

**ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DEL USO DE FIBRAS DE NYLON PARA EL
REFUERZO DE SUELOS**

**JOSE FELIX CACERES REYES
GONZALO JOSE LEON FRANCO**

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICOMECANICAS
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
BUCARAMANGA
2008**

**ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DEL USO DE FIBRAS DE NYLON PARA EL
REFUERZO DE SUELOS**

**JOSE FELIX CACERES REYES
GONZALO JOSE LEON FRANCO**

Trabajo de grado para optar por el título de
Ingeniero Civil

Director
WILFREDO DEL TORO RODRIGUEZ
Ingeniero Civil, M. Sc.

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERIAS FISICOMECANICAS
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
BUCARAMANGA
2008**

*Dedico primero mi trabajo a Dios,
A la Virgen de Belén, patrona de Salazar,
Por brindarme durante
Este tiempo la luz y la fortaleza
En busca de este sueño.*

*A mis padres por su sacrificio, esfuerzo
Y ejemplo de vida, por darme
Su apoyo incondicional, su amor
Y sus oraciones a Dios,
Vitales para la culminación
Con éxito este objetivo.*

*A mis hermanas, sobrinos, cuñados,
Familiares, a mi novia Johana,
Amigos y compañeros*

*Por su valiosa colaboración
Y compañía, testigos fieles
De mis sacrificios y esfuerzos.*

Muchas gracias a todos

JOSE FELIX

*A Dios por ser la luz de mi camino y permitirme llevar a buen termino
esta etapa de mi vida*

*A mi papa que esta en el cielo guiandome en cada uno de mis pasos, a
mi mama por todo el sacrificio y esfuerzo por sacarnos adelante y a
ambos por su ejemplo*

A mi hermana por estar en las buenas y en las malas

*A Andreita por apoyarme y acompañarme en esta etapa de la
universidad y afrontar junto a mí cada uno de los retos que se nos
presentaron*

Y a todos mis amigos por estar conmigo y compartir todo este tiempo.

Gonzalo León

AC ITOS

A nuestras familias que siempre nos brindaron su apoyo y colaboración, durante el proceso de nuestra formación profesional.

Al Ingeniero Wilfredo del Toro, director del proyecto, por acompañar, guiar y facilitar la ejecución de este.

A los profesores de la Escuela de Ingeniería Civil por su valioso aporte a la formación profesional de cada uno de nosotros.

A los Técnicos del laboratorio, Jairo Hernández y German Hernández, al profesor Miguel Antonio Agudelo por su amplia colaboración y ayuda durante el proceso investigativo del proyecto.

A la ayuda de múltiples personas que quisiéramos mencionar una a una, familiares, amigos, compañeros y conocidos quienes con su apoyo físico y moral fueron de vital importancia en el transcurrir de nuestra vida universitaria, muchas gracias por su apoyo.

En fin, a todas las personas que nos acompañaron de alguna u otra manera en la realización y materialización de este proyecto a todos muchas gracias.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCION.....	17
OBJETIVO GENERAL.....	19
OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	20
1. MARCO TEORICO.....	21
1.1 NATURALEZA Y ORIGEN DE LOS SUELOS	21
1.2 GENERALIDADES DE LOS SUELOS	21
1.3 TIPOS DE SUELO	22
1.4 IDENTIFICACION Y CLASIFICACION DE LOS SUELOS.....	22
1.4.1 Tamaño	23
1.4.2 Gradación	24
2. CARACTERIZACION Y CLASIFICACION DE LOS SUELOS UTILIZADOS	26
2.1 CONSISTENCIA Y LÍMITES DE ATTERBERG	26
2.1.1 Limite Líquido	26
2.1.2 Limite Plástico	27
2.1.3 Índice de Plasticidad	27
2.2 DESCRIPCION DE LOS SUELOS EMPLEADOS	27
2.2.1 Suelo de Lebrija	28
2.2.2 Suelo de Piedecuesta	28
2.2.3 Suelo de Floridablanca.....	28
3. DESCRIPCIÓN DE LAS FIBRAS UTILIZADAS EN EL PROYECTO.....	29
3.1 GENERALIDADES DEL NYLON.....	29
3.2 MEZCLADO DE LA FIBRA DE NYLON.....	30
4. INVESTIGACION REALIZADA	31
4.1 PARAMETROS DE RESISTENCIA DE LOS SUELOS SIN FIBRA	31
4.2 ENSAYOS DE COMPACTACIÓN DE SUELOS	31
4.2.1 Energía de Compactación	32
4.3 ENSAYO DE COMPATACION HARVARD MINIATURA (A.S.T.M.D.689 – 70)..	33
4.4 ENSAYO DE COMPRESION SIMPLE.....	34
5. DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE EN PESO Y LONGITUD ÓPTIMAS DE NYLON.....	38
6. COMPORTAMIENTO DE LOS SUELOS CON ADICIÓN DE FIBRA	53
6.1 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SMPLE	53
6.2 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE UTILIZANDO LAS PROBETAS GRANDES	53
7. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS DE COMPRESIÓN SIMPLE SOBRE LAS MUESTRAS DE SUELO SIN NYLON Y ADICIONADAS CON NYLON ..	57

8. ANÁLISIS ECONOMICO	61
CONCLUSIONES	65
RECOMENDACIONES	67
BIBLIOGRAFIA	68

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Resumen de la caracterización y clasificación de los suelos utilizados.	28
Tabla 2. Propiedades Físicas y Mecánicas del Nylon.	30
Tabla 3. Energía de Compactación De los ensayos Proctor Normal y Modificado.	32
Tabla 4. Resultados obtenidos de las Probetas sin adición de Nylon.	36
Tabla 5. Resultados obtenido de las probetas Harvard Miniatura a Compresión Simple con diferentes longitudes y porcentajes en peso.	39
Tabla 6. Longitudes y porcentajes óptimos para cada uno de los suelos.	53
Tabla 7. Resultados de Compresión Simple con las longitudes y porcentajes óptimos para cada suelo y cada tamaño de probeta.	55
Tabla 8. Comparación de las Probetas con adición y sin adición de Nylon.	58
Tabla 9. Análisis económico con Nylon Comercial IMPAR.	61
Tabla 10. Análisis económico con Nylon Reciclado ACERCAR.	62
Tabla 11. Comparación de precios por m ³	63

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Tamices ordenados y usados en el Ensayo de Granulometría.....	23
Figura 2. Equipo de Compactación, Harvard Miniatura.....	33
Figura 3. Máquina Universal Utilizada.....	35
Figura 4. Probeta Grande sin adición de Nylon fallada a Compresión Simple.....	36
Figura 5. Gráfica comparativa de la resistencia de cada suelo para cada tamaño de probeta sin adición de Nylon.	37
Figura 6. Probeta Harvard Miniatura reforzadas con Nylon antes de fallar.....	38
Figura 7. Probetas Harvard Miniatura reforzadas con Nylon después de fallar.	39
Figura 8. Grafica comparativa entre refuerzos obtenidos en Compresión Simple Harvard, Suelo: Lebrija, refuerzo: Nylon 1cm.....	40
Figura 9. Grafica comparativa entre refuerzos obtenidos en Compresión Simple Harvard, Suelo: Lebrija, Refuerzo: Nylon 1.5cm	41
Figura 10. Grafica comparativa entre refuerzos obtenidos en Compresión Simple Harvard, Suelo: Lebrija, Refuerzo: Nylon 2cm	42
Figura 11. Grafica comparativa entre refuerzos obtenidos en Compresión Simple Harvard, Suelo: P/cuesta, Refuerzo: Nylon 1cm.....	43
Figura 12. Grafica comparativa entre refuerzos obtenidos en Compresión Simple Harvard, Suelo: P/cuesta, Refuerzo: Nylon 1.5cm.....	44
Figura 13. Grafica comparativa entre refuerzos obtenidos en Compresión Simple Harvard, Suelo: P/cuesta, Refuerzo: Nylon 2cm.....	45
Figura 14. Grafica comparativa entre refuerzos obtenidos en Compresión Simple Harvard, Suelo: Florida, Refuerzo: Nylon 1cm.....	46
Figura 15. Grafica comparativa entre refuerzos obtenidos en Compresión Simple Harvard, Suelo: Florida, Refuerzo: Nylon 1cm.....	47
Figura 16. Grafica comparativa entre refuerzos obtenidos en Compresión Simple Harvard, Suelo: Florida, Refuerzo: Nylon 1cm.....	48
Figura 17. Esfuerzos máximos para cada una de las longitudes de fibra, Suelo: Lebrija, Tamaño: Harvard.....	49
Figura 18. Esfuerzos máximos para cada una de las longitudes de fibra, Suelo: P/cuesta, Tamaño: Harvard	50
Figura 19. Esfuerzos máximos para cada una de las longitudes de fibra, Suelo: Florida, Tamaño: Harvard	51

Figura 20. Mezcla del suelo con el Nylon, Probeta Grande antes de fallar y Probeta fallada.....	54
Figura 21. Tamizado de suelo por el Tamiz N° 4, para realizar las Probetas.	55
Figura 22. Gráfica comparativa de la resistencia de cada suelo para cada tamaño de probeta con adición de Nylon.....	56
Figura 23. Gráfica comparativa para el suelo de Lebrija sin y con adición de Nylon. ...	58
Figura 24. Gráfica comparativa para el suelo de Piedecuesta sin y con adición de Nylon.	59
Figura 25. Gráfica comparativa para el suelo de Floridablanca sin y con adición de Nylon.	59

LISTA DE ANEXOS

ANEXO A. ENSAYOS Y ESTUDIOS REALIZADOS PARA EL SUELO LEBRIJA.....	70
ANEXO B. ENSAYOS Y ESTUDIOS REALIZADOS PARA EL SUELO PIEDECUESTA.	98
ANEXO C. ENSAYOS Y ESTUDIOS REALIZADOS PARA EL SUELO FLORIDABLANCA	123

RESUMEN

TITULO

ESTUDIO DE FACTIBILIDAD DEL USO DE FIBRAS DE NYLON PARA EL REFUERZO DE SUELOS.*

AUTORES

JOSE FELIX CACERES REYES
GONZALO JOSE LEON FRANCO**

PALABRAS CLAVE

Suelos, Propiedades, Nylon, Resistencia, Compresión, Esfuerzo, Deformación.

DESCRIPCIÓN

En la concepción de este proyecto, el principal factor para su realización fue la de usar alternativas diferentes a las convencionales que nos puedan proporcionar un mejoramiento de las propiedades mecánicas de los suelos, en especial, la resistencia a compresión de cada una de las muestras, esperando un incremento considerable con la adición de este tipo de fibras.

En este caso debido a que los materiales geotextiles y geosinteticos, usados con mucha frecuencia en la estabilización de suelos, son fabricados con materiales en donde el Nylon tiene una vinculación directa, vimos la oportunidad de investigar y analizar si este material sintético en monofilamentos podría mejorar la capacidad y la resistencia de los suelos sometidos a una fuerza de compresión, observando las tendencias de la relación de esfuerzo-deformación.

Para esto fue necesario la realización de ensayos habituales en el estudio de los suelos como: Granulometría, Límites de Atterberg, Compactación y Compresión Simple, en donde logramos la caracterización de las muestras permitiéndonos realizar una evaluación de los resultados obtenidos.

Es por eso que en este proyecto se presenta un estudio explícito del comportamiento de estas fibras en muestras de suelos de la región, con el fin de observar la viabilidad del uso de estas y ver la importancia que tienen los suelos como base de cualquier construcción civil.

* Trabajo de Grado.

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

SUMMARY

TITLE

FEASIBILITY STUDY OF THE NYLON FIBER USE FOR THE GROUND REINFORCEMENT.*

AUTHORS

JOSE FELIX CACERES REYES
GONZALO JOSE LEON FRANCO**

KEY WORDS

Grounds, Properties, Nylon, Resistance, Compression, Effort, Deformation.

ABSTRACT

In the conception of this project, the main factor for its accomplishment was the one to use alternative different from conventional that an improvement of the mechanical properties of grounds can provide us, in special, the resistance to compression of each one of the samples, hoping considerable increase with the addition of this type of fibers.

In this case because the geotextile and geosintetic materials, used very frequently in the ground stabilization, are made with materials in where Nylon has a direct entailment, we saw the opportunity investigate and analyze if this synthetic material in monofilaments could improve the capacity and the resistance of grounds put under a compression force, observing the tendencies of the effort-deformation relation.

For this the accomplishment of habitual tests in the study of grounds was necessary like: Granulometry, Limits of Atterberg, Compaction and Simple Compression, in where we managed the characterization of the samples allowing us to make an evaluation of the obtained results.

It is why in this project an explicit study of the behavior of these fibers in ground samples of the region appears, with the purpose of observing the viability of the use of these and seeing the importance that the grounds have as it bases of any civil construction.

* Degree Project.

** Physical – Mechanical Engineerings Faculty. Civil Engineering. Director: Wilfredo del Toro Rodríguez.

INTRODUCCION

En la actualidad podemos observar que los procesos naturales y antrópicos han provocado una desintegración y una descomposición continua de nuestra corteza terrestre.

Como consecuencia de lo anterior, gran parte de la superficie de la tierra, está cubierta por una acumulación de materiales sin cementación o muy poco cementados, en base a esto, el ingeniero se ha visto en la necesidad de optimizar y mejorar las propiedades geomecánicas de los suelos.

En los últimos años se han desarrollado diferentes técnicas para reforzar suelos con fibras sintéticas y naturales, con el mismo objetivo, mejorar la estabilidad y el comportamiento de las estructuras en las cuales el suelo cumple como función de soporte.

Por lo tanto es de suma importancia para el Ingeniero Civil buscar e investigar nuevas alternativas para el refuerzo de los suelos, con materiales accequibles, de uso sencillo y bajo costo.

Las ventajas de un suelo con mayor capacidad y mejores propiedades mecánicas significaría un gran avance en el uso de los mismos para nuestras obras de ingeniería, debido principalmente como afirmamos anteriormente a los menores costos que representa este tipo de estabilización frente a otras alternativas más drásticas, como es el uso de geosintéticos, agentes químicos o en último caso la utilización de otro material diferente al suelo natural que pudiera llegar a causar un daño de tipo ambiental a nuestro ecosistema.

El material que se ha seleccionado para trabajar en este proyecto consiste en hilos de alta tenacidad Nylon 6.6, el cual es un polímero sintético que pertenece al grupo de las poliamidas.

Este estudio pretende ayudar a mejorar el más antiguo e importante material utilizado por la humanidad, *el suelo*.

Este proyecto consta de 8 capítulos. En el capítulo 1 tenemos el marco teórico, en donde se mencionan la naturaleza, el origen, las generalidades y tipos de suelos su identificación y clasificación.

En el capítulo 2, nos metemos de lleno en los ensayos utilizados para la clasificación de los suelos de la investigación según el Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS).

En el capítulo 3, se proporciona la información y descripción de las fibras de Nylon utilizadas en el proyecto.

En el capítulo 4, exponemos la investigación realizada con los respectivos parámetros y procedimientos utilizados, como el tipo y energía de compactación usados para cada uno de los tamaños de las probetas.

En el capítulo 5, se hace el estudio para obtener el porcentaje y longitud óptimas de Nylon que se adicionarán al suelo para tratar de mejorar sus propiedades mecánicas.

En el capítulo 6, ya observamos el comportamiento de cada uno de los suelos con la respectiva adición óptima de Nylon.

Para el capítulo 7, realizamos la comparación y el análisis de los resultados que se han obtenido sobre las muestras de suelo.

Y finalmente, en capítulo 8, se presenta el análisis económico observando la viabilidad monetaria para el uso de estas fibras de Nylon.

OBJETIVO GENERAL

Determinar la factibilidad del uso de fibras de Nylon para el refuerzo de suelos desde el punto de vista del mejoramiento de las características mecánicas del suelo.

OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Encontrar las propiedades mecánicas de los suelos sin refuerzo de fibras de Nylon.
- Establecer tamaño, longitud y cantidad de fibras de Nylon para mejorar las condiciones mecánicas del suelo y lograr un óptimo resultado.
- Determinar las propiedades mecánicas del suelo reforzado con las fibras de Nylon.
- Realizar un análisis comparativo de los resultados obtenidos y establecer si el material utilizado mejora las propiedades mecánicas del suelo.

1. MARCO TEORICO

1.1 NATURALEZA Y ORIGEN DE LOS SUELOS

A grandes rasgos, el globo terrestre está conformado, por un núcleo formado por compuestos de hierro y níquel, por un manto fluido que recubre el núcleo, la corteza terrestre que se encuentra envolviendo al manto y finalmente existe una pequeña capa que forma parte de la corteza terrestre, esta pequeña capa es el suelo. Los suelos son conjuntos de partículas minerales, producto de la desintegración mecánica y de la descomposición química de las rocas existentes. El conjunto de partículas posee una organización definida y propiedades que varían de una forma “vectorial”.

La inmensa diversidad de tipos de suelos es el resultado de un concurso de causas que excede todo poder de descripción detallada. Sin embargo se puede decir que se presentan principalmente dos agentes generadores de suelos que son el aire y el agua, estos agentes actúan de diversas maneras ocasionando cambios químicos y mecánicos en las rocas, que se acentúan aún más si se ven afectados por cambios de temperaturas.

1.2 GENERALIDADES DE LOS SUELOS

Los suelos en su mayoría son una acumulación heterogénea de partículas minerales no cementadas. Claro esta, que el termino “suelo” o “tierra” tal como se usa en los términos ingenieriles, incluye todo tipo de material orgánico e inorgánico sin cementar o parcialmente cementado que se encuentra sobre el terreno, excluyendo claro esta la roca dura que no se descompone con el tiempo.

Aunque la interpretación de la palabra suelo depende en primera instancia del uso que el profesional le de en su materia. Por ejemplo, el Agrónomo, aplica la palabra a la parte superficial de la corteza capaz de generar vida vegetal, en cambio, para el Geólogo es todo aquel material intemperizado en el lugar en que se encuentra y con contenido de materia orgánica cerca de la superficie.

1.3 TIPOS DE SUELO

Los suelos pueden ser residuales o transportados, según se les encuentre en el mismo lugar en que se han generado o en lugar diferente. El mecanismo usual que da origen a los suelos transportados es la remoción de su lugar de formación por agentes geológicos tales como la gravedad y el agua, y la sedimentación de los mismos en otra zona, por otro lado, si una roca es afectada por los mismos agentes de intemperismo pero los productos de ese ataque quedan en el mismo lugar depositados directamente sobre la roca de la cual se derivan, se originan los suelos residuales. Es evidente que la estructuración y la distribución interna de las propiedades tienen que ser diferentes en un suelo residual que en un suelo transportado. En el primero, el ataque mecánico y la desintegración química tienden a producir un resultado que en estructura y disposición recuerda a la roca madre, por el contrario los suelos transportados y depositados en aire o agua generan estructuras que están regidas únicamente por los mecanismos propios de la deposición, características y condiciones iniciales de la roca original.

Existe en la naturaleza numerosos agentes de transporte, de los cuales pueden citarse como principales los glaciares, los ríos y corrientes de agua superficial, los mares y las fuerzas de gravedad, las cuales a menudo actúan combinándose.

1.4 IDENTIFICACION Y CLASIFICACION DE LOS SUELOS

Desde el punto de vista técnico, es importante disponer de un método de identificación y clasificación de los suelos, dentro de categorías o grupos de distintas características. Es necesario tener en cuenta que para la realización de obras importantes, la clasificación visual de los suelos debe ser complementada con ensayos de laboratorio que determinen características funcionales de los suelos, tales como resistencia de esfuerzo a cortante, permeabilidad y compresibilidad bajo condiciones determinantes. La clasificación del suelo y el conocimiento de las propiedades técnicas, son de suma utilidad para el ingeniero, que busca las mejores y más altas condiciones para el desarrollo de terraplenes o cimentaciones de estructuras.

1.4.1 Tamaño

Las partículas mayores de tres pulgadas (7.62 cm) están excluidas del Sistema Unificado de Clasificación de Suelos (SUCS). Sin embargo, el material de tamaño superior es de gran importancia en la selección de fuentes de material para terraplenes. Las partículas redondeadas se llaman guijarros, si son de tamaños entre 3 y 12 pulgadas (7.62 y 30.4 cm) y bolos, si son de tamaño superior a 12 pulgadas. Las partículas angulares de tamaño superior a 7.62 cm, se clasifican como fragmentos de roca.

Dentro de la escala de tamaños que establece el sistema de clasificación hay dos divisiones principales; estas son: granos gruesos y granos finos.

Granos gruesos son aquellos cuyo tamaño es superior al del tamiz número 200 de la serie U.S Standard (0.074 cm) y se dividen de la siguiente manera:

Figura 1. Tamices ordenados y usados en el Ensayo de Granulometría.



Grava (G), desde 3 pulgadas (7.62 cm) hasta el tamaño del tamiz número 4 (4.75mm).
Grava Gruesa: 3 pulgadas a 3/4 de pulgada (1.905 cm).
Grava fina: 3/4 de pulgada hasta el tamaño del tamiz número 4.

Arena (S), desde el tamaño del tamiz número 4 hasta el tamaño del tamiz número 200 (4.75 a 0.074 mm).

Arena gruesa: Tamaño del tamiz número 4 al número 10.

Arena media: Tamaño del tamiz número 10 al del número 40.

Arena fina: Tamaño del tamiz número 40 al número 200.

Los granos finos son los menores que el tamaño del tamiz número 200 y pueden ser de dos tipos: limos (M) y arcillas (C).

En el Sistema de Clasificación Unificado de Suelos no se hace distinción de tamaños entre limos y arcillas, estos materiales son diferenciados generalmente por su comportamiento.

La materia orgánica (O), es con frecuencia un componente del suelo, pero no tiene tamaño de grano específico. Se distingue principalmente por la presencia de fragmentos fibrosos de material vegetal parcialmente descompuesta y de algunos centímetros de longitud.

1.4.2 Gradación

La Granulometría de un suelo puede ser determinada en el laboratorio por medio del tamizado para los granos gruesos y por sedimentación (análisis hidrométrico) para los finos. Los resultados de laboratorio se presentan generalmente en forma de una curva de tamaños acumulados. Para suelos fundamentalmente constituidos por granos gruesos, la distribución de los tamaños de grano revela algunas de las propiedades físicas del material. Por otra parte, el tamaño del grano es mucho menos significativo para suelos en los que existe una mayoría de granos finos.

Las gradaciones de los suelos de granos gruesos son:

Bien Gradado (W): Buena representación de todos los tamaños de partículas desde la mayor a la más pequeña.

Mal Gradado (P): Uniforme, la mayoría de las partículas tienen casi el mismo diámetro; discontinuidad de la gradación o ausencia de uno o más tamaños intermedios.

Si el suelo es grava, se identifica como “limpia” cuando tiene pocos o ningún fino, o “sucia” cuando contiene una cantidad apreciable de finos. Para las gravas limpias, la clasificación final se hace estudiando su graduación: las gravas bien graduadas pertenecen al grupo GW y las gravas con granulometría uniforme o discontinua, gravas mal graduadas, perteneciendo al grupo GP.

Las gravas sucias pueden ser de dos tipos: las que tienen finos no plásticos (limosas) se clasifican en el grupo GM y las que tienen finos plásticos (arcillosos) se clasifican en el grupo GC. La determinación de si los finos son limosos o arcillosos se hace por medio de los tres ensayos manuales que se establecen para los suelos finos.

Si un suelo es una arena, se usan los mismos pasos o criterios que se han mencionado para las gravas en orden para determinar si el suelo es una arena limpia o bien graduada SW, arena limpia mal gradada SP, arena con finos limosos SM, o arenas con finos arcillosos SC.

Si un material es de grano fino en su mayoría (mas del 50% en peso), se clasifica en uno de los grupos ML, CL, OL, MH, CH y OH, estudiando su distancia, resistencia y tenacidad y por su identificación como suelo orgánico e inorgánico.

2. CARACTERIZACION Y CLASIFICACION DE LOS SUELOS UTILIZADOS

2.1 CONSISTENCIA Y LÍMITES DE ATTERBERG

Las propiedades físicas de la mayoría de suelos finos y particularmente de los suelos arcillosos, vienen influenciadas en gran parte por el contenido de agua. Una arcilla puede tener una consistencia muy blanda, como líquido viscoso, o bien muy dura, con las propiedades de un sólido, dependiendo del contenido de agua. Entre ambos extremos, se puede moldear y modelar la arcilla sin producir el agrietamiento o la rotura de la masa de suelo. En este estado la arcilla se dice que se encuentra en un estado plástico. La plasticidad, es una característica principal de las arcillas y se usa para distinguir e identificar los suelos arcillosos.

En 1911, A Atterberg, un especialista sueco en suelos, desarrollo una serie de pruebas manuales para determinar la plasticidad de un suelo con fines agrícolas. Estas pruebas son ahora conocidas como Ensayos de Límites de Atterberg.

Se pueden diferenciar cuatro etapas o estados para describir la consistencia de un suelo: 1) el estado líquido, 2) el estado plástico, 3) el estado semisólido y 4) el estado sólido. Estos estados de consistencia tienen relación directa con el contenido de agua. Estos contenidos de agua, los cuales se determinan por procedimientos de secado en horno, se llaman límite líquido, límite plástico y límite de retracción (se define como el cambio de estado sólido al semisólido o estado no plástico).

2.1.1 Limite Líquido

Se define el limite liquido, LL, como el contenido de agua en un tanto por ciento del peso seco de suelo, para el cual, cuando el contenido de agua sea creciente, la mas del suelo comienza a fluidificarse bajo la influencia de una serie de golpes normalizados.

Estos golpes se realizan en un recipiente generalmente de bronce, denominado cazuela de Casagrande (en honor a su creador). Esta copa es esférica, con radio interior de 54 mm, espesor de 2 mm y un peso entre 200 y 220 grs. Con una altura de caída por especificación con respecto a la base de 1 cm.

