comparación de resultados.

3.1 CARACTERIZACION DE SUELOS UTILIZADOS

Basados en los criterios del Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS) se obtuvo la siguiente descripción de los suelos utilizados:

Suelo N. 1 de Lebrija: Presenta un color amarillo claro y textura arenosa con un comportamiento plástico medio-bajo. Corresponde a una arena limosa (SM) es decir una mezcla entre arena y limo regularmente estable.

Suelo N.2 de Piedecuesta: Presenta un color marrón claro amarillento y una textura limosa que corresponde a un limo inorgánico (ML) con gran contenido de

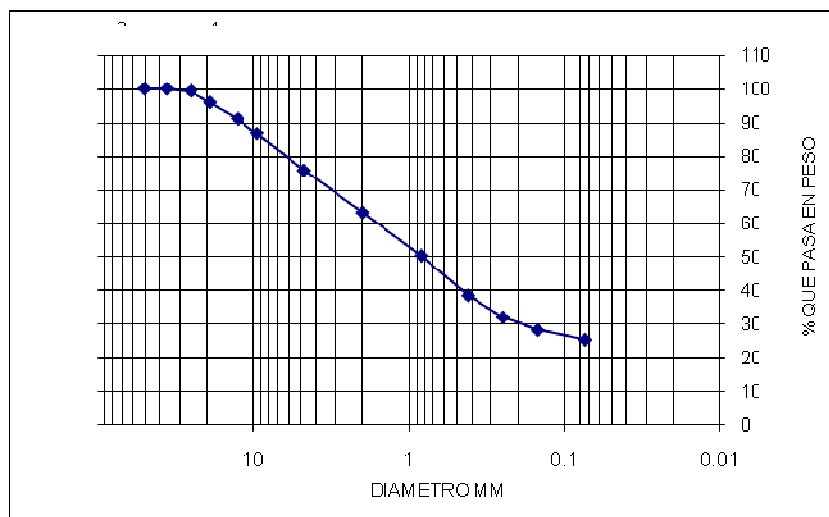
arenas finas y polvo de roca con muy baja plasticidad. Según USCS es un material con una estabilidad deficiente.

Suelo N.3 de Piedecuesta: Presenta un color marrón claro y textura arenosa con gran contenido de finos . Corresponde a una arenosa limosa (SM) mezcla entre arena y limos de ligera plasticidad.

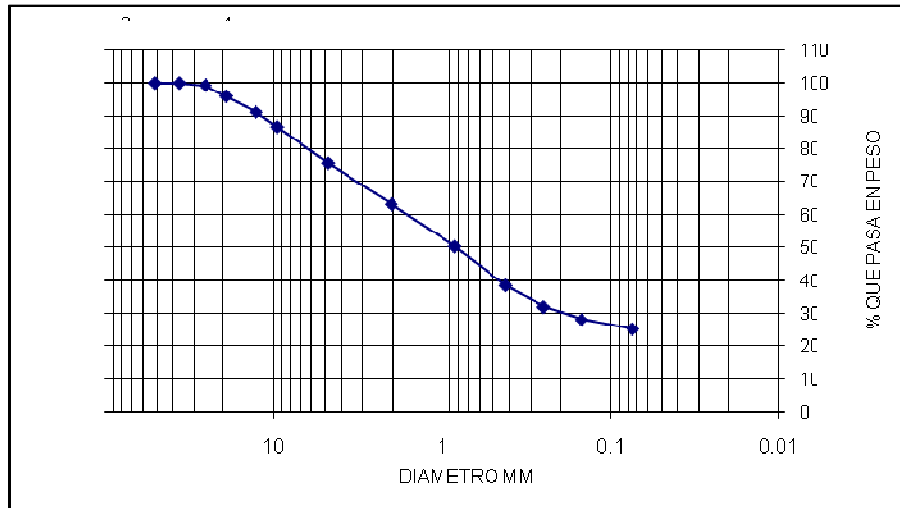
Tabla 5. Resumen clasificación de los suelos utilizados.

SUELO	GRANULOMETRIA			LIMITES			USCS
	% Gravas	% Arenas	% Finos	% LL	% LP	IP	
LEBRIJA	15	56.3	28.7	31	27	4	SM
PIEDECUESTA N.2	5.95	43.9	50.14	27	26.4	0.6	ML
PIEDECUESTA N.3	12.97	62.33	24.71	33	29.42	3.58	SM

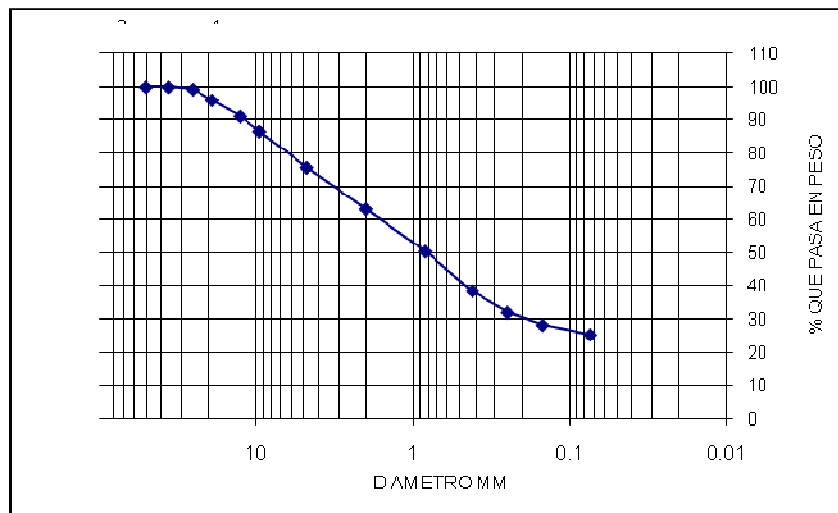
Figura N.3 Curvas granulométricas de cada suelo



Curva granulométrica del suelo N.1 Lebrija



Curva granulométrica del suelo N.2 P/decuesta



Curva granulométrica del suelo N.3 P/decuesta

3.2. HUMEDAD OPTIMA DE CADA SUELO UTILIZADO

En busca de mejorar la resistencia al corte y a la compresión inconfiada cada suelo fue compactado para obtener mas peso por unidad de volumen, es decir densificar la muestra por lo que se hallo su correspondiente humedad optima a través del ensayo de proctor modificado el cual se basa en los siguientes criterios:

Peso del pisón (W): 10 lb
Altura de caída del pisón (h): 1.5 pies
Numero de golpes (N): 25
Numero de capas a compactar (n): 5
Altura del molde: 4.59 pulg
Diámetro del molde: 4 pulg
Volumen del molde (V): 1/30 pie³

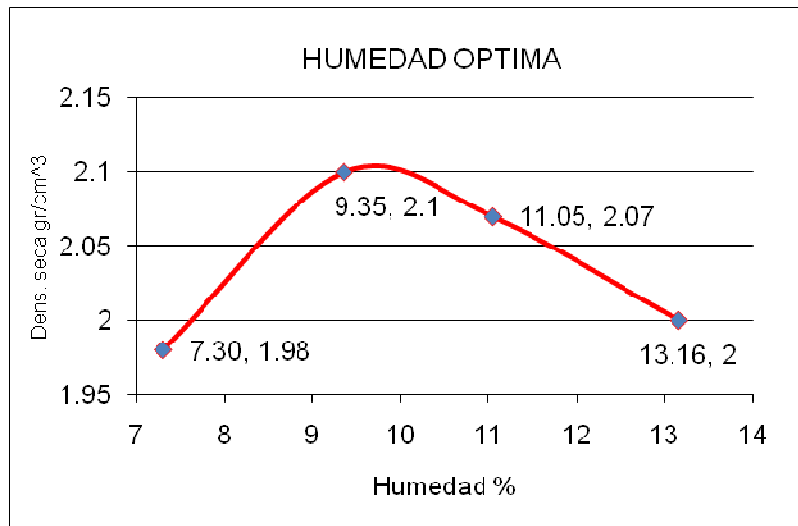
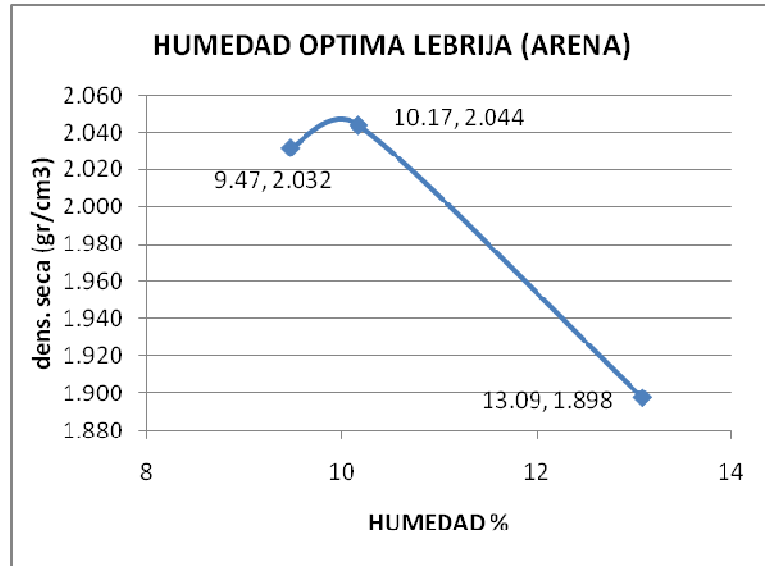
Los anteriores datos dan como resultado una energía de compactación de E=56250 (lb-pie/pie³). Esta energía fue utilizada en todos los ensayos de resistencia al suelo con y sin fibra adecuando el numero de golpes, capas a compactar y peso del pisón a través de la siguiente fórmula:

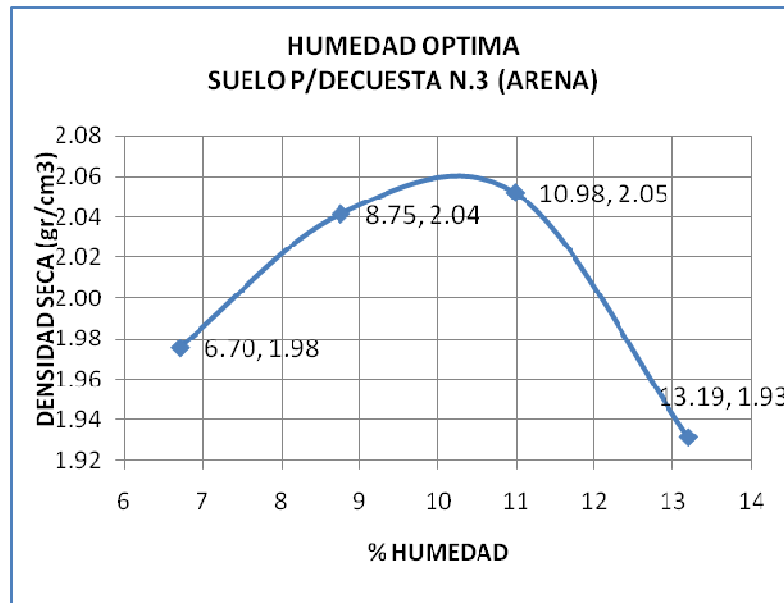
$$E = (W \cdot h \cdot N \cdot n) / V \quad [\text{lb-pie/pie}^3]$$

TABLA N.6 Humedad óptima de cada suelo.

	SUELO DE LEBRIJA	SUELO DE P/DECUESTA N.2	SUELO DE P/DECUESTA N.3
HUMEDAD OPTIMA	9.9%	9.70%	10.1%
DENSIDAD SECA MAX (gr/cm ³)	2.05	2.11	2.1

Figura N.4. Graficas de Humedad óptima





3.3. ENSAYOS DE RESISTENCIA SIN FIBRA

3.3.1 Compresión Simple. Probeta mediana.

Como se menciona anteriormente este ensayo permite obtener la resistencia a la compresión confinada y la deformabilidad del material sometido a carga axial. La probeta tiene forma cilíndrica y es compactada en un molde de dimensiones de 15 cm de longitud y 8 cm de diámetro. Para dichas dimensiones la probeta se llama Probeta mediana.

Para su compactación fue necesario adecuar los números de golpes de compactación con el objetivo de conservar la energía de compactación de proctor modificado teniendo en cuenta de realizarla con la humedad óptima con el fin de

asegurar la máxima densificación seca del suelo. Como consecuencia, el material fue compactado en 5 capas de 19 golpes y con un pisón de 5.5 libras de peso.

El ensayo se realizó bajo las siguientes condiciones:

- Carga aplicada a una velocidad de 1 mm / minuto
- Falla determinada en los casos en que la lectura se repita más de 3 veces o el valor de la carga empieza a disminuir.



Figura N.5 Máquina utilizada Ensayo compresión simple Probeta mediana.

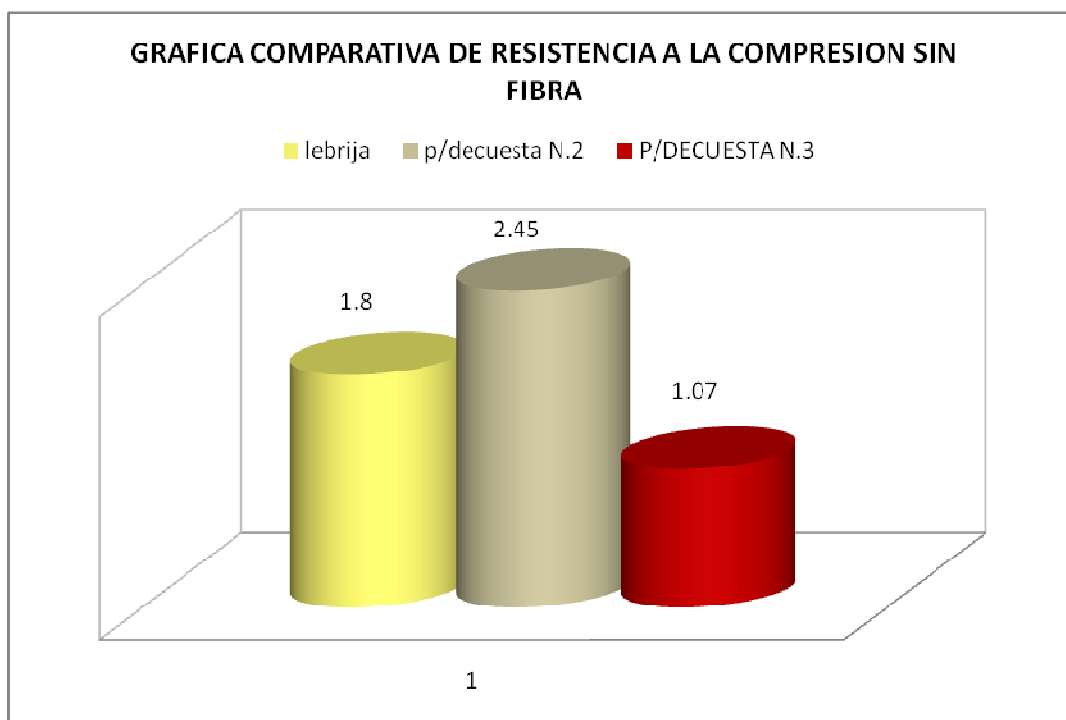


Figura N.6 Gráfica comparativa de resistencia a la compresión sin fibra. Probeta mediana

	ESFUERZO MAX (Kg/cm ²)
Suelo de Lebrija	1.8
Suelo de P/decuesta N.2	2.45
Suelo de P/decuesta N.3	1.07

Tabla N.7 Datos esfuerzo max a la compresión simple de cada suelo sin fibra, Probeta mediana

3.3.2 Ensayo de Compresión Simple. Probeta grande.

Para este tamaño de probeta se utilizó un molde con las siguientes dimensiones: diámetro de 15 cm y una altura de 30 cm. Con el fin de compactar la muestra con la energía de proctor modificado se optó por hacerlo en 7 capas cada una de 70 golpes. Por otra parte se utilizó la humedad óptima y se utilizó la máquina universal debido al tamaño de las probetas.



Figura N.7 Probeta grande N.1 fallada a compresión simple.



Figura N.8 Probeta grande N.2 fallada a compresión simple.

Durante el ensayo realizado a la probeta sin fibra se notan claramente fallas pronunciadas a 45° lo que permite suponer que la probeta falla por cortante.

SUELO SIN FIBRA	ESFUERZO MAXIMO A LA COMPRESION SIMPLE
LEBRIJA N. 1 (ARENA)	3.143
P/DECUESTA N.2 (LIMO)	2.996
P/DECUESTA N.3 (ARENA)	2.015

Tabla N.8 Esfuerzo máximo a la compresión simple. Probeta grande sin fibra.



Figura N.9 Maquina Universal utilizada en el ensayo de compresión simple. Probeta grande.

3.3.3. Ensayo de esfuerzo cortante (Corte directo)

Este ensayo se tuvo en cuenta debido a que la mayoría de los suelos solo pueden soportar pequeños esfuerzos de tracción y teniendo en cuenta que su resistencia a la compresión pura es muy alta, el ingeniero debe centrarse principalmente en las fallas al corte o resistencia al corte directo.

El ensayo consiste en aplicarle una fuerza normal constante y su vez una fuerza cortante que se va incrementando a una velocidad de 1 mm/ minuto hasta que se considere que la muestra falle, es decir cuando la lectura de la carga cortante se repita en más de 3 ocasiones o empiece a disminuir.

La muestra fue compactada con la energía de compactación de proctor modificado en 5 capas de 25 golpes cada uno y con un pisón de 10 libras de peso teniendo en cuenta de hacerlo con la humedad óptima.

El ensayo para cada muestra de suelo se realizó en 3 ocasiones incrementando en cada uno de ellas la fuerza normal de la siguiente manera:

- Fuerza normal aplicada: 8000 gr
- Fuerza normal aplicada: 16000 gr
- Fuerza normal aplicada: 32000 gr.

De esta manera se pudo realizar una comparación entre los esfuerzos cortantes máximos y los esfuerzos normales de cada suelo.



FIGURA N.10 *Dispositivo utilizado Corte directo.*

Durante el ensayo realizado se pudo observar como la muestra falla al corte por medio de un desplazamiento horizontal, es decir la muestra o probeta es cortada por la mitad en sentido horizontal.

**FIGURA N. 11 Gráfica comparativa de resistencia al corte sin fibra.
Carga normal 8000 gr. (Corte directo)**

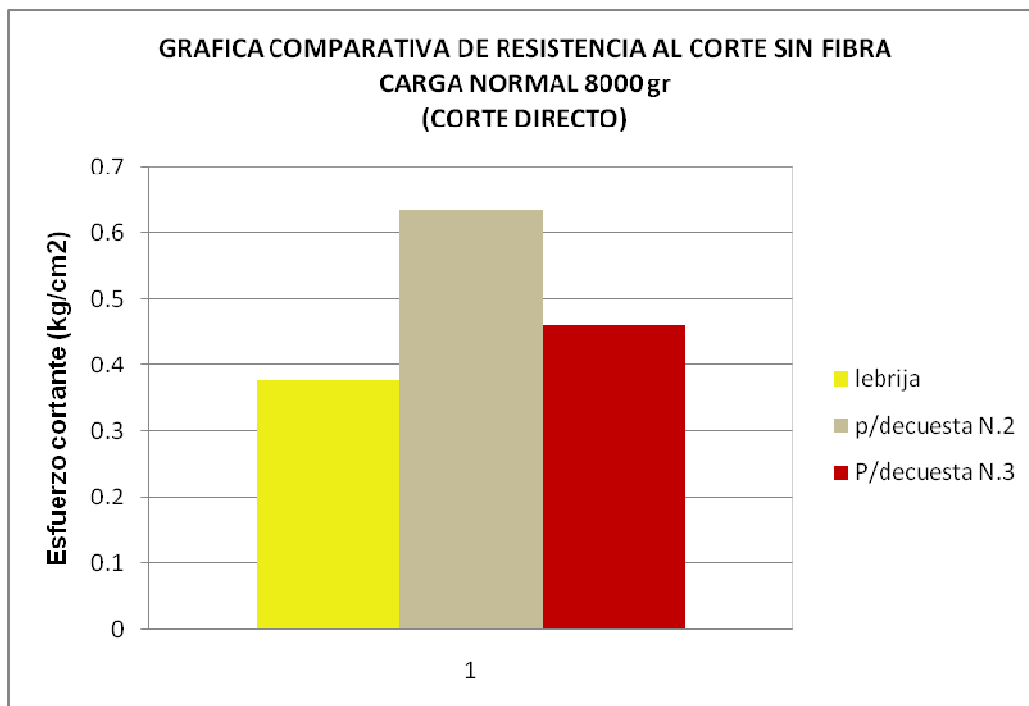


TABLA N.9 Datos de esfuerzo max al cortante de cada suelo sin fibra bajo carga normal de 8000 gr.

CARGA NORMAL (8000 gr)	Esfuerzo cortante (kg/cm ²)
Suelo de lebrija	0.378
Suelo de P/decuesta N.2	0.636
Suelo de P/decuesta N.3	0.46

**FIGURA N. 12 Gráfica comparativa de resistencia al corte sin fibra.
Carga normal 16000 gr (Corte directo)**

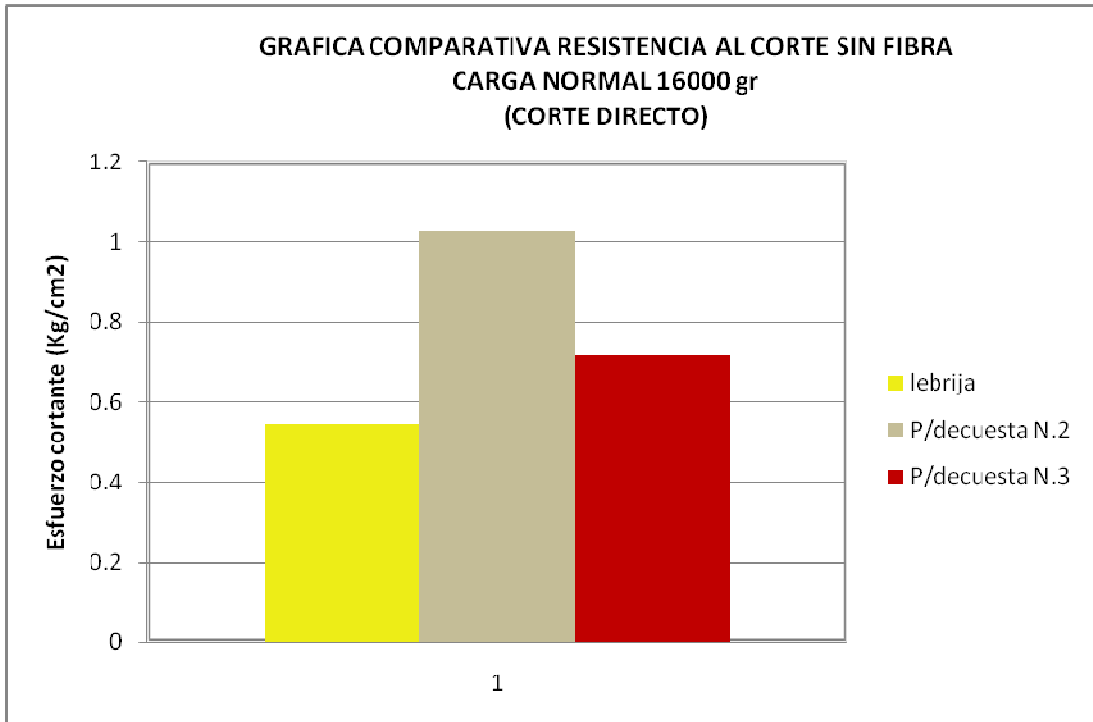


TABLA N.10 Datos de esfuerzo max al cortante de cada suelo sin fibra bajo carga normal de 16000 gr.

CARGA NORMAL 16000 gr	Esfuerzo cortante (kg/cm ²)
Suelo de Lebrija	0.546
Suelo de P/decuesta N.2	1.03
Suelo de P/decuesta N.3	0.717

**FIGURA N.13 Gráfica comparativa resistencia al corte sin fibra.
Carga normal 32000 gr (Corte directo).**

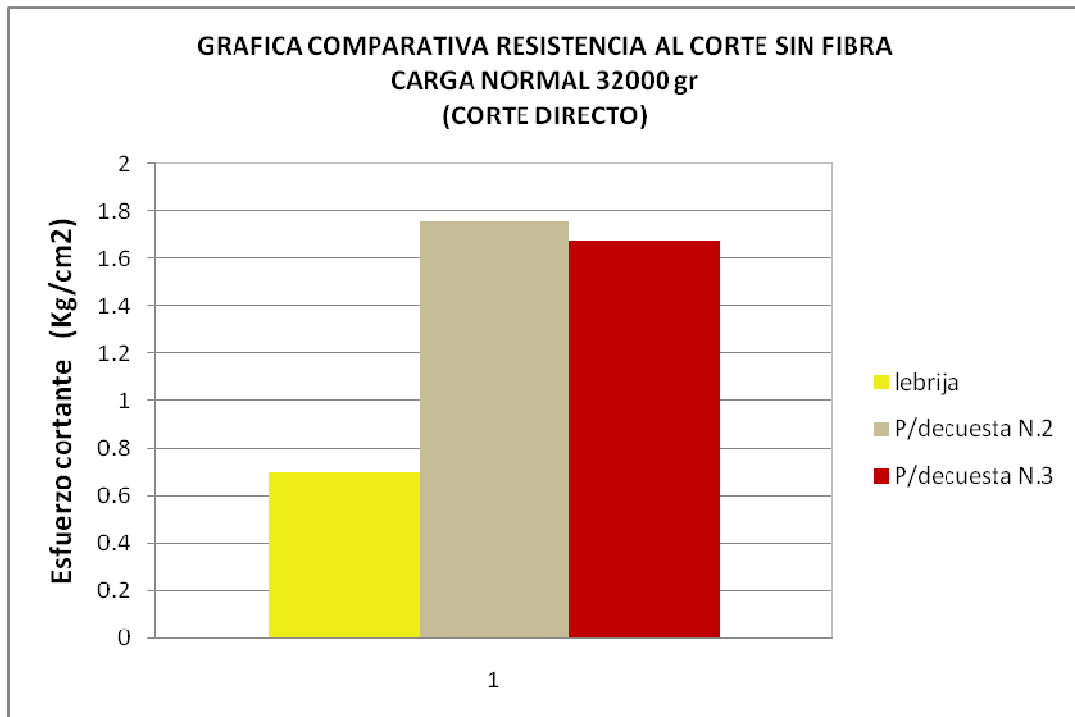


TABLA N.11 Datos de esfuerzo max al cortante de cada suelo sin fibra bajo carga normal de 32000 gr.

CARGA NORMAL 32000 gr	Esfuerzo cortante (kg/cm2)
Suelo de Lebrija	0.7
Suelo de P/decuesta N.2	1.76
Suelo de P/decuesta N.3	1.68

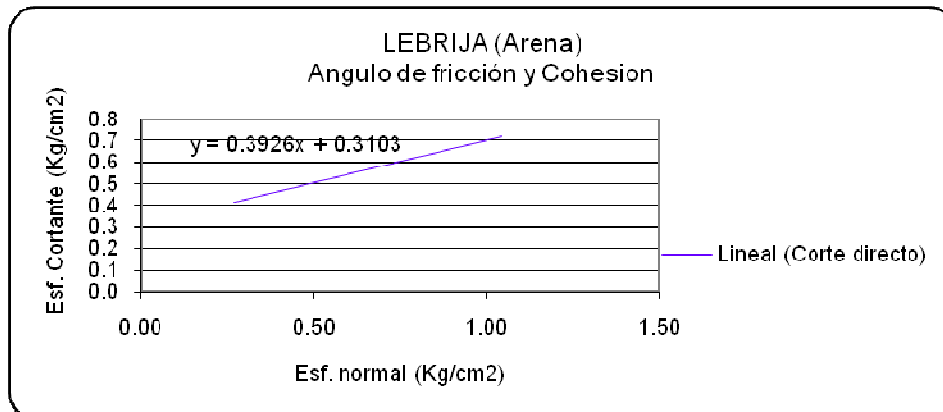
Esta es la tabla resumen de esfuerzos máximos:

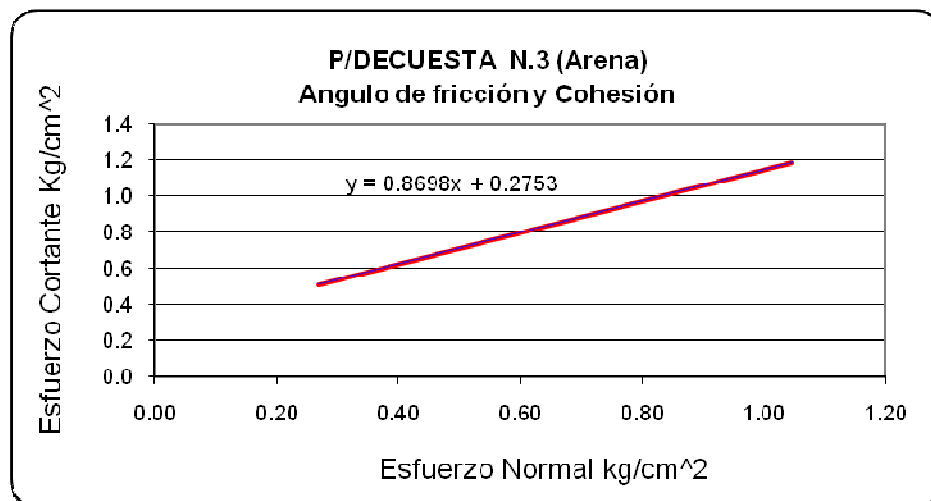
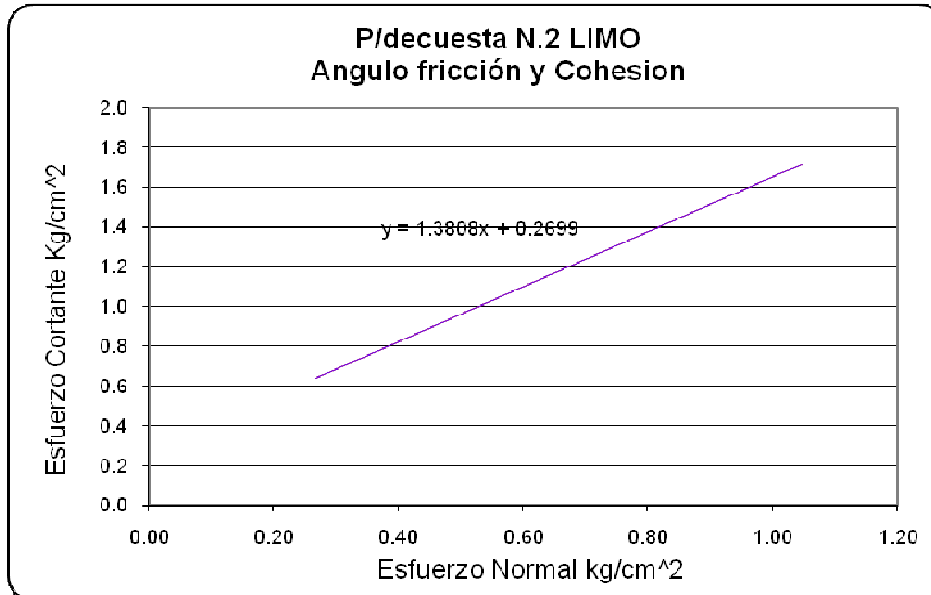
	Carga normal (gr)	LEBRIJA	P/DECUESTA N.2	P/DECUESTA N.3
		ESFUERZO CORTANTE (kg/cm ²)		
SIN FIBRA	8000	0.38	0.64	0.46
	16000	0.55	1.03	0.72
	32000	0.70	1.76	1.68

Tabla N.12 Resumen esfuerzo máximo al cortante de cada suelo

SUELO SIN FIBRA	COHESION	ANGULO DE FRICCIÓN (Φ)
LEBRIJA N. 1 (ARENA)	0.3103	21.45 °
P/DECUESTA N.2 (LIMO)	0.27	54.09 °
P/DECUESTA N.3 (ARENA)	0.2753	41.02 °

FIGURA N.14 Gráficas Esf. Cortante VS Esf. Normal sin fibra





3.3.4 Ensayo de CBR (55 golpes)

El ensayo de CBR se llevo a cabo para un muestra perturbada es decir con humedad y densidad controlada bajo las siguientes condiciones:

- 4 días de inmersión en agua (tiempo estimado para suelos finos) con el fin de saturar la muestra y obtener la expansión correspondiente.
- Muestra compactada a 55 golpes en 5 capas con humedad óptima y densidad seca máxima con una energía de compactación de proctor modificado ($56250 \text{ lb-pie}/\text{pie}^3$) con el fin de hallar la resistencia a la penetración.