A partir de extensas investigaciones sobre los resultados obtenidos por Atterberg, se estableció que el límite líquido obtenido por medio de la cazuela de Casagrande corresponde al de Atterberg, si se define como el contenido de agua del suelo dispuesta en la cazuela, se cierra a lo largo de 1.27 cm (1/2"), con 25 golpes en la copa.

2.1.2 Limite Plástico

El límite plástico, LP, se define como el contenido de agua, expresado como un porcentaje del peso seco del suelo, para el cual la masa de suelo deja de ser plástica y se vuelve quebradiza, tal como se determina procedimiento de moldear con la masa de suelo, bastoncillos de aproximadamente un octavo de pulgada (3 mm), sobre una hoja de papel totalmente seca o sobre una placa de vidrio, para acelerar la pérdida de humedad del material. El contenido de agua en este momento es el límite plástico.

2.1.3 Índice de Plasticidad

El índice de plasticidad, IP, se define como la diferencia entre los límites líquido y plástico y representa el tanto por ciento de humedad dentro del cual el suelo es plástico. Los limos tienen pequeños o nulos índices de plasticidad, mientras que las arcillas tienen altos índices. El índice de plasticidad junto con el límite líquido indica la sensibilidad de un suelo a los cambios de humedad.

2.2 DESCRIPCION DE LOS SUELOS EMPLEADOS

A continuación se presenta una breve descripción de cada uno de los suelos empleados y su respectiva clasificación, según El Sistema Unificado de clasificación de Suelos (SUCS).

2.2.1 Suelo de Lebrija

Se presenta una textura franco arcilloso de color marrón claro y se clasifica según SUCS como CL, que corresponde a arcillas inorgánicas de baja a media plasticidad, arcillas con grava, arcillas arenosas, arcillas limosas, arcillas pobres.

2.2.2 Suelo de Piedecuesta

Se obtiene una textura limosa y se clasifica según SUCS como ML, con una coloración rojiza, que corresponde a limos inorgánicos y arenas muy finas, polvo de roca, arenas finas limosas o arcillosas con ligera plasticidad.

2.2.3 Suelo de Floridablanca

Para esta muestra de suelo se distingue una coloración amarilla rojiza, con una textura limosa, clasificada según SUCS como ML, que pertenece a un limo inorgánico y arenas muy finas, polvo de roca, arenas finas limosas o arcillosas con ligera plasticidad.

Tabla 1. Resumen de la caracterización y clasificación de los suelos utilizados.

SUELO	GRANULOMETRIA			LIMITES			SUCS
	% Gravas	% Arenas	% Finos	% LL	% LP	% IP	
LEBRIJA	0.12	45.4	54.48	34.6	20.29	14.31	CL
PIEDECUESTA	4.34	35.52	60.14	28.31	24.4	3.91	ML
FLORIDA	2.43	46.37	51.2	39.21	29.74	9.47	ML

3. DESCRIPCIÓN DE LAS FIBRAS UTILIZADAS EN EL PROYECTO

En la realización de este proyecto hemos decidido trabajar con una fibra sintética que comúnmente y científicamente se conoce como Nylon, esta fibra posee unas características y propiedades que mas adelante serán mencionadas, pero es necesario aclarar que el diámetro del Nylon utilizado para esta investigación fue de 0.65 mm y con una resistencia a tensión de 40 libras. Para poder analizar cual porcentaje en peso de fibra y longitud optimas, con respecto a una cantidad determinada de suelo, nos presenta los mejores resultados, utilizamos metodologías que en proyectos y experiencias anteriores guiaron la elaboración de estos. Por lo tanto se estudiaron longitudes de fibra de 1.0 cm, 1.5 cm y 2.0 cm y porcentajes en peso de fibras de 0.25%, 0.5% y 0.75% respectivamente.

3.1 GENERALIDADES DEL NYLON

El Nylon es un polímero de uso común en nuestro medio, en todo momento encontramos Nylon en nuestra ropa, pero también en otros lugares en forma de termoplástico. El verdadero éxito del Nylon vino en primera instancia con su empleo para la confección de medias femeninas y en la Segunda Guerra Mundial los Estados Unidos lo utilizo para hacer material de guerra, como cuerdas y paracaídas.

Los Nylon también son llamados poliamidas, debido a los característicos grupos amida en la cadena principal. Estos grupos amida son muy polares y pueden unirse entre sí mediante enlaces por puente de hidrógeno. Debido a esto y a que la cadena de Nylon es tan regular y simétrica, los Nylon son a menudo cristalinos, y forman excelentes fibras. Las poliamidas se emplean en la elaboración de hilos o filamentos según tres procesos: seco húmedo y a partir de la hilatura de masa fundida.

Una de las razones de haber escogido el Nylon es porque, este es un polímero que es usado en la elaboración de geomallas y en general geotextiles, sabiendo que estos materiales son un costosas en nuestro medio queríamos mirar esta alternativa y observar su comportamiento como estabilizador de suelos.

El Nylon 6 o Poliamida 6, el cual es el escogido para la realización del proyecto, es el mas conocido y utilizado de los plásticos técnicos, posee excelentes propiedades mecánicas, eléctricas, térmicas químicas y la posibilidad de ser modificados con aditivos (MOS2).

El Nylon se caracteriza principalmente por:

- Alta resistencia mecánica, rigidez, dureza y tenacidad.
- Buena resistencia a la fatiga.
- Alto poder amortiguador.
- Resistencia sobresaliente al desgaste.

Tabla 2. Propiedades Físicas y Mecánicas del Nylon.

PROPIEDADES FÍSICAS Y MECÁNICAS DEL NYLON		
Punto de fusión	255	°C
Densidad	1.14	gr/cm³
Calor específico	1.67	J/(mol*K)
Conductividad térmica	0.43	W/(m*K)
Tensión de tracción en el punto de fluencia	11500	lbf/pul²
Coefficiente cinético de fricción	0.45	

Fuente: Impar Monofilamentos y Cia S. en C. www.impar.com.co.

3.2 MEZCLADO DE LA FIBRA DE NYLON

En el proceso de mezclado entre las fibras de Nylon y los suelos analizados se presenta un poco de dificultad debido a la humedad optima del suelo y la textura en si de las fibras, esto hace que el material se junte o aglutine y no permita realizar una distribución homogénea que seria lo mas ideal para el momento de la compactación. Por eso hemos optado por alternar capas considerables de suelo y fibra dentro del molde con el fin de realizar una pequeña distribución justo antes de iniciar la compactación.

4. INVESTIGACION REALIZADA

4.1 PARAMETROS DE RESISTENCIA DE LOS SUELOS SIN FIBRA

En los suelos existen una serie de parámetros referentes e indispensables en cualquier tipo de construcción u obra civil.

Cada uno de los suelos utilizados en el desarrollo de la investigación presentan diferentes características y comportamientos mecánicos, el objetivo de este proyecto es evaluar el posible mejoramiento de la resistencia de los suelos adicionándoles fibras de Nylon, para la cual fue necesario realizar una serie de ensayos de laboratorio para demostrar la factibilidad de utilizar e implementar este mecanismo en las obras civiles que lo requieran.

Por lo tanto se decidió llevar a cabo los ensayos de compactación y compresión simple, este a dos escalas diferentes y realizando las pruebas sobre muestras con y sin fibra, para poder observar la variación que se podría llegar a obtener.

4.2 ENSAYOS DE COMPACTACIÓN DE SUELOS

La compactación de los suelos nos permite mejorar artificialmente las propiedades mecánicas de los suelos. La compactación es un proceso mecánico destinado a aumentar su peso por unidad de volumen, lo que trae como consecuencia un incremento de su resistencia al esfuerzo cortante y una disminución de su compresibilidad y su permeabilidad.

El método que se emplea para compactar un suelo es determinante en el resultado que se obtenga. Así, por ejemplo, la compactación de este tipo estático ha demostrado ser muy eficiente en suelos granulares al igual que la de tipo vibratorio mientras que el sistema de amasado es particularmente eficiente para la compactación de suelos cohesivos. Por su parte la compactación por medio de impactos es adecuada para la mayoría de suelos, siendo posiblemente esta la razón por la cual el sistema dinámico de compactación es el de mayor aceptación en nuestros laboratorios.

4.2.1 Energía de Compactación

La energía específica de compactación es la que se entrega al suelo por unidad de volumen durante el proceso de compactación. La energía de compactación se determina mediante la siguiente expresión:

$$E_c = \frac{(W * h * N * n)}{V}$$

Donde:

- W= Peso del pisón compactador.
- h = Altura de caída libre del pisón.
- N = Número de capas en que se coloca el suelo dentro del molde de Compactación.
- n = Numero de golpes que se aplica a cada capa de suelo con el Pisón compactador.
- V = Volumen del suelo compactado el cual debe ser igual al molde Compactación.

Existen dos procedimientos de compactación en el laboratorio los cuales se conocen como ensayo normal de compactación o Proctor estándar y ensayo modificado de compactación o Proctor modificado, los cuales se resumen en la siguiente tabla:

Tabla 3. Energía de Compactación De los ensayos Proctor Normal y Modificado.

		Ensayo Normal		Ensayo Modificado	
		Método 1	Método 2	Método 1	Método 2
Características del pistón	W (lb)	5.5	5.5	10	10
	h (pie)	1	1	1.5	1.5
Nº de capas	N	3	3	5	5
Golpes por capa	n	25	56	25	56
Molde De compactación	Φ (pulg)	4	6	4	6
	Alt. (pulg)	4.59	4.59	4.59	4.59
	V (pie ³)	1/30.0	1/13.3	1/30.0	1/13.3
Energía de compactación	(lb-pie)/pie ³	12375	12317	56250	55986

Se puede apreciar en la tabla que existen dos posibilidades para realizar cada uno de los ensayos. Como practica general se utiliza el método 1 cuando el suelo a compactar se pasa por el tamiz # 4 y el método 2 cuando se compactan suelos que han sido tamizados por el 3/4".

4.3 ENSAYO DE COMPACTACION HARVARD MINIATURA (A.S.T.M.D.689 – 70).

Este ensayo se utiliza para hallar la humedad óptima correspondiente a la máxima densidad seca del suelo, la compactación de las probetas se realiza en los moldes de Harvard miniatura, siguiendo un procedimiento similar al utilizado en el ensayo Proctor pero empleando un pisón miniatura.

Figura 2. Equipo de Compactación, Harvard Miniatura.



Este ensayo es aplicable a suelos finos plásticos y permite la obtención de energías de compactación similares a las aplicadas en los ensayos de Compactación Normal y Modificado.

Para representar las condiciones de energía del proctor modificado, que es el interés de nuestro análisis, el suelo debe pasar en su totalidad por el tamiz número 10 y el material debe colocarse en 5 capas dentro del molde, aplicando 25 veces el pisón miniatura o embolo sobre cada capa, con una fuerza de 80 libras. Este procedimiento

se realiza incrementando proporcionalmente el contenido de agua para cada probeta, hasta que el peso de la muestra húmeda no aumente más o comience a decaer.

4.4 ENSAYO DE COMPRESION SIMPLE

Este es un ensayo que permite obtener la resistencia de un suelo a compresión, así como su deformabilidad bajo efecto de carga axial, el cual es muy sencillo de realizar ya que el tamaño de la probeta (molde de Harvard) a utilizar no presenta problema, gracias a su fácil elaboración. Como característica importante, la probeta debe tener una relación entre su longitud y su diámetro entre 2 y 3, además, la carga se aplicara a una velocidad de 1mm / minuto, y su falla se determinara cuando:

- Se repita el valor de la carga en mas de 3 lecturas
- El valor de la carga disminuye significativamente
- El valor de la deformación sobrepasa significativamente el 20% de la deformación unitaria

Las muestras de suelo para esta prueba fueron compactadas con la humedad óptima, para así obtener la condición de máxima compactación.

4.5 ENSAYO DE COMPRESION SIMPLE PARA LAS PROBETAS GRANDES.

Este ensayo presenta la misma metodología de los ensayos de compresión simple, con la diferencia que se debió adoptar un molde que cumpliera con las características necesarias para compactar el suelo con la energía del Proctor modificado y permitieran que al desencostrar las probetas, no se deterioren ni destruyan.

Con el fin de aclarar la relación de escalas la probeta diferente al tamaño Harvard será llamada probeta grande la cual se describen sus dimensiones a continuación:

- Las probetas correspondientes tienen unas dimensiones de 15.24 cm de diámetro y 30 cm de largo aproximadamente. Para fallar estas probetas fue necesario el uso de la Máquina Universal de compresión simple.

Para la compactación de estas probetas fue necesario ajustar la energía de compactación del Proctor modificado, teniendo en cuenta realizar la compactación con la humedad óptima de cada suelo, con el fin de asegurar la máxima densificación de las muestras; de tal modo que se calcularon 10 capas de 70 golpes cada una utilizando el martillo del Proctor modificado.

Figura 3. Máquina Universal Utilizada



Este procedimiento nos ayuda a describir las características “Esfuerzo-Deformación” para este tipo de probeta, durante los ensayos realizados a las muestras de suelo sin adición de fibra, se muestra claramente que la falla se produce a 45° , lo que permite suponer que es inducida por un esfuerzo cortante debido a la carga axial constante aplicada a la probeta.

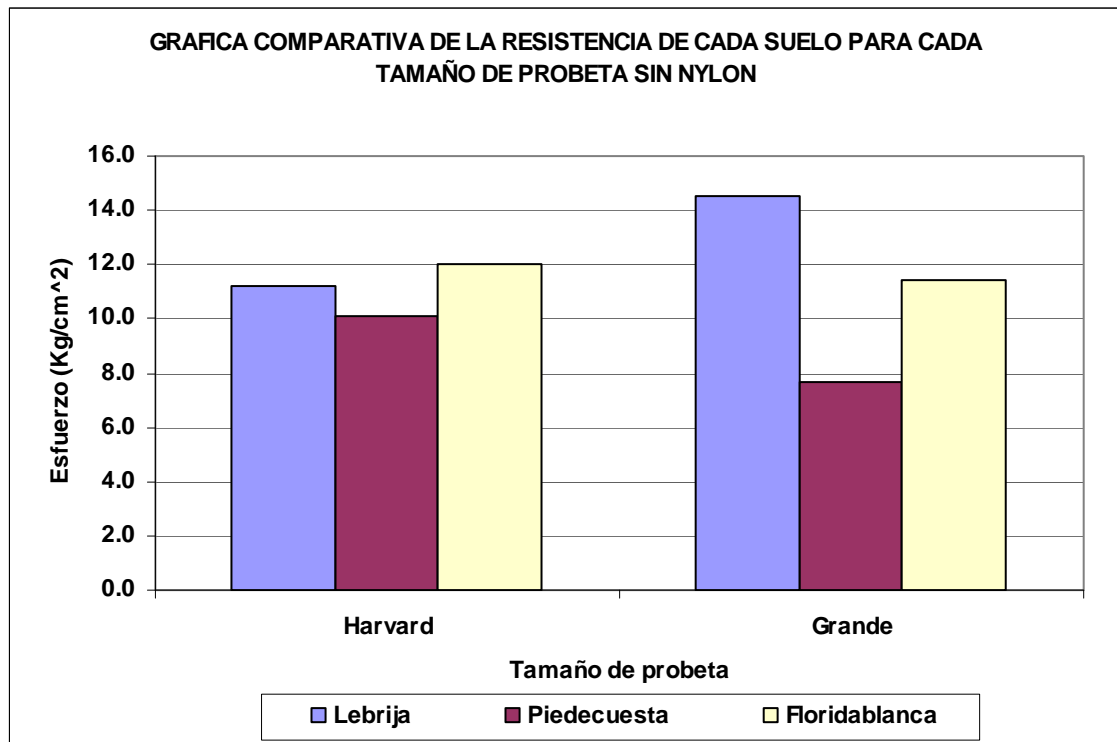
Figura 4. Probeta Grande sin adición de Nylon fallada a Compresión Simple.



Tabla 4. Resultados obtenidos de las Probetas sin adición de Nylon.

Ensayos	Suelo de Lebrija	Suelo de Piedecuesta	Suelo de Floridablanca
Humedad óptima de Compactación (%)	12.2	14.25	12.26
Densidad seca (gr/cm³)	1.91	1.675	1.95
Compresión Simple Tamaño Harvard (kg/cm²)	11.23	10.13	12.01
Compresión simple Tamaño Grande(kg/cm²)	14.53	7.67	11.40

Figura 5. Gráfica comparativa de la resistencia de cada suelo para cada tamaño de probeta sin adición de Nylon.



5. DETERMINACIÓN DEL PORCENTAJE EN PESO Y LONGITUD ÓPTIMAS DE NYLON

Para la realización de las probetas con fibra, fue necesario encontrar una longitud de fibra óptima para la cual se produjeran los mejores y mayores resultados posibles durante la aplicación de la carga, para esto, nos apoyamos en el ensayo de Compresión simple, ya que es una prueba que nos permite visualizar y comparar los resultados obtenidos de una manera mas práctica., fácil y sencilla.

Basados en investigaciones anteriores, se adopto la misma metodología usada para encontrar la longitud de fibra óptima, variando las longitudes entre 1, 1.5 y 2 cm y sus porcentajes en peso entre 0.25, 0.5 y 0.75% para cada cantidad de suelo. En total se moldearon 9 probetas para cada suelo, lo que nos da como resultado 27 muestras de suelo que se fallaron cada una para compararlas entre sí y determinar la combinación que nos presentara el mejor comportamiento.

Figura 6. Probeta Harvard Miniatura reforzadas con Nylon antes de fallar.



En las siguientes tablas se muestran los resultados obtenidos después de fallar cada una de las probetas tamaño Harvard, variando la longitud de fibra de refuerzo y su

Porcentaje en peso, para poder realizar la respectiva comparación que nos permita escoger la combinación óptima para cada suelo.

Figura 7. Probetas Harvard Miniatura reforzadas con Nylon después de fallar.



Tabla 5. Resultados obtenido de las probetas Harvard Miniatura a Compresión Simple con diferentes longitudes y porcentajes en peso.

Suelo	L=1.0cm %=0.25	L=1.0cm %=0.50	L=1.0cm %=0.75	L=1.5cm %=0.25	L=1.5cm %=0.50	L=1.5cm %=0.75	L=2.0cm %=0.25	L=2.0cm %=0.50	L=2.0cm %=0.75
Lebrija	9.14	8.48	11.00	11.65	10.02	10.02	11.22	10.92	12.60
Piedecuesta	9.39	12.14	7.36	10.66	12.30	10.20	11.66	11.09	10.72
Florida	10.31	13.48	13.26	14.0	16.50	15.91	13.32	11.61	12.22

Las siguientes graficas muestran la variación de la resistencia a la compresión simple con la longitud y el porcentaje de fibra adicionada, para cada uno de los suelos ensayados:

Figura 8. Grafica comparativa entre refuerzos obtenidos en Compresión Simple Harvard, Suelo: Lebrija, refuerzo: Nylon 1cm

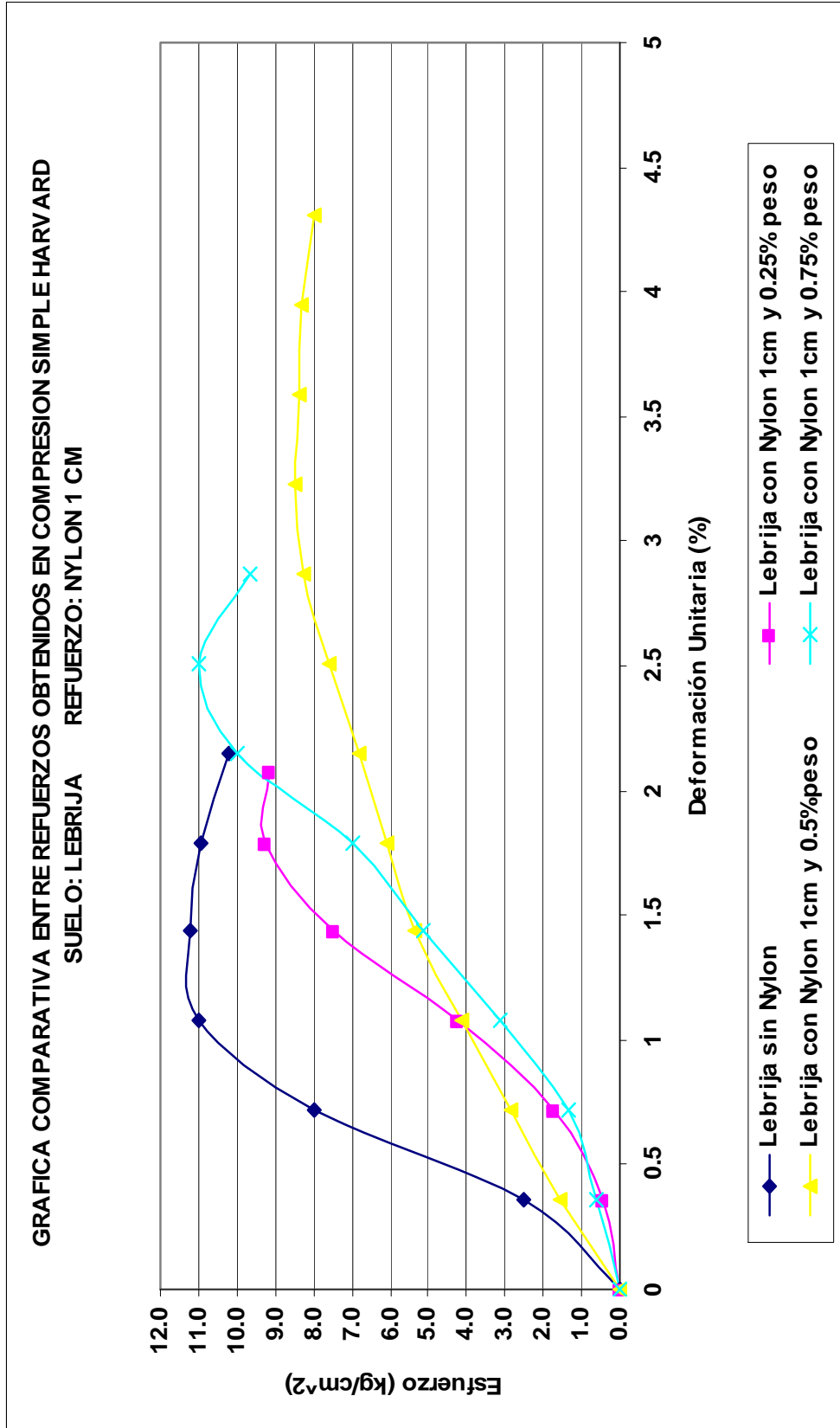


Figura 9. Grafica comparativa entre refuerzos obtenidos en Compresion Simple Harvard, Suelo: Lebrija, Refuerzo: Nylon 1.5cm

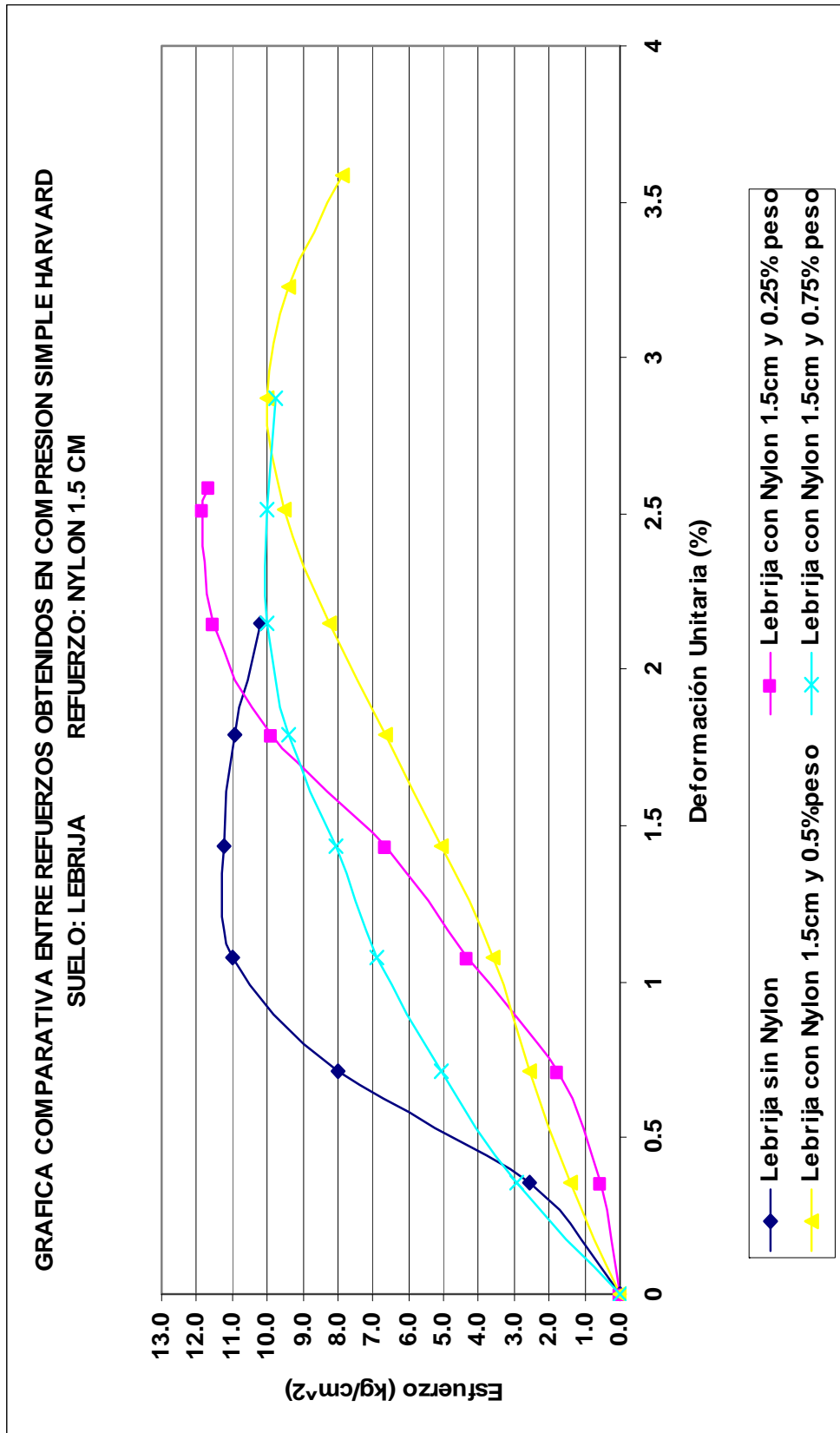


Figura 10. Grafica comparativa entre refuerzos obtenidos en Compresión Simple Harvard, Suelo: Lebrija, Refuerzo: Nylon 2cm