Figura N.15 Máquina utilizada para ensayo de CBR

Los resultados de resistencia a la penetración para cada suelo y su respectiva expansión son los siguientes:

SUELO	CBR A 0.1"	CBR A 0.2"	EXPANSION
LEBRIJA N. 1 (ARENA)	19.24	27	0.15%
P/DECUESTA N.2 (LIMO)	37.46	43.2	0.04%
P/DECUESTA N.3 (ARENA)	21.26	25.65	2.00%

TABLA N.13 Resumen de CBR sin fibra



Figura N.16 Molde para ensayo de CBR.

3.4. DETERMINACION DEL PORCENTAJE OPTIMO DE FIBRA SINTETICA TOXEMENT.

Para la determinación del porcentaje óptimo de la fibra sintética se tuvieron en cuenta como datos de referencia las anteriores experiencias en ensayos similares por lo que se optó inicialmente por variar los porcentajes en peso de 0.25%, 0.5%, 0.75% y 1% de cada suelo hasta encontrar el esfuerzo máximo a la compresión simple. Debido a que la fibra es muy liviana, porcentajes mayores al 1% correspondían a gran cantidad de fibra lo que hacía difícil la mezcla y adherencia al suelo.



0.25%



0.5%



0.75%



1%

Figura N.17 Suelo mezclado con fibra sintética toxement. 0.25%, 0.5%, 0.75%, y 1% en peso de suelo



Figura N.18 Dificultad de utilizar porcentajes de fibra mayores al 1%

Cabe resaltar que la adición de fibra sintética toxement en porcentajes mayores al 1% hace difícil obtener una mezcla homogénea y una interacción adecuada entre el suelo y la fibra. Esto es porque las fibras empiezan a interactuar entre ellas haciéndole perder resistencia a la probeta. Como se puede observar en la figura, la mezcla no es homogénea y las fibras se aglutinan entre ellas inadecuadamente.

Las dimensiones de la probeta fueron las utilizadas para los ensayos de compresión simple sin fibra y compactadas con la misma energía de proctor modificado. Finalmente los resultados de esfuerzo-deformación permitieron llegar a las siguientes conclusiones:

Resultados del % óptimo de fibra para cada suelo.

Para el suelo de Lebrija (Arena limosa) la adición de fibra en 0.75% en peso de suelo compactado fue la mejor opción debido a que la probeta presentó una mayor resistencia a la compresión.

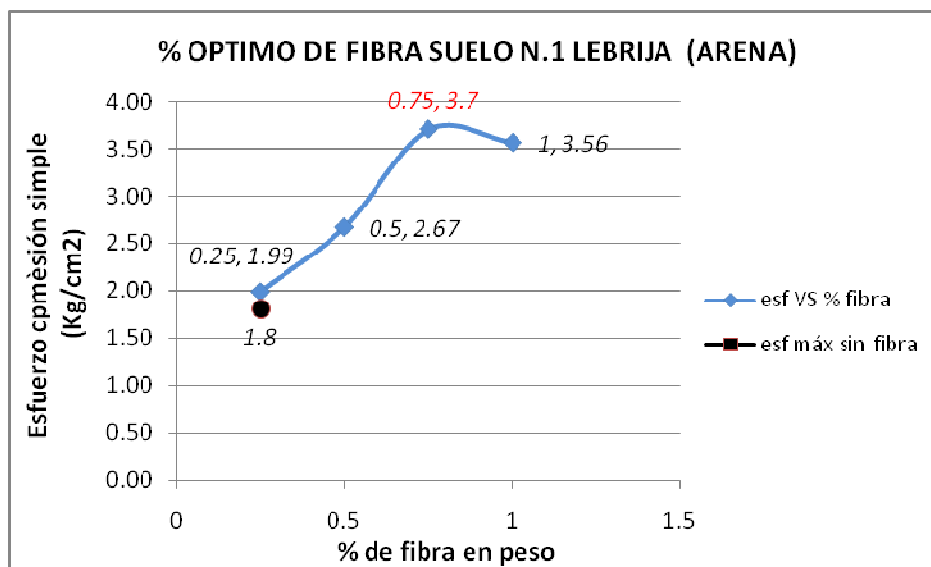


Figura N.19 Gráfica de porcentaje óptimo del suelo de Lebrija N.1 (Arena)

En cuanto al suelo de P/decuesta N.2 (limo) presento un esfuerzo máximo bajo la adición de fibra a 0.5% en peso.

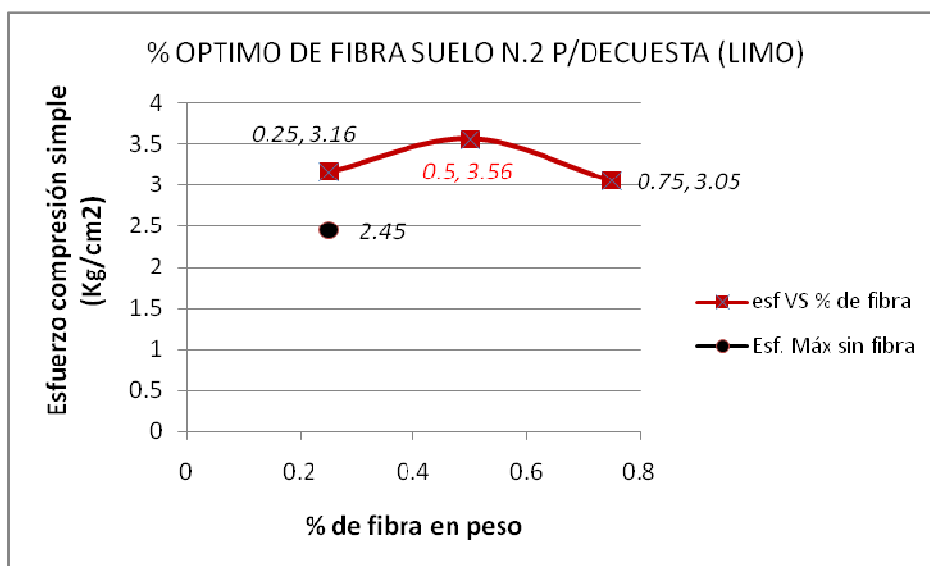


Figura N.20 Gráfica de porcentaje óptimo del suelo de P/decuesta N.2 (Limo)

Por otra parte el 0.5% de fibra en peso de suelo compactado le permitió a la probeta de P/decuesta N.3 (Arena limosa) soportar mayores cargas axiales.

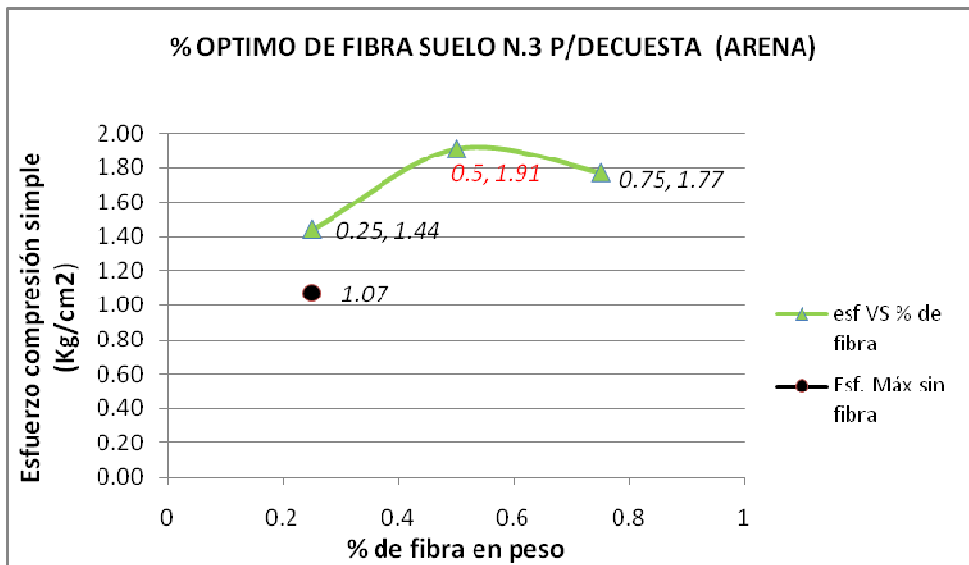


Figura N.21 Gráfica de porcentaje óptimo del suelo de P/decuesta N.3 (Arena)

En cuanto a la longitud óptima de fibra se decidió de 5 cm, longitud recomendada por la empresa que suministra la fibra TOXEMENT empleada para reforzamiento de concretos y morteros.

SUELO	SIN FIBRA	L= 5cm , 0.25%	L= 5cm , 0.5%	L= 5cm , 0.75%	L= 5cm , 1%
LEBRIJA N. 1 (ARENA)	1.795	1.989	2.672	3.705	3.555
P/DECUESTA N.2 (LIMO)	2.451	3.158	3.563	3.045
P/DECUESTA N.3 (ARENA)	1.069	1.436	1.908	1.770

Tabla N.14 Esfuerzos máximos de cada suelo variando % de fibra en peso.

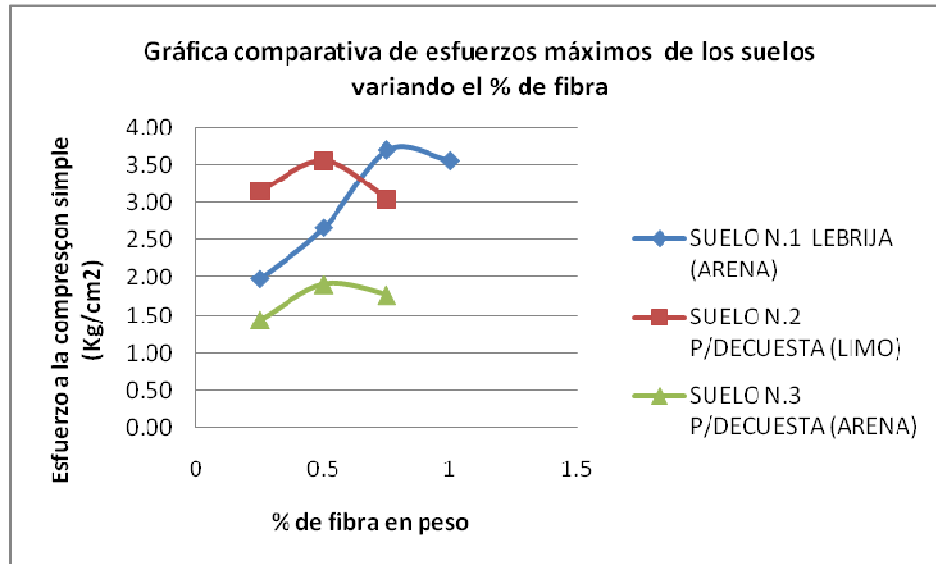


Figura N.22 Comparación del comportamiento del suelo variando el % de fibra.

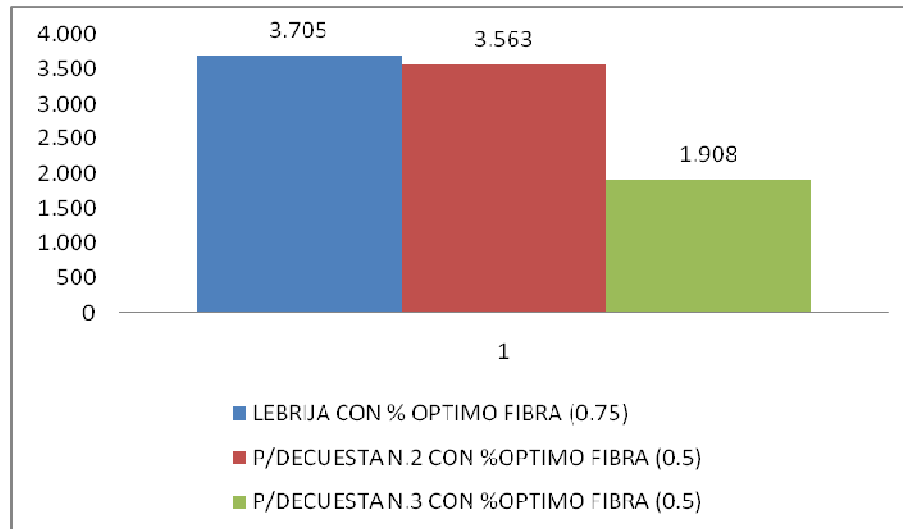


Figura N.23 Gráfica comparativa de Esfuerzo máximo con % optimo de fibra para cada suelo.

Cabe resaltar que todos los porcentajes de fibra adicionados mejoro las propiedades resistentes a la compresión.

3.5. ENSAYOS DE RESISTENCIA CON PORCENTAJE OPTIMO DE FIBRA

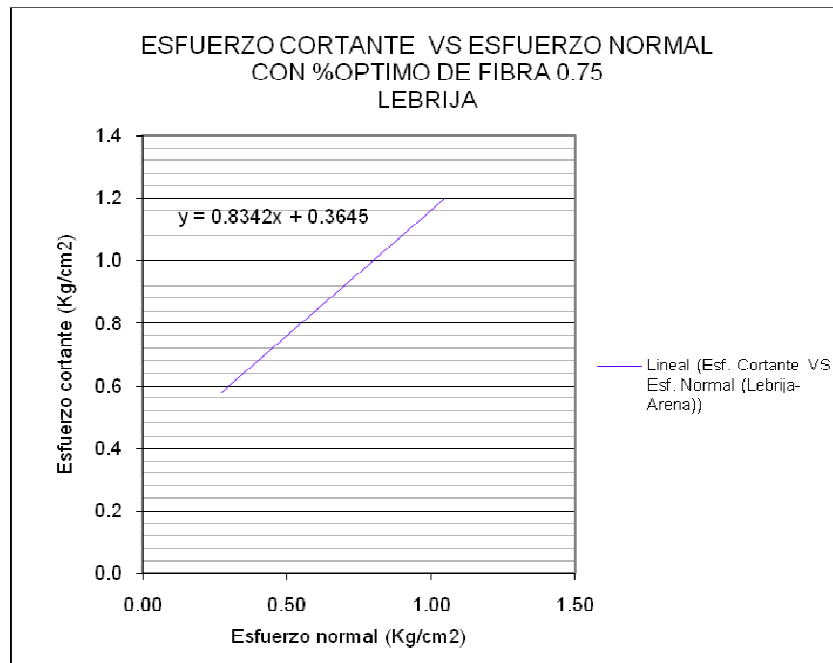
3.5.1. Ensayo de Corte Directo con adición de % óptimo de fibra toxement.

El ensayo fue realizado bajo las mismas condiciones del ensayo realizado sin fibra con el cual se busco, es decir humedad optima e igual energía de compactación. Los resultados para cada suelo fueron los siguientes.

SUELO REFORZADO CON % OPTIMO DE FIBRA	COHESION	ANGULO DE FRICCIÓN (Φ)
LEBRIJA N. 1 (ARENA)	0.3645	39.83 °
P/DECUESTA N.2 (LIMO)	0.4113	53.8 °
P/DECUESTA N.3 (ARENA)	0.3647	41.17 °

Tabla N.15. Resultados de corte directo para cada suelo con % optimo de fibra.

Figura N.24 Gráfica Esf. Cortante VS Es.f normal con % óptimo de fibra



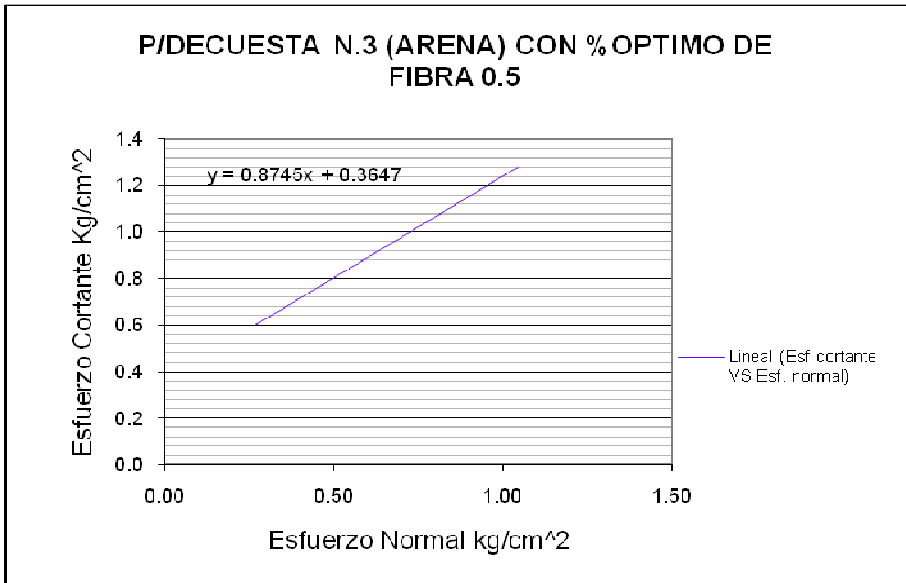
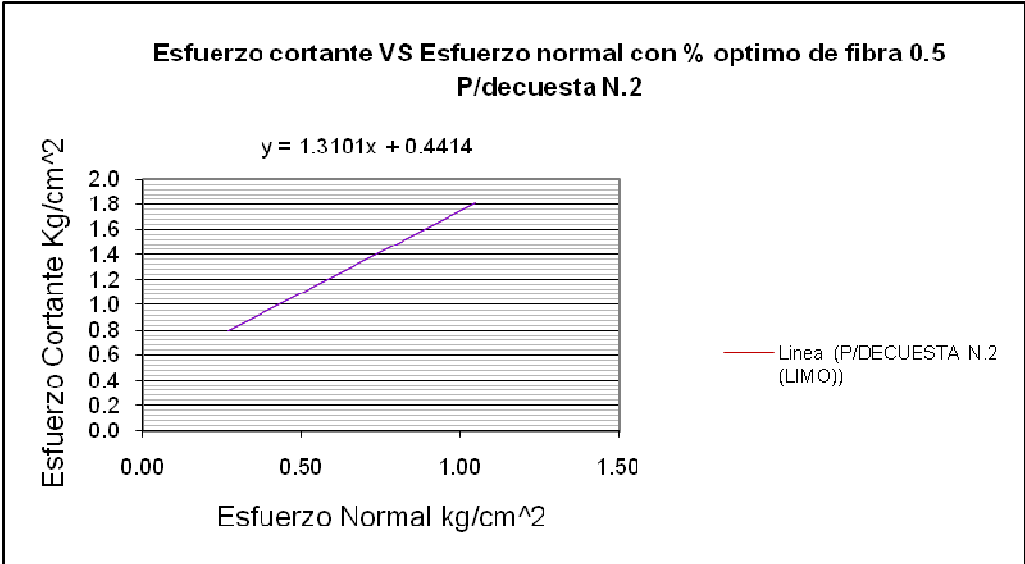




Figura N.25 Vista frontal de la muestra fallada al corte directo con % optimo de fibra.



Figura N.26 Vista superior muestra fallada al corte directo con % optimo de fibra

En las figuras se puede observar el plano de falla de la muestra al corte directo sobre el cual se produce un desplazamiento horizontal de la muestra. La resistencia del suelo va a depender de la cohesión que tengan las partículas del suelo y su ángulo de fricción ya que dependiendo de la fuerza de atracción entre ellas y el rozamiento mutuo entre las partículas el desplazamiento va a ocurrir bajo grandes o pequeños esfuerzos.

	Carga normal (gr)	LEBRIJA	P/DECUESTA N.2	P/DECUESTA N.3
		ESFUERZO CORTANTE (kg/cm ²)		
CON FIBRA	8000	0.54	0.59	0.54
	16000	0.83	1.42	0.90
	32000	1.18	1.72	1.25

Tabla N.16 Resumen Esfuerzos máximos con % optimo de fibra de cada suelo

3.5.2. Ensayo de CBR con adición del % óptimo de fibra toxement.

Los resultados obtenidos del ensayo de CBR del suelo saturado de agua con adición del % óptimo de fibra sintética toxement son los siguientes:

SUELO REFORZADO	CBR A 0.1"	CBR A 0.2"	EXPANSION
LEBRIJA N. 1 (ARENA)	23.39	35.1	0.08%
P/DECUESTA N.2 (LIMO)	47.59	46.58	0.04%
P/DECUESTA N.3 (ARENA)	29.36	28.35	0.10%

Tabla N.17 Resumen de CBR con % óptimo de fibra toxement

Para el ensayo de CBR saturado se dejó escurrir el agua durante 5 minutos después de los 4 días de inmersión en el líquido y justo antes del ensayo con el fin de dejar la muestra solo con el agua de saturación y retirar agua sobrante.



Figura N.27 Preparación de la probeta de suelo reforzado con fibra para el ensayo de CBR



Figura N.28 Probeta para ensayo de CBR..

Para la preparación de la probeta se tuvieron en cuenta las mismas características de compactación que en los anteriores ensayos.



Figura N.29 Ensayo de CBR a probeta reforzada con fibra sintetica toxement.



Figura N.30 *Probeta reforzada con fibra después de fallar por CBR.*

3.5.3. Ensayo de Compresión Simple de probetas grandes con adición del % óptimo de fibra toxement.

Para el ensayo de compresión simple a la probeta grande con % optimo de fibra se tuvieron en cuenta las mismas condiciones que el ensayo realizado sin fibra respecto a su humedad optima, energía de compactación de proctor modificado y maquina utilizada (maquina universal). Los esfuerzos máximos de cada suelo se exponen continuación:

SUELO REFORZADO CON % OPTIMO FIBRA	ESFUERZO MAXIMO A LA COMPRESION SIMPLE PROBETA GRANDE
LEBRIJA N. 1 (ARENA)	5.395
P/DECUESTA N.2 (LIMO)	5.908
P/DECUESTA N.3 (ARENA)	3.871

Tabla N.18 *Esfuerzos máximos probeta grande con % optimo de fibra.*



Figura N.31 Tipo de falla detallada a la compresión simple de la probeta grande con % óptimo de fibra toxement



Figura N.32 Tipo de falla a la compresión simple de la probeta grande con % óptimo de fibra toxement

En la grafica se puede observar el tipo de falla de la probeta reforzada con % optimo. A diferencia de la falla de la probeta sin fibra esta corresponde a una falla por aplastamiento. Esto es porque el suelo se adhiere a las fibras aumentando su resistencia al cortante y evitando el posterior deslizamiento de las partículas en un plano de falla al cortante como sucedió en el ensayo de compresión simple sin fibra.

4. COMPARACION Y ANALISIS DE RESULTADOS

En este capítulo se hace una comparación de los resultados obtenidos en los ensayos de resistencia realizados a cada uno de los suelos en su estado natural (sin fibra) y con la adición del % óptimo de fibra.

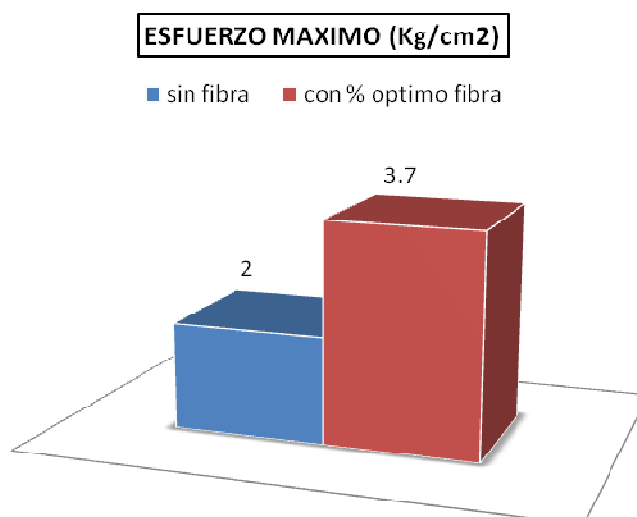
4.1 CONFRONTACION DE RESULTADOS DEL ENSAYO DE COMPRESION SIMPLE SIN FIBRA Y CON % OPTIMO DE FIBRA

A continuación se hace una comparación entre los esfuerzos máximos de cada suelo sin fibra y con el % óptimo de fibra para cada tamaño de probeta (mediana y grande)

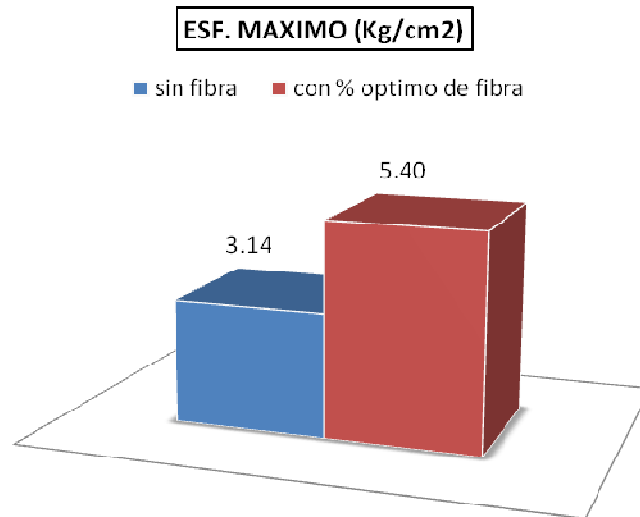
Figura N.30 Gráfica comparativa Esfuerzo máximo compresión simple con y sin fibra

- **Suelo N.1 de Lebrija (Arena).**

Probeta mediana

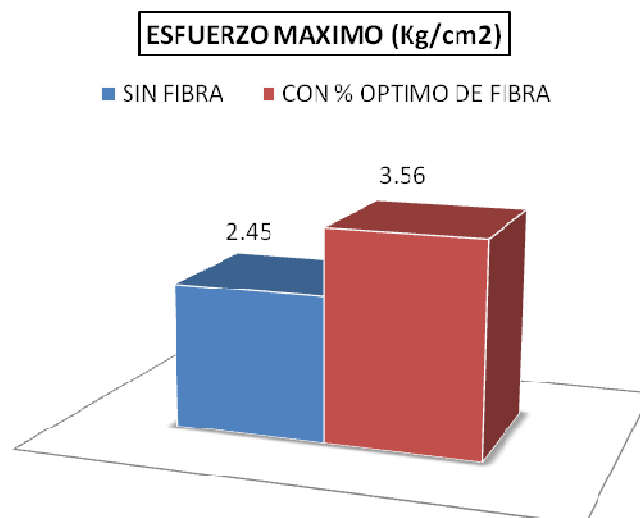


Probeta grande

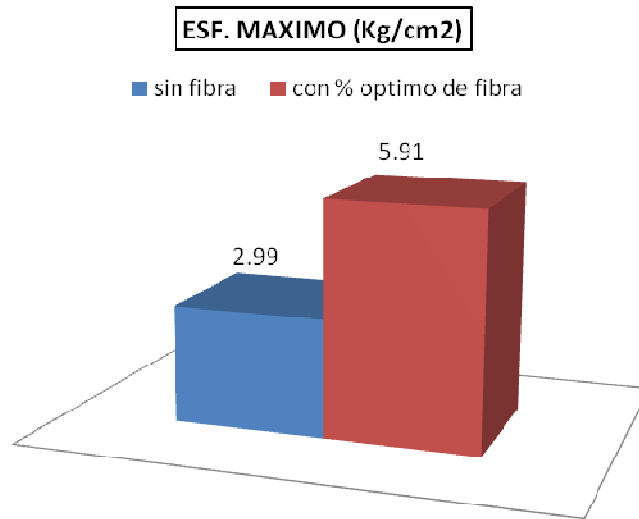


- **Suelo N.2 de P/decuesta (Limo).**

Probeta mediana.

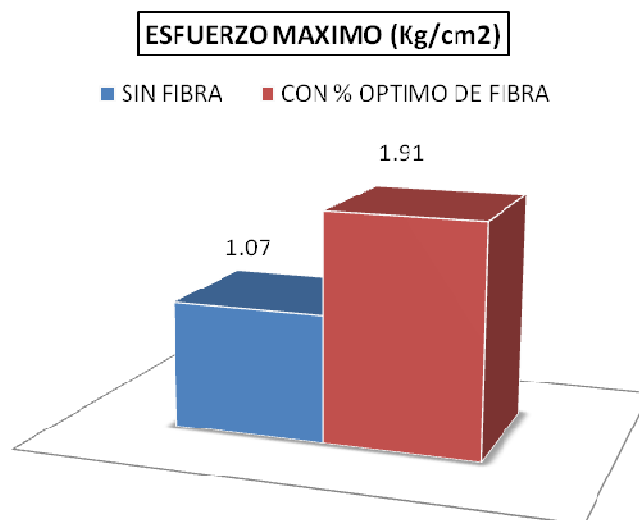


Probeta grande

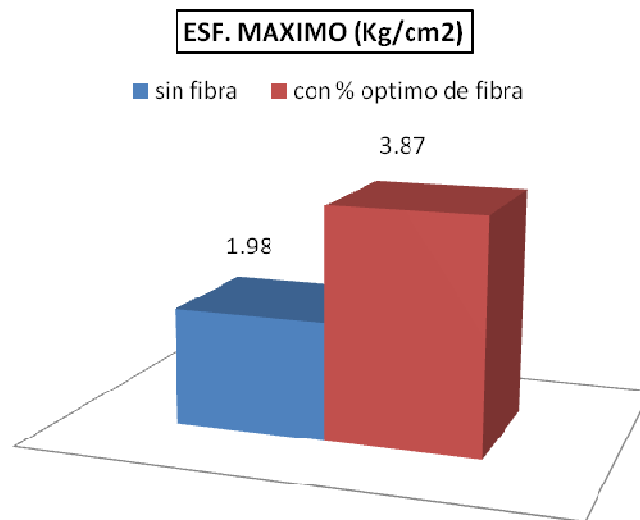


- **Suelo N.3 P/decuesta (arena).**

Probeta mediana.



Probeta grande



Se puede ver la influencia de la adición de fibra aumentando significativamente la resistencia a la compresión simple de cada suelo.

4.1.1. Comparación de esfuerzos a la compresión simple de los 2 tamaños de probetas.

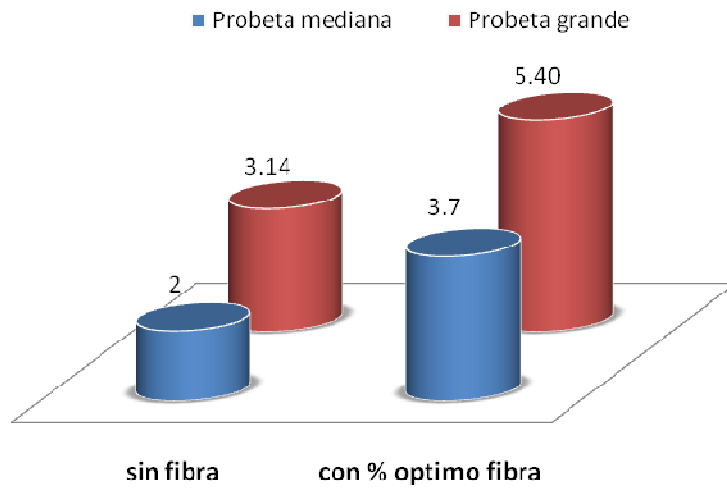


Figura N.33 Tamaño de Probetas para el ensayo Compresión simple.

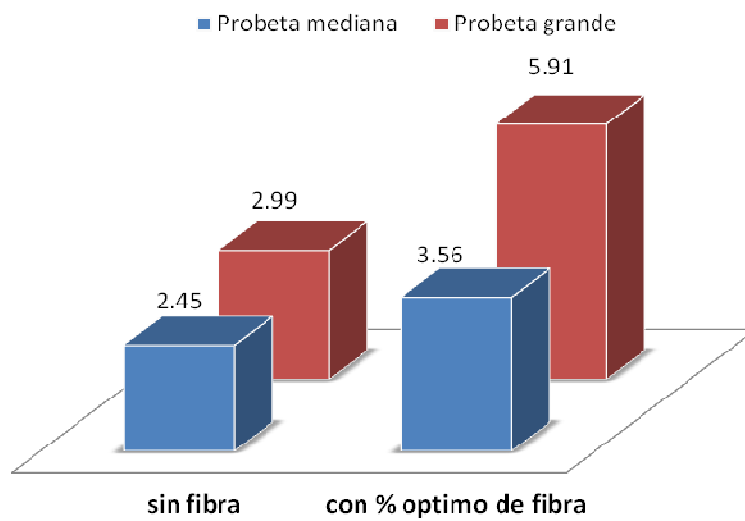
En esta parte se hace un análisis de la influencia del tamaño de la probeta en la resistencia de cada suelo.

Figura N. 32 Gráfica comparativa Influencia del tamaño de probeta en el ensayo de compresión simple.

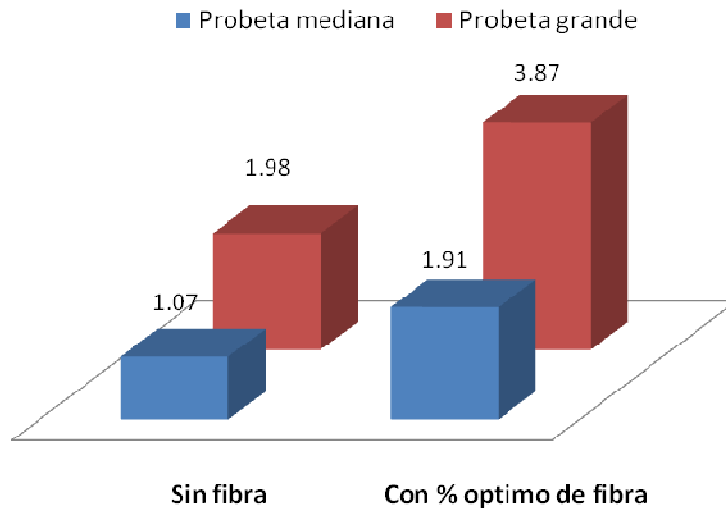
Suelo N.1 Lebrija (Arena)



Suelo N.2 P/decuesta (Limo)



Suelo N. 3 P/decuesta (Arena)



Se puede ver como el tamaño de la probeta influye en el aumento del esfuerzo máximo a la compresión siendo mayor en la probeta grande.

SUELO	ESF. MAXIMO COMPRESION SIMPLE (Kg/cm ²)								
	LEBRIJA			P/DECUESTA N.2 (LIMO)			P/DECUESTA N.3 (ARENA)		
	sin fibra	con fibra	%	sin fibra	con fibra	%	sin fibra	con fibra	%
PROB. MEDIANA	2	3.7	85	2.45	3.56	45.3	1.07	1.91	78.5
PROB. GRANDE	3.14	5.4	71.98	2.99	5.91	97.7	1.98	3.87	95.45

TABLA N.19 Resumen comparativo del esfuerzo máximo a la compresión simple con y sin fibra

Para cada tipo de suelo se puede ver que la adición de fibra en su porcentaje optimo aumenta significativamente la resistencia a la compresión simple aumentándolo alrededor del 80%.

Por otro lado se puede decir que al aumentar el tamaño de la probeta el esfuerzo máximo aumenta en los 3 suelos y el % de aumento del esfuerzo con la adición de fibra es mayor aun en las probetas grandes con excepción del suelo de Lebrija que corresponde a un suelo más arenoso.

4.2. CONFRONTACION DE RESULTADOS DEL ENSAYO DE CORTE DIRECTO

A continuación se hace una comparación del esfuerzo máximo al cortante sin fibra y con la adición del % óptimo de fibra toxement a cada suelo para establecer un porcentaje de incremento o disminución del esfuerzo máximo.

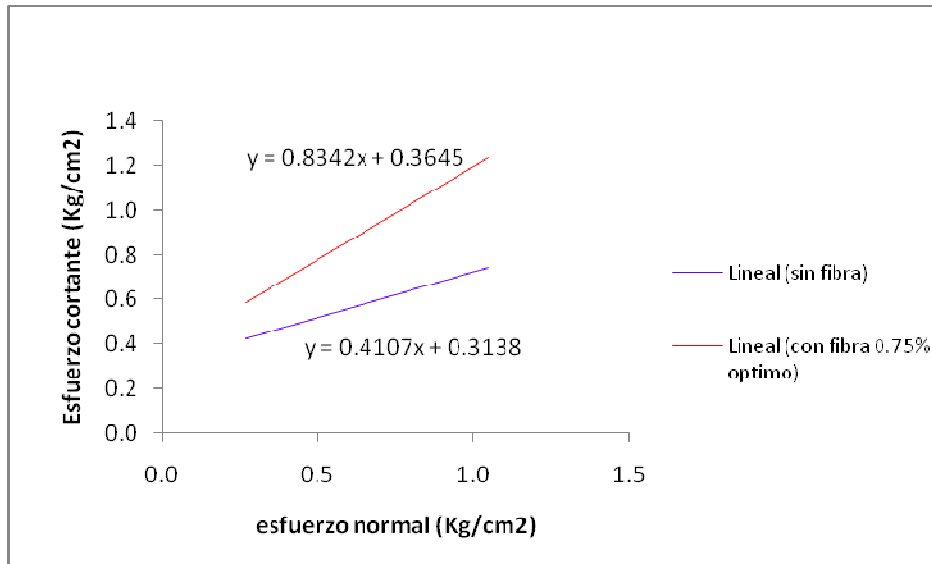
	Carga normal (gr)	LEBRIJA	P/DECUESTA N.2	P/DECUESTA N.3
		ESFUERZO CORTANTE (kg/cm ²)		
SIN FIBRA	8000	0.38	0.64	0.46
	16000	0.55	1.03	0.72
	32000	0.70	1.76	1.68
CON FIBRA	8000	0.54	0.59	0.54
	16000	0.83	1.42	0.90
	32000	1.18	1.72	1.25
% de aumento	8000	42.06	-7.86	17.83
	16000	52.01	37.86	25.24
	32000	68.57	-2.27	-25.60

Tabla N.20 Esfuerzo cortante máximo con y sin fibra de cada suelo.

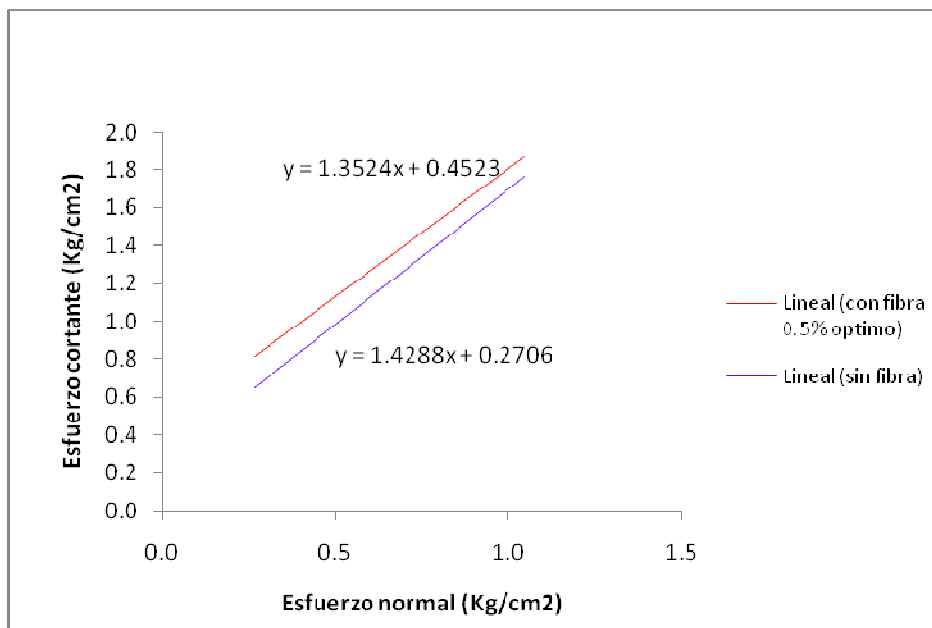
En base a los resultados anteriores se hace una comparación entre el ángulo de fricción y cohesión de los suelos sin fibra y reforzados con la misma..a través de la grafica Esfuerzo cortante contra Esfuerzo normal.

Figura N.34 Grafica comparativa Esf. Cortante VS Esf. Normal con % optimo de fibra y sin fibra

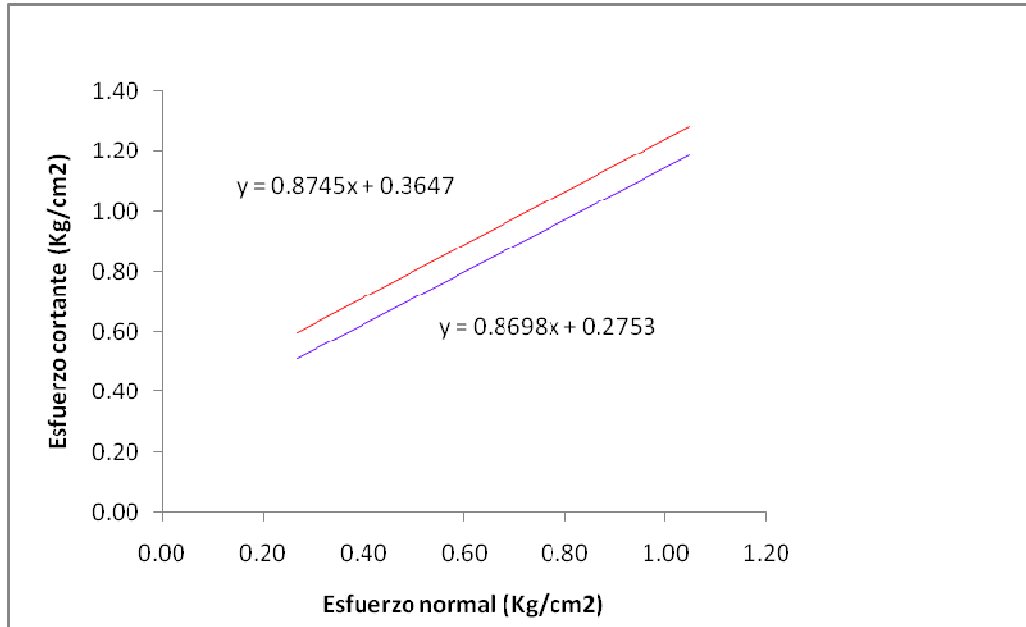
Suelo N.1 Lebrija (Arena)



Suelo N.2 P/decuesta (limo)



Suelo N.3 P/decuesta (Arena)



SUELO		SIN FIBRA	CON % OPTIMO DE FIBRA	%
LEBRIJA N. 1 (ARENA)	COHESION	0.3103	0.3645	17.47%
	ANGULO FRICCION	21.45 °	39.83 °	86.69%
P/DECUESTA N.2 (LIMO)	COHESION	0.27	0.4414	63%
	ANGULO FRICCION	54.09 °	52.65 °	-2.66%
P/DECUESTA N.3 (ARENA)	COHESION	0.2753	0.3647	32.47%
	ANGULO FRICCION	41.02 °	41.17 °	0.37%

Tabla N.21 Comparación de resultados del ensayo de corte directo con y sin fibra.

Como se puede observar en los suelos de P/decuesta que corresponde a un suelo fino y suelo mas grueso el incremento de la cohesión es notable aunque su angulo de fricción permanece constante.

En cambio en el suelo de Lebrija que corresponde a un suelo más arenoso sucede lo contrario. La cohesión aumenta muy poco y su ángulo de fricción aumenta significativamente mejorando de esta manera su resistencia al corte directo.

4.3. CONFRONTACION DE RESULTADOS DEL ENSAYO DE CBR

La siguiente tabla hace una comparación entre los N. de CBR a 0.1" y 0.2" del suelo sin fibra y posteriormente con la adición de fibra sintética toxement y se establece su porcentaje de aumento o disminución.

	LEBRIJA (ARENA)			P/DECUESTA N.2 LIMO			P/DECUESTA N.3 (ARENA)		
	SF	CF	%	SF	CF	%	SF	CF	%
CBR A 0.1"	19.24	23.39	21.57	37.46	47.59	27.04	21.26	29.36	38.0997
CBR A 0.2"	27.00	35.10	30.00	43.20	46.58	7.82	25.65	28.35	10.5263

TABLA N. 22 Comparación de CBR con y sin fibra

Como se puede observar la adición de fibra aumenta la capacidad de soporte del suelo permitiéndole soportar mayores presiones.

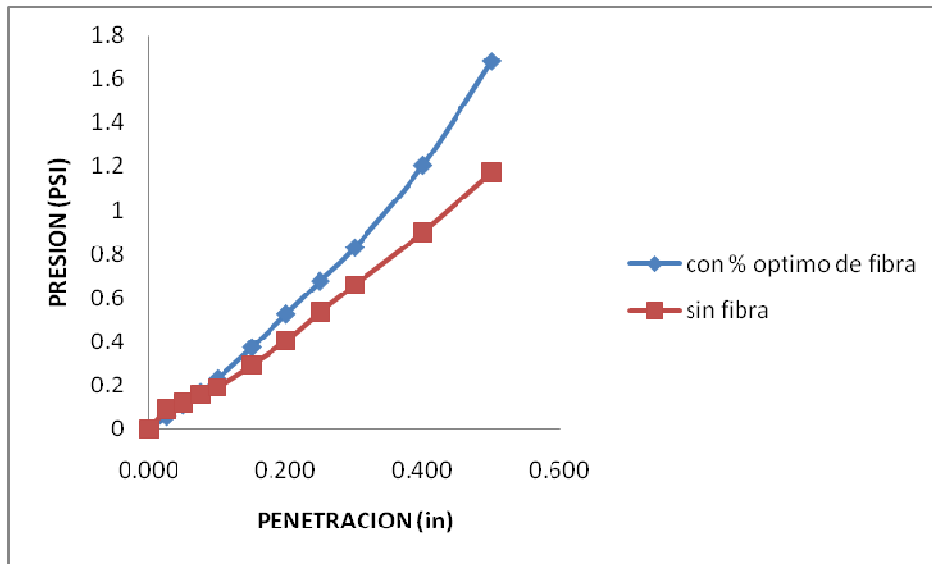
	EXPANSION DEL SUELO	
	SF	CF
Lebrija N.1 Arena	0.15%	0.08%
P/decuesta N.2 Limo	0.04%	0.04%
P/decuesta N.3 Arena	2%	0.10%

TABLA N.23 Expansión del suelo con y sin fibra

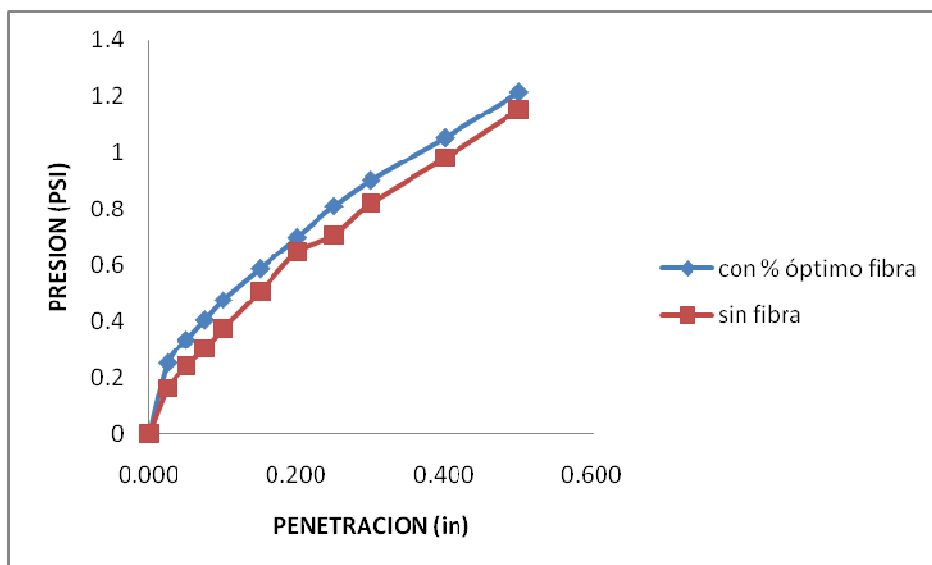
En cuanto a su expansión debido a que los suelos trabajados son poco o nada expansibles no se puede llegar a una conclusión en el efecto de la adición de fibra aunque podemos ver de que manera la baja expansión del suelo N.3 de P/decuesta se reduce de 2% a 0.15%. En los demás suelos la expansión se mantiene constante puesto que la expansión del suelo sin fibra ya es 0%.

Figura N.35 Gráfica comparativa de CBR con y sin fibra

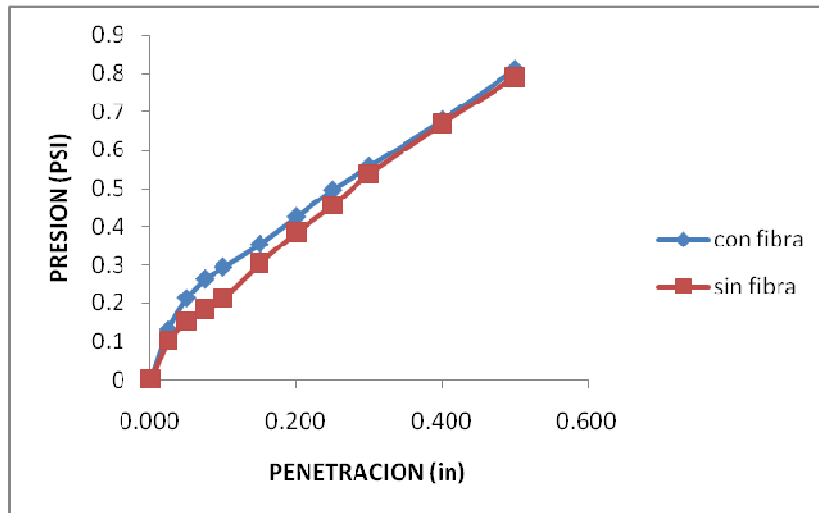
SUELO N.1 LEBRIJA (ARENA)



SUELO N.2 P/DECUESTA N.2 (LIMO)



SUELO N.3 P/DECUESTA (ARENA)



Con estos resultados se puede plantear que el suelo que presenta un mejor comportamiento con la adición de fibra es el suelo N.1 de Lebrija cuyo tendencia es la de resistir mas presión a medida que se va penetrando mas la muestra.

5. ANALISIS ECONOMICO

A continuación se hace un análisis acerca de la factibilidad del uso de la fibra sintética toxement como refuerzo del suelo. Para esto se calcula el costo directo de un andén por metro cúbico sin utilizar fibra y posteriormente con la adición de la misma y se hace una comparación en costo.

Para este análisis se toma como ejemplo el suelo N.2 de P/decuesta cuyo porcentaje óptimo de fibra es del 0.5%. Cabe resaltar que para este proyecto dicho porcentaje se tomo del peso del suelo compactado con su humedad óptima, es decir con la densidad máxima seca del material. En consecuencia a esto y habiéndose presentado una densidad seca máxima de 2110 Kg/m³ y un porcentaje óptimo de 0.5%, la cantidad de fibra sintética requerida para reforzar 1 m³ de suelo es de 10.55Kg

MATERIAL	CANTIDAD	VALOR
Fibra sintética toxement	1 Kg	\$ 30.000

TABLA N.24. Costo unitario fibra sintética

ITEM		UNIDAD	CANTIDAD	VALOR
1	PRELIMINARES			
1,1	Localizacion y replanteo	M2	1	\$ 2.000.000
2	EXPLANACION			
2,1	Excavacion en material comun	M3	1	\$ 2.835
2,2	Transporte de materiales	M3-Km	1	\$ 1.000
3	ESTRUCTURA DEL ANDEN			
3.1	Subbase,incluye suministro y compactada	M3	1	\$ 34.400
3.2	Rodadura	M2	1	\$ 4.076
	TOTAL/M3			\$ 2.044.321

TABLA N.25 Análisis del costo por m3 de un anden sin fibra toxement

ITEM		UNIDAD	CANTIDAD	VALOR
1	PRELIMINARES			
1,1	Localizacion y replanteo	M2	1	\$ 2.000.000
2	EXPLANACION			
2,1	Excavacion en material comun	M3	1	\$ 2.835
2,2	Transporte de materiales	M3-Km	1	\$ 1.000
3	ADQUISICION DE LA FIBRA TOXEMENT			
3.1	Fibra sintética	Kg	10.55	\$ 316.500
4	ESTRUCTURA DEL ANDEN			
4.1	Subbase,incluye suministro y compactada	M3	1	\$ 34.400
4.2	Rodadura	M2	1	\$ 4.076
	TOTAL/m3			\$ 2.358.811

TABLA N.26 Análisis del costo por m3 de un anden con fibra toxement

Como se puede observar el costo del m³ de sub-base compactado sin fibra es de \$2`044.321 mientras que la sub-base compactada con la fibra es de \$2`358.811 teniendo un incremento del 15.4%, lo cual es un incremento relativamente alto. La

factibilidad del uso de la fibra va a depender de las características requeridas de la estructura, del tiempo disponible para la realización de la obra puesto que el empleo de la fibra toxement es muy sencillo (consiste en revolver manualmente la fibra) y emplea poco tiempo en comparación con otros tipos de refuerzo como la malla geotextil cuyo colocación o distribución en el suelo requiere de más tiempo.

CONCLUSIONES

La investigación realizada da como resultado que la fibra sintética toxement es un excelente material para reforzar y mejorar las propiedades resistentes de los suelos fino-granulares debido al gran aumento de la resistencia al corte o cortante, a la compresión simple y a la capacidad de penetración de los suelos estudiados.

Se observó que durante el ensayo de compresión simple, el tipo de falla cambia significativamente con la adición de fibra sintética toxement ya que la probeta sin fibra presenta grietas pronunciadas diagonales en su parte central lo que induce a una falla por cortante; en cambio con la adición de la fibra las grietas se hacen mucho más cortas dándole lugar a una falla por aplastamiento de la probeta.

En consecuencia con lo anterior, se observó que la adición de fibra produce un comportamiento más dúctil de la probeta, es decir el material se deforma más sin llegar a presentar grandes agrietamientos.

El aumento del esfuerzo resistente a la compresión simple con la adición de fibra fue mayor en las probetas grandes que en las probetas medianas. Esto es debido a la mejor distribución de las fibras en la probeta ya que la longitud óptima de las fibras recomendada por la empresa toxement (utilizada en el reforzamiento de concretos) permite una mejor interacción entre las fibras y el suelo.

Todos los porcentajes de fibra utilizados en los ensayos de compresión simple aumentaron la resistencia del suelo (0.25%, 0.5%, 0.75% y 1%).

RECOMENDACIONES

Los parámetros que se tuvieron en cuenta para escoger el porcentaje óptimo de fibra fue el de obtener el esfuerzo máximo pero teniendo en cuenta que los todos los porcentajes de fibra utilizados mejoraron las propiedades resistentes, se recomienda hacer un estudio económico de la fibra para obtener una relación costo-beneficio y de esta manera utilizar porcentajes de fibra mas bajos en busca de economía.

Se recomienda no utilizar porcentajes de fibra mayores al 1%, debido a que la fibra es muy liviana en comparación con el suelo lo que dificultaría la mezcla entre ellos.

Teniendo en cuenta los resultados obtenidos en los 2 tamaños de probetas para el ensayo de compresión simple, se recomienda utilizar probetas a mayor escala en lo posible.

Es muy importante realizar una mezcla muy homogénea entre el suelo y la fibra sintética toxement para obtener una mejor interacción entre ambos y de esta manera la probeta no disminuya su resistencia por interacciones inadecuadas entre fibras.

BIBLIOGRAFIA

ANÁLISIS DEL COMPORTAMIENTO DE SUELOS REFORZADOS CON POLIETILENO DE BAJA DENSIDAD. Alvaro José Barragan Ortega, Cesar Augusto Alfonso Velasco. Proyecto de Grado, 2008.

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DEL USO DE FIBRAS DE NYLON PARA EL REFUERZO DE SUELOS. Jose Félix Cáceres Reyes, Gonzalo Jose León Franco. Proyecto de Grado, 2008.