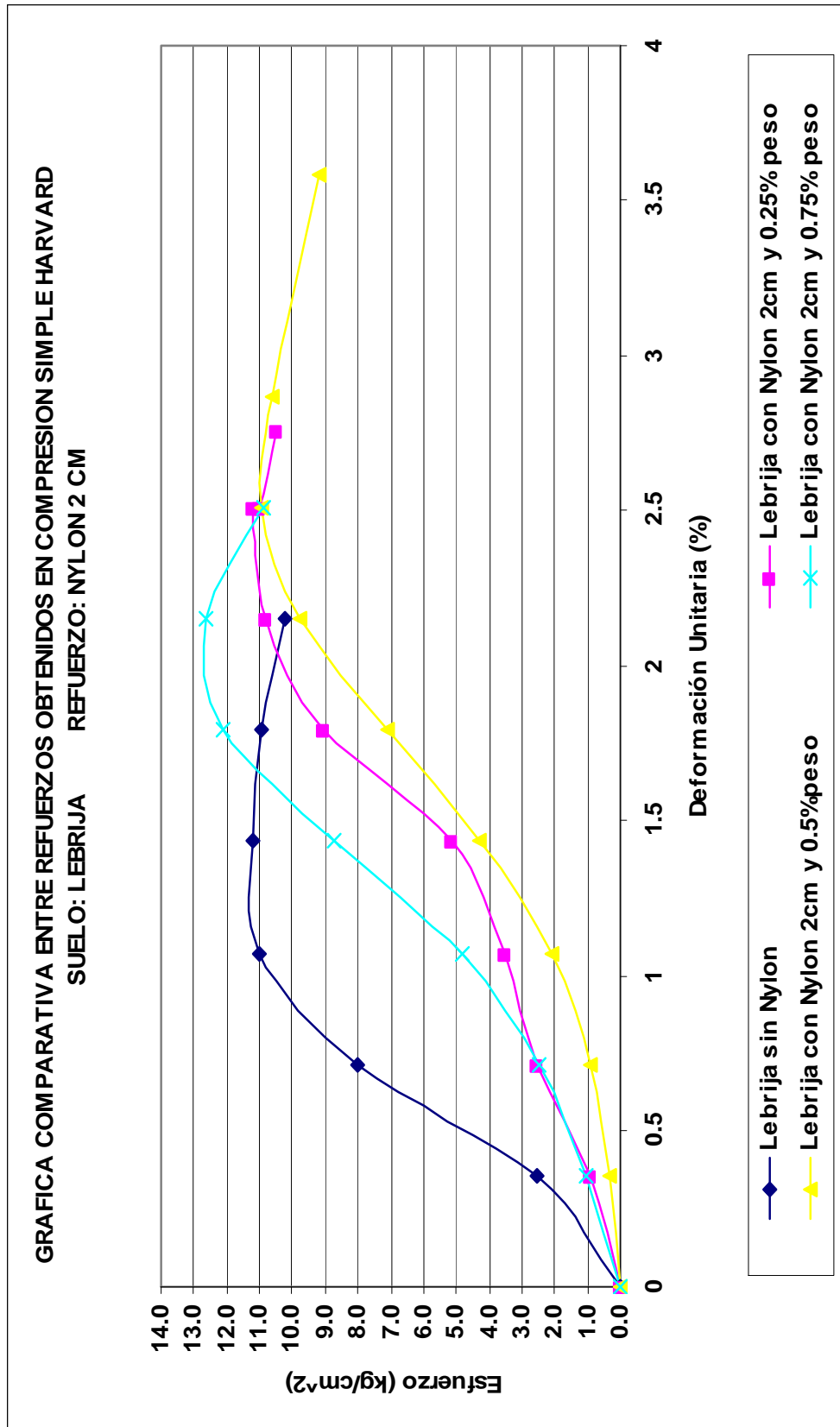


Figura 11. Grafica comparativa entre refuerzos obtenidos en Compresión Simple Harvard, Suelo: P/cuesta, Refuerzo: Nylon 1cm

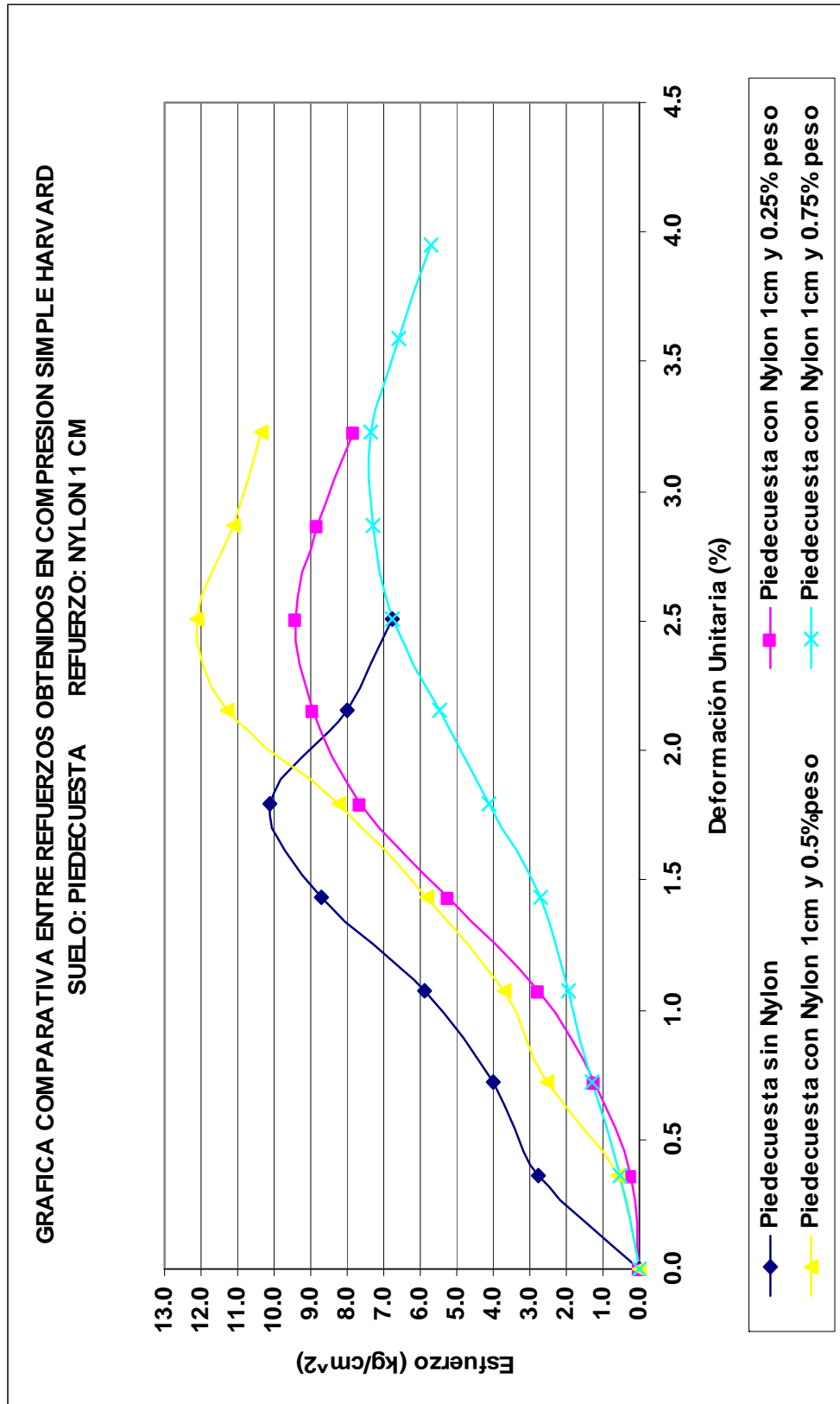


Figura 12. Grafica comparativa entre refuerzos obtenidos en Compresion Simple Harvard, Suelo: P/cuesta, Refuerzo: Nylon 1.5cm

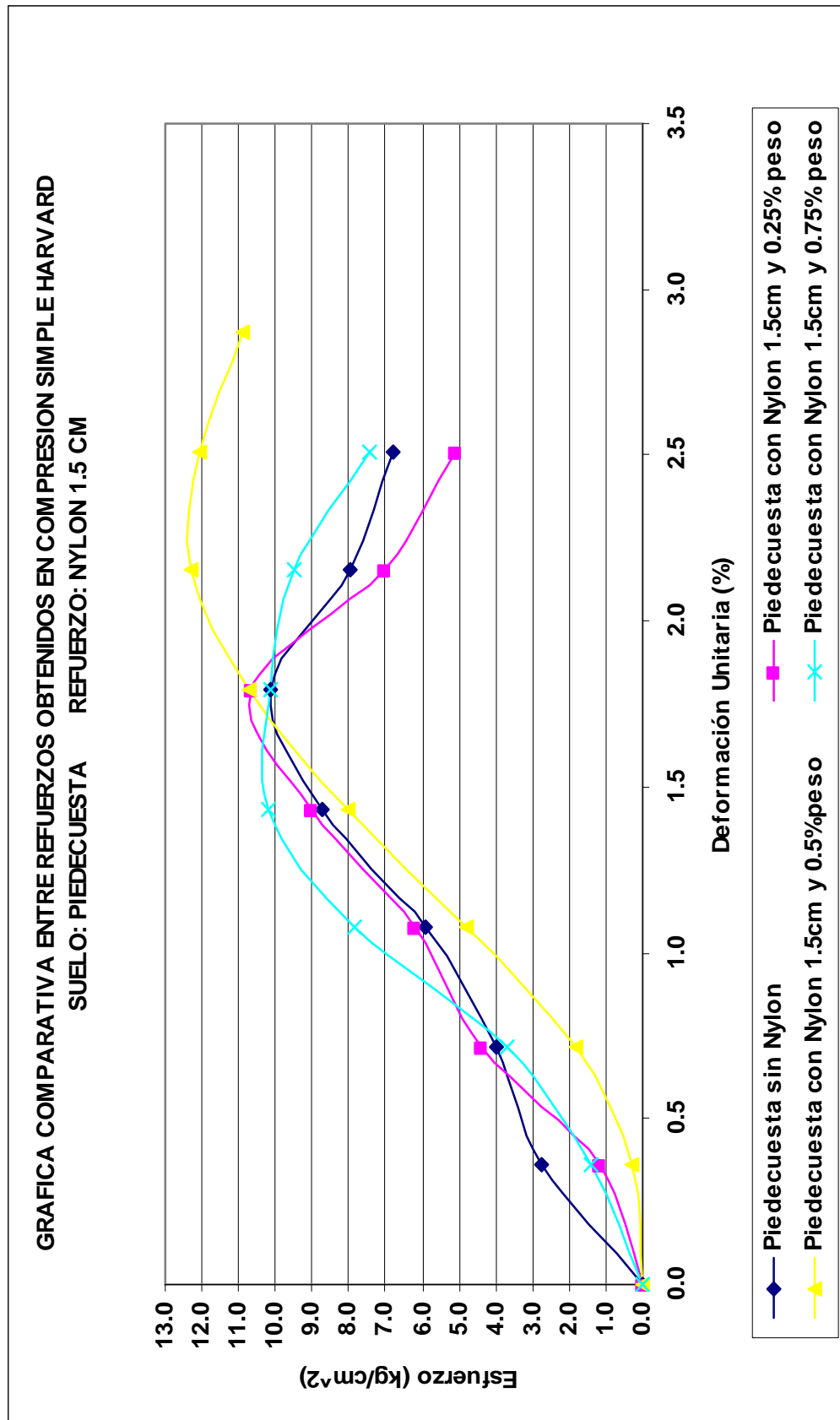


Figura 13. Grafica comparativa entre refuerzos obtenidos en Compresion Simple Harvard, Suelo: P/cuesta, Refuerzo: Nylon 2cm

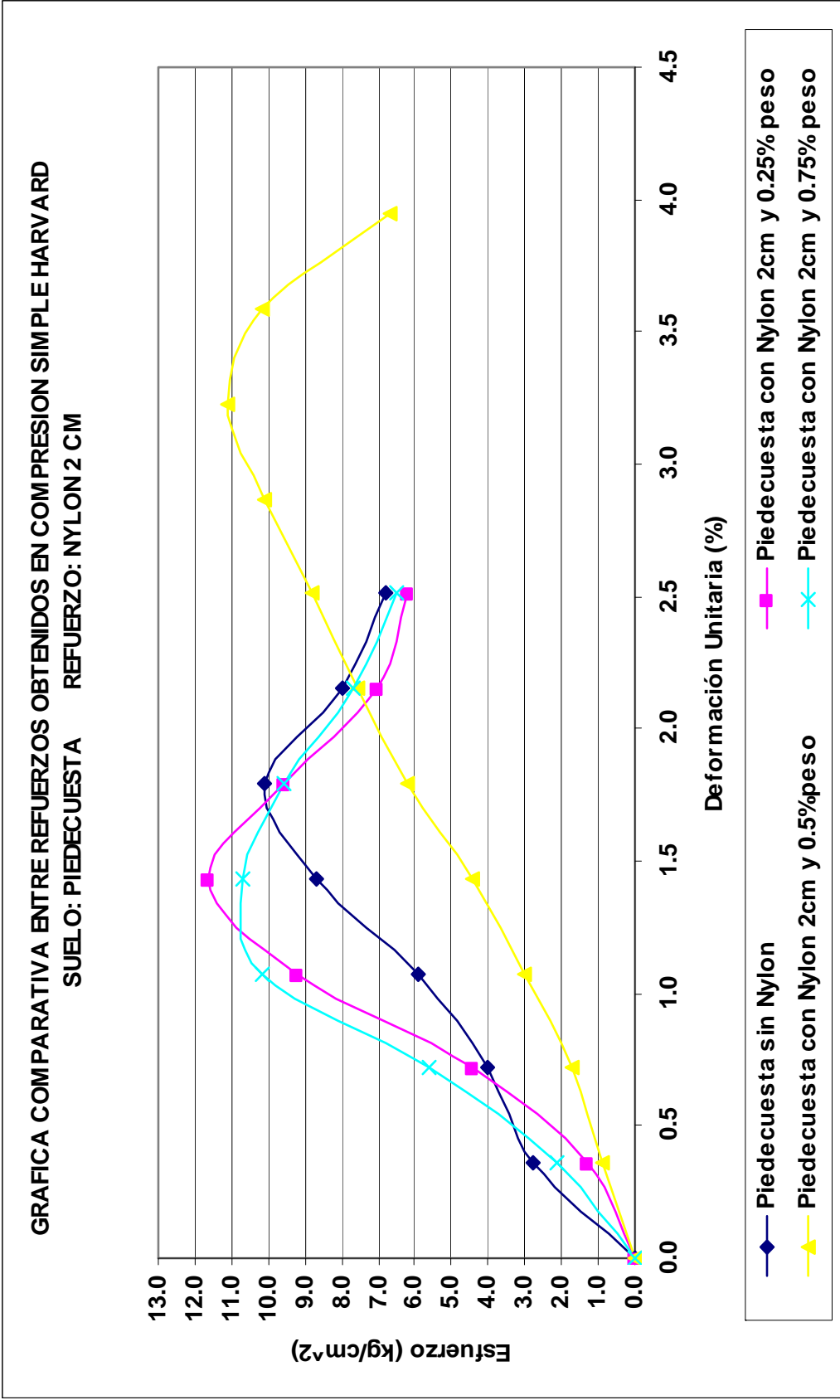


Figura 14. Grafica comparativa entre refuerzos obtenidos en Compresion Simple Harvard, Suelo: Florida, Refuerzo: Nylon 1cm

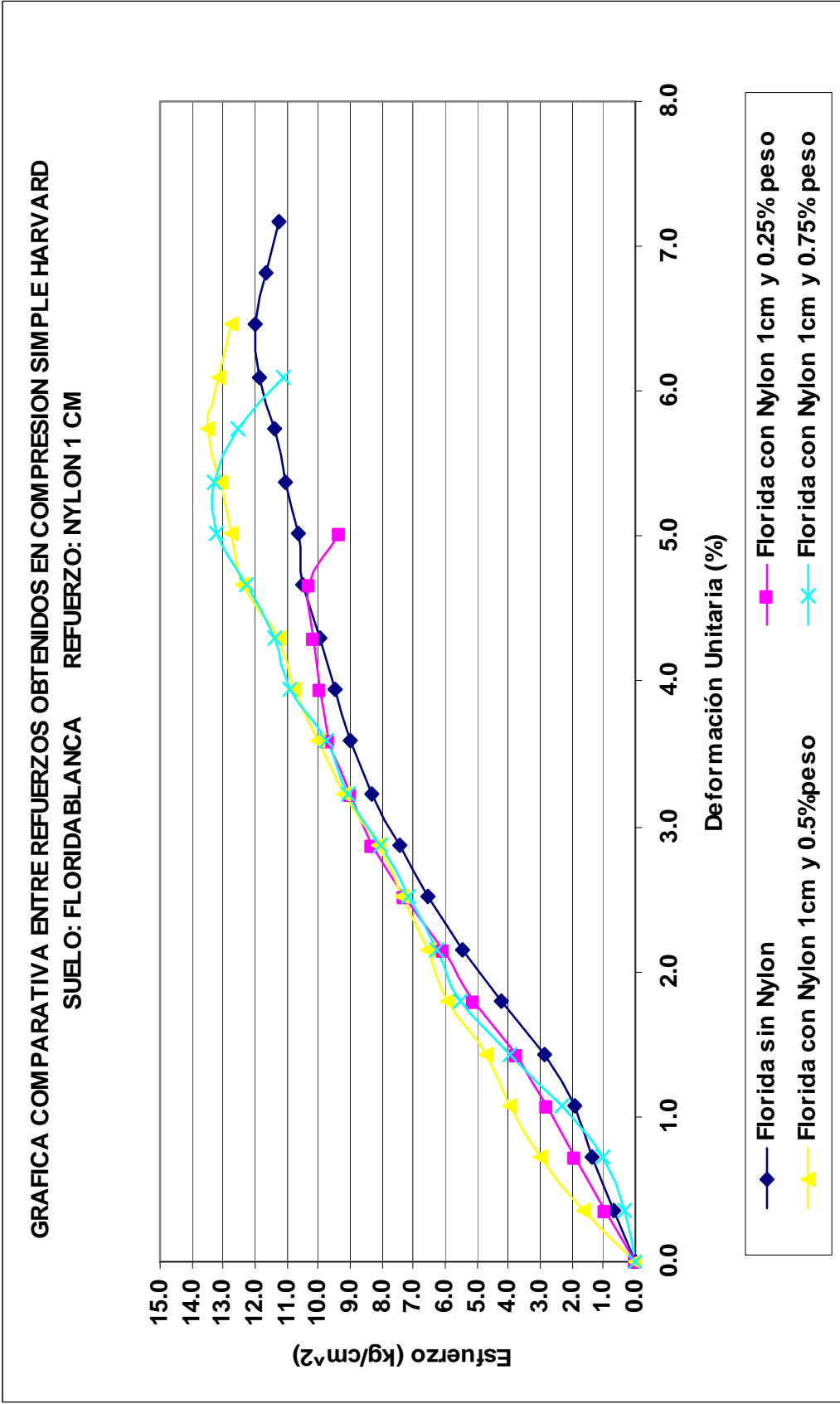


Figura 15. Grafica comparativa entre refuerzos obtenidos en Compresion Simple Harvard, Suelo: Florida, Refuerzo: Nylon 1cm

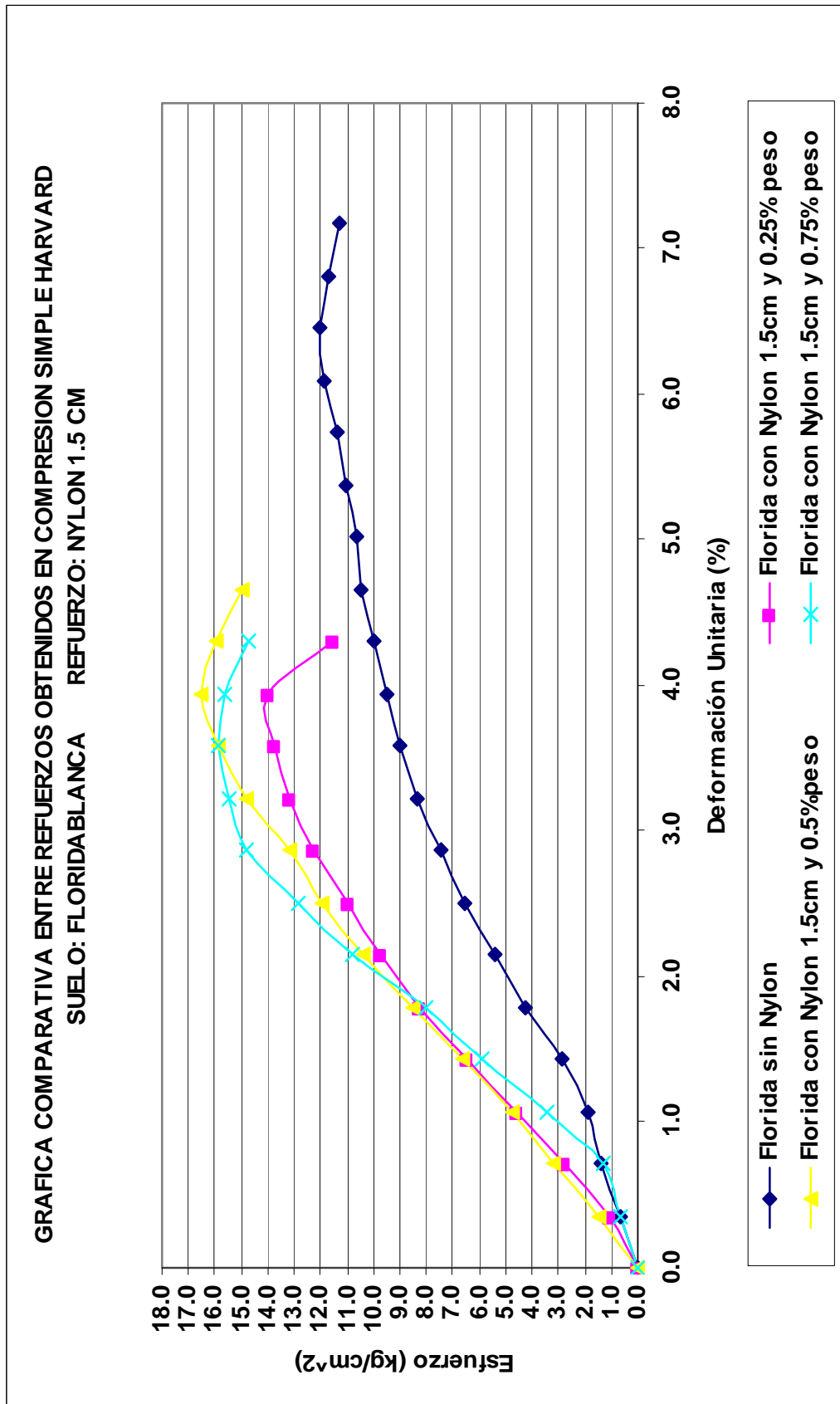


Figura 16. Grafica comparativa entre refuerzos obtenidos en Compresion Simple Harvard, Suelo: Florida, Refuerzo: Nylon 1cm

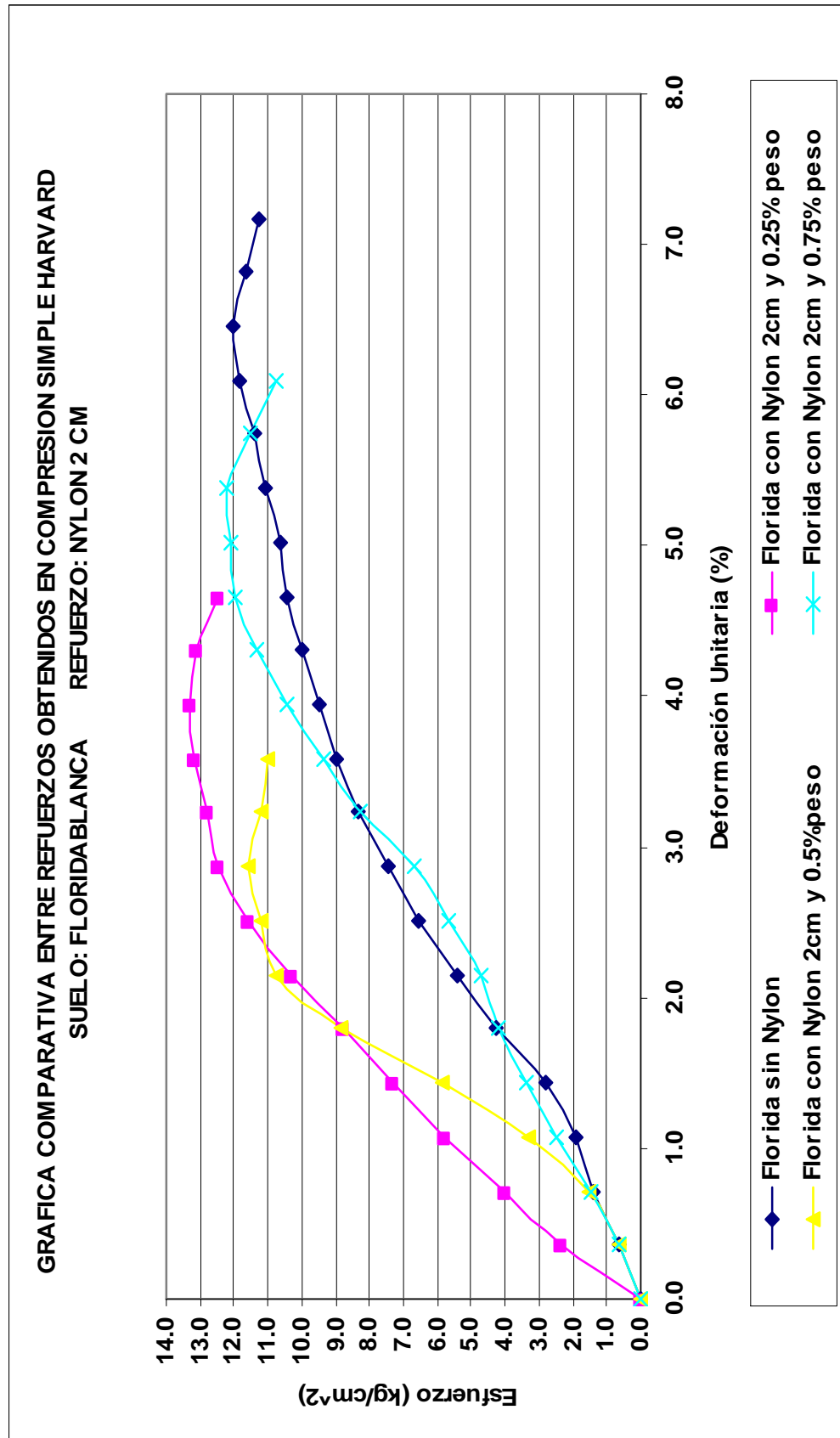


Figura 17. Esfuerzos máximos para cada una de las longitudes de fibra, Suelo: Lebrija, Tamaño: Harvard

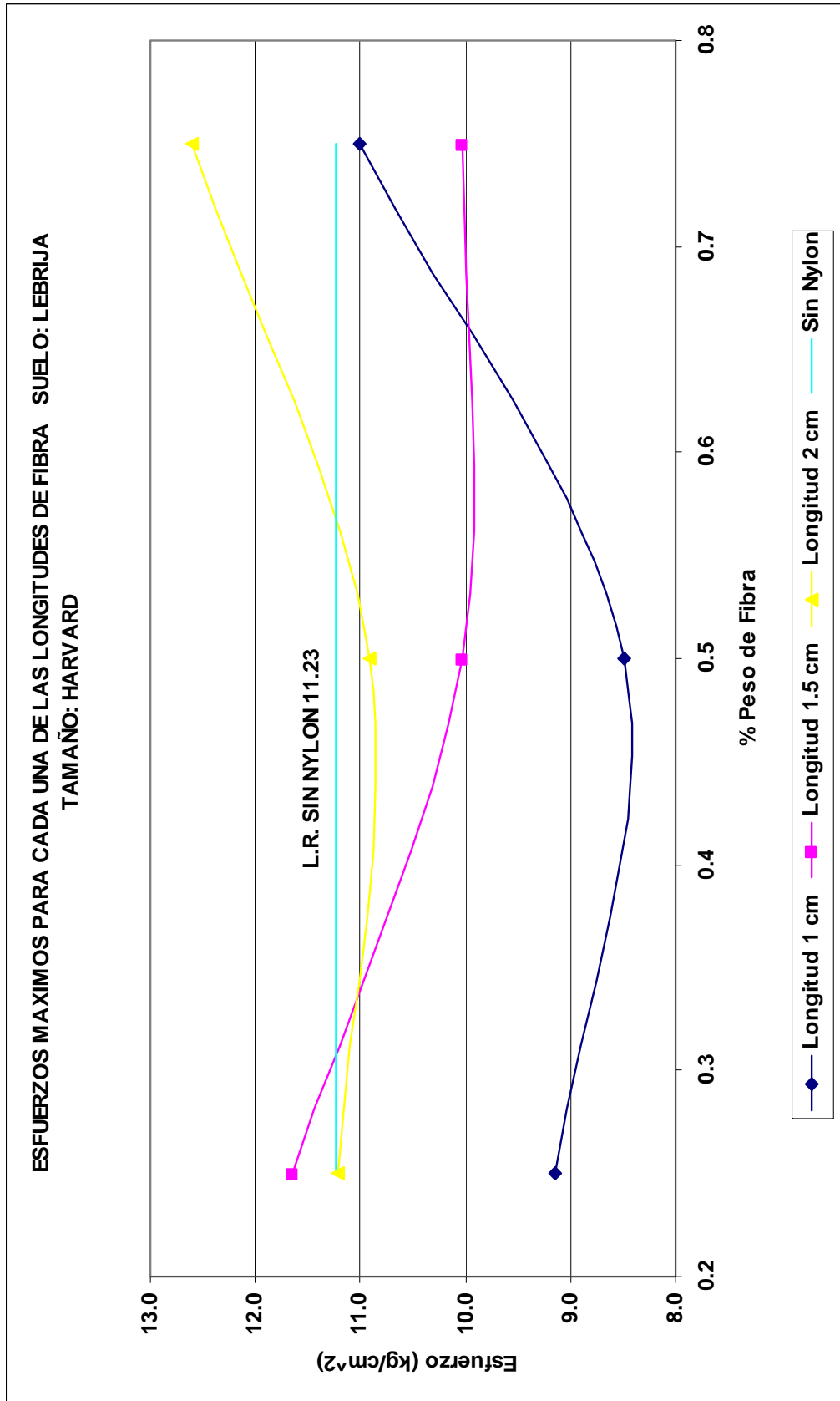


Figura 18. Esfuerzos máximos para cada una de las longitudes de fibra, Suelo: P/cuesta, Tamaño: Harvard

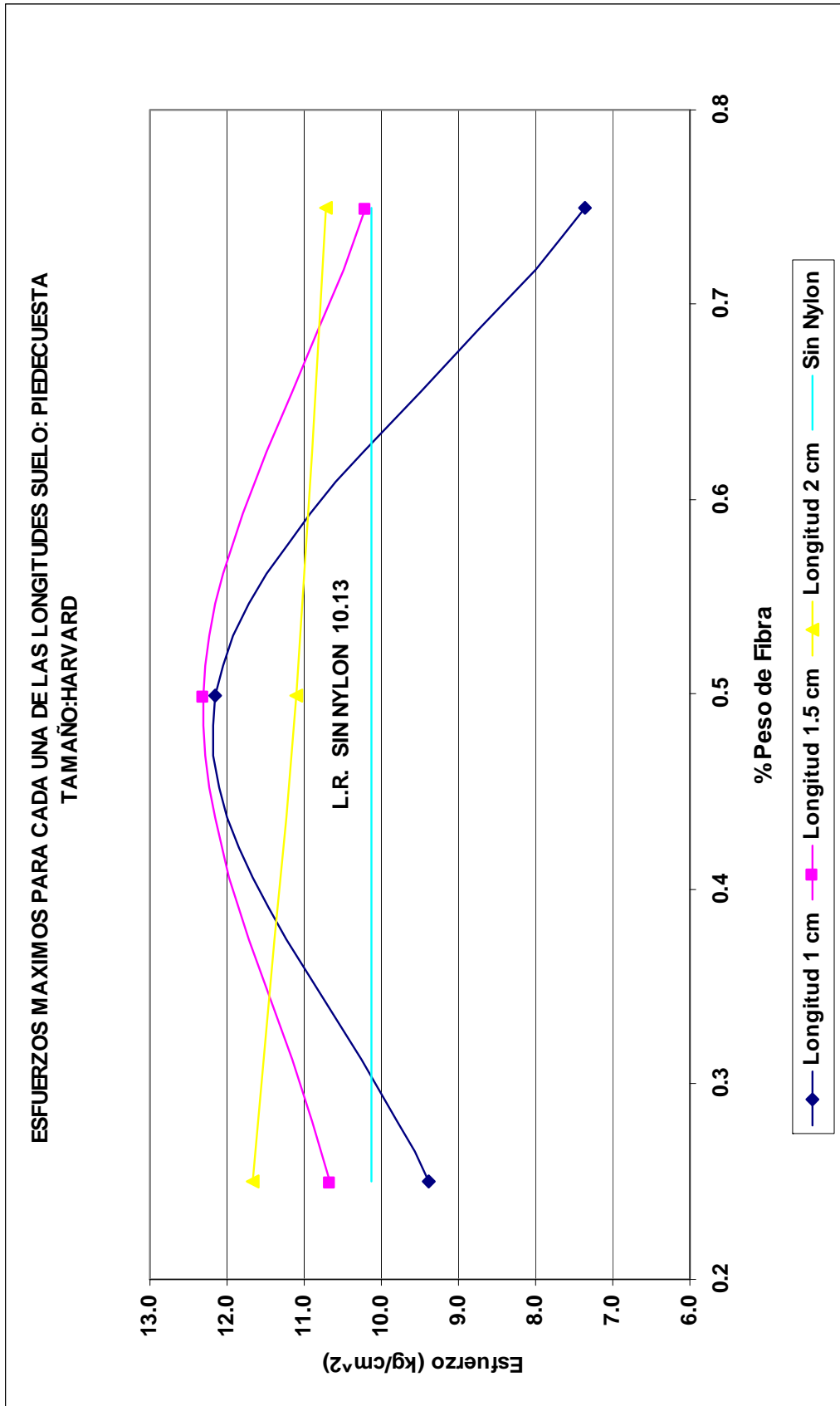
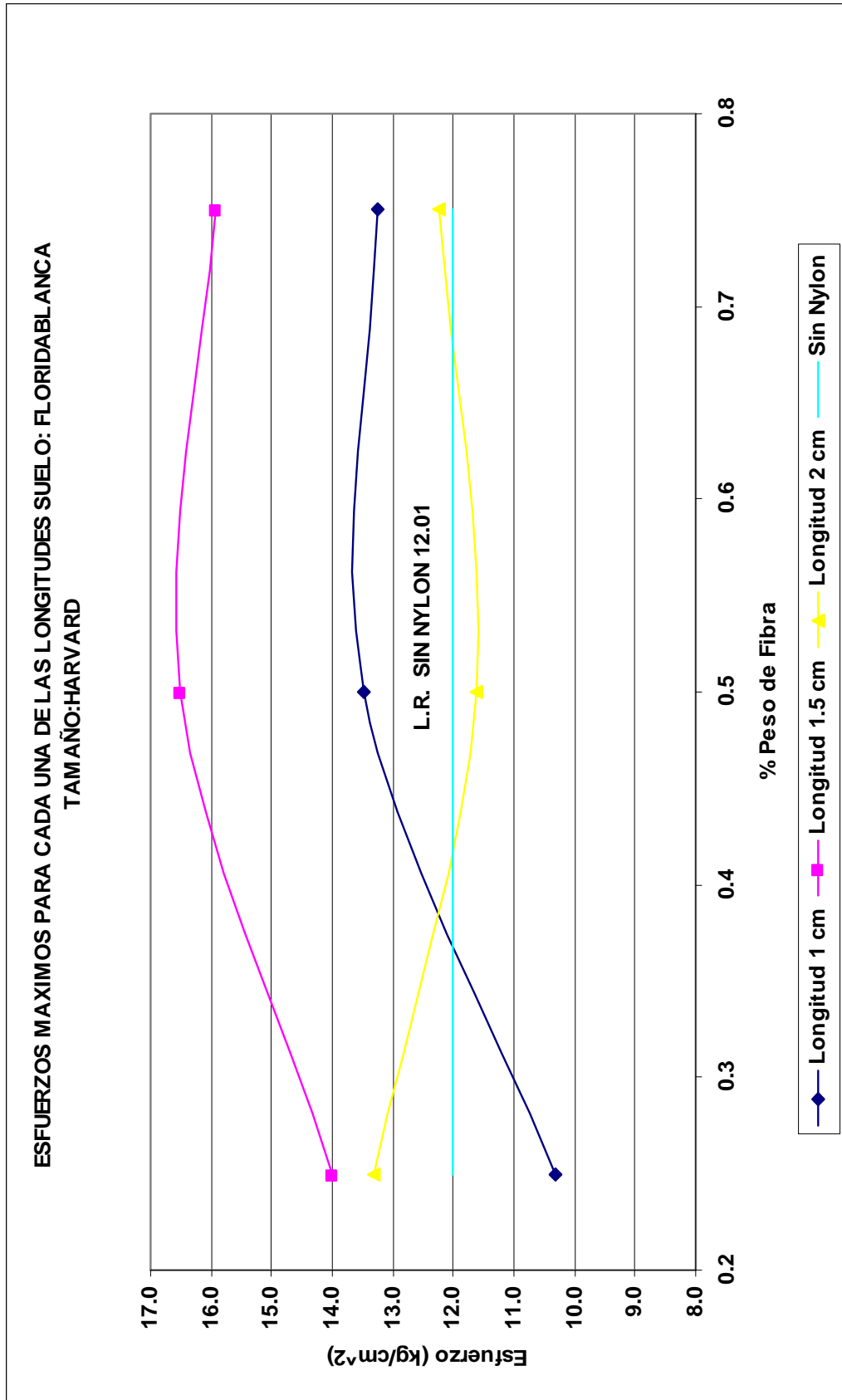


Figura 19. Esfuerzos máximos para cada una de las longitudes de fibra, Suelo: Florida, Tamaño: Harvard



Después de estudiar y analizar detalladamente los resultados obtenidos sobre el comportamiento de la mezcla de suelos y fibra en sus diferentes combinaciones de longitud y porcentaje en peso, se tomó la decisión de adoptar como óptimos una longitud de 2cm y 0.75% en peso para el suelo de Lebrija, como observamos en la figura 17 el punto de mayor valor y que se encuentra por encima de la línea de referencia (L.R) corresponde a esta combinación de % en peso y longitud, a diferencia de las otras combinaciones con un valor pico 12.60kg/cm^2 .

Para el suelo de Piedecuesta tenemos una longitud de 1.5cm y 0.5% porcentaje en peso, para este suelo es más claro que las tres combinaciones están por encima del valor máximo de esfuerzo sin refuerzo, teniendo el valor pico en esta combinación de 12.30kg/cm^2 , aunque la línea de la longitud de 2cm también tiene estas características la tendencia es descendente con un valor pico menor al escogido.

Por último para el suelo de Floridablanca, escogimos igualmente una longitud de 1.5cm y 0.5% porcentaje en peso, este posee las mismas características del suelo de Piedecuesta, pero con una tendencia inicial de un incremento en el esfuerzo con un valor pico de 16.50kg/cm^2 , a diferencia de las demás combinaciones.

Las longitudes utilizadas en las pruebas de laboratorio se determinaron teniendo en cuenta el tamaño del molde Harvard; en cuanto al porcentaje en peso del nylon, se descartó el uso de 1% ya que era mucha fibra debido a que el nylon es muy liviano, además gran cantidad de fibra dificulta la mezcla con el suelo.

6. COMPORTAMIENTO DE LOS SUELOS CON ADICIÓN DE FIBRA

6.1 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SMPLE

Gracias a este ensayo se determino la longitud y la cantidad de Nylon con las que se obtuvieron los mejores comportamientos y la mayor efectividad de la resistencia de cada uno de los suelos estudiados.

6.2 RESISTENCIA A LA COMPRESIÓN SIMPLE UTILIZANDO LAS PROBETAS GRANDES

Calculados y obtenidos los resultados óptimos de longitud y porcentaje en peso del Nylon para cada uno de los suelos en el ensayo de compresión simple, decidimos mantener constante la relación longitud de fibra sobre el diámetro de la probeta (L/D), para hallar las longitudes óptimas de Nylon, necesaria para añadir a los respectivos suelos.

La metodología o el procedimiento utilizado lo explicamos a continuación con el suelo de Lebrija:

Longitud óptima de Nylon	2 cm
Porcentaje de peso óptimo	0.75%
Diámetro probeta Harvard	3.34 cm
Relación (L/D)	0.598
Diámetro probeta Grande	15.24 cm

Relación: $L/D = 0.598 \Rightarrow L/15.24\text{cm} = 0.598 \Rightarrow L \approx 9.2\text{cm}$ de Nylon.

De igual manera se hallaron las longitudes óptimas para cada uno de los suelos, los cuales resumimos en la siguiente tabla:

Tabla 6. Longitudes y porcentajes óptimos para cada uno de los suelos.

SUELO	T. HARVARD	T. GRANDE	% PESO	RELACIÓN L/D
LEBRIJA	2 cm	9.2 cm	0.75	0.598
PIEDRECUESTA	1.5 cm	6.9 cm	0.5	0.299
FLORIDA	1.5 cm	6.9 cm	0.5	0.299

Figura 20. Mezcla del suelo con el Nylon, Probeta Grande antes de fallar y Probeta fallada.



Las características de las fallas que se presentaron en estas probetas son similares a las que se presentaron en las probetas de Compresión simple tamaño Harvard, particularmente estas probetas en su mayoría fallaron por aplastamiento, además, todas las muestras fueron tamizadas por el tamiz N° 4 conservando la energía del Proctor modificado junto con la humedad óptima para cada suelo.

Figura 21. Tamizado de suelo por el Tamiz N° 4, para realizar las Probetas.

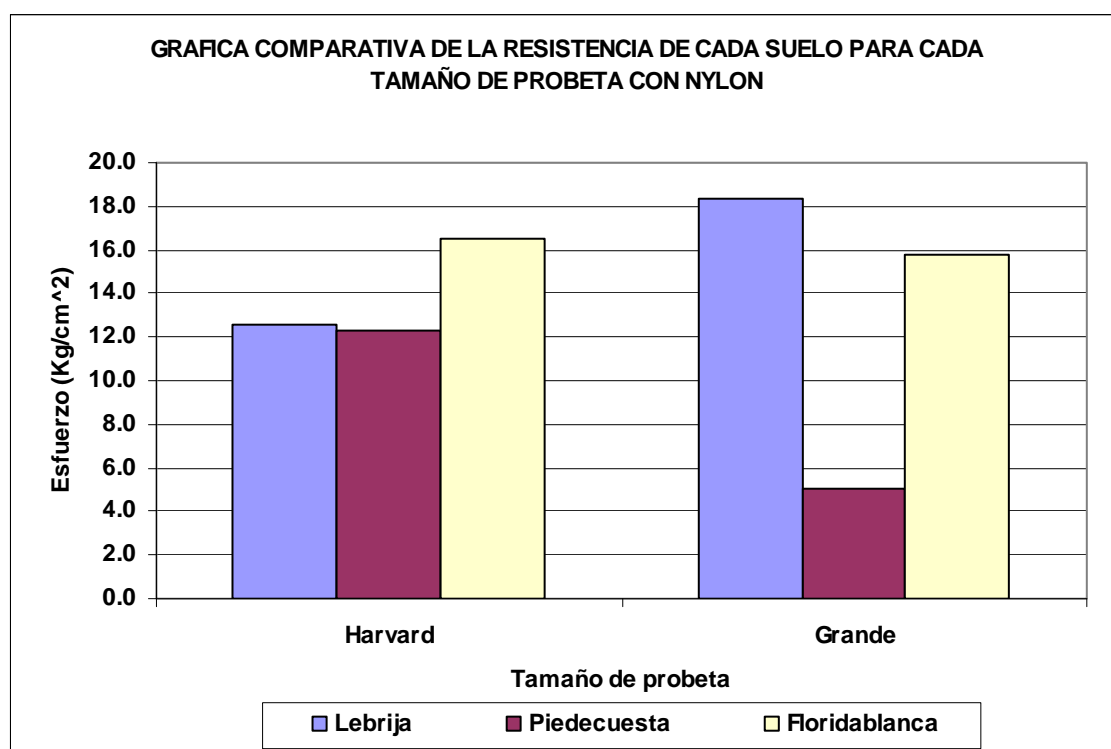


Los resultados obtenidos en los ensayos de Compresión simple con la respectiva adición de Nylon, utilizando las longitudes y porcentajes óptimos en peso correspondientes, se presentan a continuación en la siguiente tabla:

Tabla 7. Resultados de Compresión Simple con las longitudes y porcentajes óptimos para cada suelo y cada tamaño de probeta.

Tamaño de probeta	Suelo de Lebrija qu (kg/cm²)	Suelo de Piedecuesta qu (kg/cm²)	Suelo de Florida qu (kg/cm²)
T. Harvard	12.63	12.30	16.50
T. Grande	18.36	5.04	15.79

Figura 22. Gráfica comparativa de la resistencia de cada suelo para cada tamaño de probeta con adición de Nylon.



Los ensayos de compresión simple para todas las probetas realizadas para cada tipo de suelo y utilizando las longitudes y porcentajes óptimos se encuentran registrados en los Anexos.

7. ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS OBTENIDOS DE COMPRESIÓN SIMPLE SOBRE LAS MUESTRAS DE SUELO SIN NYLON Y ADICIONADAS CON NYLON

En el transcurso de la investigación y en particular durante el proceso para fallar cada una de las probetas de suelo sin fibra en cada uno de los tamaños, se logro observar claramente que la forma de la falla tiende a producir un plano de 45° , esto ocasionado a la aplicación constante de carga axial sobre la muestra.

Después de realizar la adición del Nylon a cada tamaño de probeta, las fallas que se presentan en las probetas al momento de ser falladas en algunos casos muy pocos se presentaron con la misma falla cortante de 45° y en otros casos pasaban a una falla plástica por aplastamiento presumiblemente debida a la acción del Nylon dentro del suelo acompañada de unas pequeñas fisuras verticales sobre las muestras.

En general la tendencia observada del comportamiento de la resistencia del suelo, presenta un incremento considerable para cada una de las muestras que se realizaron después de la adición del Nylon, a diferencia del Suelo de Piedecuesta con la probeta de tamaño grande que tuvo una reducción considerable de su resistencia a compresión.

Es de vital importancia recordar que el suelo debe presentar una mezcla uniforme junto con el Nylon, para que en el momento de realizar la compactación se presente un material homogéneo que permita incrementar la capacidad de resistencia al aplicar la respectiva carga.

Las pruebas de compresión simple realizadas para los diferentes tamaños de probeta se encuentran resumidas a continuación en la siguiente tabla:

Tabla 8. Comparación de las Probetas con adición y sin adición de Nylon.

<i>Tamaño de muestra : HARVARD $q_u = (kg/cm^2)$</i>			
Suelo	Sin Nylon	Con Nylon	Incremento (%)
Lebrija	11.23	12.60	12.20
Piedecuesta	10.13	12.30	21.46
Floridablanca	12.01	16.50	37.45
<i>Tamaño de muestra : GRANDE $q_u = (kg/cm^2)$</i>			
Suelo	Sin Nylon	Con Nylon	Incremento (%)
Lebrija	14.53	18.36	26.36
Piedecuesta	7.67	5.04	-34.29
Floridablanca	11.40	15.79	38.46

Figura 23. Gráfica comparativa para el suelo de Lebrija sin y con adición de Nylon.

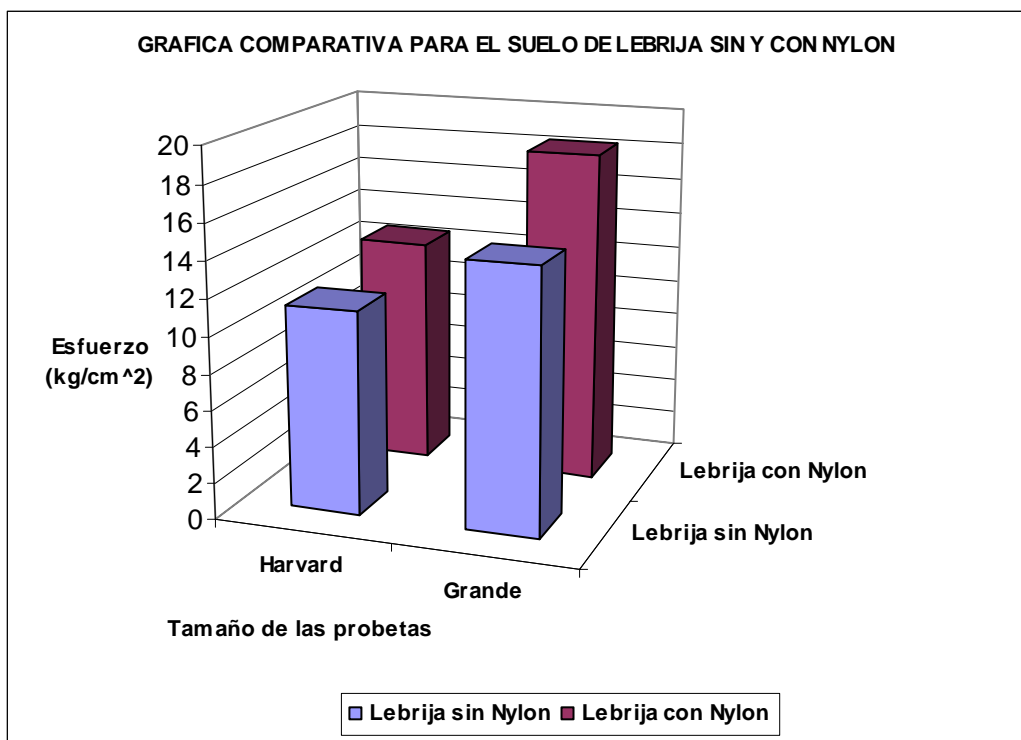


Figura 24. Gráfica comparativa para el suelo de Piedecuesta sin y con adición de Nylon.