DESARROLLO DE SOPORTE TECNICO E INFORMATICO PARA PRUEBAS DE LABORATORIO DE SUELOS. Arturo Rojas Torres, Fredy Alexander Vera Garrido. Proyecto de Grado, 2008

<http://www.ucn.cl/FacultadesInstitutos/laboratorio/uscsM2.htm>

<http://grupos.unican.es/gidai/assignaturas/CI/Cimentaciones.pdf>

<http://www.arqhys.com/articulos/suelos-estabilizacion.html>

**ANEXO A. MEMORIAS DE ENSAYOS DE RESISTENCIA AL SUELO N.1 DE
LEBRIJA**

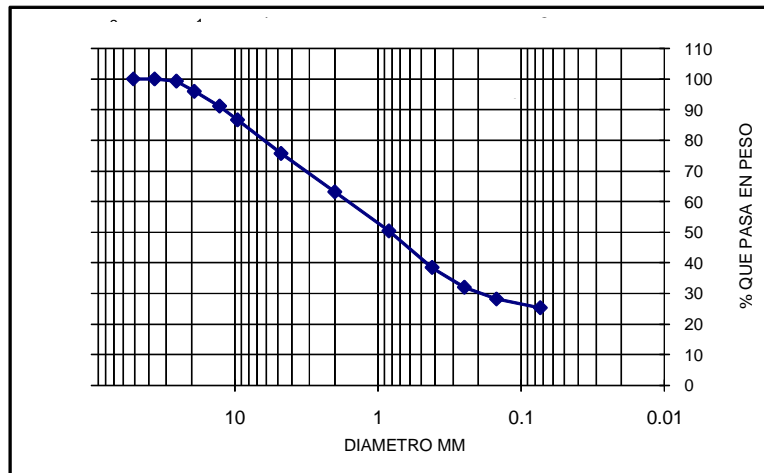


UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
ENSAYO DE GRANULOMETRIA INV E- 123

FECHA MARZO DE 2009 SONDEO 1
 PROYECTO ANALISIS DE SUELOS CON FIBRA SINTETICA TOXEMENT MUESTRA 1
 LOCALIZACION LEBRIJA PROFUNDIDAD No se indico

PESO INICIAL DE LA MUESTRA 3000
 PESO DESPUES DE LAVAR 2175.0
 PORCENTAJE DE ERROR 0.34

MALLA No	ABERTURA	PESO SUELO RETENIDO	PORCIENTO RETENIDO PARCIAL	% QUE PASA LA MALLA	MALLA No	ABERTURA	PESO SUELO RETENIDO	PORCIENTO RETENIDO PARCIAL	% QUE PASA LA MALLA
****	mm	gr	%	%	****	mm	gr	%	%
2"	50.8	0.00	0.00	100	10	2	247.70	8.26	76.74
1 1/2"	36.1	0.00	0.00	100	20	0.84	339.70	11.32	65.42
1"	25.4	0.00	0.00	100	40	0.42	468.40	15.61	49.81
3/4"	19.05	84.70	2.82	97	60	0.25	360.60	12.02	37.79
1/2"	12.7	100.30	3.34	94	100	0.149	162.80	5.43	32.36
3/8"	9.52	87.90	2.93	90.90	200	0.074	109.90	3.66	28.70
No 4	4.75	177.10	5.90	85.00	PASA 200	****	850.70		
SUMA	****	450.00	15.00		SUMA	****	2539.80	56.30	
					TOTAL		2989.80		



GRAVAS= 15.00 %
 ARENAS = 56.30 %
 FINOS= 28.70 %

CLASIFICACION SUCS:

SM (Arena limosa)



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
LIMITES DE ATTERBERG INV E- 125-126

FECHA : MAYO DE 2009

PROYECTO : ANALISIS DE SUELOS REFORZADOS FIBRA SITETICA TOXEMENT

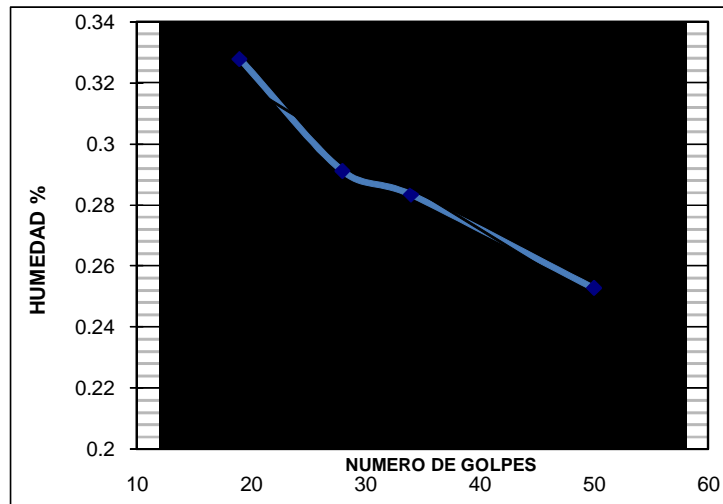
LOCALIZACION: LEBRISA N.1

LIMITE LIQUIDO

CAPSULA	NUMERO DE	PESO	PESO TARA	PESO TARA	PESO DEL	PESO SUELO	CONTENIDO DE
No	GOLPES	TARA	SUELO HUMED	+ SUELO SECO	AGUA	SECO	AGUA
		gr	gr	gr	gr	gr	%
1	50	6.8	18.3	15.98	2.32	9.18	25.27%
2	34	7.7	20.2	17.44	2.76	9.74	28.34%
3	28	7.60	18.2	15.81	2.39	8.21	29.11%
4	19	10.7	22	19.21	2.79	8.51	32.78%

LIMITE PLASTICO

1	-	7.45	17.08	15.04	2.04	7.59	26.88%
2	-	7.32	18.17	15.88	2.29	8.56	26.75%
3	-	7.4	23.35	19.98	3.37	12.58	26.79%



LIMITE LIQUIDO : 31%

LIM. PLASTICO : 27%

IND. DE PLASTI. : 4%

CLASIFICACION SUCS. : SM (Arena limosa de media a baja plasticidad)



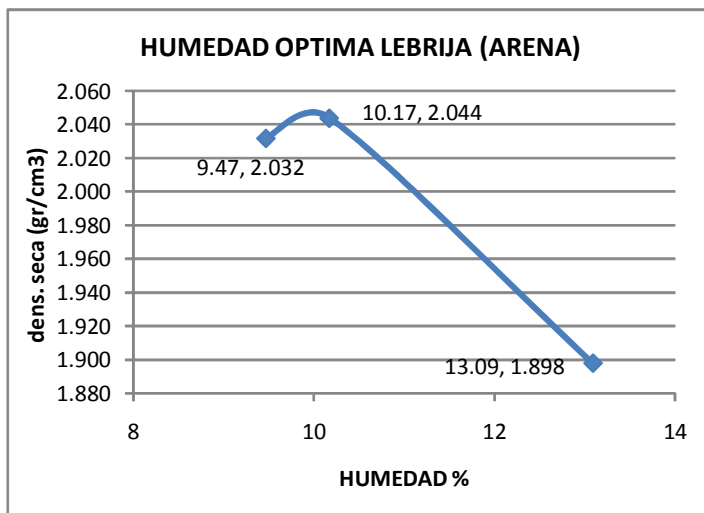
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS
 PROCTOR MODIFICADO

SUELO: LEBRIJA
 METODO: PROCTOR MODIFICADO

VOLUMEN CILINDRO (cm ³)	943
RADIO (cm)	5.05
ALTURA (cm)	11.56

PRUEBA #	1	2	3
# GOLPES	25	25	25
MUESTRA HUMEDA (gr)	3200	3200	3200
MOLDE #	1	1	1
PESO MOLDE (gr)	4176	4176	4176
MOLDE+MUESTRA COMPACTADA (gr)	6274	6300	6200
# TARA	1	2	3
PESO TARA (gr)	9.91	10.9	8.87
W TARA+W HUMEDO (gr)	33.655	33.805	35.635
W TARA+W SECO (gr)	31.6	31.69	32.535
% DE HUMEDAD PROMEDIO	9.47	10.17	13.10
% DE HUMEDAD PROMEDIO	9.47	10.17	13.09
DENSIDAD HUMEDA (gr/cm ³)	2.225	2.252	2.146
DENSIDAD SECA (gr/cm ³)	2.032	2.044	1.898

HUMEDAD OPTIMA	10.00%
DENS SECA	2.05 gr/cm ³

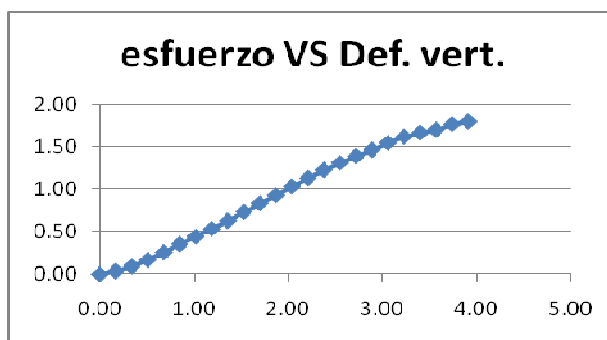


Humedad	Dens. Seca
2.032	9.47
2.044	10.17
1.898	13.09



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
 COMPRESION SIMPLE

MUESTRA LEBRIJA /ARENA)
 FIBRA SIN FIBRA
 DIMENSIONES CILINDRO
 Diámetro superior (cm) 7.93
 Diámetro central (cm) 8.04
 Diametro inferior (cm) 8.04
 Altura (cm) 14.93
 Área (cm²) 50.31
 Volúmen (cm³) 751.09

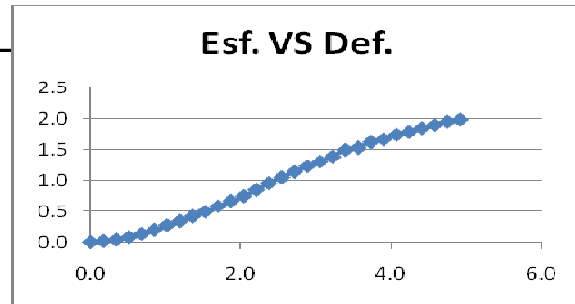


Tiempo (min)	Carga (kg)	Def. (mm)	Def. Unitaria	1-Def. Uni	Ac(cm ²)	Esf. (kg/cm ²)	Def. Unit. (%)
0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00	0.00
0.25	1.90	0.254	0.002	0.998	50.393	0.038	0.170
0.50	4.60	0.508	0.003	0.997	50.479	0.091	0.340
0.75	8.50	0.762	0.005	0.995	50.565	0.168	0.510
1.00	13.10	1.016	0.007	0.993	50.652	0.259	0.681
1.25	18.00	1.270	0.009	0.991	50.739	0.355	0.851
1.50	22.50	1.524	0.010	0.990	50.826	0.443	1.021
1.75	27.10	1.778	0.012	0.988	50.914	0.532	1.191
2.00	32.00	2.032	0.014	0.986	51.002	0.627	1.361
2.25	37.50	2.286	0.015	0.985	51.090	0.734	1.531
2.50	42.70	2.540	0.017	0.983	51.178	0.834	1.701
2.75	47.50	2.794	0.019	0.981	51.267	0.927	1.871
3.00	53.00	3.048	0.020	0.980	51.356	1.032	2.042
3.25	58.10	3.302	0.022	0.978	51.445	1.129	2.212
3.50	63.20	3.556	0.024	0.976	51.535	1.226	2.382
3.75	67.70	3.810	0.026	0.974	51.625	1.311	2.552
4.00	71.80	4.064	0.027	0.973	51.715	1.388	2.722
4.25	75.70	4.318	0.029	0.971	51.806	1.461	2.892
4.50	80.20	4.572	0.031	0.969	51.897	1.545	3.062
4.75	84.10	4.826	0.032	0.968	51.988	1.618	3.232
5.00	86.70	5.080	0.034	0.966	52.079	1.665	3.403
5.25	88.60	5.334	0.036	0.964	52.171	1.698	3.573
5.50	92.10	5.588	0.037	0.963	52.263	1.762	3.743
5.75	94.00	5.842	0.039	0.961	52.356	1.795	3.913



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
 COMPRESION SIMPLE
 PROBETA MEDIANA

MUESTRA	LEBRIJA N.1 8ARENA)
FIBRA	0.25%
DIMENSIONES CILINDRO	
Diámetro superior (cm)	8.03
Diámetro central (cm)	7.92
Diámetro inferior (cm)	8.06
Altura (cm)	14.96
Área (cm ²)	50.14
Volumen (cm ³)	750.09



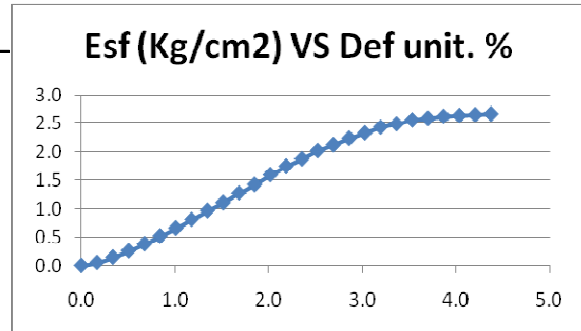
Tiempo (min)	Carga (kg)	Def. (mm)	Def. Unitaria	1 ^o -Def.uni	Ac (cm ²)	Esf. (kg/cm ²)	Def. Unit. (%)
0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.25	0.90	0.254	0.002	0.998	50.225	0.018	0.170
0.50	2.00	0.508	0.003	0.997	50.311	0.040	0.340
0.75	4.10	0.762	0.005	0.995	50.397	0.081	0.509
1.00	6.90	1.016	0.007	0.993	50.483	0.137	0.679
1.25	10.10	1.270	0.008	0.992	50.569	0.200	0.849
1.50	13.90	1.524	0.010	0.990	50.656	0.274	1.019
1.75	17.40	1.778	0.012	0.988	50.743	0.343	1.189
2.00	21.20	2.032	0.014	0.986	50.830	0.417	1.358
2.25	25.20	2.286	0.015	0.985	50.918	0.495	1.528
2.50	29.70	2.540	0.017	0.983	51.006	0.582	1.698
2.75	34.20	2.794	0.019	0.981	51.094	0.669	1.868
3.00	38.30	3.048	0.020	0.980	51.183	0.748	2.037
3.25	43.60	3.302	0.022	0.978	51.272	0.850	2.207
3.50	49.20	3.556	0.024	0.976	51.361	0.958	2.377
3.75	54.00	3.810	0.025	0.975	51.450	1.050	2.547
4.00	58.90	4.064	0.027	0.973	51.540	1.143	2.717
4.25	63.60	4.318	0.029	0.971	51.630	1.232	2.886
4.50	67.60	4.572	0.031	0.969	51.721	1.307	3.056
4.75	72.00	4.826	0.032	0.968	51.811	1.390	3.226
5.00	77.80	5.080	0.034	0.966	51.902	1.499	3.396
5.25	79.70	5.334	0.036	0.964	51.994	1.533	3.566
5.50	84.60	5.588	0.037	0.963	52.085	1.624	3.735
5.75	87.00	5.842	0.039	0.961	52.177	1.667	3.905
6.00	91.00	6.096	0.041	0.959	52.270	1.741	4.075
6.25	93.50	6.350	0.042	0.958	52.363	1.786	4.245
6.50	97.00	6.604	0.044	0.956	52.456	1.849	4.414
6.75	99.90	6.858	0.046	0.954	52.549	1.901	4.584
7.00	103.00	7.112	0.048	0.952	52.643	1.957	4.754
7.25	104.90	7.366	0.049	0.951	52.737	1.989	4.924



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
COMPRESION SIMPLE
PROBETA MEDIANA

MUESTRA LEBRIJA N.1 (ARENA)
FIBRA 0.50%

DIMENSIONES CILINDRO
Diámetro superior (cm) 7.97
Diámetro central (cm) 7.85
Diámetro inferior (cm) 8.01
Altura (cm) 15.08
Área (cm²) 49.39
Volúmen (cm³) 744.80



Tiempo (min)	Carga (kg)	Def. (mm)	Def. Unitaria	1-Def. Uni	Ac (cm ²)	Esf. (kg/cm ²)	Def. Unit. (%)
0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.25	2.60	0.254	0.002	0.998	49.473	0.053	0.168
0.50	7.20	0.508	0.003	0.997	49.557	0.145	0.337
0.75	12.90	0.762	0.005	0.995	49.641	0.260	0.505
1.00	18.80	1.016	0.007	0.993	49.725	0.378	0.674
1.25	25.80	1.270	0.008	0.992	49.809	0.518	0.842
1.50	32.70	1.524	0.010	0.990	49.894	0.655	1.011
1.75	40.50	1.778	0.012	0.988	49.979	0.810	1.179
2.00	48.60	2.032	0.013	0.987	50.064	0.971	1.347
2.25	55.40	2.286	0.015	0.985	50.150	1.105	1.516
2.50	64.20	2.540	0.017	0.983	50.236	1.278	1.684
2.75	72.00	2.794	0.019	0.981	50.322	1.431	1.853
3.00	80.70	3.048	0.020	0.980	50.409	1.601	2.021
3.25	88.30	3.302	0.022	0.978	50.495	1.749	2.190
3.50	95.00	3.556	0.024	0.976	50.582	1.878	2.358
3.75	102.50	3.810	0.025	0.975	50.670	2.023	2.527
4.00	108.00	4.064	0.027	0.973	50.758	2.128	2.695
4.25	114.00	4.318	0.029	0.971	50.846	2.242	2.863
4.50	119.00	4.572	0.030	0.970	50.934	2.336	3.032
4.75	124.50	4.826	0.032	0.968	51.023	2.440	3.200
5.00	127.50	5.080	0.034	0.966	51.111	2.495	3.369
5.25	131.20	5.334	0.035	0.965	51.201	2.562	3.537
5.50	133.00	5.588	0.037	0.963	51.290	2.593	3.706
5.75	135.00	5.842	0.039	0.961	51.380	2.627	3.874
6.00	136.00	6.096	0.040	0.960	51.470	2.642	4.042
6.25	137.00	6.350	0.042	0.958	51.561	2.657	4.211
6.50	138.00	6.604	0.044	0.956	51.652	2.672	4.379



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
COMPRESION SIMPLE
PROBETA MEDIANA

MUESTRA LEBRIJA N.1 (ARENA)

FIBRA 0.75%

DIMENSIONES CILINDRO

Díámetro superior (cm) 8.01

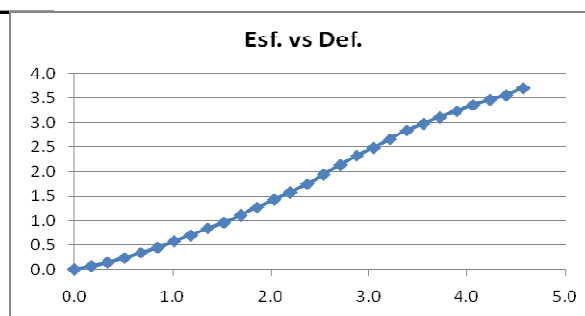
Díámetro central (cm) 8.00

Diametro inferior (cm) 7.98

Altura (cm) 15.00

Área (cm²) 50.22

Volúmen (cm³) 753.35



Tiempo (min)	Carga (kg)	Def. (mm)	Def. Unitaria	1º-Def.uni	Ac (cm2)	Esf. (kg/cm ²)	Def. Unit. (%)
0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.25	3.20	0.254	0.002	0.998	50.309	0.064	0.169
0.50	6.80	0.508	0.003	0.997	50.394	0.135	0.339
0.75	11.70	0.762	0.005	0.995	50.480	0.232	0.508
1.00	17.10	1.016	0.007	0.993	50.566	0.338	0.677
1.25	22.60	1.270	0.008	0.992	50.652	0.446	0.847
1.50	29.30	1.524	0.010	0.990	50.739	0.577	1.016
1.75	35.10	1.778	0.012	0.988	50.826	0.691	1.185
2.00	42.50	2.032	0.014	0.986	50.913	0.835	1.355
2.25	48.70	2.286	0.015	0.985	51.001	0.955	1.524
2.50	56.30	2.540	0.017	0.983	51.089	1.102	1.693
2.75	64.70	2.794	0.019	0.981	51.177	1.264	1.863
3.00	73.40	3.048	0.020	0.980	51.265	1.432	2.032
3.25	80.90	3.302	0.022	0.978	51.354	1.575	2.201
3.50	89.60	3.556	0.024	0.976	51.443	1.742	2.371
3.75	100.10	3.810	0.025	0.975	51.533	1.942	2.540
4.00	110.00	4.064	0.027	0.973	51.622	2.131	2.709
4.25	120.10	4.318	0.029	0.971	51.712	2.322	2.879
4.50	128.80	4.572	0.030	0.970	51.803	2.486	3.048
4.75	138.00	4.826	0.032	0.968	51.893	2.659	3.217
5.00	147.50	5.080	0.034	0.966	51.984	2.837	3.387
5.25	155.00	5.334	0.036	0.964	52.075	2.976	3.556
5.50	162.00	5.588	0.037	0.963	52.167	3.105	3.725
5.75	169.00	5.842	0.039	0.961	52.259	3.234	3.895
6.00	176.00	6.096	0.041	0.959	52.351	3.362	4.064
6.25	182.00	6.350	0.042	0.958	52.444	3.470	4.233
6.50	187.00	6.604	0.044	0.956	52.537	3.559	4.403
6.75	195.00	6.858	0.046	0.954	52.630	3.705	4.572



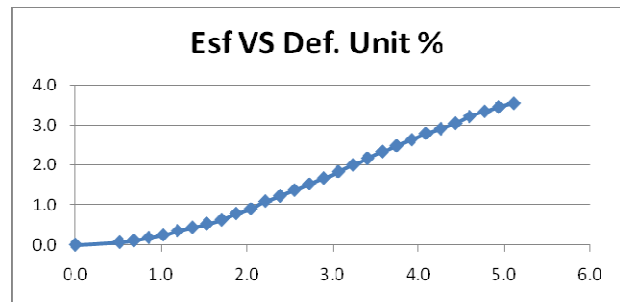
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
COMPRESION SIMPLE
PROBETA MEDIANA

MUESTRA LEBRIJA N.1 (ARENA)

FIBRA 1%

DIMENSIONES CILINDRO

Diámetro superior (cm)	7.99
Diámetro central (cm)	7.99
Diámetro inferior (cm)	8.00
Altura (cm)	14.90
Área (cm ²)	50.18
Volumen (cm ³)	747.71



Tiempo (min)	Carga (kg)	Def. (cm)	Def. Unitaria	1-Def. Uni	Ac (cm ²)	Esf. (kg/cm ²)	Def. Unit. (%)
0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.25	3.30	0.762	0.005	0.995	50.440	0.065	0.511
0.50	5.35	1.016	0.007	0.993	50.526	0.106	0.682
0.75	9.05	1.270	0.009	0.991	50.613	0.179	0.852
1.00	12.30	1.524	0.010	0.990	50.700	0.243	1.023
1.25	17.80	1.778	0.012	0.988	50.788	0.350	1.193
1.50	22.10	2.032	0.014	0.986	50.876	0.434	1.364
1.75	26.80	2.286	0.015	0.985	50.964	0.526	1.534
2.00	31.90	2.540	0.017	0.983	51.052	0.625	1.705
2.25	39.95	2.794	0.019	0.981	51.141	0.781	1.875
2.50	46.25	3.048	0.020	0.980	51.230	0.903	2.046
2.75	56.15	3.302	0.022	0.978	51.319	1.094	2.216
3.00	63.10	3.556	0.024	0.976	51.409	1.227	2.387
3.25	70.65	3.810	0.026	0.974	51.499	1.372	2.557
3.50	78.70	4.064	0.027	0.973	51.589	1.526	2.728
3.75	86.55	4.318	0.029	0.971	51.679	1.675	2.898
4.00	94.95	4.572	0.031	0.969	51.770	1.834	3.068
4.25	104.00	4.826	0.032	0.968	51.861	2.005	3.239
4.50	112.95	5.080	0.034	0.966	51.953	2.174	3.409
4.75	121.70	5.334	0.036	0.964	52.045	2.338	3.580
5.00	129.50	5.588	0.038	0.962	52.137	2.484	3.750
5.25	137.75	5.842	0.039	0.961	52.230	2.637	3.921
5.50	146.15	6.096	0.041	0.959	52.322	2.793	4.091
5.75	152.70	6.350	0.043	0.957	52.416	2.913	4.262
6.00	160.00	6.604	0.044	0.956	52.509	3.047	4.432
6.25	169.50	6.858	0.046	0.954	52.603	3.222	4.603
6.50	176.30	7.112	0.048	0.952	52.697	3.346	4.773
6.75	183.00	7.366	0.049	0.951	52.792	3.466	4.944
7.00	188.00	7.620	0.051	0.949	52.886	3.555	5.114

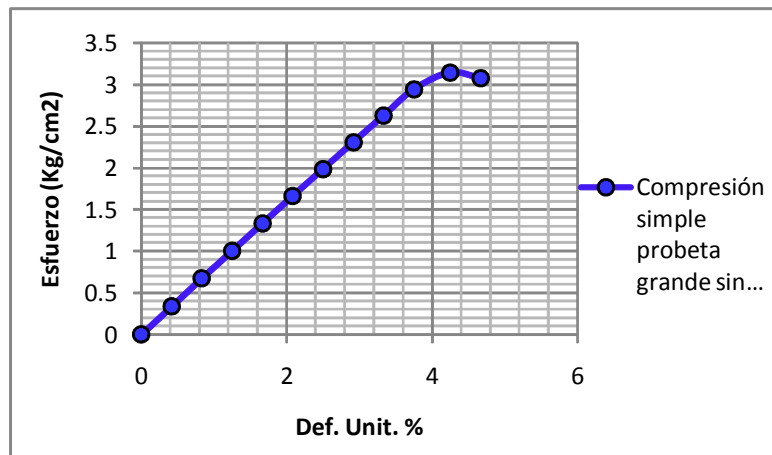
PROBETA GRANDE SIN FIBRA



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
 COMPRESION SIMPLE

MUESTRA	LEBRIJA (ARENA)	
FIBRA	SIN FIBRA	
DIMENSIONES CILINDRO		
Diámetro superior (cm)	15	
Diámetro central (cm)	15	
Diametro inferior (cm)	15	
Altura (cm)	30.00	300
Área (cm ²)	176.71	
Volúmen (cm ³)	5301.44	

Tiempo (min)	Carga (kg)	Def. (mm)	Def. Unitaria	1-Def.unit	Ac(cm ²)	Esf. (kg/cm ²)	Def. Unit. (%)
0	0	0	0	0	0	0	0
0.25	60	1.25	0.0042	0.9958	177.5	0.338	0.417
0.5	120	2.50	0.0083	0.9917	178.2	0.673	0.833
0.75	180	3.75	0.0125	0.9875	179.0	1.006	1.250
1	240	5.00	0.0167	0.9833	179.7	1.335	1.667
1.25	300	6.25	0.0208	0.9792	180.5	1.662	2.083
1.5	360	7.50	0.0250	0.9750	181.2	1.986	2.500
1.75	420	8.75	0.0292	0.9708	182.0	2.307	2.917
2	480	10.00	0.0333	0.9667	182.8	2.626	3.333
2.25	540	11.25	0.0375	0.9625	183.6	2.941	3.750
2.5	580	12.75	0.0425	0.9575	184.6	3.143	4.250
2.75	570	14.00	0.0467	0.9533	185.4	3.075	4.667



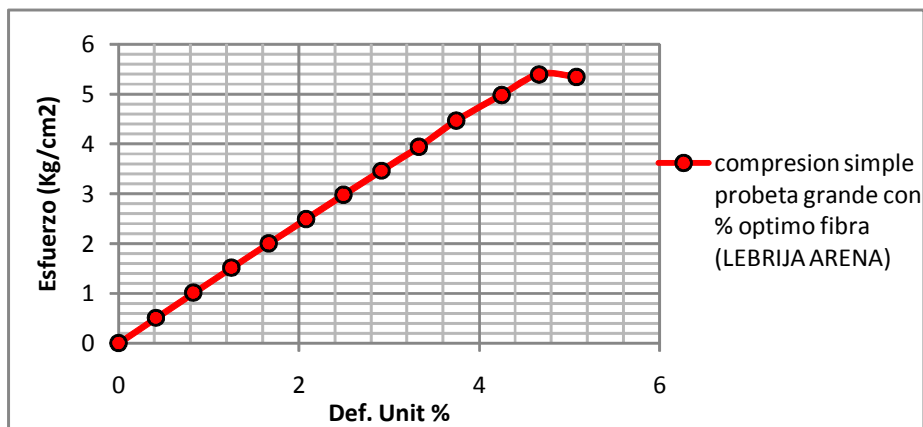
PROBETA GRANDE CON %OPTIMO FIBRA

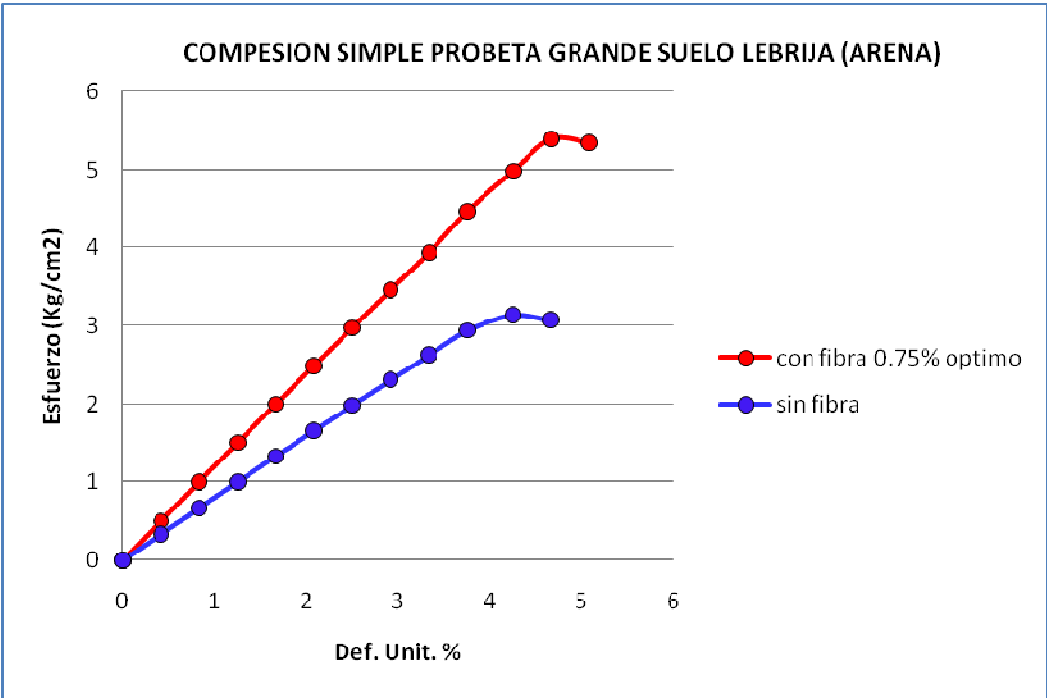


UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
 COMPRESION SIMPLE

MUESTRA	LEBRIJA (ARENA)	
FIBRA	0.75% (OPTIMO)	
DIMENSIONES CILINDRO		
Diámetro superior (cm)	15	
Diámetro central (cm)	15	
Diametro inferior (cm)	15	
Altura (cm)	30.00	300
Área (cm ²)	176.71	
Volúmen (cm ³)	5301.44	

Tiempo (min)	Carga (kg)	Def. (mm)	Def. Unitaria	1º-Def.uni	Ac(cm ²)	Esf. (kg/cm ²)	Def. Unit. (%)
0	0	0	0	0	0	0	0
0.25	90	1.2500	0.0042	0.9958	177.4540	0.507	0.417
0.5	180	2.5000	0.0083	0.9917	178.1996	1.010	0.833
0.75	270	3.7500	0.0125	0.9875	178.9515	1.509	1.250
1	360	5.0000	0.0167	0.9833	179.7097	2.003	1.667
1.25	450	6.2500	0.0208	0.9792	180.4745	2.493	2.083
1.5	540	7.5000	0.0250	0.9750	181.2457	2.979	2.500
1.75	630	8.7500	0.0292	0.9708	182.0236	3.461	2.917
2	720	10.0000	0.0333	0.9667	182.8082	3.939	3.333
2.25	820	11.2500	0.0375	0.9625	183.5996	4.466	3.750
2.5	920	12.7500	0.0425	0.9575	184.5583	4.985	4.250
2.75	1000	14.0000	0.0467	0.9533	185.3650	5.395	4.667
3	995	15.2500	0.0508	0.9492	186.1787	5.344	5.083



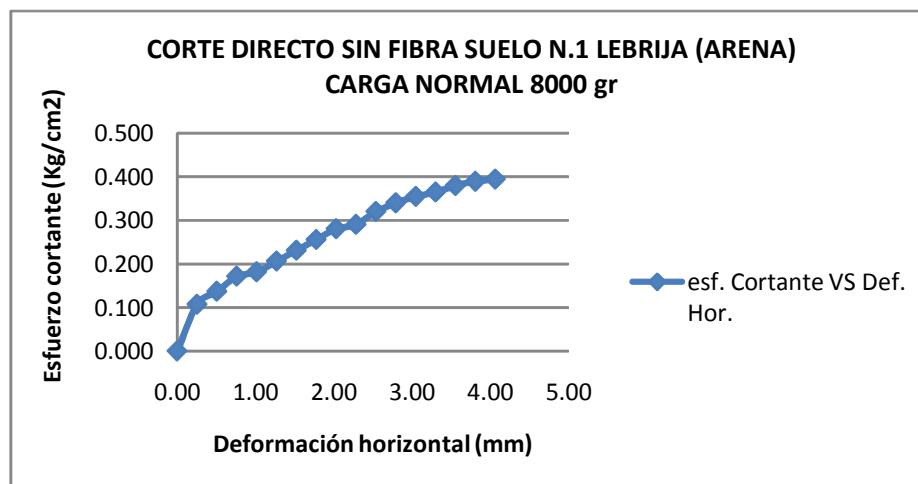




UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
ENSAYO DE CORTE DIRECTO

MUESTRA	LEBRIJA (ARENA)
FIBRA	SIN FIBRA
CARGA NORMAL (gr)	8000
DIAMETRO (cm)	6.160
AREA PROBETA (cm)	29.802

Lectura de carga	P (Kg)	Deformacion Horizontal (0,001In)	Deformacion Horizontal (mm)	Esfuerzo cortante
0	0.00	0.0	0.00	0.000
23	3.19	10	0.25	0.107
29	4.07	20	0.51	0.137
36	5.10	30	0.76	0.171
38	5.40	40	1.02	0.181
43	6.14	50	1.27	0.206
48	6.87	60	1.52	0.231
53	7.61	70	1.78	0.255
58	8.34	80	2.03	0.280
60	8.64	90	2.29	0.290
66	9.52	100	2.54	0.319
70	10.11	110	2.79	0.339
73	10.55	120	3.05	0.354
75	10.85	130	3.30	0.364
78	11.29	140	3.56	0.379
80	11.58	150	3.81	0.389
81	11.73	160	4.06	0.394