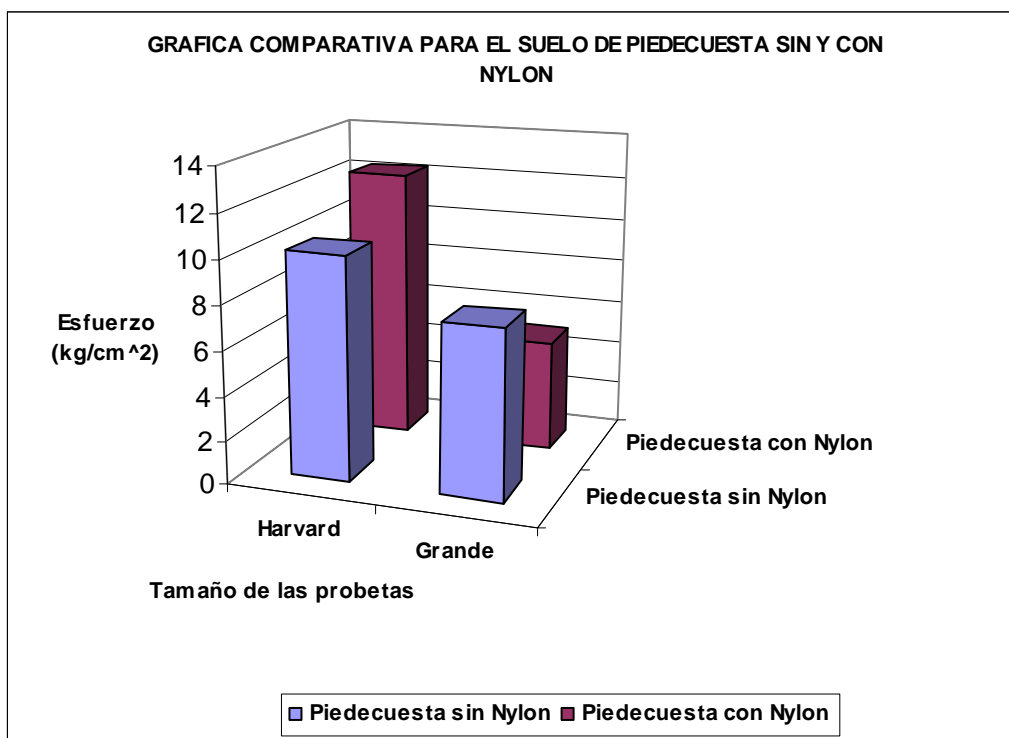
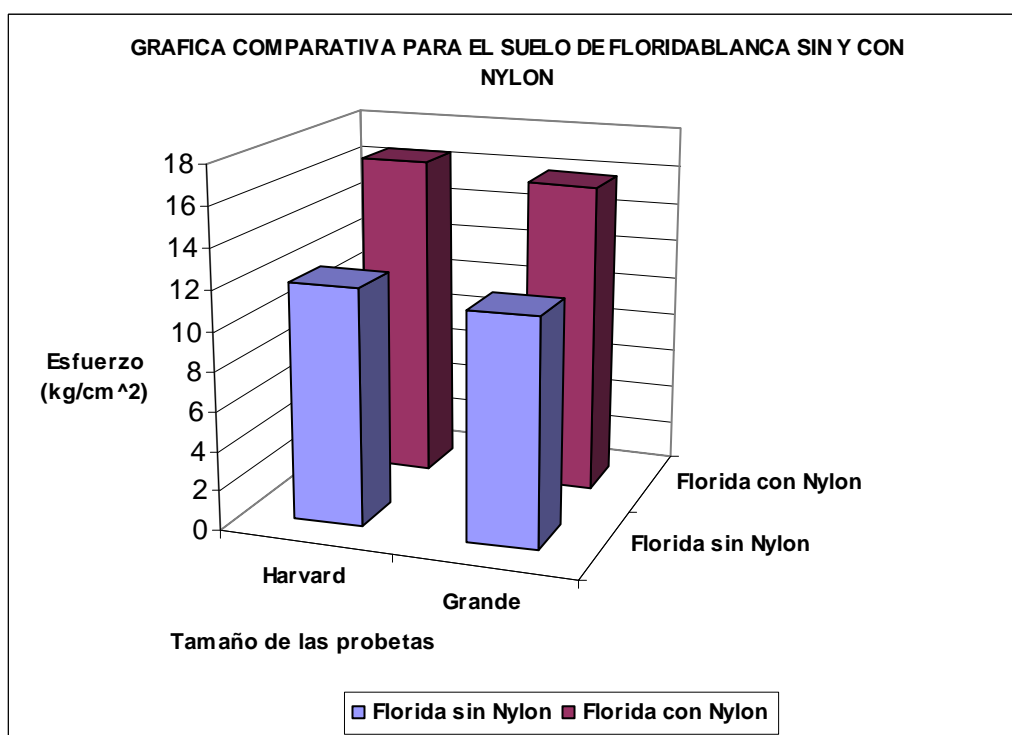


Figura 25. Gráfica comparativa para el suelo de Floridablanca sin y con adición de Nylon.



La tendencia general los suelos analizados de Lebrija, Piedecuesta y Floridablanca, es la de incrementar su capacidad resistente con el aporte del Nylon a los suelos, pero se observo que es indiferente del tamaño de probeta que se use, por ejemplo para el suelo de Lebrija si se nota que es directamente proporcional el tamaño de probeta al esfuerzo resistido, a diferencia del suelo de Piedecuesta que se reduce considerablemente con el tamaño de la probeta siendo este suelo el menos favorable para la utilización de estas fibras, el suelo de Floridablanca que aunque incremento su resistencia a la carga a compresión con la adición de las fibras de Nylon, el esfuerzo final permanece casi constante con el tamaño de las probetas.

8. ANÁLISIS ECONOMICO

Para desarrollar el estudio económico nos basamos en el precio del Nylon cotizado y empleado el cual fue de \$ 41.500 el kilogramo, este tiene una longitud de 2570 ml, es decir manejamos un precio de \$ 16.15 por metro lineal, entonces teniendo en cuenta que para cada probeta ya sea Harvard o Grande se adicionaban una cantidades con relación al porcentaje en peso del material de suelo necesitado, el cual fue de 140 gr para las probetas Harvard y 14500 g para las probetas Grandes con la respectiva longitud y tomando un promedio de densidad de los suelos analizados podemos obtener un valor por m³ de suelo de la siguiente manera:

Tabla 9. Análisis económico con Nylon Comercial IMPAR.

FIBRA	CANTIDAD (ml)	VALOR Kg (\$)	\$/ml
NYLON	2570	\$ 41,500	\$ 16.15

HARVARD	SUELO	LEBRIJA	PIEDRECUESTA	FLORIDA
	% PESO	0.25	0.5	0.75
	# DE PROBETAS	3	3	3
	SUELO (gr)	140	140	140
	NYLON (gr)	0.35	0.70	1.05
	NYLON POR PROBETA (ml)	0.90	1.80	2.70
	TOTAL NYLON (ml)	2.70	5.40	8.10
	VALOR	\$ 43.58	\$ 87.15	\$ 130.73
	VALOR TOTAL	\$ 261.45		

VALOR TOTAL DE LOS TRES SUELOS	\$ 784.35
--------------------------------	-----------

GRANDE	SUELO	LEBRIJA	PIEDRECUESTA	FLORIDA
	% PESO	0.75	0.5	0.5
	# DE PROBETAS	3	3	3
	SUELO (gr)	14500	14500	14500
	NYLON (gr)	108.75	72.50	72.50
	NYLON POR PROBETA (ml)	279.49	186.33	186.33
	TOTAL NYLON (ml)	838.46	558.98	558.98
	VALOR	\$ 13,539.38	\$ 9,026.25	\$ 9,026.25
	VALOR TOTAL	\$ 31,591.88		

NYLON TOTAL UTILIZADO EN LA INVESTIGACION (ml)	1972.60
VALOR TOTAL DEL NYLON UTILIZADO	\$ 32,376.23
CANTIDAD DE SUELO UTILIZADO (gr)	131760
DENSIDAD DEL TERRENO PROMEDIO (gr/cm³)	1.845
VOLUMEN DE SUELO UTILIZADO (cm³)	71414.63
VOLUMEN DE SUELO UTILIZADO (m³)	0.071
VALOR DE NYLON / m³	\$ 453,355.61

Ahora, si realizamos el análisis con relación a los datos suministrados por ACERCAR el cual es un proyecto orientado a la prestación de Asistencia Técnica en Gestión Ambiental desarrollado por la Secretaría Distrital de Ambiente (Antes DAMA), cuyo objetivo es Apoyar a las PYMES (Micro, Pequeña y Mediana Empresa) de la Ciudad de Bogotá con el fin de mejorar su gestión ambiental y productividad a través de herramientas de producción más limpia y generar condiciones favorables para un Desarrollo Humano Sostenible, mantienen un valor de Nylon Reciclado de \$450 el kilogramo, con este dato presentamos el siguiente balance:

Tabla 10. Análisis económico con Nylon Reciclado ACERCAR.

FIBRA	CANTIDAD (ml)	VALOR Kg (\$)	\$/ml
NYLON	2570	\$ 450	\$ 0.18

HARVARD	SUELO	LEBRIJA	PIEDRECUESTA	FLORIDA
	% PESO	0.25	0.5	0.75
	# DE PROBETAS	3	3	3
	SUELO (gr)	140	140	140
	NYLON (gr)	0.35	0.70	1.05
	NYLON (ml)	0.90	1.80	2.70
	TOTAL NYLON (ml)	2.70	5.40	8.10
	VALOR	\$ 0.47	\$ 0.95	\$ 1.42
	VALOR TOTAL	\$ 2.84		

VALOR TOTAL DE LOS TRES SUELOS	\$ 8.51
---------------------------------------	----------------

GRANDE	SUELO	LEBRIJA	PIEDRECUESTA	FLORIDA
	% PESO	0.75	0.5	0.5
	# DE PROBETAS	3	3	3

	SUELO (gr)	14500	14500	14500
	NYLON (gr)	108.75	72.50	72.50
	NYLON (ml)	279.49	186.33	186.33
	TOTAL NYLON (ml)	838.46	558.98	558.98
	VALOR	\$ 146.81	\$ 97.88	\$ 97.88
	VALOR TOTAL	\$ 342.56		
NYLON TOTAL UTILIZADO EN LA INVESTIGACION (ml)				1972.60
VALOR TOTAL DEL NYLON UTILIZADO				\$ 351.07
CANTIDAD DE SUELO UTILIZADO (gr)				131760
DENSIDAD DEL TERRENO PROMEDIO (gr/cm³)				1.845
VOLUMEN DE SUELO UTILIZADO (cm³)				71414.63
VOLUMEN DE SUELO UTILIZADO (m³)				0.071
VALOR DE NYLON / m³				\$ 4,915.90

Haciendo la comparación entre estos valores y productos Geosintéticos utilizados en el medio, tomando como ejemplo que en 1m de altura que tiene 1m³ de suelo podemos colocar 3 capas de estos geosintéticos, podemos ver:

Tabla 11. Comparación de precios por m³.

VALOR DE NYLON COMERCIAL/ m³	\$ 453,355.61
VALOR DE NYLON RECICLADO / m³	\$ 4,915.90
NÚMERO DE CAPAS / m³	3
CANTIDA DE m² / m³	3

Descripción	Precio / m²	m² / m³	VALOR / m³	N. C. vs. GEOSINT.	N. R. vs. GEOSINT.
Geotextil No tejido de 1600	\$ 2,500	3	\$ 7,500	5944.74%	-34.45%
Geotextil No tejido de 1800	\$ 3,144	3	\$ 9,432	4706.57%	-47.88%
Geotextil No tejido de 2000	\$ 3,722	3	\$ 11,166	3960.14%	-55.97%
Geotextil No tejido de 2500	\$ 3,903	3	\$ 11,709	3771.86%	-58.02%
Geotextil No tejido de 3000	\$ 4,904	3	\$ 14,712	2981.54%	-66.59%
Geotextil No tejido de 4000	\$ 6,345	3	\$ 19,035	2281.69%	-74.17%
Geotextil No tejido de 5000	\$ 7,874	3	\$ 23,622	1819.21%	-79.19%
Geotextil No tejido de 6000	\$ 9,005	3	\$ 27,015	1578.16%	-81.80%
Geotextil No tejido de 7000	\$ 11,246	3	\$ 33,738	1243.75%	-85.43%
Geotextil Tejido 1700	\$ 3,195	3	\$ 9,585	4629.84%	-48.71%
Geotextil Tejido 2100	\$ 3,798	3	\$ 11,394	3878.90%	-56.86%
Geotextil Tejido 2400	\$ 4,286	3	\$ 12,858	3425.86%	-61.77%

**Fuente: Durman Esquivel – Lista de Precios – Geosintéticos.
N.C.: Nylon Comercial, N.R.: Nylon Reciclado**

Como observamos el costo del Nylon Comercial utilizado con respecto a Geosintéticos usados en el medio es excesivamente costoso y es el principal problema en la inviabilidad del uso de esta fibra, pero a su vez se observa que si se usa el Nylon Reciclado podemos obtener una ventaja económica que podría ser interesante analizar.

CONCLUSIONES

1. En las probetas tamaño Harvard con la adición de Nylon combinando longitudes y porcentajes, al realizar el ensayo de compresión simple, los mejores resultados fueron: para el suelo de Lebrija con Nylon de 2.0cm de longitud y 0.75% en peso; suelo de Piedecuesta de 1.5cm y 0.5% en peso y finalmente el suelo de Floridablanca con 1.5cm de longitud y 0.5% en peso. Por esta razón se consideraron éstos porcentajes y longitudes, como los valores óptimos para cada uno de los suelos ensayados.
2. Es muy importante al realizar la compactación de cada uno de las probetas mezclar las fibras de Nylon con el suelo buscando la mayor homogeneidad posible, ya que esto permite reducir la aglutinación de las fibras debido a su textura y a la humedad del suelo.
3. Para poder encontrar la longitud optima de las fibras de Nylon a utilizar en las probetas grandes, en cada uno de los tres tipos de suelos estudiados, se usó un método que relacionó la longitud de la fibra con el diámetro de la probeta Harvard (L/D); esta relación se mantuvo constante.
4. En el desarrollo de la investigación se observó que las muestras del suelo con mayor límite líquido y mayor índice de plasticidad como el suelo de Lebrija y el de Floridablanca, tuvieron un mejor comportamiento al momento de realizar la compresión simple con la adición de fibra; al parecer hay una mejor interacción entre las fibras y los suelos de mayor plasticidad.
5. En general, se observó en los suelos analizados que con la adición de las fibras de Nylon adquirieron un comportamiento esfuerzo deformación que muestra mayor plasticidad en el material.
6. Una de las ventajas de uso de fibras de Nylon es su gran cantidad de propiedades físicas, como su alta tenacidad, su resistencia a cambios ambientales y su

7. recuperación desde la deformación, lo que lo hace un material idóneo como refuerzo para suelos sometidos a altas cargas de compresión.

8. Se observó que no hay una tendencia clara y definida de la adición de la fibra en el valor del esfuerzo último a compresión que soportó cada una de las probetas utilizadas. Tampoco se observó claramente el efecto del tamaño de las probetas utilizadas (Harvard y Grande).

9. Al realizar el análisis económico pertinente, se observa que el Nylon comercial usado nos muestra una desventaja en cuanto al precio de otros tipos de refuerzos de suelos como Geotextiles; con el Nylon reciclado, de un costo mucho menor, se obtendría una ventaja supremamente alta en cuanto a costos por m³ de suelo reforzado; se debe verificar si este proporciona incrementos de resistencia a compresión a los suelos.

RECOMENDACIONES

1. Se recomienda para la realización de proyectos similares a este, desarrollar con las probetas grandes un estudio de cada uno de los porcentajes en peso y longitudes debido a que las probetas Harvard en el momento de compactarlas, el émbolo del martillo usado puede romper o deteriorar de alguna manera las fibras y altere los valores óptimos de longitud; entonces usando la relación L/D tendríamos los mismos porcentajes de 0.25%, 0.5% y 0.75% y longitudes de 4.6cm, 6.5cm y 9.2cm y analizar la capacidad portante del suelo reforzado.
2. Podemos optar además por desarrollar este proyecto utilizando las fibras recicladas de Nylon, debido a su gran ventaja económica que se presenta en el capítulo 8, Análisis Económico, y observar su comportamiento en pro del aumento de la resistencia del suelo a compresión.

BIBLIOGRAFIA

- JUAREZ, Badillo. Mecánica de Suelos. Tomo 1. México; Limusa Noriega Editores, 1999.
- SUAREZ, Jaime. Estabilidad de Taludes; Ediciones UIS, 1998.
- ICONTEC, Normas Técnicas Colombianas. Bogotá; 2002.
- MUÑOZ, Laura. Posible Utilización de la Fibra de Fique para el Mejoramiento de Suelos Finos, Bucaramanga; Tesis de Grado Universidad Industrial de Santander, 2000.
- TORRES, Luz y VEGA, Alfredo. Uso de Fibras Sintéticas para el Mejoramiento de Suelos Finos. Bucaramanga; Tesis de grado Universidad Industrial de Santander, 2001.
- PICO, Mónica Patricia y FONTECHA; Fabiola Eugenia. Análisis del comportamiento mecánico de suelos finos mediante la adición de residuos de polietileno de alta densidad. Bucaramanga. Tesis de grado Universidad industrial de Santander, 2001.
- BUITRAGO, Leidy Johana y GÓMEZ, German Andrés. Análisis del comportamiento mecánico de suelos finos mediante la adición de tiras de polipropileno. Bucaramanga. Tesis de grado Universidad industrial de Santander, 2003.
- ACERCAR, Ventanilla de Asistencia Técnica Ambiental para la Mipyme. Disponible en: www.acercar.org.co/industria/bolsa/indiceprecios, Marzo de 2008.
- Impar Monofilamentos y Cia S. en C. Disponible en: www.impar.com.co, Septiembre de 2007.

- Durman Esquivel – Lista de Precios – Geosinteticos.
Disponible en: www.coval.com.co/pdfs/listasprecios/ult_durman_geosinteticos.pdf,
Marzo de 2008.

ANEXO A. ENSAYOS Y ESTUDIOS REALIZADOS PARA EL SUELO LEBRIJA



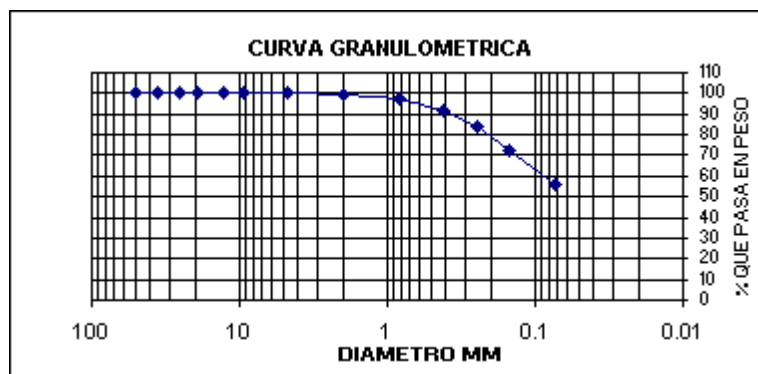
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
 ENSAYO DE GRANULOMETRIA INV E- 123

FECHA	<u>OCTUBRE DE 2007</u>	SONDEO	<u>1</u>
PROYECTO	<u>ESTABILIDAD DE SUELOS CON FIBRAS DE NYLON</u>	MUESTRA	<u>1</u>
LOCALIZACION	<u>LEBRIJA</u>	PROFUNDIDAD	<u>No se indico</u>

PESO TARA (gr)	625.12
TARA+MUESTRA HUMEDA (gr)	1225.12
TARA+MUESTRA SECA (gr)	1208.15
PESO AGUA (gr)	16.97
PESO MUEST. SECA (gr)	583.03
HUMEDAD (%)	1.39%

PESO INICIAL DE LA MUESTRA gr:	<u>600</u>
PESO DESPUES DE LAVADO gr:	<u>275.6</u>
PORCENTAJE DE ERROR %:	<u>0.68</u>

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	0.0000	0.00	100	10	2	9.40	1.57	98.32
1 1/2"	36.1	0.0000	0.00	100	20	0.84	31.41	5.24	93.08
1"	25.4	0.0000	0.00	100	40	0.42	61.13	10.19	82.89
3/4"	19.05	0.0000	0.00	100	60	0.25	57.55	9.59	73.30
1/2"	12.7	0.0000	0.00	100	100	0.149	55.30	9.22	64.08
3/8"	9.52	0.0000	0.00	100	200	0.074	57.60	9.60	54.48
No 4	4.75	0.71	0.12	99.88	PASA 200	*****	0.63		
SUMA	*****	0.71	0.12		SUMA	*****	273.0200	45.40	
					TOTAL		273.7300		



GRAVAS=	<u>0.12</u>	%
ARENAS =	<u>45.40</u>	%
FINOS=	<u>54.48</u>	%

CLASIFICACION SUCS: CL (ARCILLA ARENOSA), COLOR MARRÓN CLARO



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

FECHA : OCTUBRE DE 2007
PROYECTO : ESTABILIDAD DE SUELOS CON FIBRAS DE NYLON
LOCALIZACION: LEBRIJA

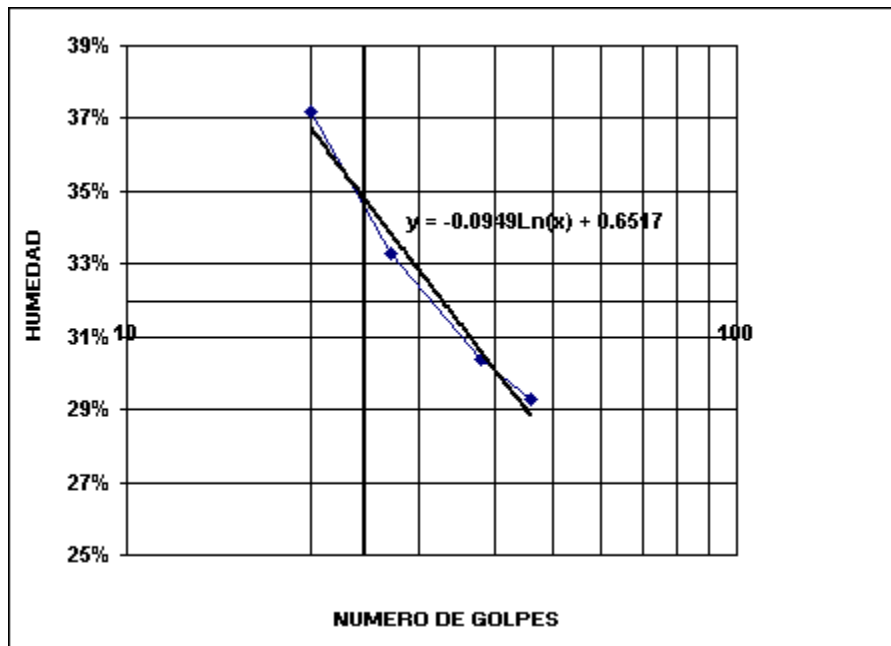
SONDEO : 1
MUESTRA : 1
PROFUNDIDAD : No se indico

LIMITE LIQUIDO

CAPSULA No	NUMERO DE GOLPES	PESO CAPSULA	PESO CAPSULA + SUELO HUMEDO	PESO CAPSULA + SUELO SECO	PESO DEL AGUA	PESO SUELO SECO	CONTENIDO DE AGUA %
		gr	gr	gr	gr	gr	%
1	46	7.09	18.62	16.01	2.61	8.92	29.26%
2	38	7.36	18.01	15.53	2.48	8.17	30.35%
3	27	6.99	21.89	18.17	3.72	11.18	33.27%
4	20	6.81	20.35	16.68	3.67	9.87	37.18%

LIMITE PLASTICO

5		7.39	14.15	12.99	1.16	5.6	20.71%
6		6.72	15.05	13.67	1.38	6.95	19.86%



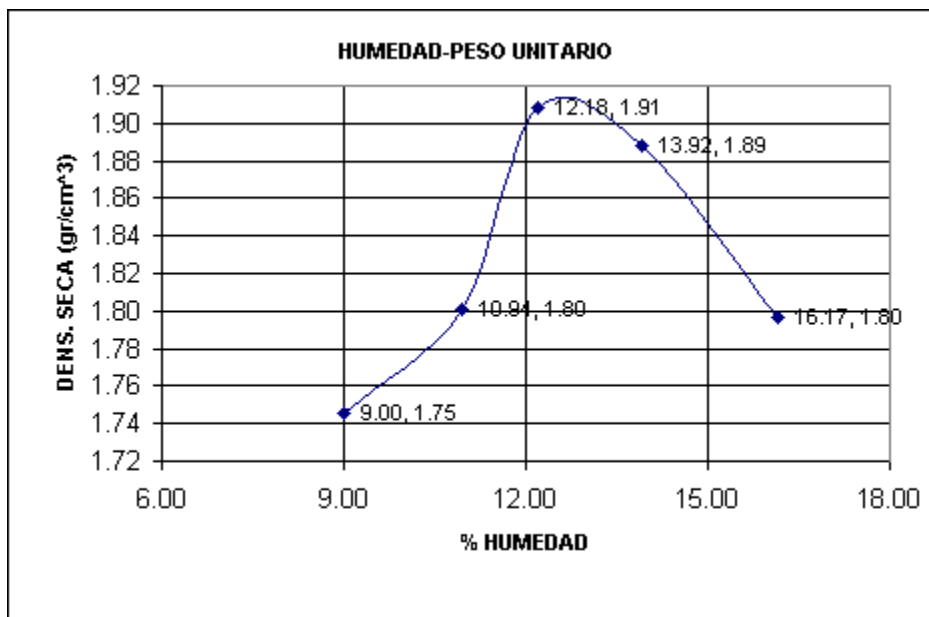
LIMITE LIQUIDO : 34.60%
LIM. PLASTICO : 20.29%
IND. DE PLASTI. : 14.31%
CLASIFICACION SUCS. : CL



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
ENSAYO DE COMPACTACION
INV E - 142

FECHA	OCTUBRE DE 2007
PROYECTO	ESTABILIZACION DE SUELOS CON FIBRAS DE NYLON
LOCALIZACION	LEBRIJA
MUESTRA	1
PROFUNDIDAD	NO SE INDICO

TIPO DE ENSAYO	MODIFICADO									
NUMERO DE CAPAS	5									
NUMERO DE GOLPES POR CARA	25									
MOLDE No	6									
DIAMETRO MOLDE (cm)	10.16									
ALTURA MOLDE (cm)	11.64									
VOLUMEN MOLDE (cm3)	943.69									
PRUEBA #	1		2		3		4		5	
# GOLPES	25		25		25		25		25	
MUESTRA HUMEDA (gr)	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500
MOLDE #	21	21	21	21	21	21	21	21	21	21
PESO MOLDE (gr)	4290	4290	4290	4290	4290	4290	4290	4290	4290	4290
MOLDE+MUESTRA COMPACTADA	6085	6085	6175	6175	6310	6310	6320	6320	6260	6260
# TARA	35	6	14	72	17	69	60	25	77	10
PESO TARA	6.93	6.75	6.77	6.71	7.12	7.1	6.74	7.32	6.76	7.35
W TARA+W HUMEDO	47.19	51.47	48.3	43.52	48.98	48.69	46.19	48.92	43.3	43.02
W TARA+W SECO	43.83	47.82	44.14	39.95	44.12	44.49	41.33	43.88	38.2	38.07
% DE HUMEDAD	9.1057	8.8873	11.1319	10.7401	13.1351	11.2329	14.0503	13.7856	16.221	16.1133
% DE HUMEDAD PROMEDIO	9.00		10.94		12.18		13.92		16.17	
DENSIDAD HUMEDA	1.90		2.00		2.14		2.15		2.09	
DENSIDAD SECA	1.75		1.80		1.91		1.89		1.80	



HUMEDAD OPTIMA (%)=	13.05
DENS. SECA MAX. =	1.91

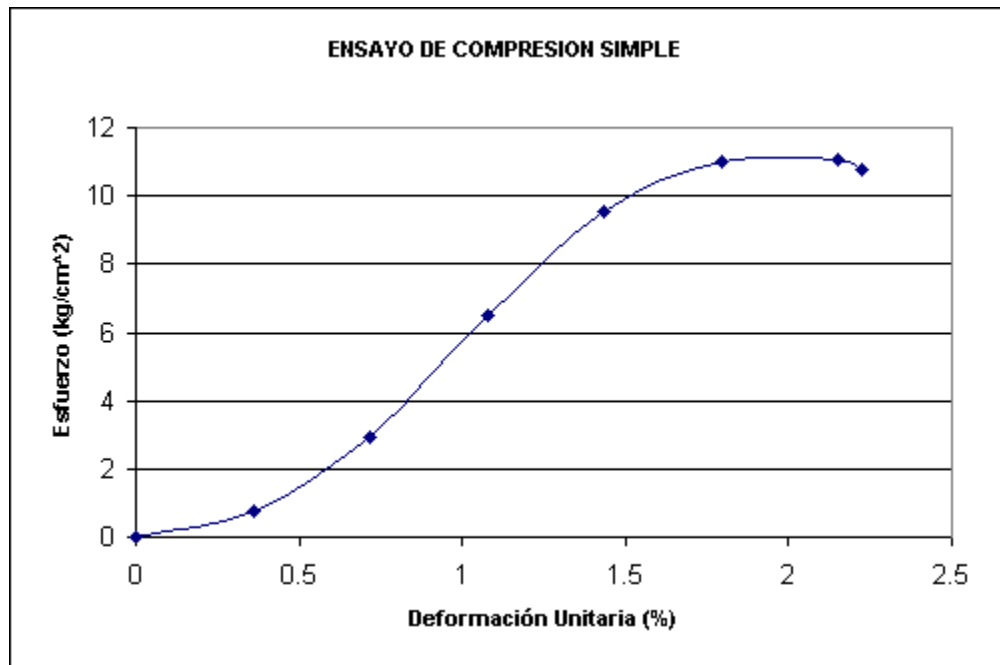


UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
COMPRESION SIMPLE suelo Lebrija sin Nylon
HARVARD MINIATURA

DIMENSIONES CILINDRO

Diámetro superior (cm)	3.34
Diámetro central (cm)	3.34
Diámetro inferior (cm)	3.34
Altura (cm)	7.08
Área (cm ²)	8.76
Volúmen (cm ³)	62.03

Tiempo (min)	Carga (kg)	Deformacion (mm)	Def. Unitaria	Esfuerzo (kg/cm ²)	Def. Unit. (%)
0	0	0	0	0	0
0.25	6.8	0.25	0.0036	0.78	0.359
0.5	25.5	0.51	0.0072	2.91	0.718
0.75	56.8	0.76	0.0108	6.48	1.076
1	83.4	1.02	0.0144	9.52	1.435
1.25	96.6	1.27	0.0179	11.03	1.794
1.5	96.7	1.52	0.0215	11.04	2.153
1.75	94.3	1.57	0.0222	10.76	2.224



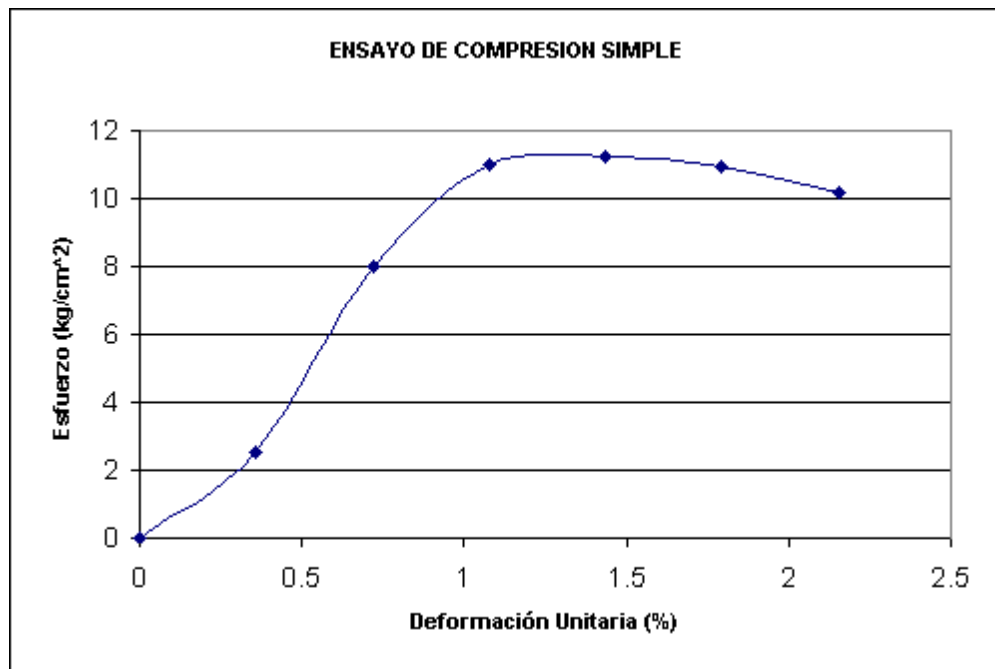


UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
COMPRESION SIMPLE suelo Lebrija sin Nylon
HARVARD MINIATURA

DIMENSIONES CILINDRO

Diámetro superior (cm)	3.34
Diámetro central (cm)	3.34
Diámetro inferior (cm)	3.34
Altura (cm)	7.08
Área (cm ²)	8.76
Volúmen (cm ³)	62.03

Tiempo (min)	Carga (kg)	Deformación (mm)	Def. Unitaria	Esfuerzo (kg/cm ²)	Def. Unit. (%)
0	0	0	0	0	0
0.25	22.2	0.25	0.0036	2.53	0.359
0.5	69.9	0.51	0.0072	7.98	0.718
0.75	96.4	0.76	0.0108	11.00	1.076
1	98.4	1.02	0.0144	11.23	1.435
1.25	95.7	1.27	0.0179	10.92	1.794
1.5	89.4	1.52	0.0215	10.20	2.153



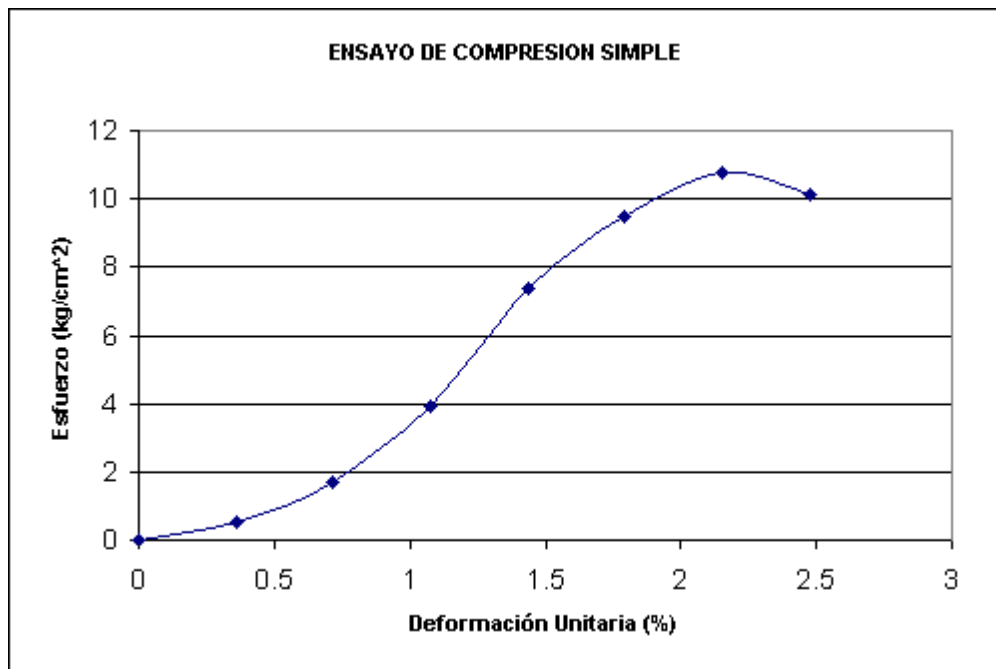


UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
 COMPRESION SIMPLE suelo Lebrija sin Nylon
 HARVARD MINIATURA

DIMENSIONES CILINDRO

Diámetro superior (cm)	3.34
Diámetro central (cm)	3.34
Diámetro inferior (cm)	3.34
Altura (cm)	7.08
Área (cm ²)	8.76
Volúmen (cm ³)	62.03

Tiempo (min)	Carga (kg)	Deformacion (mm)	Def. Unitaria	Esfuerzo (kg/cm ²)	Def. Unit. (%)
0	0	0	0	0	0
0.25	4.7	0.25	0.0036	0.54	0.359
0.5	14.9	0.51	0.0072	1.70	0.718
0.75	34.4	0.76	0.0108	3.93	1.076
1	64.4	1.02	0.0144	7.35	1.435
1.25	83.3	1.27	0.0179	9.51	1.794
1.5	94.4	1.52	0.0215	10.77	2.153
1.75	93.2	1.75	0.0248	10.15	2.475



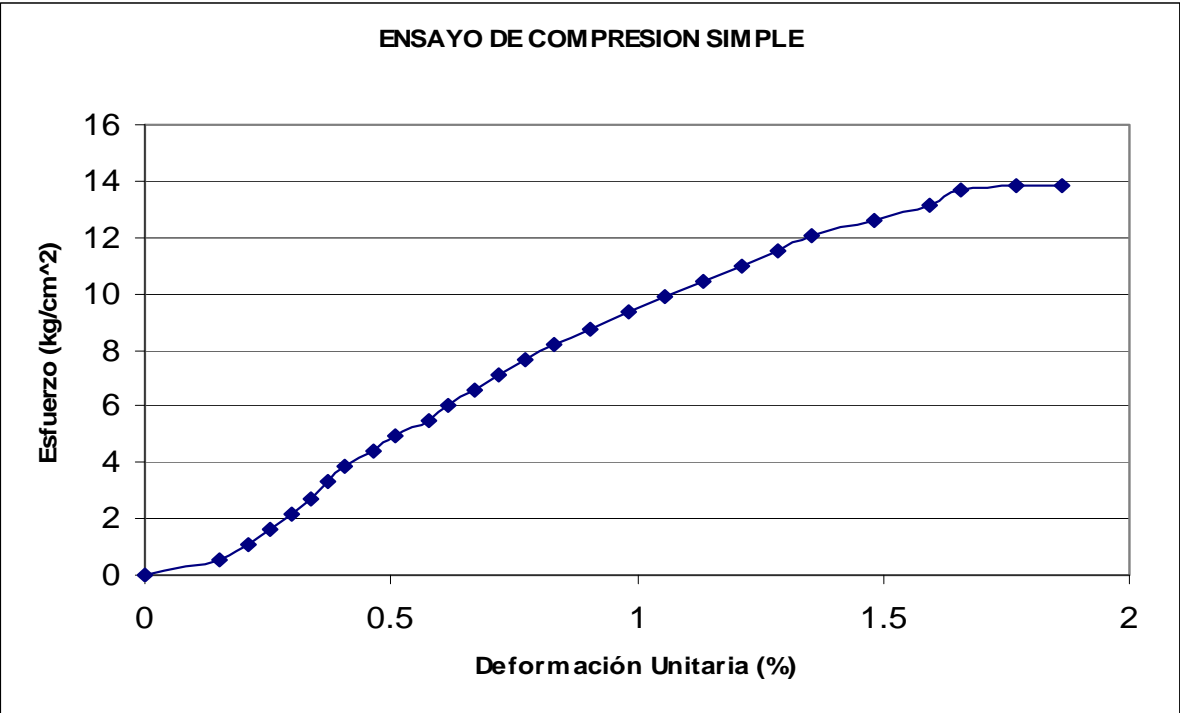


UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
COMPRESION SIMPLE suelo Lebrija sin Nylon
GRANDE

DIMENSIONES CILINDRO

Diámetro superior (cm)	15.24
Diámetro central (cm)	15.24
Diametro inferior (cm)	15.24
Altura (cm)	30.00
Área (cm²)	182.41
Volúmen (cm³)	5472.44

Carga (kg)	Deformacion (mm)	Def. Unitaria	Esfuerzo (kg/cm²)	Def. Unit. (%)
0	0	0	0	0
100	0.46	0.0015	0.55	0.152
200	0.64	0.0021	1.10	0.212
300	0.76	0.0025	1.64	0.254
400	0.89	0.0030	2.19	0.296
500	1.02	0.0034	2.74	0.339
600	1.12	0.0037	3.29	0.373
700	1.22	0.0041	3.84	0.406
800	1.40	0.0047	4.39	0.466
900	1.52	0.0051	4.93	0.508
1000	1.73	0.0058	5.48	0.576
1100	1.85	0.0062	6.03	0.618
1200	2.01	0.0067	6.58	0.669
1300	2.16	0.0072	7.13	0.720
1400	2.31	0.0077	7.67	0.770
1500	2.49	0.0083	8.22	0.830
1600	2.72	0.0091	8.77	0.906
1700	2.95	0.0098	9.32	0.982
1800	3.18	0.0106	9.87	1.058
1900	3.40	0.0113	10.42	1.135
2000	3.63	0.0121	10.96	1.211
2100	3.86	0.0129	11.51	1.287
2200	4.06	0.0135	12.06	1.355
2300	4.45	0.0148	12.61	1.482
2400	4.78	0.0159	13.16	1.592
2500	4.98	0.0166	13.71	1.659
2520	5.31	0.0177	13.81	1.770
2520	5.59	0.0186	13.81	1.863



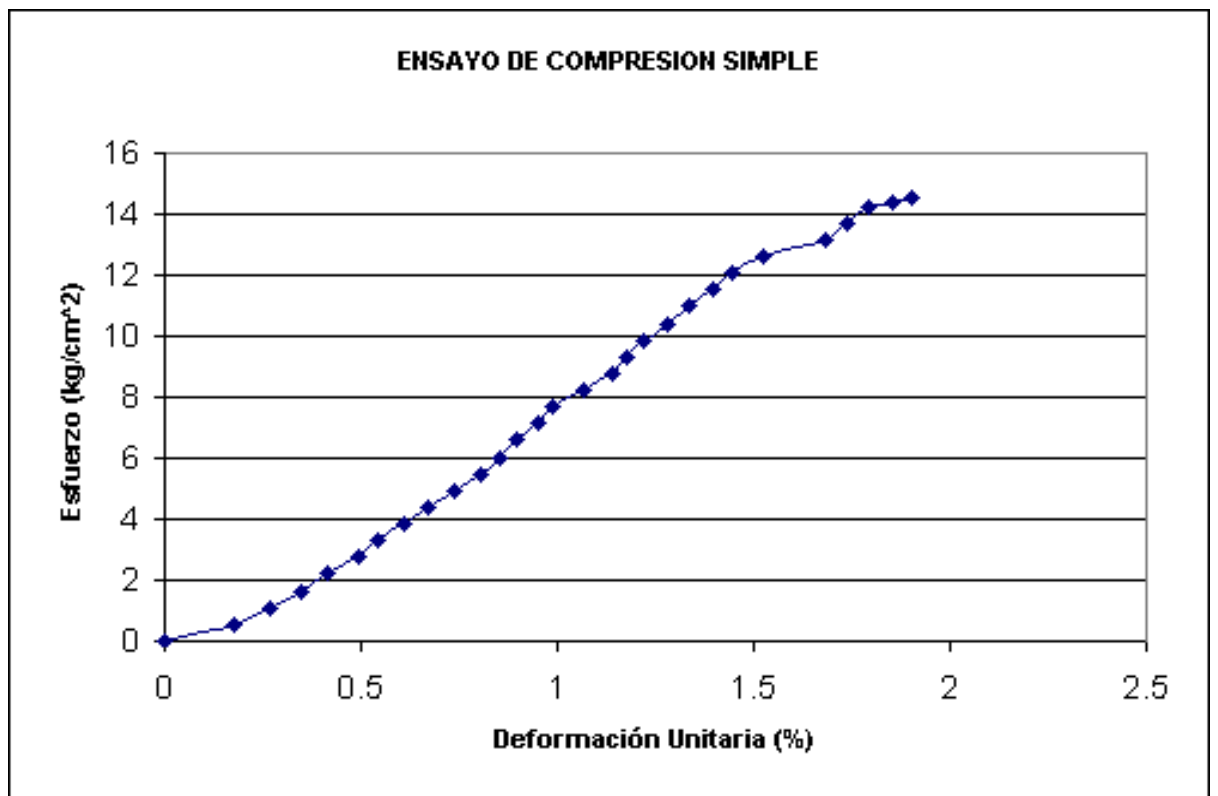


UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
COMPRESION SIMPLE suelo Lebrija sin Nylon
GRANDE

DIMENSIONES CILINDRO

Diámetro superior (cm)	15.24
Diámetro central (cm)	15.24
Diametro inferior (cm)	15.24
Altura (cm)	30.00
Área (cm²)	182.41
Volúmen (cm³)	5472.44

Carga (kg)	Deformacion (mm)	Def. Unitaria	Esfuerzo (kg/cm²)	Def. Unit. (%)
0	0	0	0	0
100	0.53	0.0018	0.55	0.178
200	0.81	0.0027	1.10	0.271
300	1.04	0.0035	1.64	0.347
400	1.24	0.0041	2.19	0.415
500	1.47	0.0049	2.74	0.491
600	1.63	0.0054	3.29	0.542
700	1.83	0.0061	3.84	0.610
800	2.01	0.0067	4.39	0.669
900	2.21	0.0074	4.93	0.737
1000	2.41	0.0080	5.48	0.804
1100	2.57	0.0086	6.03	0.855
1200	2.69	0.0090	6.58	0.897
1300	2.84	0.0095	7.13	0.948
1400	2.97	0.0099	7.67	0.991
1500	3.20	0.0107	8.22	1.067
1600	3.43	0.0114	8.77	1.143
1700	3.53	0.0118	9.32	1.177
1800	3.66	0.0122	9.87	1.219
1900	3.84	0.0128	10.42	1.278
2000	4.01	0.0134	10.96	1.338
2100	4.19	0.0140	11.51	1.397
2200	4.34	0.0145	12.06	1.448
2300	4.57	0.0152	12.61	1.524
2400	5.05	0.0168	13.16	1.685
2500	5.21	0.0174	13.71	1.736
2600	5.38	0.0179	14.25	1.795
2630	5.56	0.0185	14.42	1.854
2650	5.72	0.0191	14.53	1.905



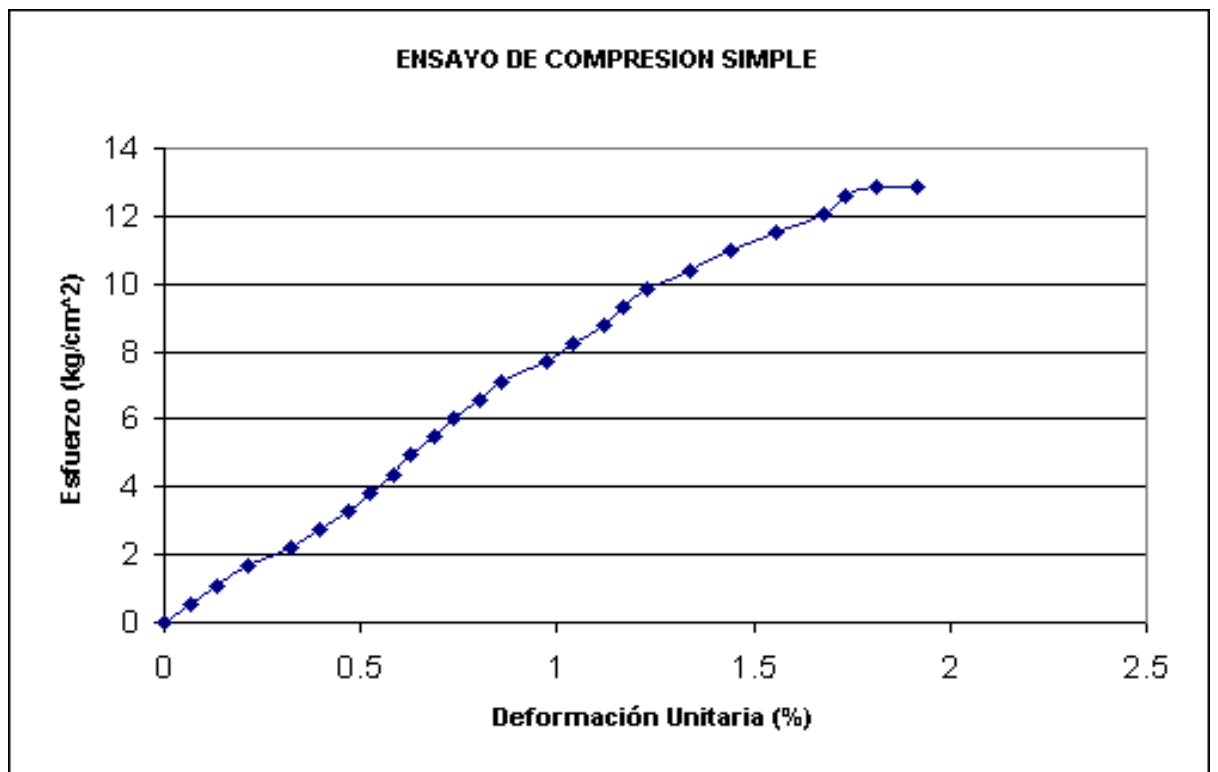


UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
COMPRESION SIMPLE suelo Lebrija sin Nylon
GRANDE

DIMENSIONES CILINDRO

Diámetro superior (cm)	15.24
Diámetro central (cm)	15.24
Diametro inferior (cm)	15.24
Altura (cm)	30.00
Área (cm ²)	182.41
Volúmen (cm ³)	5472.44

Carga (kg)	Deformacion (mm)	Def. Unitaria	Esfuerzo (kg/cm ²)	Def. Unit. (%)
0	0	0	0	0
100	0.20	0.0007	0.55	0.068
200	0.41	0.0014	1.10	0.135
300	0.64	0.0021	1.64	0.212
400	0.97	0.0032	2.19	0.322
500	1.19	0.0040	2.74	0.398
600	1.40	0.0047	3.29	0.466
700	1.57	0.0052	3.84	0.525
800	1.75	0.0058	4.39	0.584
900	1.88	0.0063	4.93	0.627
1000	2.06	0.0069	5.48	0.686
1100	2.21	0.0074	6.03	0.737
1200	2.41	0.0080	6.58	0.804
1300	2.57	0.0086	7.13	0.855
1400	2.92	0.0097	7.67	0.974
1500	3.12	0.0104	8.22	1.041
1600	3.35	0.0112	8.77	1.118
1700	3.51	0.0117	9.32	1.168
1800	3.68	0.0123	9.87	1.228
1900	4.01	0.0134	10.42	1.338
2000	4.32	0.0144	10.96	1.439
2100	4.67	0.0156	11.51	1.558
2200	5.03	0.0168	12.06	1.676
2300	5.21	0.0174	12.61	1.736
2350	5.44	0.0181	12.88	1.812
2350	5.74	0.0191	12.88	1.913



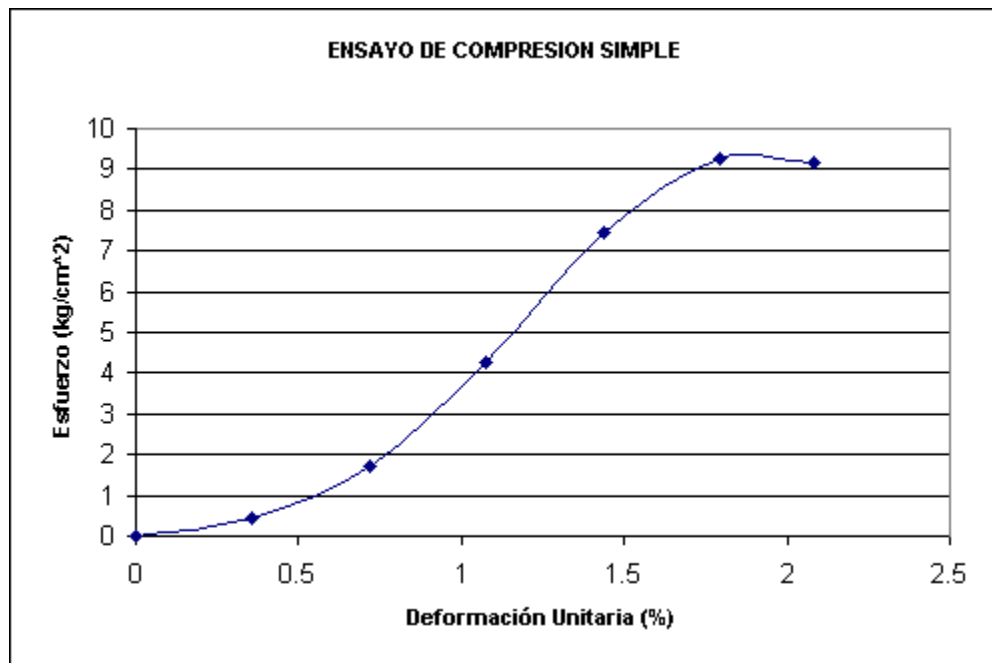


UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
COMPRESION SIMPLE suelo Lebrija con Nylon de 1cm y 0.25% peso
HARVARD MINIATURA