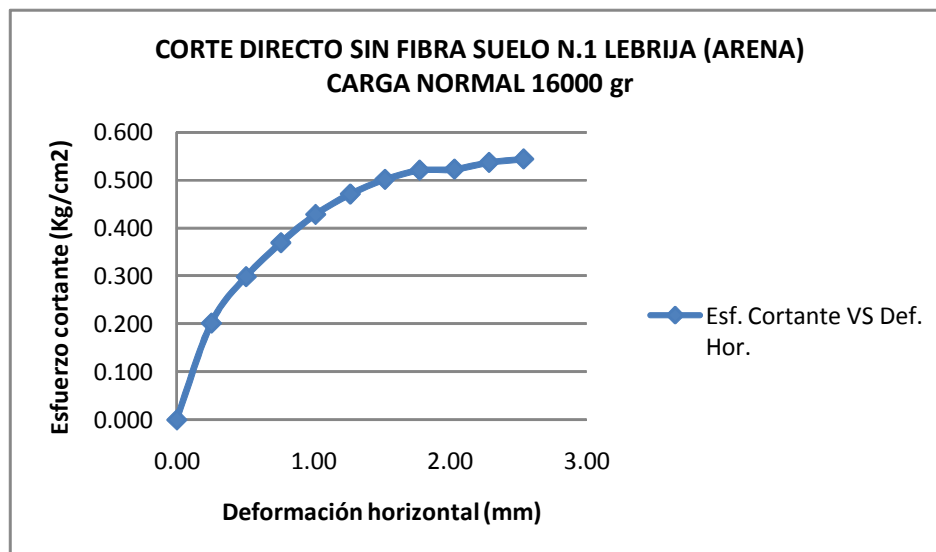




UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
ENSAYO DE CORTE DIRECTO

MUESTRA	<u>LEBRIJA (ARENA)</u>
FIBRA	<u>SIN FIBRA</u>
CARGA NORMAL (gr)	<u>16000</u>
DIAMETRO (cm)	<u>6.300</u>
AREA PROBETA (cm)	<u>31.172</u>

Lectura de carga	P (Kg)	Deformacion Horizontal (0,001In)	Deformacion Horizontal (mm)	Esfuerzo Cortante
0	0.00	0	0.00	0.000
44	6.28	10	0.25	0.202
64.5	9.30	20	0.51	0.298
79.5	11.51	30	0.76	0.369
92	13.35	40	1.02	0.428
101	14.68	50	1.27	0.471
107.5	15.63	60	1.52	0.501
111.5	16.22	70	1.78	0.520
112	16.30	80	2.03	0.523
115	16.74	90	2.29	0.537
116.5	16.96	100	2.54	0.544

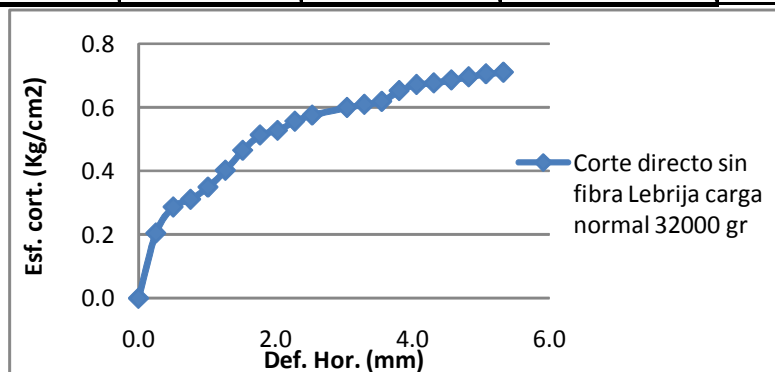




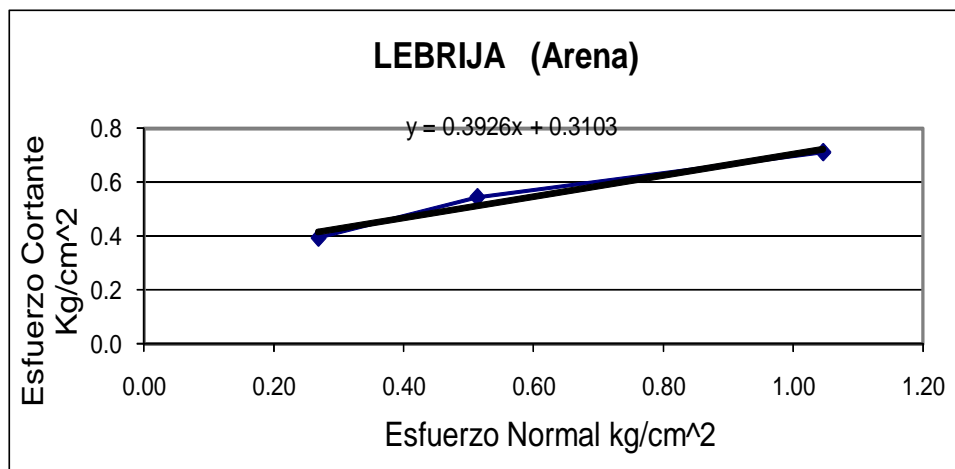
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
 ENSAYO DE CORTE DIRECTO

MUESTRA	LEBRIJA (ARENA)
FIBRA	SIN FIBRA
CARGA NORMAL (gr)	32000
DIAMETRO (cm)	6.240
AREA PROBETA (cm)	30.582

Lectura de carga	P (Kg)	Deformacion Horizontal (0,001In)	Deformacion Horizontal (mm)	Esfuerzo Cortante
0	0.000	0	0.00	0.000
44	6.282	10	0.25	0.205
61	8.786	20	0.51	0.287
66	9.522	30	0.76	0.311
74	10.700	40	1.02	0.350
85	12.320	50	1.27	0.403
98	14.234	60	1.52	0.465
108	15.706	70	1.78	0.514
111	16.148	80	2.03	0.528
117	17.031	90	2.29	0.557
121	17.620	100	2.54	0.576
126	18.357	120	3.05	0.600
128	18.65	130	3.30	0.610
130	18.95	140	3.56	0.620
137	19.98	150	3.81	0.653
141	20.57	160	4.06	0.672
142	20.71	170	4.32	0.677
144	21.01	180	4.57	0.687
146	21.30	190	4.83	0.697
148	21.60	200	5.08	0.706
149	21.74	210	5.33	0.711



τ	σ
0.394	0.27
0.544	0.51
0.711	1.05

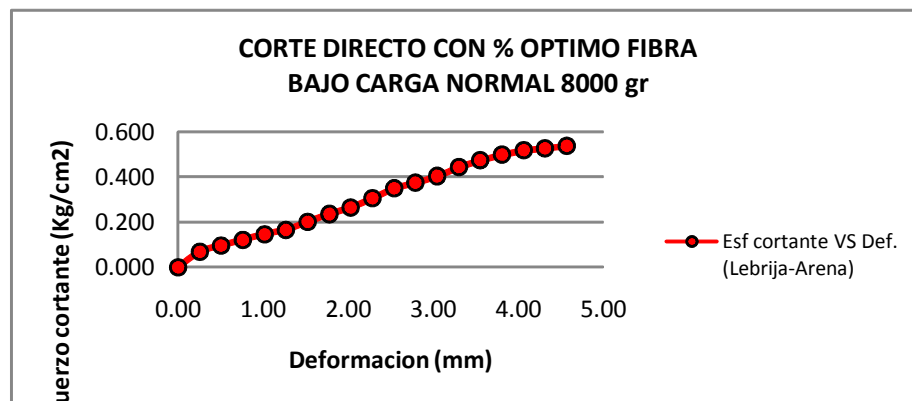




UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
 ENSAYO DE CORTE DIRECTO

MUESTRA	LEBRIJA (ARENA)
FIBRA	0.75% OPTIMO
CARGA NORMAL (gr)	8000
DIAMETRO (cm)	6.160
AREA PROBETA (cm)	29.802

Lectura de carga	P (Kg)	Deformacion Horizontal	Deformacion Horizontal (mm)	Esfuerzo cortante
0	0.00	0.0	0.00	0.000
15	2.01	10	0.25	0.068
21	2.90	20	0.51	0.097
26	3.63	30	0.76	0.122
31	4.37	40	1.02	0.147
35	4.96	50	1.27	0.166
42	5.99	60	1.52	0.201
49	7.02	70	1.78	0.236
55	7.90	80	2.03	0.265
63	9.08	90	2.29	0.305
72	10.41	100	2.54	0.349
77	11.14	110	2.79	0.374
83	12.03	120	3.05	0.403
91	13.20	130	3.30	0.443
97	14.09	140	3.56	0.473
102	14.82	150	3.81	0.497
106	15.41	160	4.06	0.517
108	15.71	170	4.32	0.527
110	16.00	180	4.57	0.537

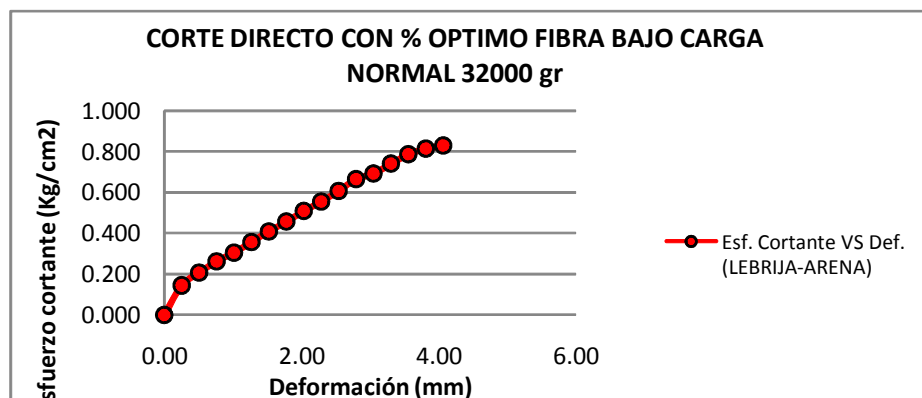




UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
 ENSAYO DE CORTE DIRECTO

MUESTRA	LEBRIJA (ARENA)
FIBRA	0.75% OPTIMO
CARGA NORMAL (gr)	16000
DIAMETRO (cm)	6.300
AREA PROBETA (cm)	31.172

Lectura de carga	P (Kg)	Deformacion Horizontal (0,001In)	Deformacion Horizontal (mm)	Esfuerzo Cortante
0	0.00	0	0.00	0.000
32	4.52	10	0.25	0.145
45	6.43	20	0.51	0.206
57	8.20	30	0.76	0.263
66	9.52	40	1.02	0.305
77	11.14	50	1.27	0.357
88	12.76	60	1.52	0.409
98	14.23	70	1.78	0.457
109	15.85	80	2.03	0.509
119	17.33	90	2.29	0.556
130	18.95	100	2.54	0.608
142	20.71	110	2.794	0.664
148	21.60	120	3.048	0.693
158	23.07	130	3.302	0.740
168	24.54	140	3.556	0.787
174	25.42	150	3.81	0.816
177	25.87	160	4.064	0.830

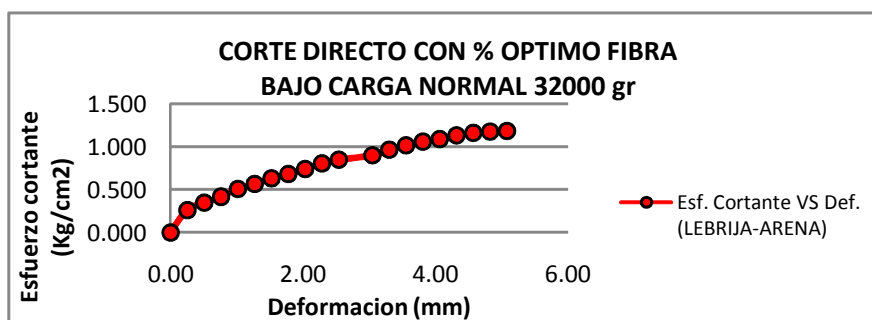


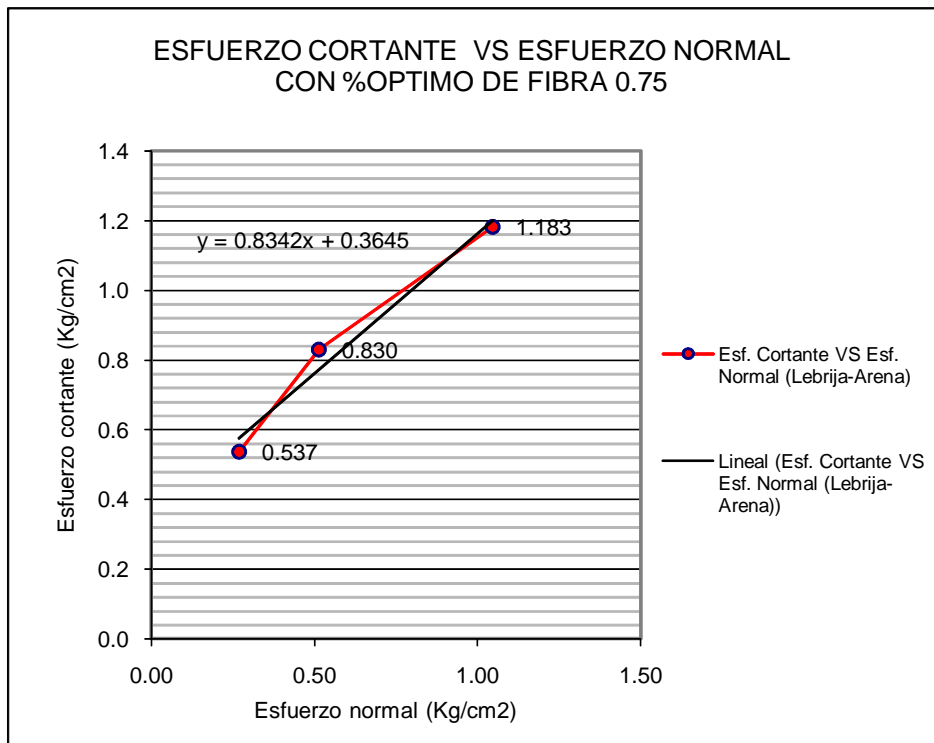


UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
ENSAYO DE CORTE DIRECTO

MUESTRA	LEBRIJA (ARENA)
FIBRA	0.75% OPTIMO
CARGA NORMAL (gr)	32000
DIAMETRO (cm)	6.240
AREA PROBETA (cm)	30.582

Lectura de carga	P (Kg)	Deformacion Horizontal (0,001In)	Deformacion Horizontal (mm)	Esfuerzo Cortante
0	0.000	0	0.00	0.000
56	8.05	10	0.25	0.263
73	10.55	20	0.51	0.345
88	12.76	30	0.76	0.417
107	15.56	40	1.02	0.509
119	17.33	50	1.27	0.567
132	19.24	60	1.52	0.629
143	20.86	70	1.78	0.682
155	22.63	80	2.03	0.740
169	24.69	90	2.29	0.807
178	26.01	100	2.54	0.851
188	27.49	120	3.05	0.899
202	29.55	130	3.30	0.966
212	31.02	140	3.56	1.014
221	32.34	150	3.81	1.058
228	33.38	160	4.06	1.091
236	34.55	170	4.32	1.130
242	35.44	180	4.57	1.159
246	36.03	190	4.83	1.178
247	36.17	200	5.08	1.183





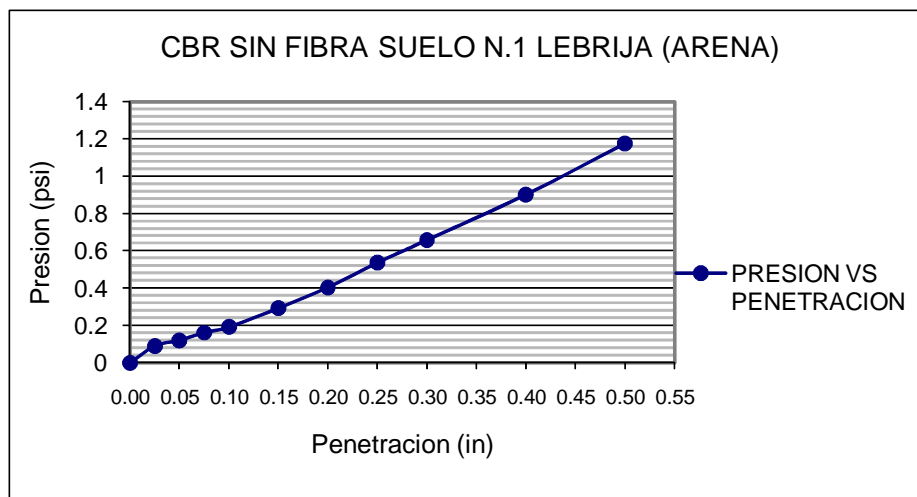
T	σ
0.537	0.27
0.830	0.51
1.183	1.05



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
ENSAYO DE CBR

OBRA: PROYECTO DE GRADO
MUESTRA: LEBRIJA (ARENA)
FIBRA: SIN FIBRA

MOLDE No	9		
No DE GOLPES	55 golpes		
DIAS DE INMERSION	4		
PENETRACION EN PLG	LEC.	CARGA	PRESION
0.000	0	0	0
0.025	9	0.009	0.0911
0.050	12	0.012	0.1215
0.075	16	0.016	0.1620
0.100	19	0.019	0.1924
0.150	29	0.029	0.2936
0.200	40	0.040	0.4050
0.250	53	0.053	0.5366
0.300	65	0.065	0.6581
0.400	89	0.089	0.9011
0.500	116	0.116	1.1745
CBR A 0.1"	19.24		
CBR A 0.2"	27.00		

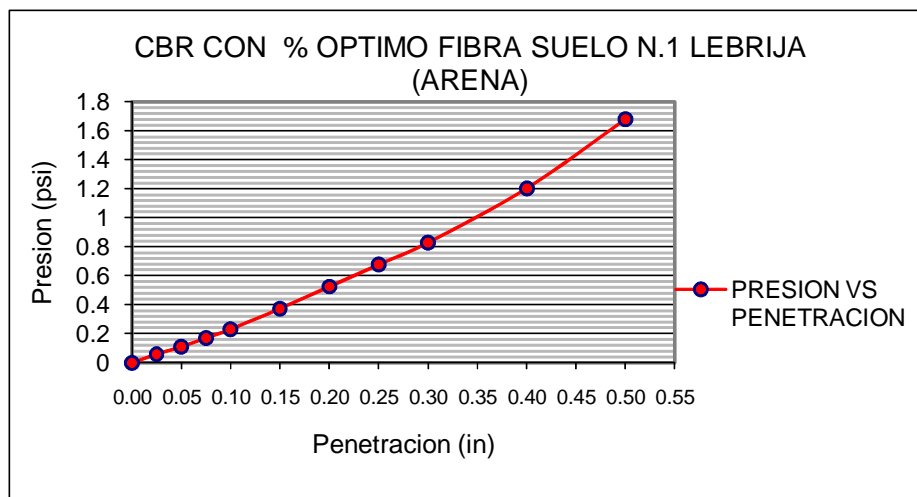


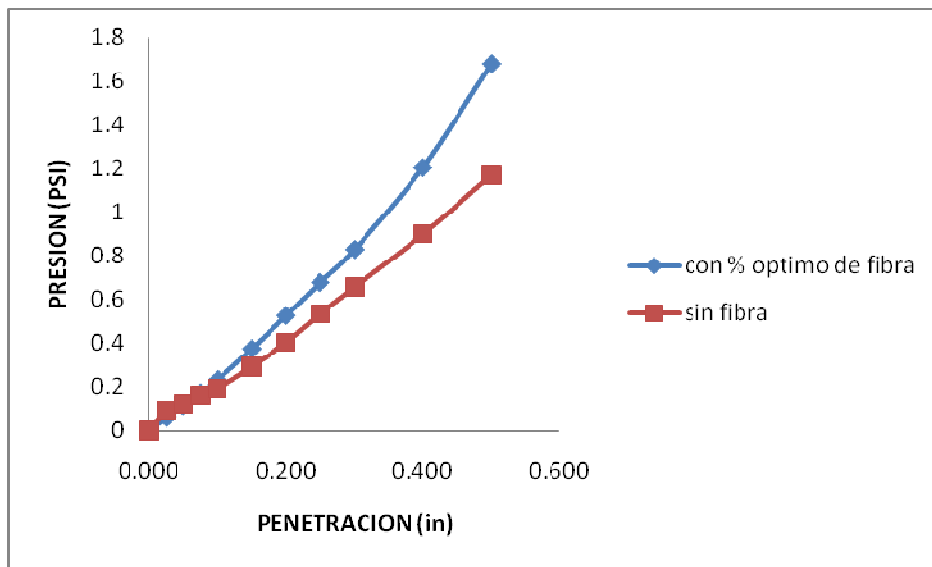


UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
ENSAYO DE CBR

OBRA: PROYECTO DE GRADO
MUESTRA: LEBRIJA (ARENA)
FIBRA: CON % OPTIMO FIBRA

MOLDE No	9		
No DE GOLPES	55 golpes		
DIAS DE INMERSION	4		
PENETRACION EN PLG	LEC.	CARGA	PRESION
0.000	0	0	0
0.025	6	0.006	0.0608
0.050	11	0.011	0.1114
0.075	17	0.017	0.1721
0.100	23	0.023	0.2329
0.150	37	0.037	0.3746
0.200	52	0.052	0.5265
0.250	67	0.067	0.6784
0.300	82	0.082	0.8303
0.400	119	0.119	1.2049
0.500	166	0.166	1.6808
CBR A 0.1"	23.29		
CBR A 0.2"	35.10		





**ANEXO B. MEMORIAS DE ENSAYOS DE RESISTENCIA AL SUELO N.2
P/DECUESTA (LIMO)**



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
ENSAYO DE GRANULOMETRIA INV E- 123

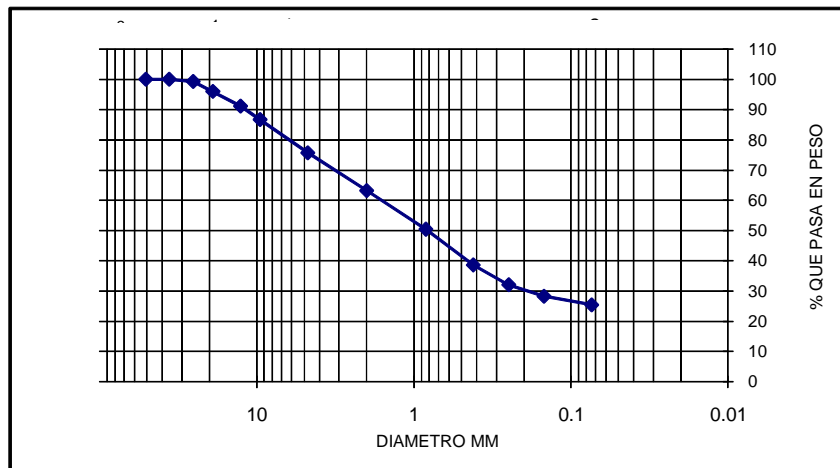
FECHA	MARZO DE 2009	SONDEO	1
PROYEC.	ANALISIS DE SUELOS CON FIBRA SINTETICA TOXEMENT	MUESTRA	1
LOCALIZ.	PIEDUECUESTA N.2	PROFUNDIDAD	No se indico

PESO INICIAL DE LA MUE 3000

PESO DESPUES DE LAV^A 1623.5

PORCENTAJE DE ERROF 0.59

MALLA No	ABERTURA	PESO SUELO RETENIDO	PORCIENTO RETENIDO PARCIAL	% QUE PASA LA MALLA	MALLA No	ABERTURA	PESO SUELO RETENIDO	PORCIENTO RETENIDO PARCIAL	% QUE PASA LA MALLA
****	mm	gr	%	%	****	mm	gr	%	%
2"	50.8	0.0	0.0	100.0	10	2	82.5	2.75	91.30
1 1/2"	36.1	0.0	0.0	100.0	20	0.84	165.7	5.52	85.77
1"	25.4	28.0	0.9	99.1	40	0.42	419.4	13.98	71.79
3/4"	19.05	31.0	1.0	98.0	60	0.25	343.4	11.45	60.35
1/2"	12.7	41.7	1.4	96.6	100	0.149	196.4	6.55	53.80
3/8"	9.52	25.0	0.8	95.8	200	0.074	109.7	3.66	50.14
No 4	4.75	52.9	1.8	94.0	PASA 200	*****	1486.7		
SUMA	*****	178.6	6.0		SUMA	*****	2803.8	43.90	
					TOTAL		2982.40		



GRAVAS=	<u>5.95</u>	%
ARENAS =	<u>43.90</u>	%
FINOS=	<u>50.14</u>	%

CLASIFICACION SUCS: ML (LIMO ARENOSO) 96



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
 LIMITES DE ATTERBERG INV E- 125-126**

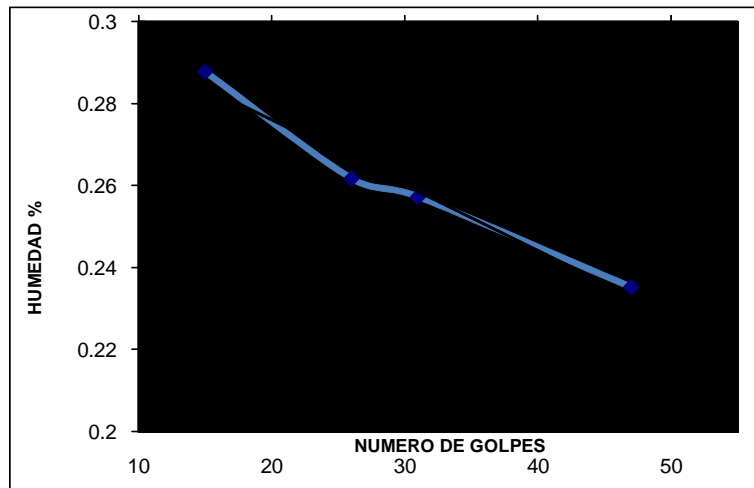
FECHA : MAYO DE 2009
 PROYECTO : ANALISIS DE SUELOS REFORZADOS FIBRA SITETICA TOXEMENT
 LOCALIZACION: PIEDRECUESTA N.2

LIMITE LIQUIDO

CAPSULA No	NUMERO DE GOLPES	PESO TARA	PESO TARA SUELO HUMED	PESO TARA + SUELO SECO	PESO DEL AGUA	PESO SUELO SECO	CONTENIDO DE AGUA
		gr	gr	gr	gr	gr	%
1	47	10.28	25.35	22.48	2.87	12.2	23.52%
2	31	10.28	25.33	22.25	3.08	11.97	25.73%
3	26	10.28	31.73	27.28	4.45	17.00	26.18%
4	15	10.28	24.15	21.05	3.1	10.77	28.78%

LIMITE PLASTICO

1	-	7.43	19.86	17.26	2.6	9.83	26.45%
2	-	7.58	18.76	16.44	2.32	8.86	26.19%
3	-	7.53	14.82	13.29	1.53	5.76	26.56%



LIMITE LIQUIDO : (LL) 27
 LIM. PLASTICO : (LP) 26
 IND. DE PLASTI. : (IP) 1
 CLASIFICACION SUCS. : ML (Limo arenoso de baja plasticidad)



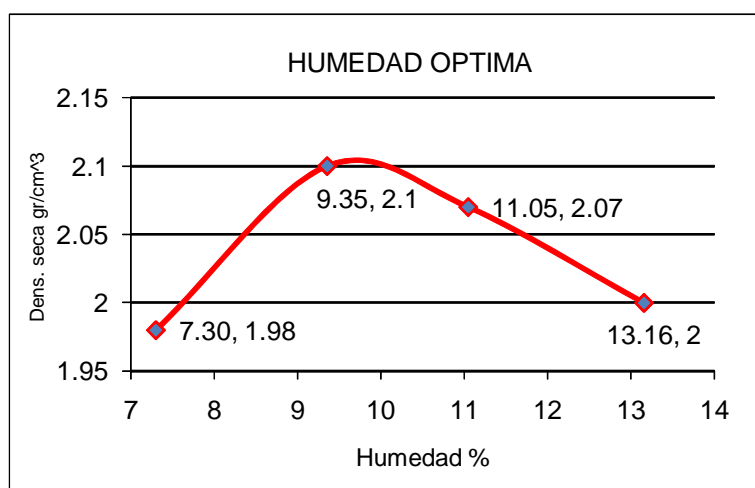
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS
 PROCTOR MODIFICADO

SUELO: PIEDRECUESTA N.2 (LIMO)
 METODO: PROCTOR MODIFICADO

VOLUMEN CILINDRO (cm ³)	943
RADIO (cm)	5.05
ALTURA (cm)	11.56

PRUEBA #	1	2	3	4
# GOLPES	25	25	25	25
MUESTRA HUMEDA (gr)	3000	3000	3000	3000
MOLDE #	1	1	1	1
PESO MOLDE (gr)	4186	4186	4186	4186
MOLDE+MUESTRA COMPACTADA (gr)	6152	6308	6316	6280
# TARA	1	2	3	4
PESO TARA (gr)	9.70	11	9	7.39
W TARA+W HUMEDO (gr)	35.94	38.785	39.88	37.02
W TARA+W SECO (gr)	34.155	36.38	36.84	33.575
% DE HUMEDAD PROMEDIO	7.30	9.35	11.05	13.16
DENSIDAD HUMEDA (gr/cm ³)	2.085	2.250	2.259	2.221
DENSIDAD SECA (gr/cm ³)	1.94	2.06	2.03	1.96

HUMEDAD OPTIMA (%)	9.70
DENS SECA (gr/cm ³)	2.11



Humedad	Dens. Seca
7.30	1.98
9.35	2.1
11.05	2.07
13.16	2



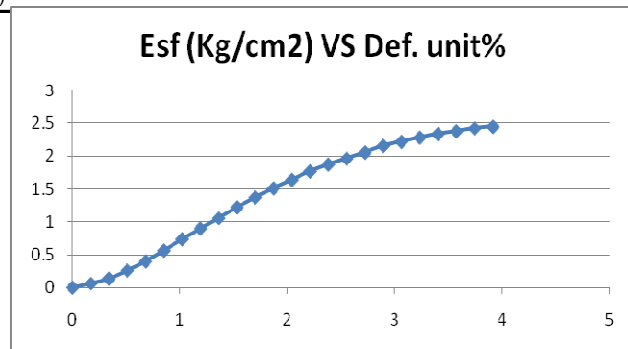
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
COMPRESION SIMPLE
PROBETA MEDIANA

MUESTRA P/DECUESTA N.2 (LIMO)

FIBRA SIN FIBRA

DIMENSIONES CILINDRO

Díámetro superior (cm)	8
Díámetro central (cm)	7.90
Díámetro inferior (cm)	8.00
Altura (cm)	14.92
Área (cm²)	49.64
Volúmen (cm³)	740.62



Tiempo (min)	Carga (kg)	Def. (mm)	Def. Unitaria	1-Def. Uni	Ac (cm2)	Esf. (kg/cm ²)	Def. Unit. (%)
0	0	0	0	0	0	0	0
0.25	3.05	0.254	0.002	0.998	49.724	0.061	0.170
0.5	6.8	0.508	0.003	0.997	49.809	0.137	0.340
0.75	13	0.762	0.005	0.995	49.894	0.261	0.511
1	19.95	1.016	0.007	0.993	49.979	0.399	0.681
1.25	28.25	1.270	0.009	0.991	50.065	0.564	0.851
1.5	37	1.524	0.010	0.990	50.151	0.738	1.021
1.75	45.2	1.778	0.012	0.988	50.238	0.900	1.192
2	53.2	2.032	0.014	0.986	50.325	1.057	1.362
2.25	61.6	2.286	0.015	0.985	50.412	1.222	1.532
2.5	69.4	2.540	0.017	0.983	50.499	1.374	1.702
2.75	76.5	2.794	0.019	0.981	50.586	1.512	1.873
3	83.15	3.048	0.020	0.980	50.674	1.641	2.043
3.25	89.9	3.302	0.022	0.978	50.763	1.771	2.213
3.5	95.4	3.556	0.024	0.976	50.851	1.876	2.383
3.75	100.15	3.810	0.026	0.974	50.940	1.966	2.554
4	105	4.064	0.027	0.973	51.029	2.058	2.724
4.25	110.4	4.318	0.029	0.971	51.119	2.160	2.894
4.5	113.75	4.572	0.031	0.969	51.208	2.221	3.064
4.75	117.3	4.826	0.032	0.968	51.298	2.287	3.235
5	120.2	5.080	0.034	0.966	51.389	2.339	3.405
5.25	122.55	5.334	0.036	0.964	51.480	2.381	3.575
5.5	125.05	5.588	0.037	0.963	51.571	2.425	3.745
5.75	126.6	5.842	0.039	0.961	51.662	2.451	3.916



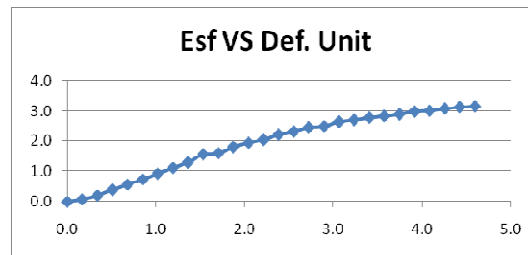
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
 COMPRESION SIMPLE
 PROBETA MEDIANA

MUESTRA P/DECUESTA N.2 (LIMO)

FIBRA 0.25%

DIMENSIONES CILINDRO

Diámetro superior (cm)	7.92
Diámetro central (cm)	8.00
Diámetro inferior (cm)	7.93
Altura (cm)	14.93
Área (cm ²)	49.64
Volúmen (cm ³)	741.11



Tiempo (min)	Carga (kg)	Def. (mm)	Def. Unitaria	1º-Def.uni	Ac (cm2)	Esf. (kg/cm ²)	Def. Unit. (%)
0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.25	4.00	0.254	0.002	0.998	49.724	0.080	0.170
0.50	10.20	0.508	0.003	0.997	49.809	0.205	0.340
0.75	19.80	0.762	0.005	0.995	49.894	0.397	0.510
1.00	28.40	1.016	0.007	0.993	49.979	0.568	0.681
1.25	36.80	1.270	0.009	0.991	50.065	0.735	0.851
1.50	46.50	1.524	0.010	0.990	50.151	0.927	1.021
1.75	56.00	1.778	0.012	0.988	50.237	1.115	1.191
2.00	65.30	2.032	0.014	0.986	50.324	1.298	1.361
2.25	79.20	2.286	0.015	0.985	50.411	1.571	1.531
2.50	81.00	2.540	0.017	0.983	50.498	1.604	1.701
2.75	91.60	2.794	0.019	0.981	50.586	1.811	1.871
3.00	98.60	3.048	0.020	0.980	50.674	1.946	2.042
3.25	103.90	3.302	0.022	0.978	50.762	2.047	2.212
3.50	112.80	3.556	0.024	0.976	50.850	2.218	2.382
3.75	118.20	3.810	0.026	0.974	50.939	2.320	2.552
4.00	125.30	4.064	0.027	0.973	51.028	2.456	2.722
4.25	127.30	4.318	0.029	0.971	51.118	2.490	2.892
4.50	135.40	4.572	0.031	0.969	51.207	2.644	3.062
4.75	138.80	4.826	0.032	0.968	51.297	2.706	3.232
5.00	142.90	5.080	0.034	0.966	51.388	2.781	3.403
5.25	145.80	5.334	0.036	0.964	51.478	2.832	3.573
5.50	149.20	5.588	0.037	0.963	51.569	2.893	3.743
5.75	154.20	5.842	0.039	0.961	51.661	2.985	3.913
6.00	155.80	6.096	0.041	0.959	51.752	3.011	4.083
6.25	159.70	6.350	0.043	0.957	51.844	3.080	4.253
6.50	162.70	6.604	0.044	0.956	51.936	3.133	4.423
6.75	164.30	6.858	0.046	0.954	52.029	3.158	4.593



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
COMPRESION SIMPLE
PROBETA MEDIANA

MUESTRA P/DECUESTA N.2 (LIMO)

FIBRA 0.50%

DIMENSIONES CILINDRO

Diámetro superior (cm) 8.10

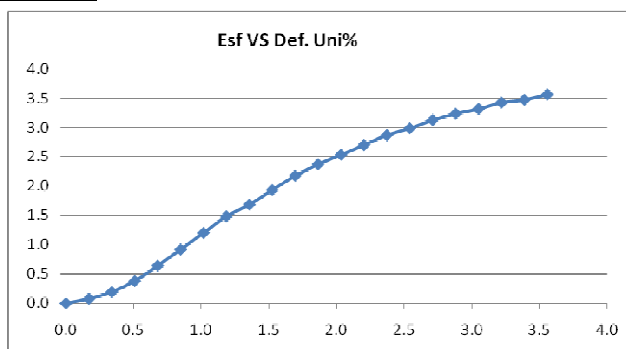
Diámetro central (cm) 7.93

Diametro inferior (cm) 7.99

Altura (cm) 15.00

Área (cm²) 50.35

Volúmen (cm³) 755.24



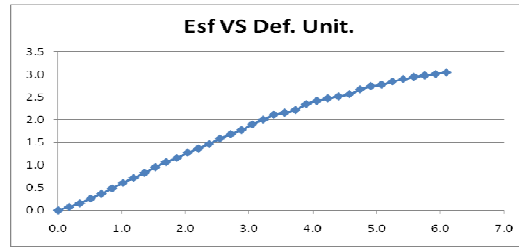
Tiempo (min)	Carga (kg)	Def. (mm)	Def. Unitaria	1º-Def.uni	Ac (cm2)	Esf. (kg/cm ²)	Def. Unit. (%)
0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.25	3.90	0.254	0.002	0.998	50.435	0.077	0.169
0.50	9.70	0.508	0.003	0.997	50.520	0.192	0.339
0.75	19.20	0.762	0.005	0.995	50.606	0.379	0.508
1.00	32.50	1.016	0.007	0.993	50.693	0.641	0.677
1.25	46.70	1.270	0.008	0.992	50.779	0.920	0.847
1.50	61.10	1.524	0.010	0.990	50.866	1.201	1.016
1.75	75.60	1.778	0.012	0.988	50.953	1.484	1.185
2.00	86.00	2.032	0.014	0.986	51.041	1.685	1.355
2.25	98.90	2.286	0.015	0.985	51.128	1.934	1.524
2.50	111.40	2.540	0.017	0.983	51.217	2.175	1.693
2.75	121.60	2.794	0.019	0.981	51.305	2.370	1.863
3.00	130.30	3.048	0.020	0.980	51.394	2.535	2.032
3.25	139.00	3.302	0.022	0.978	51.483	2.700	2.201
3.50	147.90	3.556	0.024	0.976	51.572	2.868	2.371
3.75	154.30	3.810	0.025	0.975	51.661	2.987	2.540
4.00	161.90	4.064	0.027	0.973	51.751	3.128	2.709
4.25	167.80	4.318	0.029	0.971	51.842	3.237	2.879
4.50	172.30	4.572	0.030	0.970	51.932	3.318	3.048
4.75	178.20	4.826	0.032	0.968	52.023	3.425	3.217
5.00	181.00	5.080	0.034	0.966	52.114	3.473	3.387
5.25	186.00	5.334	0.036	0.964	52.206	3.563	3.556



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
COMPRESION SIMPLE
PROBETA MEDIANA

MUESTRA P/DECUESTA N.2 (LIMO)
FIBRA 0.75%

DIMENSIONES CILINDRO
Diámetro superior (cm) 8.05
Diámetro central (cm) 7.95
Diametro inferior (cm) 8.00
Altura (cm) 15.00
Área (cm²) 50.27
Volúmen (cm³) 753.98



Tiempo (min)	Carga (kg)	Def. (mm)	Def. Unitaria	1º-Def.uni	Ac (cm2)	Esf. (kg/cm ²)	Def. Unit. (%)
0	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.25	3.6	0.254	0.002	0.998	50.351	0.071	0.169
0.5	7.8	0.508	0.003	0.997	50.436	0.155	0.339
0.75	13.1	0.762	0.005	0.995	50.522	0.259	0.508
1	18.6	1.016	0.007	0.993	50.608	0.368	0.677
1.25	24.7	1.270	0.008	0.992	50.695	0.487	0.847
1.5	30.7	1.524	0.010	0.990	50.781	0.605	1.016
1.75	36.6	1.778	0.012	0.988	50.868	0.720	1.185
2	42.3	2.032	0.014	0.986	50.956	0.830	1.355
2.25	48.7	2.286	0.015	0.985	51.043	0.954	1.524
2.5	54.4	2.540	0.017	0.983	51.131	1.064	1.693
2.75	59.1	2.794	0.019	0.981	51.220	1.154	1.863
3	65.4	3.048	0.020	0.980	51.308	1.275	2.032
3.25	70.2	3.302	0.022	0.978	51.397	1.366	2.201
3.5	75.6	3.556	0.024	0.976	51.486	1.468	2.371
3.75	82	3.810	0.025	0.975	51.576	1.590	2.540
4	86.9	4.064	0.027	0.973	51.665	1.682	2.709
4.25	91.9	4.318	0.029	0.971	51.755	1.776	2.879
4.5	98.5	4.572	0.030	0.970	51.846	1.900	3.048
4.75	104	4.826	0.032	0.968	51.936	2.002	3.217
5	110	5.080	0.034	0.966	52.027	2.114	3.387
5.25	112.4	5.334	0.036	0.964	52.119	2.157	3.556
5.5	115.7	5.588	0.037	0.963	52.210	2.216	3.725
5.75	122.8	5.842	0.039	0.961	52.302	2.348	3.895
6	126.8	6.096	0.041	0.959	52.395	2.420	4.064
6.25	129.8	6.350	0.042	0.958	52.487	2.473	4.233
6.5	132.3	6.604	0.044	0.956	52.580	2.516	4.403
6.75	135	6.858	0.046	0.954	52.674	2.563	4.572
7	141	7.112	0.047	0.953	52.767	2.672	4.741
7.25	145	7.366	0.049	0.951	52.861	2.743	4.911
7.5	147	7.620	0.051	0.949	52.956	2.776	5.080
7.75	151	7.874	0.052	0.948	53.050	2.846	5.249
8	154	8.128	0.054	0.946	53.145	2.898	5.419
8.25	157	8.382	0.056	0.944	53.241	2.949	5.588
8.5	159	8.636	0.058	0.942	53.336	2.981	5.757
8.75	160.9	8.890	0.059	0.941	53.432	3.011	5.927
9	163	9.144	0.061	0.939	53.529	3.045	6.096

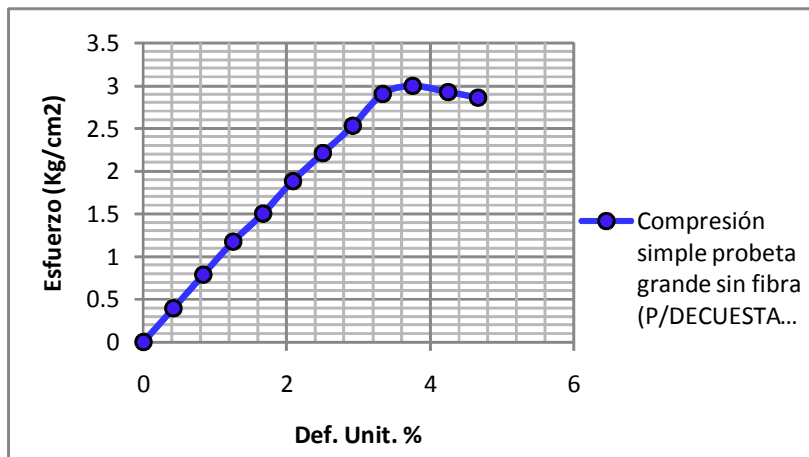
PROBETA GRANDE SIN FIBRA



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
 COMPRESION SIMPLE

MUESTRA	P/DECUESTA N.2 (LIMO)	
FIBRA	SIN FIBRA	
DIMENSIONES CILINDRO		
Diámetro superior (cm)	15	
Diámetro central (cm)	15	
Diámetro inferior (cm)	15	
Altura (cm)	30.00	300
Área (cm ²)	176.71	
Volúmen (cm ³)	5301.44	

Tiempo (min)	Carga (kg)	Def. (mm)	Def. Unitaria	1º-Def.uni	Ac(cm ²)	Esf. (kg/cm ²)	Def. Unit. (%)
0	0	0	0	0	0	0	0
0.25	70	1.25	0.0042	0.9958	177.5	0.394	0.417
0.5	140	2.50	0.0083	0.9917	178.2	0.786	0.833
0.75	210	3.75	0.0125	0.9875	179.0	1.174	1.250
1	270	5.00	0.0167	0.9833	179.7	1.502	1.667
1.25	340	6.25	0.0208	0.9792	180.5	1.884	2.083
1.5	400	7.50	0.0250	0.9750	181.2	2.207	2.500
1.75	460	8.75	0.0292	0.9708	182.0	2.527	2.917
2	530	10.00	0.0333	0.9667	182.8	2.899	3.333
2.25	550	11.25	0.0375	0.9625	183.6	2.996	3.750
2.5	540	12.75	0.0425	0.9575	184.6	2.926	4.250
2.75	530	14.00	0.0467	0.9533	185.4	2.859	4.667



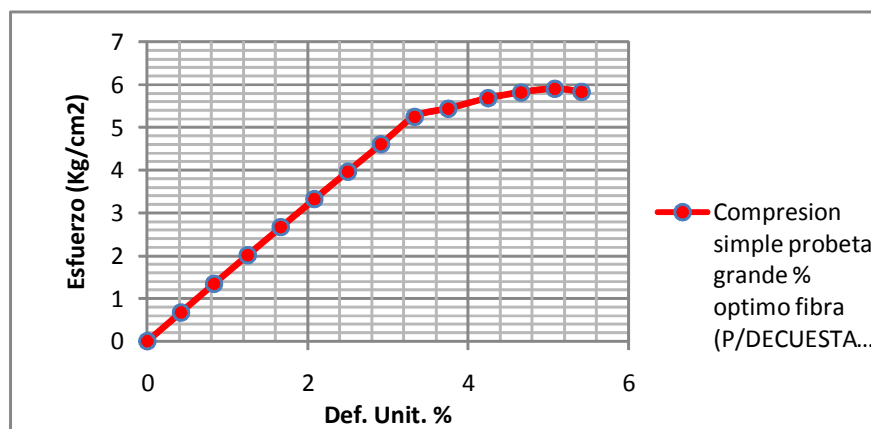
PROBETA GRANDE CON FIBRA % OPTIMO

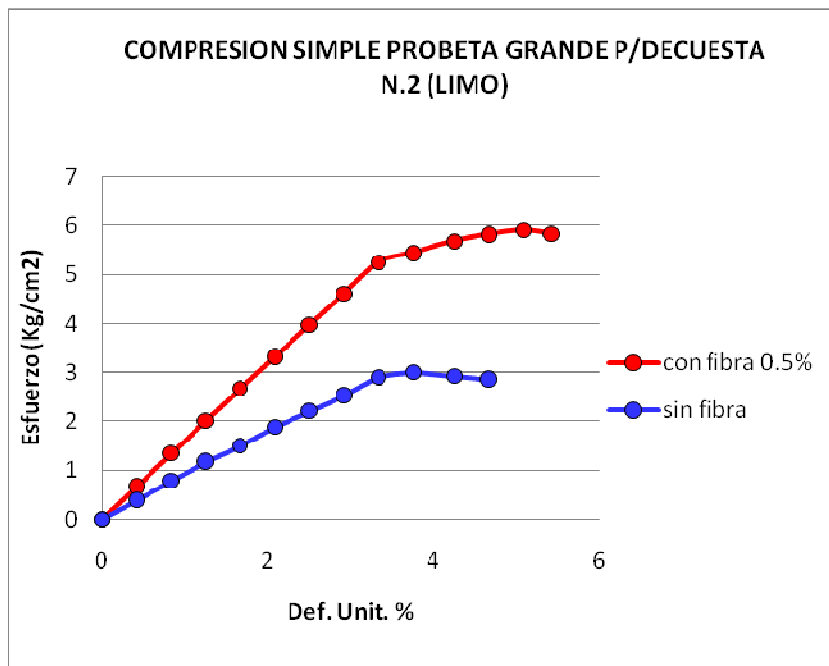


UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
 COMPRESION SIMPLE

MUESTRA P/DECUESTA N.2 (LIMO)
 FIBRA 0.5% (OPTIMO)
 DIMENSIONES CILINDRO
 Diámetro superior (cm) 15
 Diámetro central (cm) 15
 Diámetro inferior (cm) 15
 Altura (cm) 30.00 300
 Área (cm²) 176.71
 Volúmen (cm³) 5301.44

Tiempo (min)	Carga (kg)	Def. (mm)	Def. Unitaria	1º-Def.uni	Ac(cm ²)	Esf. (kg/cm ²)	Def. Unit. (%)
0	0	0	0	0	0	0	0
0.25	120	1.2500	0.0042	0.9958	177.4540	0.676	0.417
0.5	240	2.5000	0.0083	0.9917	178.1996	1.347	0.833
0.75	360	3.7500	0.0125	0.9875	178.9515	2.012	1.250
1	480	5.0000	0.0167	0.9833	179.7097	2.671	1.667
1.25	600	6.2500	0.0208	0.9792	180.4745	3.325	2.083
1.5	720	7.5000	0.0250	0.9750	181.2457	3.973	2.500
1.75	840	8.7500	0.0292	0.9708	182.0236	4.615	2.917
2	960	10.0000	0.0333	0.9667	182.8082	5.251	3.333
2.25	1000	11.2500	0.0375	0.9625	183.5996	5.447	3.750
2.5	1050	12.7500	0.0425	0.9575	184.5583	5.689	4.250
2.75	1080	14.0000	0.0467	0.9533	185.3650	5.826	4.667
3	1100	15.2500	0.0508	0.9492	186.1787	5.908	5.083
3.25	1090	16.2500	0.0542	0.9458	186.8348	5.834	5.417



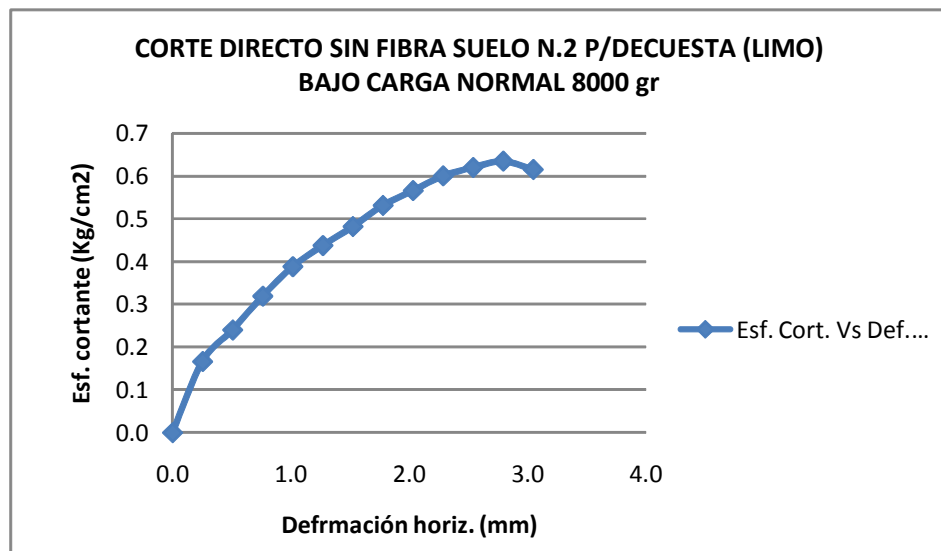




UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
 ENSAYO DE CORTE DIRECTO

MUESTRA	P/DECUESTA N.2 (LIMO)
FIBRA	SIN FIBRA
CARGA NORMAL(gr)	8000
DIAMETRO (cm)	6.160
AREA PROBETA(cm)	29.802

Lectura de carga	P (Kg)	Deformacion Horizontal (0,001In)	Deformacion Horizontal (mm)	Esfuerzo cortante
0	0.000	0.0	0.00	0.000
35	4.957	10	0.25	0.166
50	7.166	20	0.51	0.240
66	9.522	30	0.76	0.319
80	11.583	40	1.02	0.389
90	13.056	50	1.27	0.438
99	14.381	60	1.52	0.483
109	15.853	70	1.78	0.532
116	16.884	80	2.03	0.567
123	17.915	90	2.29	0.601
127	18.504	100	2.54	0.621
130	18.946	110	2.79	0.636
126	18.357	120	3.05	0.616

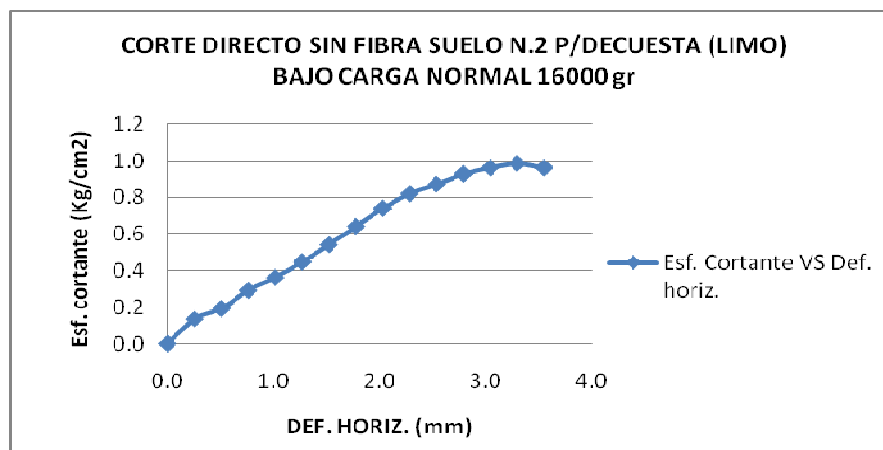




UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
 ENSAYO DE CORTE DIRECTO

MUESTRA	P/DECUESTA N.2 (LIMO)
FIBRA	SIN FIBRA
CARGA NORMAL(gr)	16000
DIAMETRO (cm)	6.300
AREA PROBETA (cm)	31.172

Lectura de carga	P (Kg)	Deformacion Horizontal (0,001In)	Deformacion Horizontal (mm)	Esfuerzo Cortante
0	0.000	0	0.00	0.000
30	4.221	10	0.25	0.135
42	5.988	20	0.51	0.192
63	9.080	30	0.76	0.291
78	11.289	40	1.02	0.362
96	13.939	50	1.27	0.447
116	16.884	60	1.52	0.542
137	19.976	70	1.78	0.641
158	23.068	80	2.03	0.740
175	25.572	90	2.29	0.820
186	27.191	100	2.54	0.872
198	28.96	110	2.79	0.929
205	29.99	120	3.05	0.962
210	30.73	130	3.30	0.986
205	29.99	140	3.56	0.962

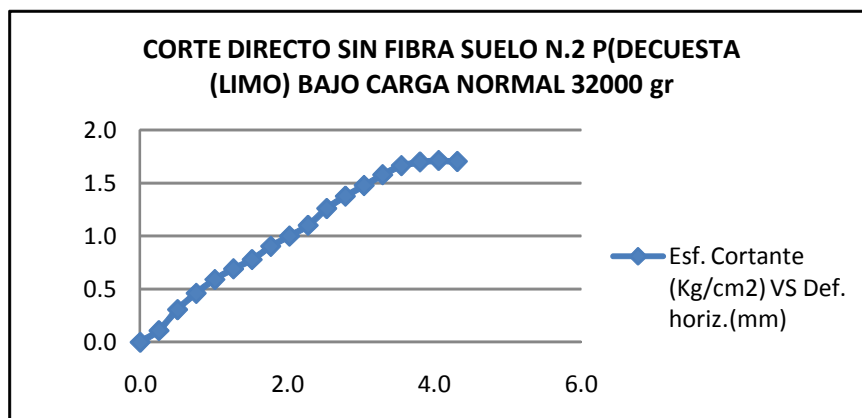




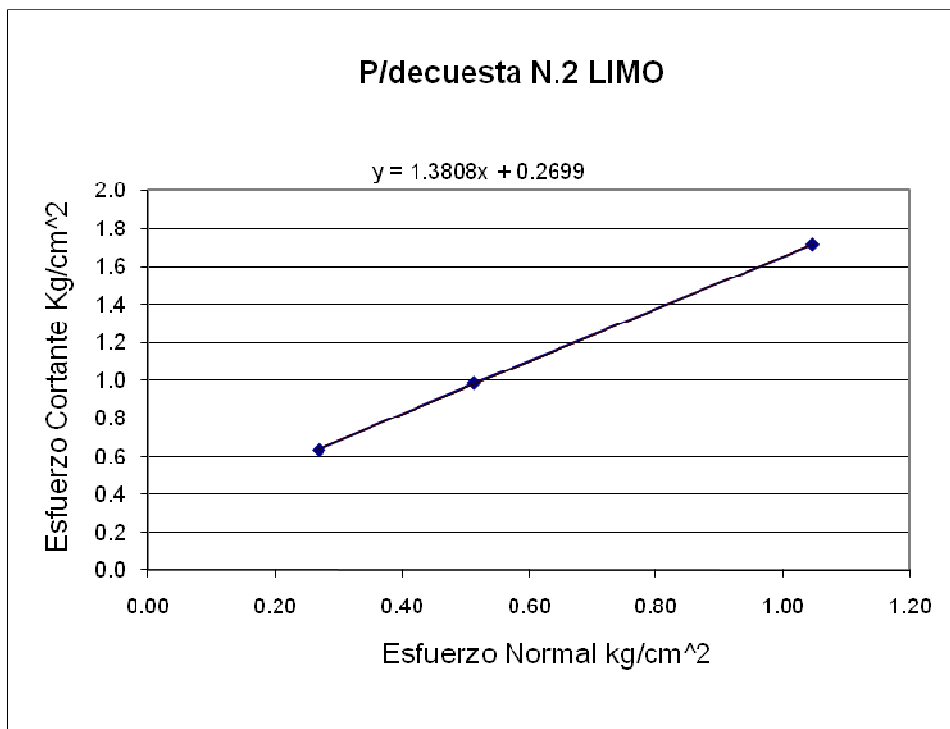
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
ENSAYO DE CORTE DIRECTO

MUESTRA	<u>P/DECUESTA N.2 (LIMO)</u>
FIBRA	<u>SIN FIBRA</u>
CARGA NORMAL(gr)	<u>32000</u>
DIAMETRO (cm)	<u>6.240</u>
AREA PROBETA (cm)	<u>30.582</u>

Lectura de carga	P (Kg)	Deformacion Horizontal (0,001In)	Deformacion Horizontal (mm)	Esfuerzo Cortante
0	0.00	0	0.00	0.00
24	3.34	10	0.25	0.11
65	9.37	20	0.51	0.31
97	14.09	30	0.76	0.46
124	18.06	40	1.02	0.59
145	21.15	50	1.27	0.69
163	23.80	60	1.52	0.78
189	27.63	70	1.78	0.90
209	30.58	80	2.03	1.00
230	33.67	90	2.29	1.10
263	38.53	100	2.54	1.26
287	42.06	110	2.79	1.38
308	45.16	120	3.05	1.48
329	48.25	130	3.30	1.58
347	50.90	140	3.56	1.66
354	51.93	150	3.81	1.70
357	52.37	160	4.06	1.71
355	52.08	170	4.32	1.70



τ	σ
0.636	0.27
0.986	0.51
1.712	1.05

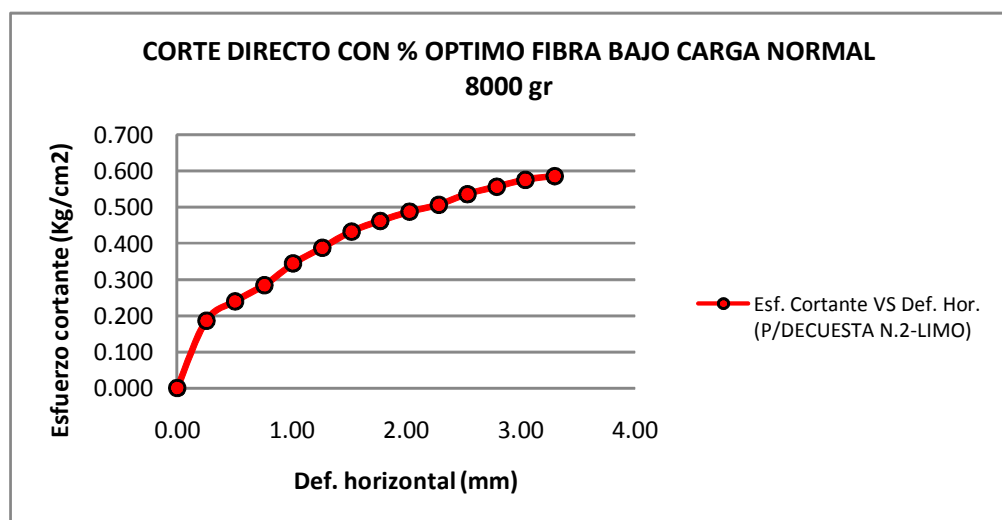




UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
ENSAYO DE CORTE DIRECTO

MUESTRA	P/DECUESTA N.2 (LIMO)
FIBRA	0.5% OPTIMO
CARGA NORMAL(gr)	8000
DIAMETRO (cm)	6.160
AREA PROBETA(cm)	29.802

Lectura de carga	P (Kg)	Deformacion Horizontal (0,001In)	Deformacion Horizontal (mm)	Esfuerzo cortante
0	0.000	0.0	0.00	0.000
39	5.546	10	0.25	0.186
50	7.166	20	0.51	0.240
59	8.491	30	0.76	0.285
71	10.258	40	1.02	0.344
80	11.583	50	1.27	0.389
89	12.908	60	1.52	0.433
95	13.792	70	1.78	0.463
100	14.528	80	2.03	0.487
104	15.117	90	2.29	0.507
110	16.001	100	2.54	0.537
114	16.590	110	2.79	0.557
118	17.179	120	3.05	0.576
120	17.473	130	3.30	0.586