DIMENSIONES CILINDRO

Diámetro superior (cm)	3.34
Diámetro central (cm)	3.34
Diámetro inferior (cm)	3.34
Altura (cm)	7.08
Área (cm ²)	8.76
Volúmen (cm ³)	62.03

Tiempo (min)	Carga (kg)	Deformación (mm)	Def. Unitaria	Esfuerzo (kg/cm ²)	Def. Unit. (%)
0	0	0	0	0	0
0.25	3.8	0.25	0.0036	0.43	0.359
0.5	15.1	0.51	0.0072	1.72	0.718
0.75	37.2	0.76	0.0108	4.25	1.076
1	65.3	1.02	0.0144	7.45	1.435
1.25	81.1	1.27	0.0179	9.26	1.794
1.5	80.1	1.47	0.0208	9.14	2.081



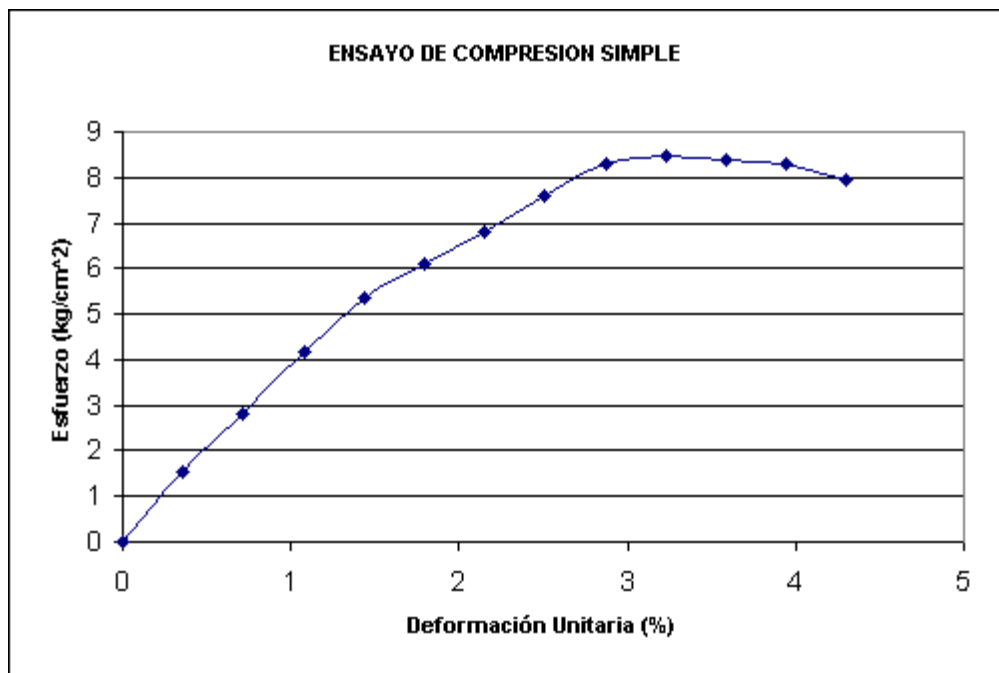


UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
COMPRESION SIMPLE suelo Lebrija con Nylon de 1cm y 0.5% peso
HARVARD MINIATURA

DIMENSIONES CILINDRO

Diámetro superior (cm)	3.34
Diámetro central (cm)	3.34
Diámetro inferior (cm)	3.34
Altura (cm)	7.08
Área (cm ²)	8.76
Volúmen (cm ³)	62.03

Tiempo (min)	Carga (kg)	Deformacion (mm)	Def. Unitaria	Esfuerzo (kg/cm ²)	Def. Unit. (%)
0	0	0	0	0	0
0.25	13.6	0.25	0.0036	1.55	0.359
0.5	24.8	0.51	0.0072	2.83	0.718
0.75	36.4	0.76	0.0108	4.15	1.076
1	46.8	1.02	0.0144	5.34	1.435
1.25	53.4	1.27	0.0179	6.09	1.794
1.5	59.7	1.52	0.0215	6.81	2.153
1.75	66.4	1.78	0.0251	7.58	2.511
2	72.6	2.03	0.0287	8.29	2.870
2.25	74.3	2.29	0.0323	8.48	3.229
2.5	73.4	2.54	0.0359	8.38	3.588
2.75	72.8	2.79	0.0395	8.31	3.946
3	69.8	3.05	0.0431	7.97	4.305



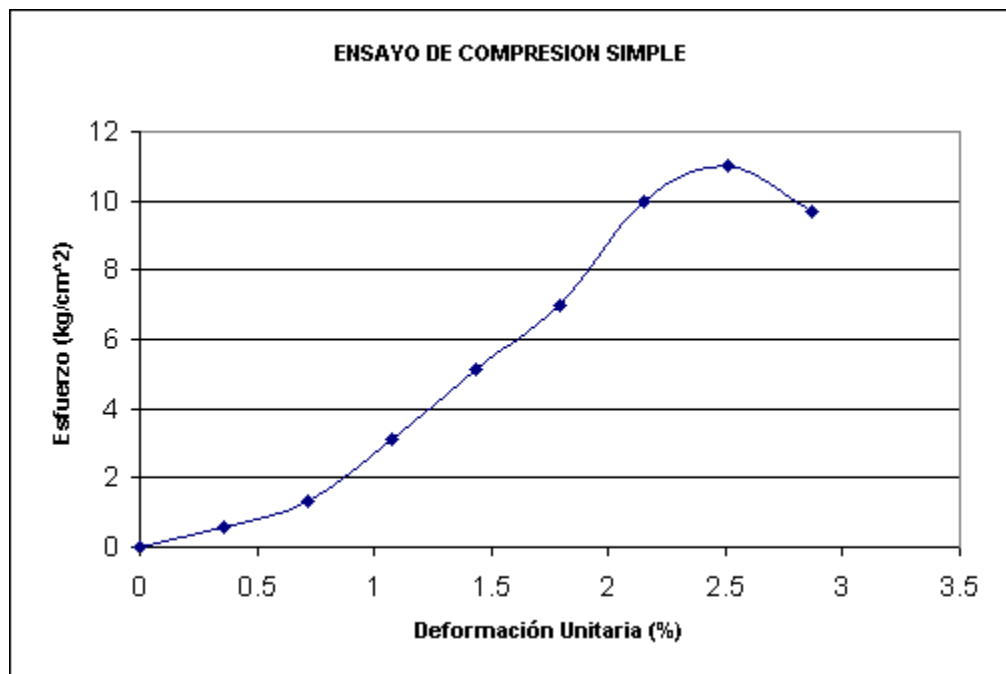


UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
COMPRESION SIMPLE suelo Lebrija con Nylon de 1cm y 0.75% peso
HARVARD MINIATURA

DIMENSIONES CILINDRO

Diámetro superior (cm)	3.34
Diámetro central (cm)	3.34
Diámetro inferior (cm)	3.34
Altura (cm)	7.08
Área (cm ²)	8.76
Volúmen (cm ³)	62.03

Tiempo (min)	Carga (kg)	Deformacion (mm)	Def. Unitaria	Esfuerzo (kg/cm ²)	Def. Unit. (%)
0	0	0	0	0	0
0.25	5.3	0.25	0.0036	0.60	0.36
0.5	11.7	0.51	0.0072	1.34	0.72
0.75	27.2	0.76	0.0108	3.10	1.08
1	44.9	1.02	0.0144	5.12	1.44
1.25	61.1	1.27	0.0179	6.97	1.79
1.5	87.6	1.52	0.0215	10.00	2.15
1.75	96.4	1.78	0.0251	11.00	2.51
2	84.7	2.03	0.0287	9.67	2.87



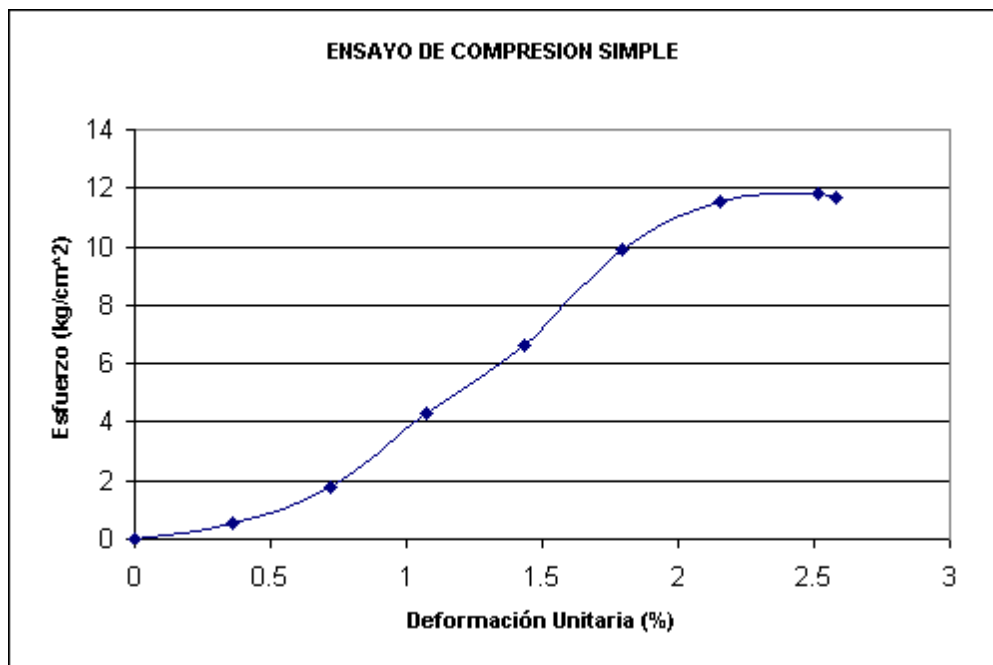


UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
COMPRESION SIMPLE suelo Lebrija con Nylon de 1.5cm y 0.25% peso
HARVARD MINIATURA

DIMENSIONES CILINDRO

Diámetro superior (cm)	3.34
Diámetro central (cm)	3.34
Diámetro inferior (cm)	3.34
Altura (cm)	7.08
Área (cm ²)	8.76
Volúmen (cm ³)	62.03

Tiempo (min)	Carga (kg)	Deformacion (mm)	Def. Unitaria	Esfuerzo (kg/cm ²)	Def. Unit. (%)
0	0	0	0	0	0
0.25	4.9	0.25	0.0036	0.56	0.359
0.5	15.4	0.51	0.0072	1.76	0.718
0.75	37.8	0.76	0.0108	4.31	1.076
1	58.1	1.02	0.0144	6.63	1.435
1.25	86.6	1.27	0.0179	9.88	1.794
1.5	101.2	1.52	0.0215	11.55	2.153
1.75	103.6	1.78	0.0251	11.82	2.511
2	102.1	1.83	0.0258	11.65	2.583



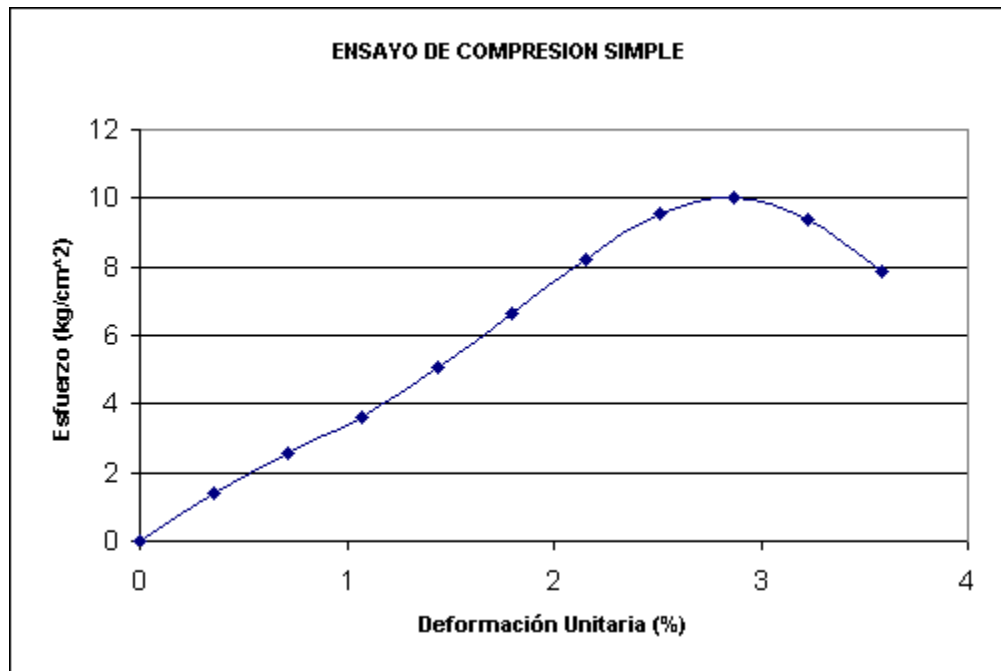


UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
COMPRESION SIMPLE suelo Lebrija con Nylon de 1.5cm y 0.5% peso
HARVARD MINIATURA

DIMENSIONES CILINDRO

Diámetro superior (cm)	3.34
Diámetro central (cm)	3.34
Diámetro inferior (cm)	3.34
Altura (cm)	7.08
Área (cm ²)	8.76
Volúmen (cm ³)	62.03

Tiempo (min)	Carga (kg)	Deformación (mm)	Def. Unitaria	Esfuerzo (kg/cm ²)	Def. Unit. (%)
0	0	0	0	0	0
0.25	12.2	0.25	0.0036	1.39	0.359
0.5	22.6	0.51	0.0072	2.58	0.718
0.75	31.4	0.76	0.0108	3.58	1.076
1	44.6	1.02	0.0144	5.09	1.435
1.25	58.4	1.27	0.0179	6.67	1.794
1.5	72.1	1.52	0.0215	8.23	2.153
1.75	83.5	1.78	0.0251	9.53	2.511
2	87.8	2.03	0.0287	10.02	2.870
2.25	82.2	2.29	0.0323	9.38	3.229
2.5	68.8	2.54	0.0359	7.85	3.588



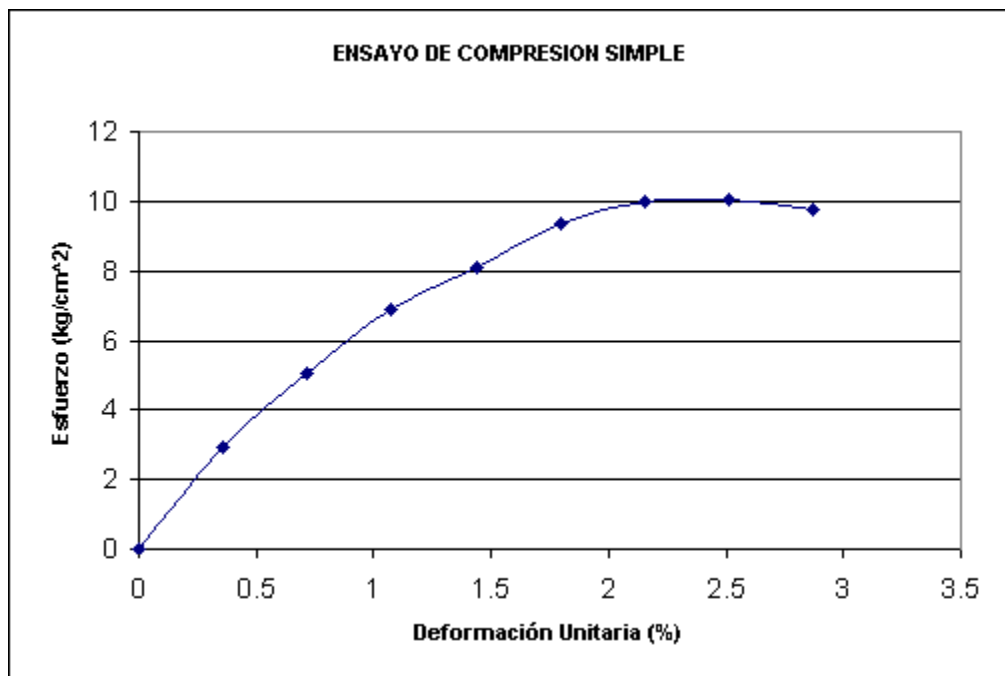


UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
COMPRESION SIMPLE suelo Lebrija con Nylon de 1.5cm y 0.75% peso
HARVARD MINIATURA

DIMENSIONES CILINDRO

Diámetro superior (cm)	3.34
Diámetro central (cm)	3.34
Diámetro inferior (cm)	3.34
Altura (cm)	7.08
Área (cm ²)	8.76
Volúmen (cm ³)	62.03

Tiempo (min)	Carga (kg)	Deformacion (mm)	Def. Unitaria	Esfuerzo (kg/cm ²)	Def. Unit. (%)
0	0	0	0	0	0
0.25	25.6	0.25	0.0036	2.92	0.36
0.5	44.5	0.51	0.0072	5.08	0.72
0.75	60.5	0.76	0.0108	6.91	1.08
1	70.8	1.02	0.0144	8.08	1.44
1.25	82.1	1.27	0.0179	9.37	1.79
1.5	87.6	1.52	0.0215	10.00	2.15
1.75	87.8	1.78	0.0251	10.02	2.51
2	85.6	2.03	0.0287	9.77	2.87



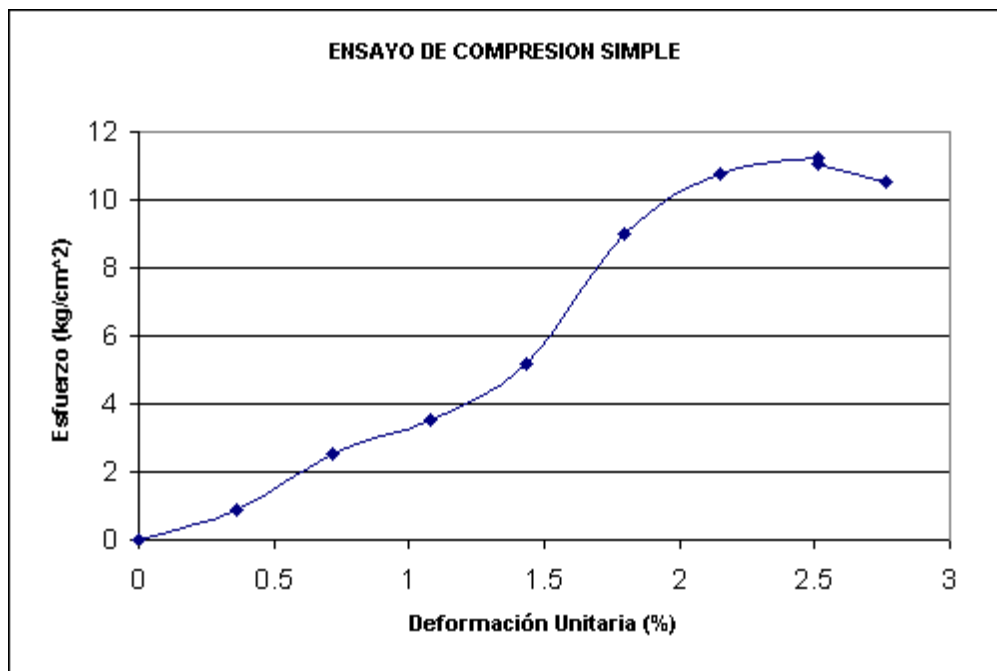


UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
COMPRESION SIMPLE suelo Lebrija con Nylon de 2cm y 0.25% peso
HARVARD MINIATURA

DIMENSIONES CILINDRO

Diámetro superior (cm)	3.34
Diámetro central (cm)	3.34
Diámetro inferior (cm)	3.34
Altura (cm)	7.08
Área (cm ²)	8.76
Volúmen (cm ³)	62.03

Tiempo (min)	Carga (kg)	Deformación (mm)	Def. Unitaria	Esfuerzo (kg/cm ²)	Def. Unit. (%)
0	0	0	0	0	0
0.25	7.8	0.25	0.0036	0.89	0.359
0.5	22.4	0.51	0.0072	2.56	0.718
0.75	30.8	0.76	0.0108	3.52	1.076
1	45.2	1.02	0.0144	5.16	1.435
1.25	79.1	1.27	0.0179	9.03	1.794
1.5	94.5	1.52	0.0215	10.79	2.153
1.75	98.3	1.78	0.0251	11.22	2.511
2	96.7	1.78	0.0251	11.04	2.511
2.25	92.1	1.96	0.0276	10.51	2.762



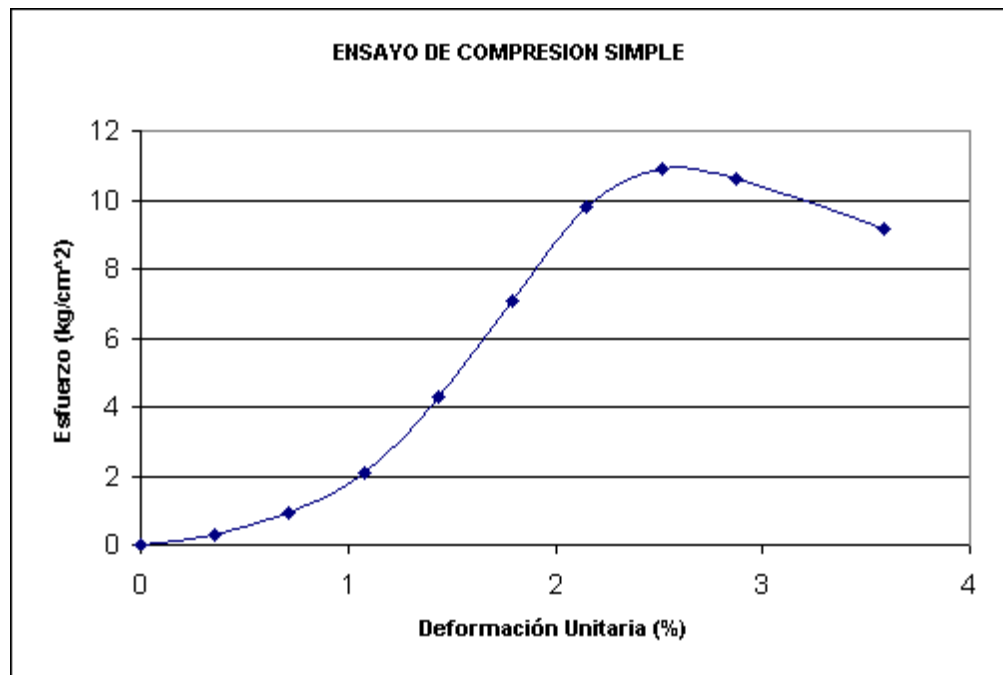


UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
COMPRESION SIMPLE suelo Lebrija con Nylon de 2cm y 0.5% peso
HARVARD MINIATURA

DIMENSIONES CILINDRO

Diámetro superior (cm)	3.34
Diámetro central (cm)	3.34
Diámetro inferior (cm)	3.34
Altura (cm)	7.08
Área (cm ²)	8.76
Volúmen (cm ³)	62.03

Tiempo (min)	Carga (kg)	Deformacion (mm)	Def. Unitaria	Esfuerzo (kg/cm ²)	Def. Unit. (%)
0	0	0	0	0	0
0.25	2.7	0.25	0.0036	0.31	0.359
0.5	8.2	0.51	0.0072	0.94	0.718
0.75	18.4	0.76	0.0108	2.10	1.076
1	37.7	1.02	0.0144	4.30	1.435
1.25	62.2	1.27	0.0179	7.10	1.794
1.5	85.6	1.52	0.0215	9.77	2.153
1.75	95.7	1.78	0.0251	10.92	2.511
2	93.2	2.03	0.0287	10.64	2.870
2.25	80.4	2.54	0.0359	9.18	3.588



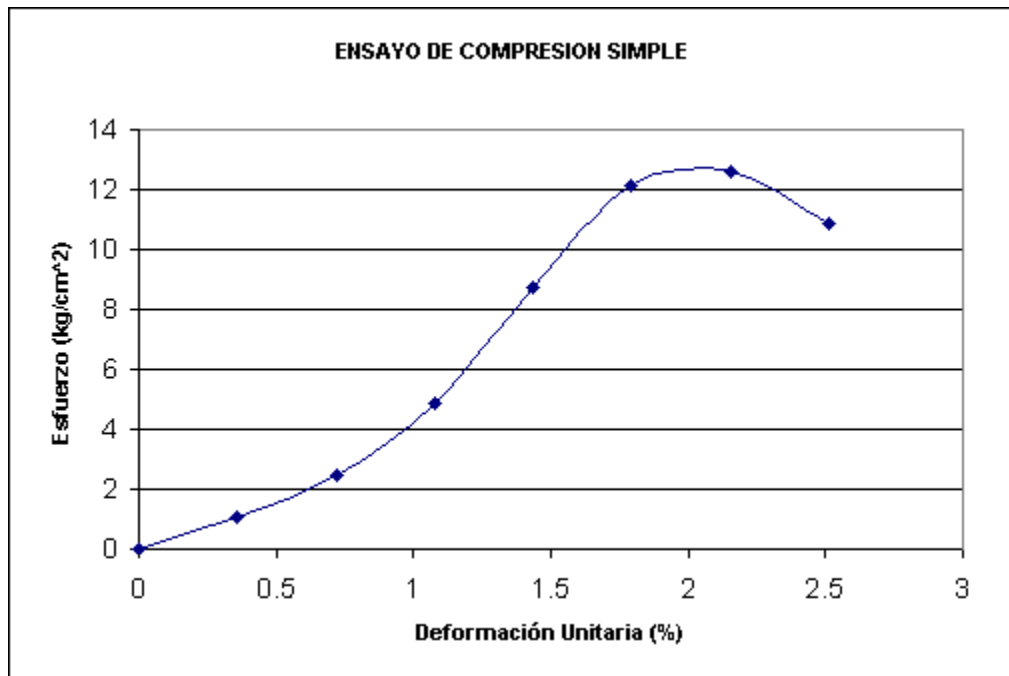


UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
COMPRESION SIMPLE suelo Lebrija con Nylon de 2cm y 0.75% peso
HARVARD MINIATURA