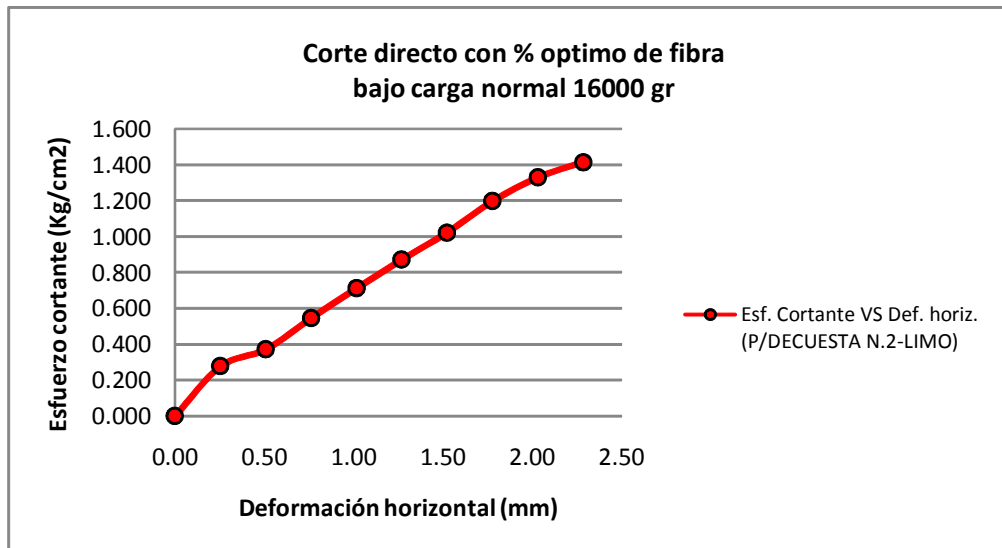




UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
 ENSAYO DE CORTE DIRECTO

MUESTRA	P/DECUESTA N.2 (LIMO)
FIBRA	0.5% OPTIMO
CARGA NORMAL(gr)	16000
DIAMETRO (cm)	6.300
AREA PROBETA (cm)	31.172

Lectura de carga	P (Kg)	Deformacion Horizontal (0,001In)	Deformacion Horizontal (mm)	Esfuerzo Cortante
0	0.000	0	0.00	0.000
60	8.638	10	0.25	0.277
80	11.583	20	0.51	0.372
117	17.031	30	0.76	0.546
152	22.185	40	1.02	0.712
186	27.191	50	1.27	0.872
218	31.903	60	1.52	1.023
255	37.351	70	1.78	1.198
283	41.474	80	2.03	1.330
301	44.124	90	2.29	1.415

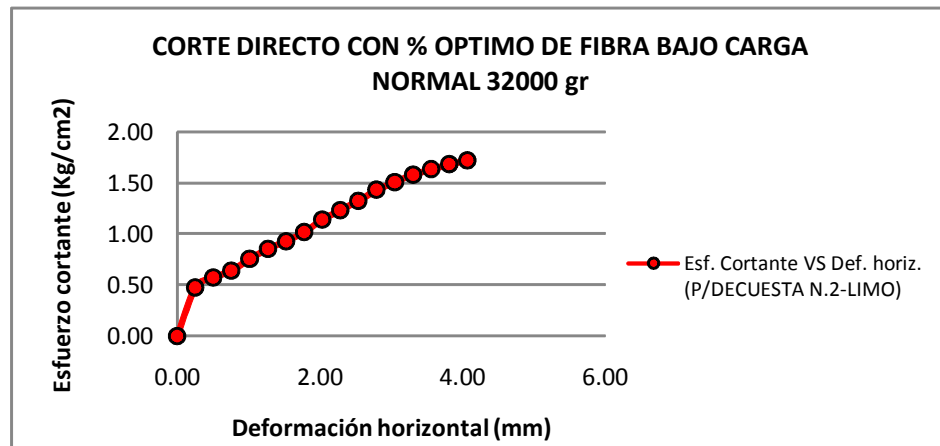




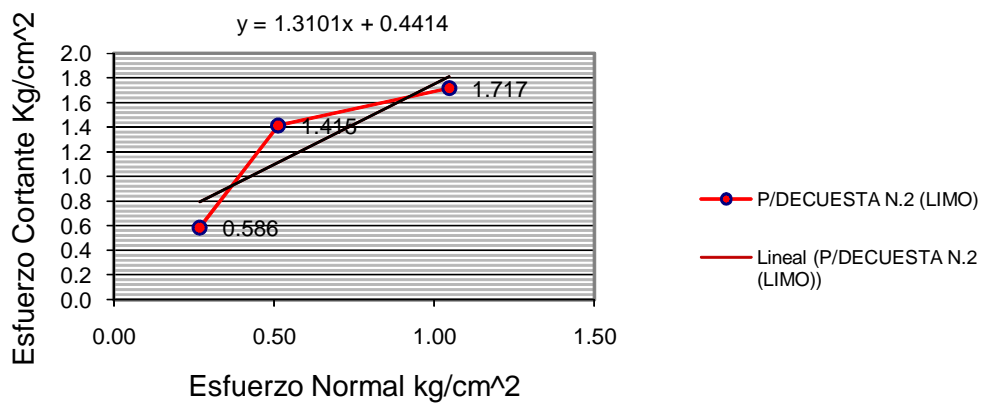
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
ENSAYO DE CORTE DIRECTO

MUESTRA	P/DECUESTA (LIMO)
FIBRA	0.5% OPTIMO
CARGA NORMAL(gr)	32000
DIAMETRO (cm)	6.240
AREA PROBETA (cm)	30.582

Lectura de carga	P (Kg)	Deformacion Horizontal (0,001In)	Deformacion Horizontal (mm)	Esfuerzo Cortante
0	0.00	0	0.00	0.00
100	14.53	10	0.25	0.48
120	17.47	20	0.51	0.57
134	19.53	30	0.76	0.64
158	23.07	40	1.02	0.75
178	26.01	50	1.27	0.85
194	28.37	60	1.52	0.93
212	31.02	70	1.78	1.01
238	34.85	80	2.03	1.14
257	37.65	90	2.29	1.23
276	40.44	100	2.54	1.32
298	43.68	110	2.79	1.43
314	46.04	120	3.05	1.51
329	48.25	130	3.30	1.58
340	49.87	140	3.56	1.63
350	51.34	150	3.81	1.68
358	52.52	160	4.06	1.72



Esfuerzo cortante VS Esfuerzo normal con % optimo de fibra 0.5



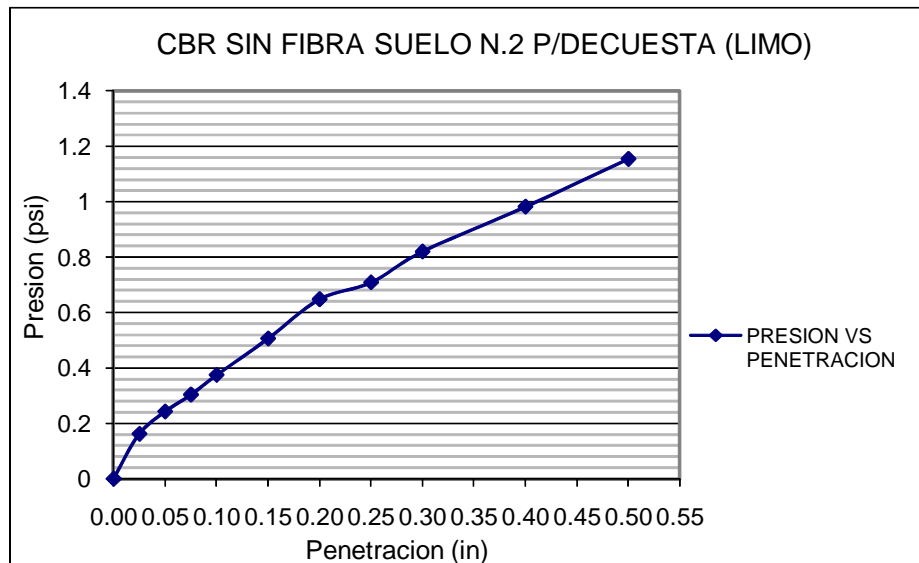
T	σ
0.586	0.27
1.415	0.51
1.717	1.05



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
ENSAYO DE CBR

OBRA: PROYECTO DE GRADO
MUESTRA: P/DECUESTA N.2 (LIMO)
FIBRA: SIN FIBRA

MOLDE No	4		
No DE GOLPES	55 golpes		
DIAS DE INMERSION	4		
PENETRACION EN PLG	LEC.	CARGA	PRESION
0.000	0	0	0
0.025	16	0.016	0.1620
0.050	24	0.024	0.2430
0.075	30	0.03	0.3038
0.100	37	0.037	0.3746
0.150	50	0.05	0.5063
0.200	64	0.064	0.6480
0.250	70	0.070	0.7088
0.300	81	0.081	0.8201
0.400	97	0.097	0.9821
0.500	114	0.114	1.1543
CBR A 0.1"	37.46		
CBR A 0.2"	43.20		

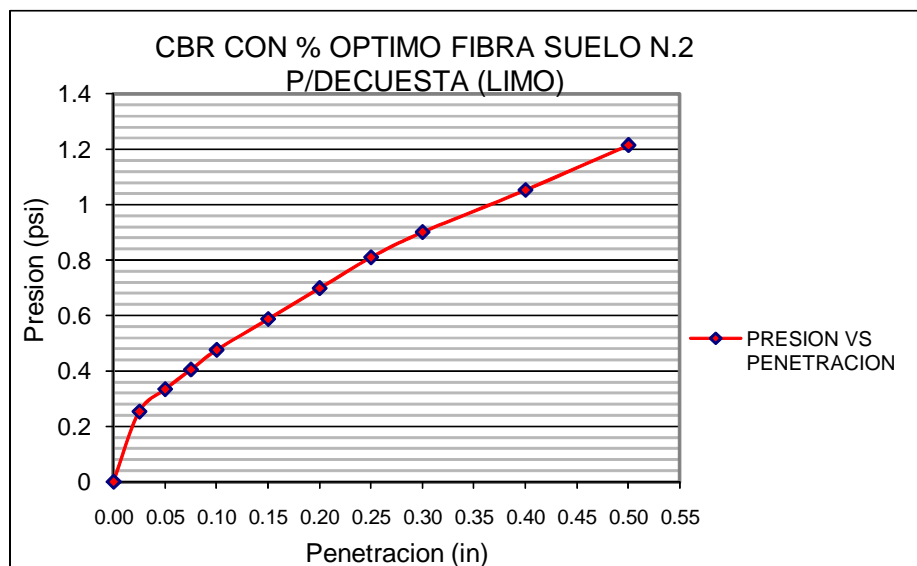


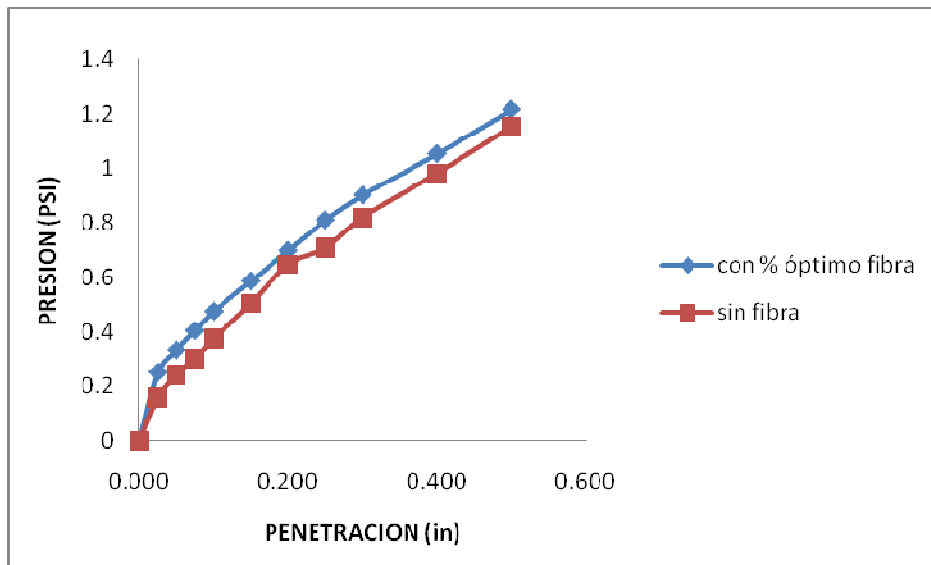


UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
ENSAYO DE CBR

OBRA: PROYECTO DE GRADO
MUESTRA: P/DECUESTA N.2 (LIMO)
FIBRA: CON % OPTIMO FIBRA

MOLDE No	4		
No DE GOLPES	55 golpes		
DIAS DE INMERSION	4		
PENETRACION EN PLG	LEC.	CARGA	PRESION
0.000	0	0	0
0.025	25	0.025	0.2531
0.050	33	0.033	0.3341
0.075	40	0.04	0.4050
0.100	47	0.047	0.4759
0.150	58	0.058	0.5873
0.200	69	0.069	0.6986
0.250	80	0.080	0.8100
0.300	89	0.089	0.9011
0.400	104	0.104	1.0530
0.500	120	0.120	1.2150
CBR A 0.1"	47.59		
CBR A 0.2"	46.58		





**ANEXO C. MEMORIAS DE ENSAYOS DE RESISTENCIA AL SUELO N.3 DE
P/DECUESTA (ARENA)**



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
ENSAYO DE GRANULOMETRIA INV E- 123

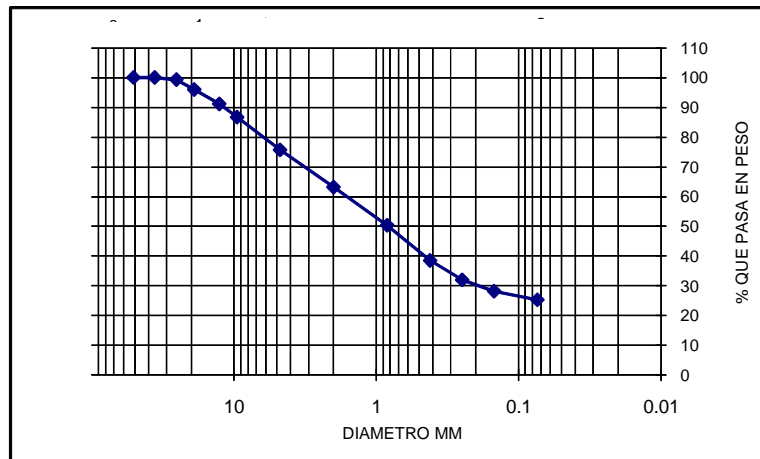
FECHA MARZO DE 2009 SONDEO 1
 PROYEC. ANALISIS DE SUELOS CON FIBRA SINTETICA TOXEMENT MUESTRA 1
 LOCALIZ. PIEDRECUESTA N.3 PROFUNDIDAD No se indico

PESO INICIAL DE LA MUE 3000

PESO DESPUES DE LAV 2280.0

PORCENTAJE DE ERRO 0.30

MALLA No	ABERTURA	PESO SUELO RETENIDO	PORCIENTO RETENIDO PARCIAL	% QUE PASA LA MALLA	MALLA No	ABERTURA	PESO SUELO RETENIDO	PORCIENTO RETENIDO PARCIAL	% QUE PASA LA MALLA
****	mm	gr	%	%	****	mm	gr	%	%
2"	50.8	0.0	0.0	100.0	10	2	734.4	24.5	62.55
1 1/2"	36.1	0.0	0.0	100.0	20	0.84	384.1	12.8	49.75
1"	25.4	0.0	0.0	100.0	40	0.42	355.4	11.8	37.90
3/4"	19.05	0.0	0.0	100.0	60	0.25	195.7	6.5	31.38
1/2"	12.7	25.4	0.8	99.2	100	0.149	113.6	3.8	27.59
3/8"	9.52	33.9	1.1	98.0	200	0.074	86.6	2.9	24.71
No 4	4.75	329.7	11.0	87.0	PASA 200	*****	732.1		
SUMA	*****	389.0	13.0		SUMA	*****	2601.9	62.3	
					TOTAL		2990.8900		



GRAVAS= 12.97 %
 ARENAS = 62.33 %
 FINOS= 24.71 %

CLASIFICACION SUCS: SM (ARENA LIMOSA)



**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
 LIMITES DE ATTERBERG INV E- 125-126**

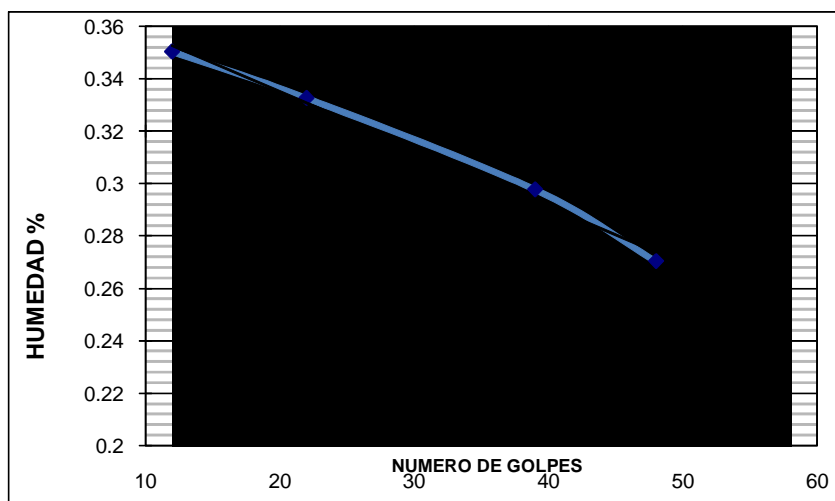
FECHA : MAYO DE 2009
 PROYECTO : ANALISIS DE SUELOS REFORZADOS FIBRA SITETICA TOXCEMENT
 LOCALIZACION: PIEDRECUESTA N.3

LIMITE LIQUIDO

CAPSULA	NUMERO DE	PESO	PESO TARA	PESO TARA	PESO DEL	PESO SUELO	CONTENIDO DE
No	GOLPES	TARA	SUELO HUMED	+ SUELO SECO	AGUA	SECO	AGUA
		gr	gr	gr	gr	gr	%
1	48	10.28	27.94	24.18	3.76	13.9	27.05%
2	39	10.28	24.05	20.89	3.16	10.61	29.78%
3	22	10.28	24.18	20.71	3.47	10.43	33.27%
4	12	10.28	30.9	25.55	5.35	15.27	35.04%

LIMITE PLASTICO

1	-	7.25	16.39	14.3	2.09	7.05	29.65%
2	-	6.91	12.37	11.13	1.24	4.22	29.38%
3	-	7.27	14.61	12.95	1.66	5.68	29.23%



LIMITE LIQUIDO : 33%
 LIM. PLASTICO : 29.42%
 IND. DE PLASTI. : 3%
 CLASIFICACION SUCS. : SM (Arena limosa de media a baja plasticidad)



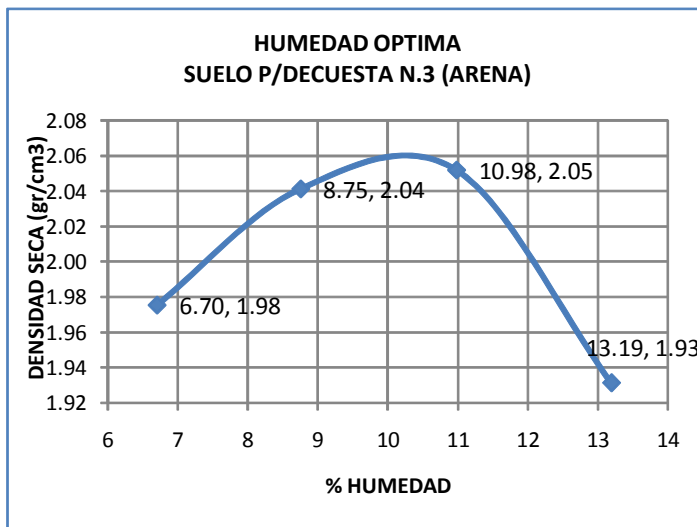
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS
PROCTOR MODIFICADO

SUELO: PIEDRECUESTA N.3 (ARENA)
METODO: PROCTOR MODIFICADO

VOLUMEN CILINDRO (cm3)	943.17
RADIO (cm)	5.05
ALTURA (cm)	11.56

PRUEBA #	1	2	3	4
# GOLPES	25	25	25	25
MUESTRA HUMEDA (gr)	3000	3000	3000	3000
MOLDE #	1	1	1	1
PESO MOLDE (gr)	4132	4132	4132	4132
MOLDE+MUESTRA COMPACTADA (gr)	6120	6226	6280	6194
# TARA	1	2	3	4
PESO TARA (gr)	8.18	9.05	10.8	9.06
W TARA+W HUMEDO (gr)	33.185	34.27	47.54	40.93
W TARA+W SECO (gr)	31.615	32.24	43.905	37.215
% DE HUMEDAD PROMEDIO	6.70	8.75	10.98	13.19
DENSIDAD HUMEDA (gr/cm ³)	2.108	2.220	2.277	2.186
DENSIDAD SECA (gr/cm ³)	1.98	2.04	2.05	1.93

HUMEDAD OPTIMA %	10.3
DENS SECA (gr/cm³)	2.1



Humedad	Densidad seca
6.70	1.98
8.75	2.04
10.98	2.05
13.19	1.93

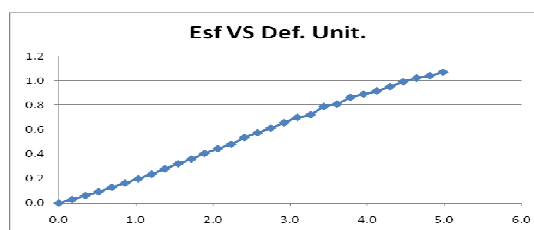


UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
COMPRESION SIMPLE
PROBETA MEDIANA

MUESTRA P/DECUESTA N.3 (ARENA)
FIBRA SIN FIBRA

DIMENSIONES CILINDRO

Díámetro superior (cm)	8.01
Díámetro central (cm)	7.96
Díámetro inferior (cm)	8.05
Altura (cm)	14.80
Área (cm²)	50.33
Volúmen (cm³)	744.86



Tiempo (min)	Carga (kg)	Def. (mm)	Def. Unitaria	1-Def. Uni	Ac(cm ²)	Esf. (kg/cm ²)	Def. Unit. (%)
0	0	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.25	1.5	0.254	0.002	0.998	50.415	0.030	0.172
0.5	3.1	0.508	0.003	0.997	50.502	0.061	0.343
0.75	4.7	0.762	0.005	0.995	50.589	0.093	0.515
1	6.5	1.016	0.007	0.993	50.676	0.128	0.686
1.25	8.3	1.270	0.009	0.991	50.764	0.164	0.858
1.5	10.1	1.524	0.010	0.990	50.852	0.199	1.030
1.75	12	1.778	0.012	0.988	50.940	0.236	1.201
2	14.2	2.032	0.014	0.986	51.029	0.278	1.373
2.25	16.4	2.286	0.015	0.985	51.118	0.321	1.545
2.5	18.4	2.540	0.017	0.983	51.207	0.359	1.716
2.75	20.8	2.794	0.019	0.981	51.297	0.405	1.888
3	22.8	3.048	0.021	0.979	51.387	0.444	2.059
3.25	24.7	3.302	0.022	0.978	51.477	0.480	2.231
3.5	27.6	3.556	0.024	0.976	51.567	0.535	2.403
3.75	29.6	3.810	0.026	0.974	51.658	0.573	2.574
4	31.7	4.064	0.027	0.973	51.749	0.613	2.746
4.25	34	4.318	0.029	0.971	51.841	0.656	2.918
4.5	36.3	4.572	0.031	0.969	51.933	0.699	3.089
4.75	37.5	4.826	0.033	0.967	52.025	0.721	3.261
5	41.1	5.080	0.034	0.966	52.117	0.789	3.432
5.25	42.2	5.334	0.036	0.964	52.210	0.808	3.604
5.5	45.1	5.588	0.038	0.962	52.303	0.862	3.776
5.75	46.6	5.842	0.039	0.961	52.397	0.889	3.947
6	48.1	6.096	0.041	0.959	52.490	0.916	4.119
6.25	50	6.350	0.043	0.957	52.584	0.951	4.291
6.5	52.2	6.604	0.045	0.955	52.679	0.991	4.462
6.75	53.9	6.858	0.046	0.954	52.774	1.021	4.634
7	55	7.112	0.048	0.952	52.869	1.040	4.805
7.25	56.6	7.366	0.050	0.950	52.964	1.069	4.977



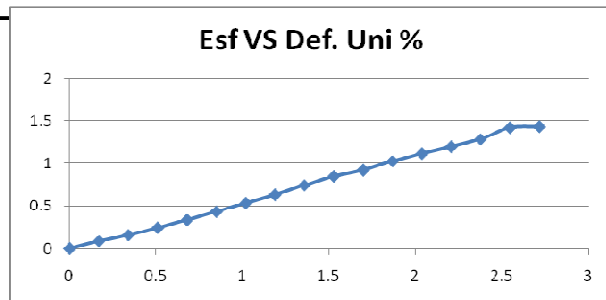
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
COMPRESION SIMPLE
PROBETA MEDIANA

MUESTRA P/DECUESTA N.3 (ARENA)

FIBRA 0.25%

DIMENSIONES CILINDRO

Diámetro superior (cm)	<u>7.97</u>
Diámetro central (cm)	<u>7.85</u>
Diámetro inferior (cm)	<u>8.02</u>
Altura (cm)	<u>14.97</u>
Área (cm²)	<u>49.45</u>
Volumen (cm³)	<u>740.30</u>



Tiempo (min)	Carga (kg)	Def. (mm)	Def. Unitaria	1-Def. Uni	Ac (cm ²)	Esf. (kg/cm ²)	Def. Unit. (%)
0	0	0	0	0	0	0	0
0.25	4.2	0.254	0.002	0.998	49.536	0.085	0.170
0.5	7.8	0.508	0.003	0.997	49.620	0.157	0.339
0.75	12.1	0.762	0.005	0.995	49.705	0.243	0.509
1	16.7	1.016	0.007	0.993	49.790	0.335	0.679
1.25	21.6	1.270	0.008	0.992	49.875	0.433	0.848
1.5	26.8	1.524	0.010	0.990	49.961	0.536	1.018
1.75	31.6	1.778	0.012	0.988	50.046	0.631	1.188
2	37.3	2.032	0.014	0.986	50.132	0.744	1.357
2.25	42.8	2.286	0.015	0.985	50.219	0.852	1.527
2.5	46.5	2.540	0.017	0.983	50.306	0.924	1.697
2.75	51.8	2.794	0.019	0.981	50.393	1.028	1.866
3	56.5	3.048	0.020	0.980	50.480	1.119	2.036
3.25	60.6	3.302	0.022	0.978	50.567	1.198	2.206
3.5	65.2	3.556	0.024	0.976	50.655	1.287	2.375
3.75	72.3	3.810	0.025	0.975	50.743	1.425	2.545
4	73	4.064	0.027	0.973	50.832	1.436	2.715



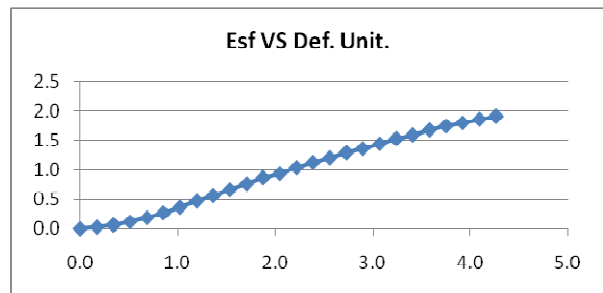
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
COMPRESION SIMPLE
PROBETA MEDIANA

MUESTRA P/DECUESTA N.3 (ARENA)

FIBRA 0.50%

DIMENSIONES CILINDRO

Diámetro superior (cm)	7.99
Diámetro central (cm)	7.99
Diametro inferior (cm)	8.00
Altura (cm)	14.90
Área (cm ²)	50.18
Volúmen (cm ³)	747.71



Tiempo (min)	Carga (kg)	Def. (cm)	Def. Unitaria	1-Def. Uni	Ac (cm ²)	Esf. (kg/cm ²)	Def. Unit. (%)
0.00	0.00	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
0.25	1.50	0.254	0.002	0.998	50.267	0.030	0.170
0.50	3.25	0.508	0.003	0.997	50.353	0.065	0.341
0.75	5.90	0.762	0.005	0.995	50.440	0.117	0.511
1.00	9.45	1.016	0.007	0.993	50.526	0.187	0.682
1.25	13.60	1.270	0.009	0.991	50.613	0.269	0.852
1.50	18.60	1.524	0.010	0.990	50.700	0.367	1.023
1.75	23.90	1.778	0.012	0.988	50.788	0.471	1.193
2.00	28.60	2.032	0.014	0.986	50.876	0.562	1.364
2.25	33.75	2.286	0.015	0.985	50.964	0.662	1.534
2.50	38.80	2.540	0.017	0.983	51.052	0.760	1.705
2.75	44.30	2.794	0.019	0.981	51.141	0.866	1.875
3.00	47.95	3.048	0.020	0.980	51.230	0.936	2.046
3.25	53.20	3.302	0.022	0.978	51.319	1.037	2.216
3.50	58.00	3.556	0.024	0.976	51.409	1.128	2.387
3.75	61.90	3.810	0.026	0.974	51.499	1.202	2.557
4.00	66.55	4.064	0.027	0.973	51.589	1.290	2.728
4.25	70.25	4.318	0.029	0.971	51.679	1.359	2.898
4.50	74.55	4.572	0.031	0.969	51.770	1.440	3.068
4.75	79.15	4.826	0.032	0.968	51.861	1.526	3.239
5.00	82.60	5.080	0.034	0.966	51.953	1.590	3.409
5.25	87.20	5.334	0.036	0.964	52.045	1.675	3.580
5.50	90.90	5.588	0.038	0.962	52.137	1.743	3.750
5.75	93.80	5.842	0.039	0.961	52.230	1.796	3.921
6.00	97.10	6.096	0.041	0.959	52.322	1.856	4.091
6.25	100.00	6.350	0.043	0.957	52.416	1.908	4.262



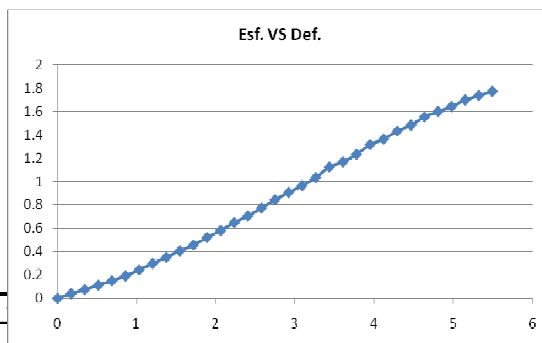
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
 COMPRESION SIMPLE
 PROBETA MEDIANA

MUESTRA P/DECUESTA N.3 (ARENA)

FIBRA 0.75%

DIMENSIONES CILINDRO

Diámetro superior (cm)	8
Diámetro central (cm)	7.90
Diámetro inferior (cm)	8.02
Altura (cm)	14.80
Área (cm ²)	49.76
Volúmen (cm ³)	736.51



Tiempo (min)	Carga (kg)	Def. (mm)	Def. Unitaria				
0	0	0	0				
0.25	2	0.254	0.002	0.998	49.850	0.040	0.172
0.5	3.7	0.508	0.003	0.997	49.935	0.074	0.343
0.75	5.6	0.762	0.005	0.995	50.022	0.112	0.515
1	7.5	1.016	0.007	0.993	50.108	0.150	0.686
1.25	9.6	1.270	0.009	0.991	50.195	0.191	0.858
1.5	12.2	1.524	0.010	0.990	50.282	0.243	1.030
1.75	15	1.778	0.012	0.988	50.369	0.298	1.201
2	17.7	2.032	0.014	0.986	50.457	0.351	1.373
2.25	20.5	2.286	0.015	0.985	50.545	0.406	1.545
2.5	23.1	2.540	0.017	0.983	50.633	0.456	1.716
2.75	26.4	2.794	0.019	0.981	50.722	0.520	1.888
3	29.4	3.048	0.021	0.979	50.811	0.579	2.059
3.25	32.9	3.302	0.022	0.978	50.900	0.646	2.231
3.5	35.9	3.556	0.024	0.976	50.989	0.704	2.403
3.75	39.4	3.810	0.026	0.974	51.079	0.771	2.574
4	43.1	4.064	0.027	0.973	51.169	0.842	2.746
4.25	46.4	4.318	0.029	0.971	51.260	0.905	2.918
4.5	49.5	4.572	0.031	0.969	51.350	0.964	3.089
4.75	53.1	4.826	0.033	0.967	51.441	1.032	3.261
5	57.8	5.080	0.034	0.966	51.533	1.122	3.432
5.25	60.2	5.334	0.036	0.964	51.625	1.166	3.604
5.5	63.7	5.588	0.038	0.962	51.717	1.232	3.776
5.75	68.1	5.842	0.039	0.961	51.809	1.314	3.947
6	70.7	6.096	0.041	0.959	51.902	1.362	4.119
6.25	74.4	6.350	0.043	0.957	51.995	1.431	4.291
6.5	77.1	6.604	0.045	0.955	52.088	1.480	4.462
6.75	80.9	6.858	0.046	0.954	52.182	1.550	4.634
7	83.5	7.112	0.048	0.952	52.276	1.597	4.805
7.25	85.9	7.366	0.050	0.950	52.371	1.640	4.977
7.5	89	7.620	0.051	0.949	52.465	1.696	5.149
7.75	91.2	7.874	0.053	0.947	52.560	1.735	5.320
8	93.2	8.128	0.055	0.945	52.656	1.770	5.492

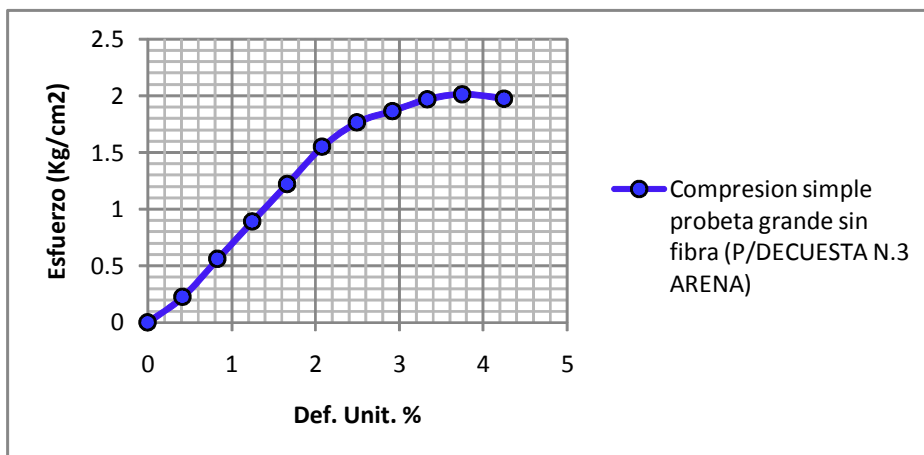
PROBETA GRANDE SIN FIBRA



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
 COMPRESION SIMPLE

MUESTRA	P/DECUESTA N.3 (ARENA)	
FIBRA	SIN FIBRA	
DIMENSIONES CILINDRO		
Diámetro superior (cm)	15	
Diámetro central (cm)	15	
Diametro inferior (cm)	15	
Altura (cm)	30.00	300
Área (cm ²)	176.71	
Volúmen (cm ³)	5301.44	

Tiempo (min)	Carga (kg)	Def. (mm)	Def. Unitaria	1º-Def.uni	Ac(cm ²)	Esf. (kg/cm ²)	Def. Unit. (%)
0	0	0	0	0	0	0	0
0.25	40	1.25	0.0042	0.9958	177.45	0.225	0.417
0.5	100	2.50	0.0083	0.9917	178.20	0.561	0.833
0.75	160	3.75	0.0125	0.9875	178.95	0.894	1.250
1	220	5.00	0.0167	0.9833	179.71	1.224	1.667
1.25	280	6.25	0.0208	0.9792	180.47	1.551	2.083
1.5	320	7.50	0.0250	0.9750	181.25	1.766	2.500
1.75	340	8.75	0.0292	0.9708	182.02	1.868	2.917
2	360	10.00	0.0333	0.9667	182.81	1.969	3.333
2.25	370	11.25	0.0375	0.9625	183.60	2.015	3.750
2.5	365	12.75	0.0425	0.9575	184.56	1.978	4.250



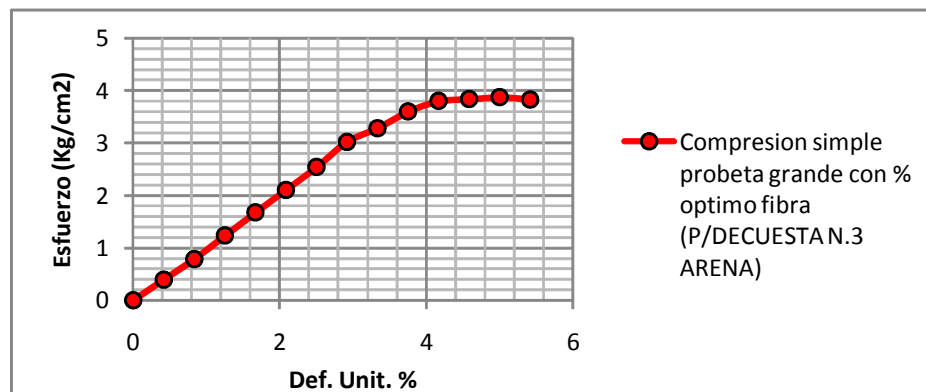
PROBETA GRANDE CON % OPTIMO FIBRA



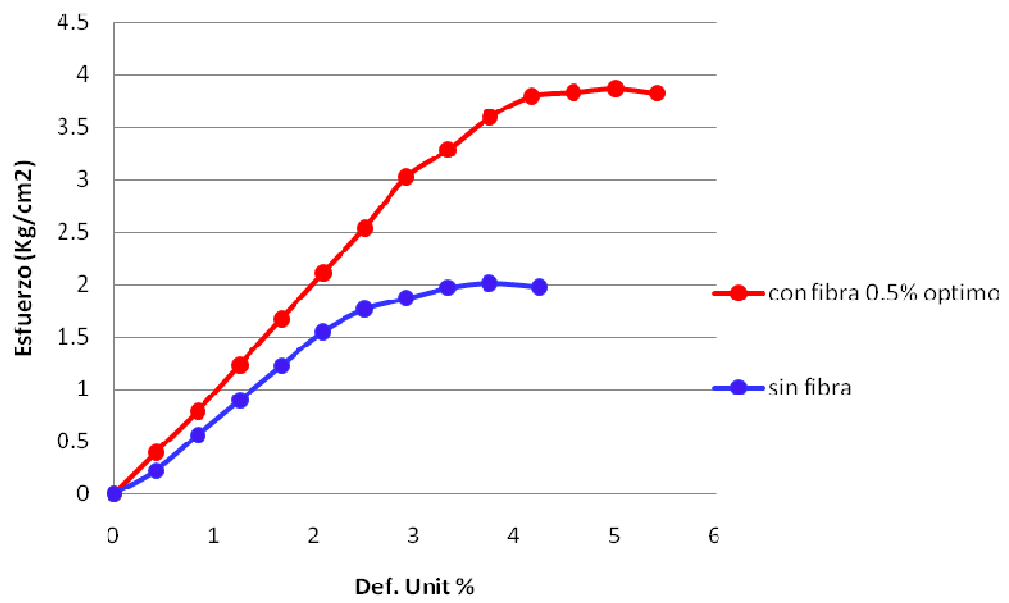
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
 COMPRESION SIMPLE

MUESTRA	P/DECUESTA N.3 (ARENA)	
FIBRA	0.5% (OPTIMO)	
DIMENSIONES CILINDRO		
Diámetro superior (cm)	15	
Diámetro central (cm)	15	
Diametro inferior (cm)	15	
Altura (cm)	30.00	300
Área (cm ²)	176.71	
Volúmen (cm ³)	5301.44	

Tiempo (min)	Carga (kg)	Def. (mm)	Def. Unitaria	1º-Def.uni	Ac(cm ²)	Esf. (kg/cm ²)	Def. Unit. (%)
0	0	0	0	0	0	0	0
0.25	70	1.25	0.0042	0.9958	177.45	0.394	0.417
0.5	140	2.50	0.0083	0.9917	178.20	0.786	0.833
0.75	220	3.75	0.0125	0.9875	178.95	1.229	1.250
1	300	5.00	0.0167	0.9833	179.71	1.669	1.667
1.25	380	6.25	0.0208	0.9792	180.47	2.106	2.083
1.5	460	7.50	0.0250	0.9750	181.25	2.538	2.500
1.75	550	8.75	0.0292	0.9708	182.02	3.022	2.917
2	600	10.00	0.0333	0.9667	182.81	3.282	3.333
2.25	660	11.25	0.0375	0.9625	183.60	3.595	3.750
2.5	700	12.50	0.0417	0.9583	184.40	3.796	4.167
2.75	710	13.75	0.0458	0.9542	185.20	3.834	4.583
3	720	15.00	0.0500	0.9500	186.02	3.871	5.000
3.25	715	16.25	0.0542	0.9458	186.83	3.827	5.417



COMPRESION SIMPLE PROBETA GRANDE SUELO P/DECUESTA N.3
(ARENA)

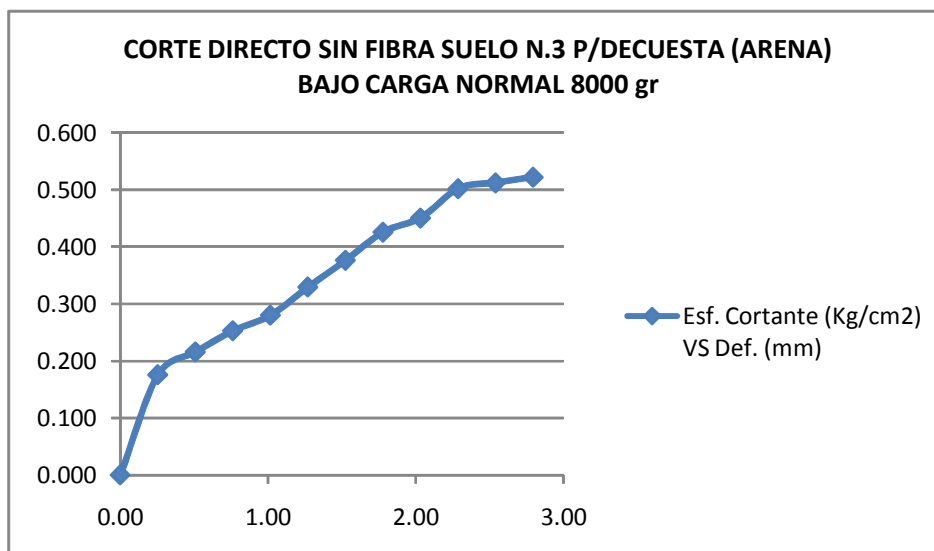




UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
 ENSAYO DE CORTE DIRECTO

MUESTRA	P/DECUESTA N.3 (ARENA)
FIBRA	SIN FIBRA
CARGA NORMAL(gr)	8000
DIAMETRO (cm)	6.160
AREA PROBETA(cm)	29.802

Lectura de carga	P (Kg)	Deformacion Horizontal (0,001In)	Deformacion Horizontal (mm)	Esfuerzo cortante
0	0.000	0.0	0.00	0.000
36.9	5.237	10	0.25	0.176
45	6.430	20	0.51	0.216
52.5	7.534	30	0.76	0.253
58	8.344	40	1.02	0.280
68	9.816	50	1.27	0.329
77.5	11.215	60	1.52	0.376
87.5	12.688	70	1.78	0.426
92.5	13.424	80	2.03	0.450
102.9	14.955	90	2.29	0.502
105	15.264	100	2.54	0.512
107	15.559	110	2.79	0.522

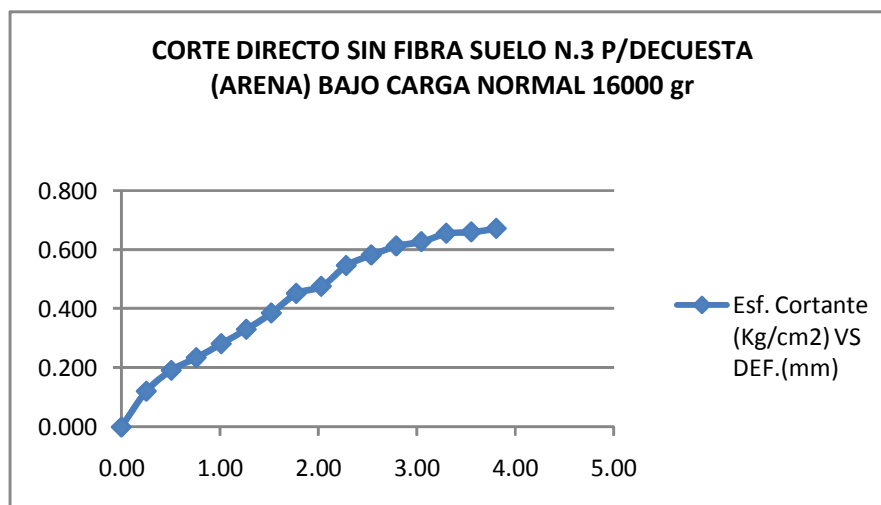




UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
ENSAYO DE CORTE DIRECTO

MUESTRA	P/DECUESTA N.3 (ARENA)
FIBRA	SIN FIBRA
CARGA NORMAL(gr)	16000
DIAMETRO (cm)	6.300
AREA PROBETA (cm)	31.172

Lectura de carga	P (Kg)	Deformacion Horizontal (0,001In)	Deformacion Horizontal (mm)	Esfuerzo Cortante
0	0.000	0	0.00	0.000
27	3.779	10	0.25	0.121
41.9	5.973	20	0.51	0.192
51	7.313	30	0.76	0.235
61	8.786	40	1.02	0.282
71.3	10.302	50	1.27	0.330
83	12.025	60	1.52	0.386
97	14.086	70	1.78	0.452
102.1	14.837	80	2.03	0.476
117	17.031	90	2.29	0.546
124.5	18.136	100	2.54	0.582
131	19.09	110	2.79	0.612
134	19.53	120	3.05	0.627
140	20.42	130	3.30	0.655
141	20.57	140	3.56	0.660
143.5	20.93	150	3.81	0.672

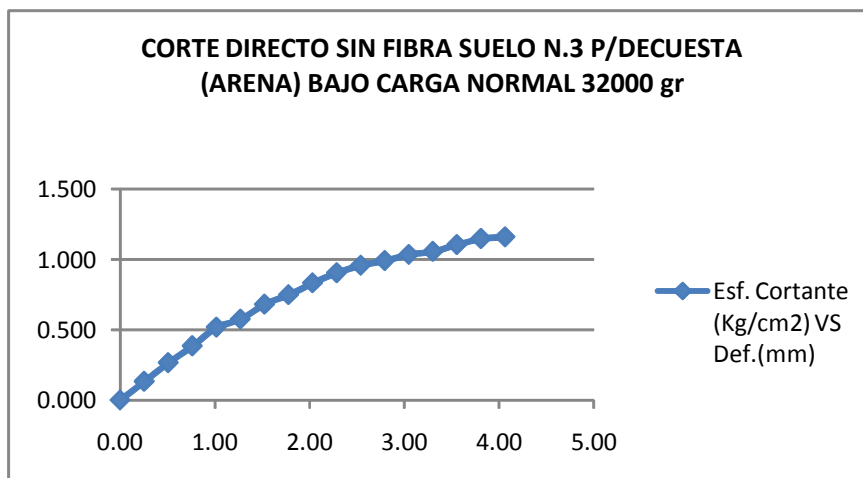




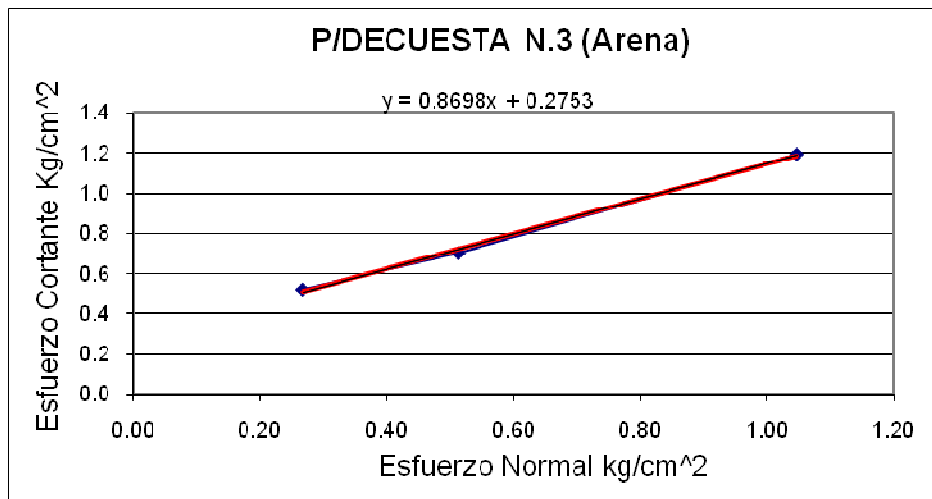
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
ENSAYO DE CORTE DIRECTO

MUESTRA	P/DECUESTA N.3 (ARENA)
FIBRA	SIN FIBRA
CARGA NORMAL(gr)	32000
DIAMETRO (cm)	6.240
AREA PROBETA (cm)	30.582

Lectura de carga	P (Kg)	Deformacion Horizontal (0,001In)	Deformacion Horizontal (mm)	Esfuerzo Cortante
0	0.00	0	0.00	0.000
29	4.07	10	0.25	0.133
56.5	8.12	20	0.51	0.266
81.3	11.77	30	0.76	0.385
109	15.85	40	1.02	0.518
121	17.62	50	1.27	0.576
143	20.86	60	1.52	0.682
157	22.92	70	1.78	0.750
174.5	25.50	80	2.03	0.834
189.5	27.71	90	2.29	0.906
200.5	29.33	100	2.54	0.959
207.4	30.34	110	2.79	0.992
216.5	31.68	120	3.05	1.036
221	32.34	130	3.30	1.058
231	33.82	140	3.56	1.106
240	35.14	150	3.81	1.149
242.5	35.51	160	4.064	1.161



T	σ
0.522	0.27
0.702	0.51
1.192	1.05

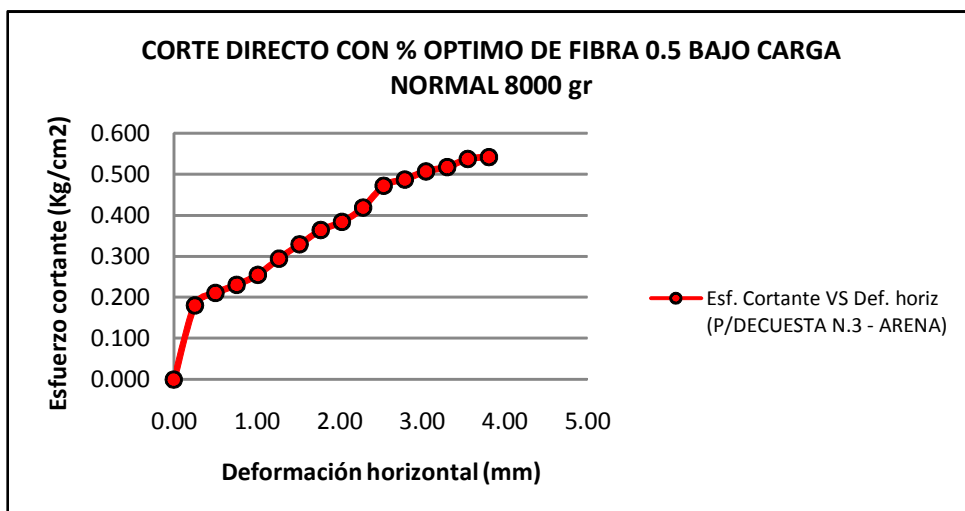




UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
ENSAYO DE CORTE DIRECTO

MUESTRA	P/DECUESTA N.3 (ARENA)
FIBRA	0.5% OPTIMO
CARGA NORMAL(gr)	8000
DIAMETRO (cm)	6.160
AREA PROBETA(cm)	29.802

Lectura de carga	P (Kg)	Deformacion Horizontal (0,001In)	Deformacion Horizontal (mm)	Esfuerzo cortante
0	0.000	0.0	0.00	0.000
38	5.399	10	0.25	0.181
44	6.282	20	0.51	0.211
48	6.871	30	0.76	0.231
53	7.608	40	1.02	0.255
61	8.786	50	1.27	0.295
68	9.816	60	1.52	0.329
75	10.847	70	1.78	0.364
79	11.436	80	2.03	0.384
86	12.467	90	2.29	0.418
97	14.086	100	2.54	0.473
100	14.528	110	2.79	0.487
104	15.117	120	3.05	0.507
106	15.412	130	3.30	0.517
110	16.001	140	3.56	0.537
111	16.148	150	3.81	0.542

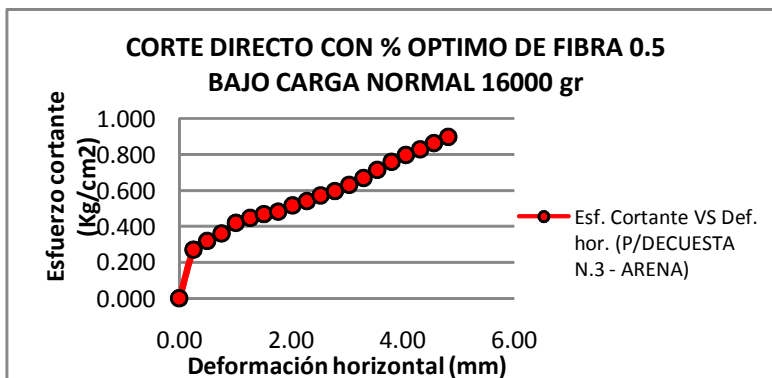




UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
ENSAYO DE CORTE DIRECTO

MUESTRA	P/DECUESTA N.3 (ARENA)
FIBRA	0.5% OPTIMO
CARGA NORMAL(gr)	16000
DIAMETRO (cm)	6.300
AREA PROBETA (cm)	31.172

Lectura de carga	P (Kg)	Deformacion Horizontal (0,001In)	Deformacion Horizontal (mm)	Esfuerzo Cortante
0	0.000	0	0.00	0.000
56	8.049	10	0.25	0.270
66	9.522	20	0.51	0.319
74	10.700	30	0.76	0.359
86	12.467	40	1.02	0.418
92	13.350	50	1.27	0.448
96	13.939	60	1.52	0.468
99	14.381	70	1.78	0.483
106	15.412	80	2.03	0.517
111	16.148	90	2.29	0.542
117	17.031	100	2.54	0.571
122	17.77	110	2.79	0.596
129	18.80	120	3.05	0.631
137	19.98	130	3.30	0.670
146	21.30	140	3.56	0.715
155	22.63	150	3.81	0.759
163	23.80	160	4.064	0.799
169	24.69	170	4.318	0.828
176	25.72	180	4.572	0.863
183	26.75	190	4.826	0.898

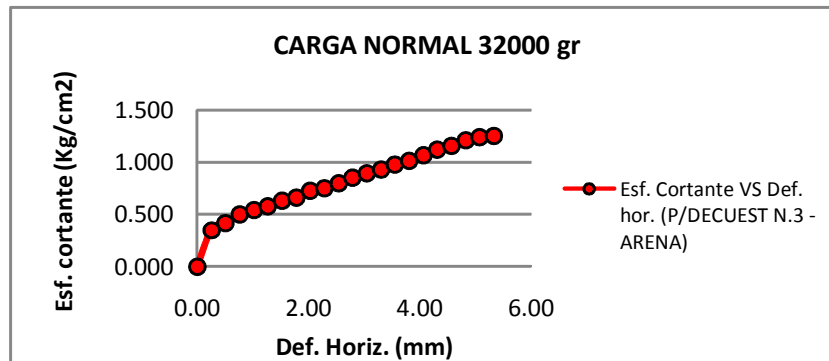




UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
ENSAYO DE CORTE DIRECTO

MUESTRA	<u>3/DECUESTA N.3 (ARENA)</u>
FIBRA	<u>0.5% OPTIMO</u>
CARGA NORMAL(gr)	<u>32000</u>
DIAMETRO (cm)	<u>6.240</u>
AREA PROBETA (cm)	<u>30.582</u>

Lectura de carga	P (Kg)	Deformacion Horizontal (0,001In)	Deformacion Horizontal (mm)	Esfuerzo Cortante
0	0.00	0	0.00	0.000
72	10.41	10	0.25	0.349
86	12.47	20	0.51	0.418
103	14.97	30	0.76	0.502
111	16.15	40	1.02	0.542
119	17.33	50	1.27	0.581
129	18.80	60	1.52	0.631
136	19.83	70	1.78	0.665
149	21.74	80	2.03	0.730
153	22.33	90	2.29	0.749
163	23.80	100	2.54	0.799
174	25.42	110	2.79	0.853
183	26.75	120	3.05	0.898
190	27.78	130	3.30	0.932
199	29.11	140	3.56	0.977
207	30.28	150	3.81	1.016
217	31.76	160	4.064	1.066
228	33.38	170	4.32	1.120
236	34.55	180	4.57	1.159
246	36.03	190	4.83	1.209
252	36.91	200	5.08	1.238
255	37.35	210	5.33	1.253

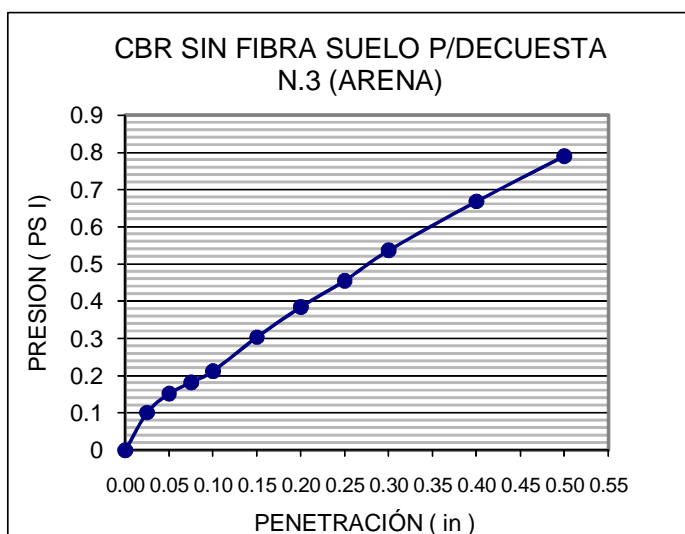




UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
ENSAYO DE CBR

OBRA: PROYECTO DE GRADO
MUESTRA: P/DECUESTA N.3 (ARENA)
FIBRA: SIN FIBRA

MOLDE No	15		
No DE GOLPES	55 golpes		
DIAS DE INMERSION	4		
PENETRACION EN PLG	LEC.	CARGA	PRESION
0.000	0	0	0
0.025	10	0.01	0.1013
0.050	15	0.015	0.1519
0.075	18	0.018	0.1823
0.100	21	0.021	0.2126
0.150	30	0.03	0.3038
0.200	38	0.038	0.3848
0.250	45	0.045	0.4556
0.300	53	0.053	0.5366
0.400	66	0.066	0.6683
0.500	78	0.078	0.7898
CBR A 0.1"	21.26		
CBR A 0.2"	25.65		





UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
ENSAYO DE CBR

OBRA: PROYECTO DE GRADO
MUESTRA: P/DECUESTA N.3 (ARENA)
FIBRA: CON % OPTIMO 0.5

MOLDE No	15		
No DE GOLPES	55 golpes		
DIAS DE INMERSION	4		
PENETRACION EN PLG	LEC.	CARGA	PRESION
0.000	0	0	0
0.025	13	0.013	0.1316
0.050	21	0.021	0.2126
0.075	26	0.026	0.2633
0.100	29	0.029	0.2936
0.150	35	0.035	0.3544
0.200	42	0.042	0.4253
0.250	49	0.049	0.4961
0.300	55	0.055	0.5569
0.400	67	0.067	0.6784
0.500	80	0.080	0.8100
CBR A 0.1"	29.36		
CBR A 0.2"	28.35		