DIMENSIONES CILINDRO

Diámetro superior (cm)	3.34
Diámetro central (cm)	3.34
Diámetro inferior (cm)	3.34
Altura (cm)	7.08
Área (cm ²)	8.76
Volúmen (cm ³)	62.03

Tiempo (min)	Carga (kg)	Deformacion (mm)	Def. Unitaria	Esfuerzo (kg/cm ²)	Def. Unit. (%)
0	0	0	0	0	0
0.25	9.2	0.25	0.0036	1.05	0.36
0.5	21.8	0.51	0.0072	2.49	0.72
0.75	42.4	0.76	0.0108	4.84	1.08
1	76.7	1.02	0.0144	8.75	1.44
1.25	106.2	1.27	0.0179	12.12	1.79
1.5	110.4	1.52	0.0215	12.60	2.15
1.75	95.2	1.78	0.0251	10.87	2.51



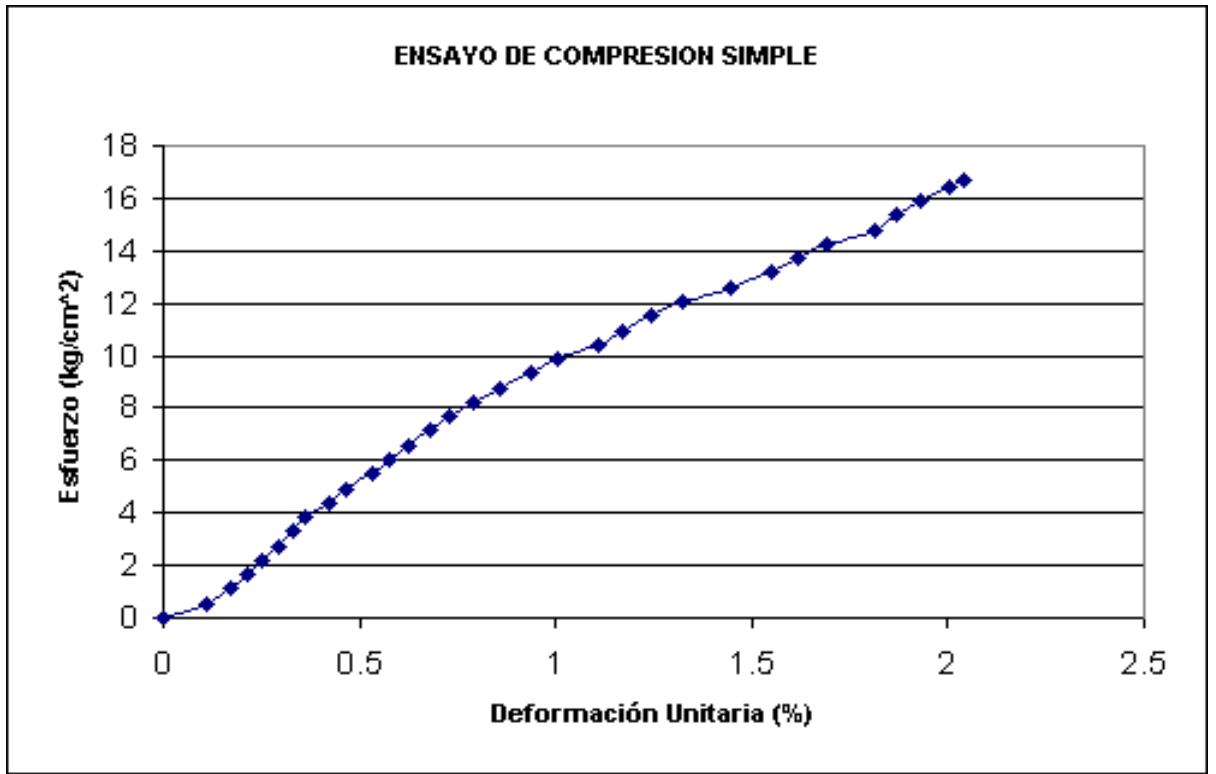


UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
COMPRESION SIMPLE suelo Lebrija con Nylon
GRANDE

DIMENSIONES CILINDRO

Diámetro superior (cm)	<u>15.24</u>
Diámetro central (cm)	<u>15.24</u>
Diámetro inferior (cm)	<u>15.24</u>
Altura (cm)	<u>30.00</u>
Área (cm²)	<u>182.41</u>
Volúmen (cm³)	<u>5472.44</u>

Carga (kg)	Deformacion (mm)	Def. Unitaria	Esfuerzo (kg/cm²)	Def. Unit. (%)
0	0	0	0	0
100	0.33	0.0011	0.55	0.110
200	0.51	0.0017	1.10	0.169
300	0.64	0.0021	1.64	0.212
400	0.76	0.0025	2.19	0.254
500	0.89	0.0030	2.74	0.296
600	0.99	0.0033	3.29	0.330
700	1.09	0.0036	3.84	0.364
800	1.27	0.0042	4.39	0.423
900	1.40	0.0047	4.93	0.466
1000	1.60	0.0053	5.48	0.533
1100	1.73	0.0058	6.03	0.576
1200	1.88	0.0063	6.58	0.627
1300	2.03	0.0068	7.13	0.677
1400	2.18	0.0073	7.67	0.728
1500	2.36	0.0079	8.22	0.787
1600	2.57	0.0086	8.77	0.855
1700	2.82	0.0094	9.32	0.940
1800	3.02	0.0101	9.87	1.008
1900	3.33	0.0111	10.42	1.109
2000	3.51	0.0117	10.96	1.168
2100	3.73	0.0124	11.51	1.245
2200	3.96	0.0132	12.06	1.321
2300	4.34	0.0145	12.61	1.448
2400	4.65	0.0155	13.16	1.549
2500	4.85	0.0162	13.71	1.617
2600	5.08	0.0169	14.25	1.693
2700	5.44	0.0181	14.80	1.812
2800	5.61	0.0187	15.35	1.871
2900	5.79	0.0193	15.90	1.930
3000	6.02	0.0201	16.45	2.007
3050	6.12	0.0204	16.72	2.040





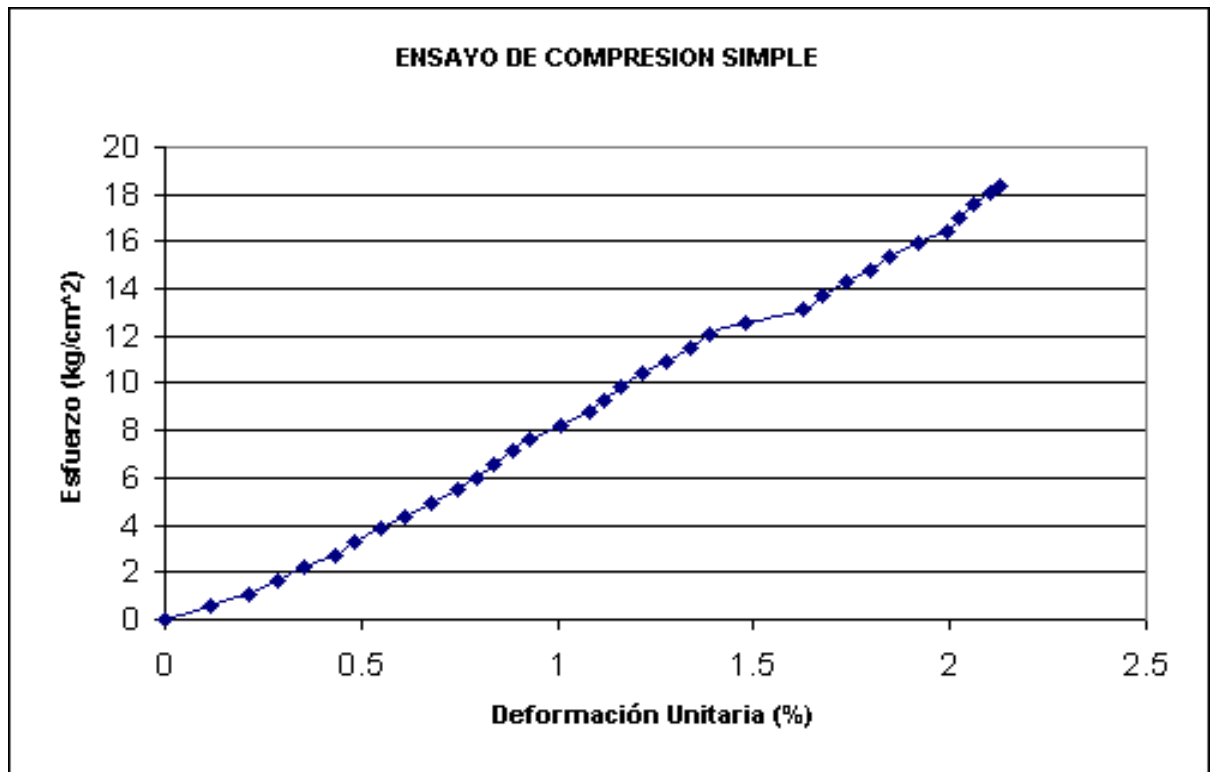
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
COMPRESION SIMPLE suelo Lebrija con Nylon
GRANDE

DIMENSIONES CILINDRO

Diámetro superior (cm)	15.24
Diámetro central (cm)	15.24
Diametro inferior (cm)	15.24
Altura (cm)	30.00
Área (cm ²)	182.41
Volúmen (cm ³)	5472.44

Carga (kg)	Deformacion (mm)	Def. Unitaria	Esfuerzo (kg/cm ²)	Def. Unit. (%)
0	0	0	0	0
100	0.36	0.0012	0.55	0.119
200	0.64	0.0021	1.10	0.212
300	0.86	0.0029	1.64	0.288
400	1.07	0.0036	2.19	0.356
500	1.30	0.0043	2.74	0.432
600	1.45	0.0048	3.29	0.483
700	1.65	0.0055	3.84	0.550
800	1.83	0.0061	4.39	0.610
900	2.03	0.0068	4.93	0.677
1000	2.24	0.0075	5.48	0.745
1100	2.39	0.0080	6.03	0.796
1200	2.51	0.0084	6.58	0.838
1300	2.67	0.0089	7.13	0.889
1400	2.79	0.0093	7.67	0.931
1500	3.02	0.0101	8.22	1.008
1600	3.25	0.0108	8.77	1.084
1700	3.35	0.0112	9.32	1.118
1800	3.48	0.0116	9.87	1.160
1900	3.66	0.0122	10.42	1.219
2000	3.84	0.0128	10.96	1.278
2100	4.01	0.0134	11.51	1.338
2200	4.17	0.0139	12.06	1.389
2300	4.45	0.0148	12.61	1.482
2400	4.88	0.0163	13.16	1.626
2500	5.03	0.0168	13.71	1.676
2600	5.21	0.0174	14.25	1.736
2700	5.38	0.0179	14.80	1.795
2800	5.54	0.0185	15.35	1.846
2900	5.77	0.0192	15.90	1.922
3000	5.97	0.0199	16.45	1.990
3100	6.07	0.0202	16.99	2.024
3200	6.17	0.0206	17.54	2.057

3300	6.30	0.0210	18.09	2.100
3350	6.38	0.0213	18.36	2.125





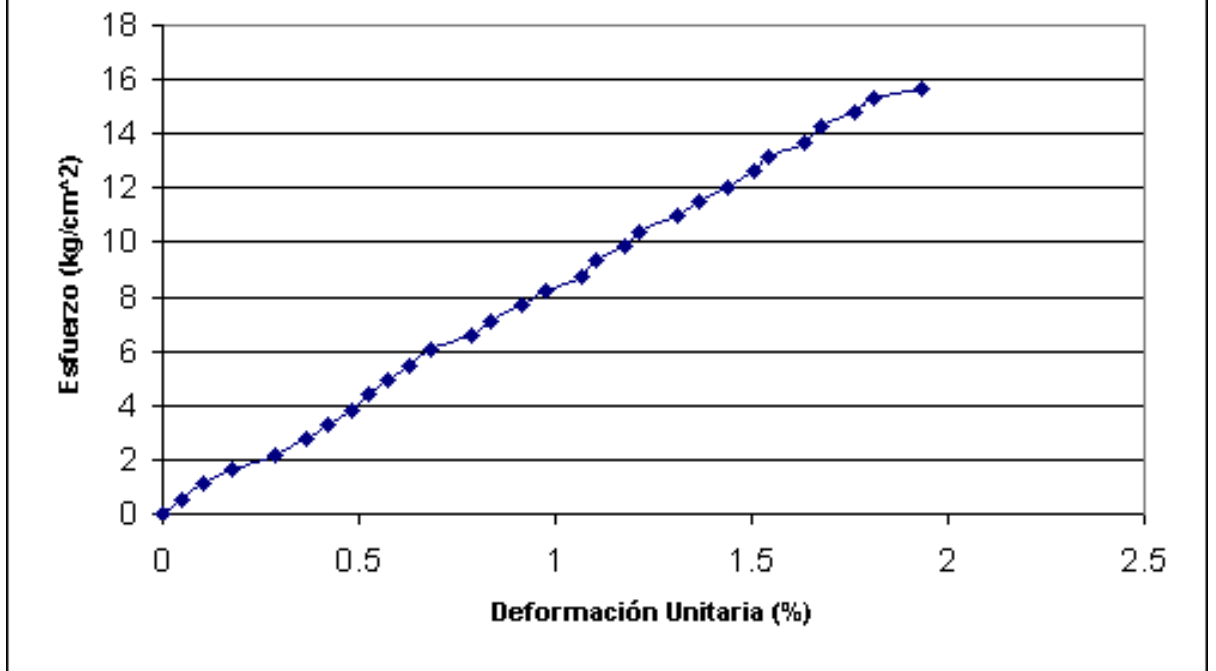
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
COMPRESION SIMPLE suelo Lebrija con Nylon
GRANDE

DIMENSIONES CILINDRO

Diámetro superior (cm)	<u>15.24</u>
Diámetro central (cm)	<u>15.24</u>
Diametro inferior (cm)	<u>15.24</u>
Altura (cm)	<u>30.00</u>
Área (cm ²)	<u>182.41</u>
Volúmen (cm ³)	<u>5472.44</u>

Carga (kg)	Deformacion (mm)	Def. Unitaria	Esfuerzo (kg/cm ²)	Def. Unit. (%)
0	0	0	0	0
100	0.15	0.0005	0.55	0.051
200	0.30	0.0010	1.10	0.102
300	0.53	0.0018	1.64	0.178
400	0.86	0.0029	2.19	0.288
500	1.09	0.0036	2.74	0.364
600	1.27	0.0042	3.29	0.423
700	1.45	0.0048	3.84	0.483
800	1.57	0.0052	4.39	0.525
900	1.73	0.0058	4.93	0.576
1000	1.88	0.0063	5.48	0.627
1100	2.06	0.0069	6.03	0.686
1200	2.36	0.0079	6.58	0.787
1300	2.51	0.0084	7.13	0.838
1400	2.74	0.0091	7.67	0.914
1500	2.92	0.0097	8.22	0.974
1600	3.20	0.0107	8.77	1.067
1700	3.30	0.0110	9.32	1.101
1800	3.53	0.0118	9.87	1.177
1900	3.63	0.0121	10.42	1.211
2000	3.94	0.0131	10.96	1.312
2100	4.09	0.0136	11.51	1.363
2200	4.32	0.0144	12.06	1.439
2300	4.52	0.0151	12.61	1.507
2400	4.62	0.0154	13.16	1.541
2500	4.90	0.0163	13.71	1.634
2600	5.03	0.0168	14.25	1.676
2700	5.28	0.0176	14.80	1.761
2800	5.44	0.0181	15.35	1.812
2850	5.79	0.0193	15.62	1.930

ENSAYO DE COMPRESION SIMPLE



**ANEXO B. ENSAYOS Y ESTUDIOS REALIZADOS PARA EL SUELO
PIEDRECUESTA.**



ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS

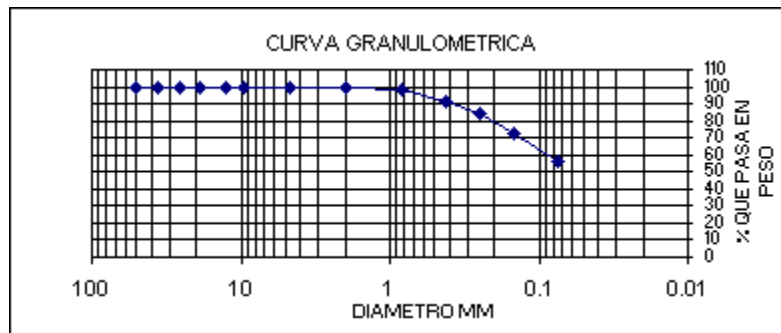
ENSAYO DE GRANULOMETRIA INV E- 123

FECHA	ENERO DE 2008	SONDEO	1
PROYECTO	ESTABILIDAD DE SUELOS CON FIBRAS DE NYLON	MUESTRA	1
LOCALIZACION	PIEDRECUESTA	PROFUNDIDAD	No se indico

PESO TARA (gr)	439.57
TARA+MUESTRA HUMEDA (gr)	1439.57
TARA+MUESTRA SECA (gr)	1419.25
PESO AGUA (gr)	20.32
PESO MUEST. SECA (gr)	979.68
HUMEDAD (%)	1.41%

PESO INICIAL DE LA MUESTRA gr:	1000
PESO DESPUES DE LAVADO gr:	490.5
PORCENTAJE DE ERROR %:	0.39

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	0.0000	0.00	100	10	2	43.50	4.35	93.22
1 1/2"	36.1	0.0000	0.00	100	20	0.84	143.10	14.31	78.91
1"	25.4	0.0000	0.00	100	40	0.42	133.60	13.36	65.55
3/4"	19.05	0.0000	0.00	100	60	0.25	62.10	6.21	59.34
1/2"	12.7	0.0000	0.00	100	100	0.149	42.90	4.29	55.05
3/8"	9.52	8.70	0.87	99.13	200	0.074	38.50	3.85	51.20
No 4	4.75	15.60	1.56	97.57	PASA 200	*****	0.58		
SUMA	*****	24.30	2.43		SUMA	*****	464.28	46.37	
					TOTAL		488.58		



GRAVAS=	2.43	%
ARENAS =	46.37	%
FINOS=	51.20	%

CLASIFICACION SUCS: ML (LIMO ARENOSO), COLOR AMARILLO ROJIZO



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

FECHA : ENERO DE 2008
PROYECTO : ESTABILIDAD DE SUELOS CON FIBRAS DE NYLON
LOCALIZACION: PIEDECUESTA

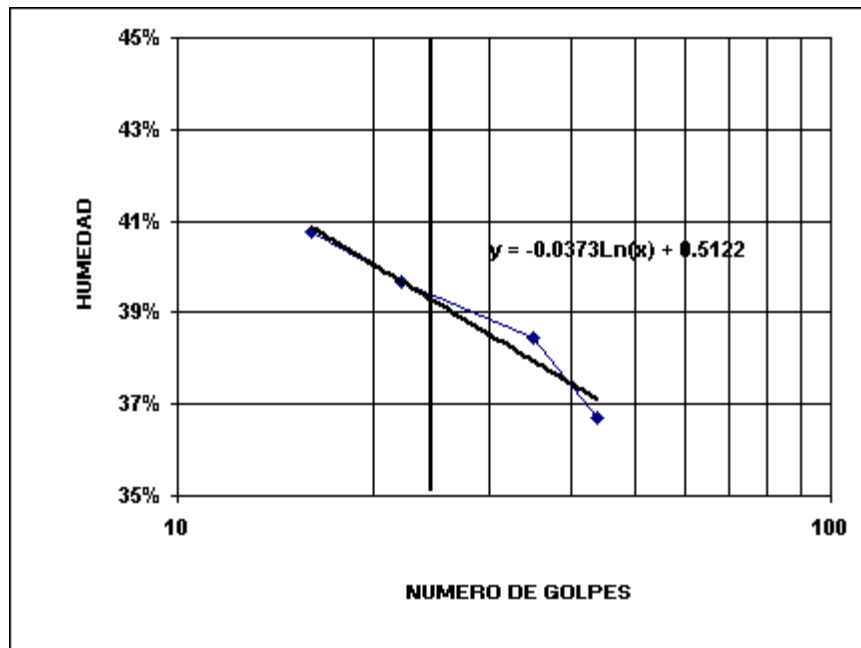
SONDEO : 1
MUESTRA : 1
PROFUNDIDAD : No se indico

LIMITE LIQUIDO

CAPSULA No	NUMERO DE GOLPES	PESO CAPSULA gr	PESO CAPSULA + SUELO HUMEDO gr	PESO CAPSULA + SUELO SECO gr	PESO DEL AGUA gr	PESO SUELO SECO gr	CONTENIDO DE AGUA %
1	44	7.09	17.48	14.69	2.79	7.6	36.71%
2	35	7.36	16.11	13.68	2.43	6.32	38.45%
3	22	6.99	18.22	15.03	3.19	8.04	39.68%
4	16	6.81	22.66	18.07	4.59	11.26	40.76%

LIMITE PLASTICO

5		7.39	12.78	11.55	1.23	4.16	29.57%
6		6.72	11.54	10.43	1.11	3.71	29.92%



LIMITE LIQUIDO : 39.21%
LIM. PLASTICO : 29.74%
IND. DE PLASTI. : 9.47%
CLASIFICACION SUCS. : ML



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER

ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL

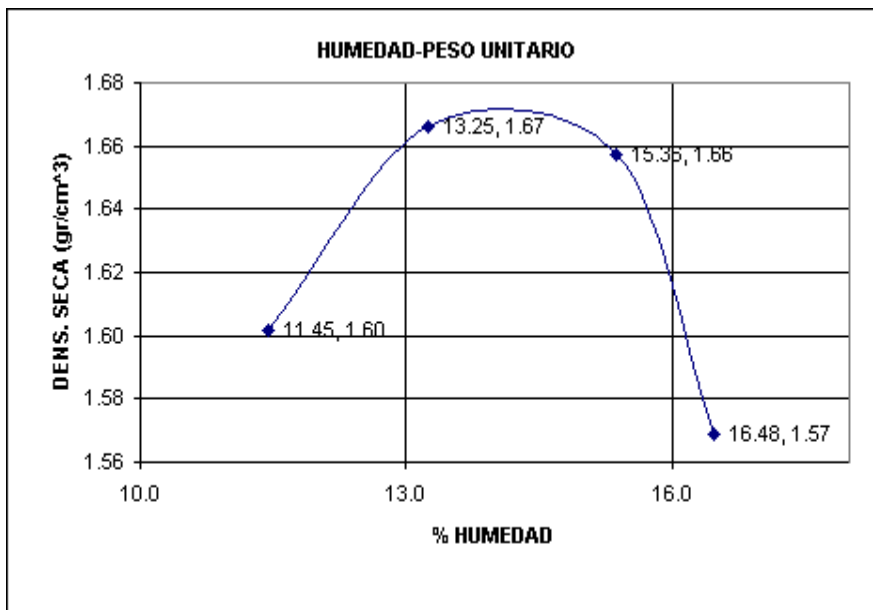
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS

ENSAYO DE COMPACTACION

INV E - 142

FECHA	:	<u>OCTUBRE DE 2007</u>
PROYECTO	:	<u>ESTABILIZACION DE SUELOS CON FIBRAS DE NYLON</u>
LOCALIZACION	:	<u>PIEDRECUESTA</u>
MUESTRA	:	<u>1</u>
PROFUNDIDAD	:	<u>NO SE INDICO</u>

TIPO DE ENSAYO	MODIFICADO							
NUMERO DE CAPAS	5							
NUMERO DE GOLPES POR CARA	25							
MOLDE No	6							
DIAMETRO MOLDE (cm)	10.16							
ALTURA MOLDE (cm)	11.64							
VOLUMEN MOLDE (cm ³)	943.69							
PRUEBA #	1		2		3		4	
# GOLPES	25		25		25		25	
MUESTRA HUMEDA (gr)	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500
MOLDE #	21	21	21	21	21	21	21	21
PESO MOLDE (gr)	4128.7	4128.7	4128.7	4128.7	4128.7	4128.7	4128.7	4128.7
MOLDE+MUESTRA COMPACTADA	5813.5	5813.5	5909.2	5909.2	5933.1	5933.1	5853.1	5853.1
# TARA	1	2	3	4	5	6	7	8
PESO TARA	0.69	0.87	1.2	1.4	1.22	1.1	1.1	1.2
W TARA+W HUMEDO	19.59	17.36	17.2	22.2	18.3	21.8	27.7	23.4
W TARA+W SECO	17.99	15.38	15.22	19.91	15.98	19.1	24.02	20.19
% DE HUMEDAD	9.2486	13.646	14.12	12.37	15.72	15.00	16.06	16.90
% DE HUMEDAD PROMEDIO	11.45		13.25		15.36		16.48	
DENSIDAD HUMEDA	1.79		1.89		1.91		1.83	
DENSIDAD SECA	1.60		1.67		1.66		1.57	



HUMEDAD OPTIMA (%)=	14.25
DENS. SECA MAX. =	1.675

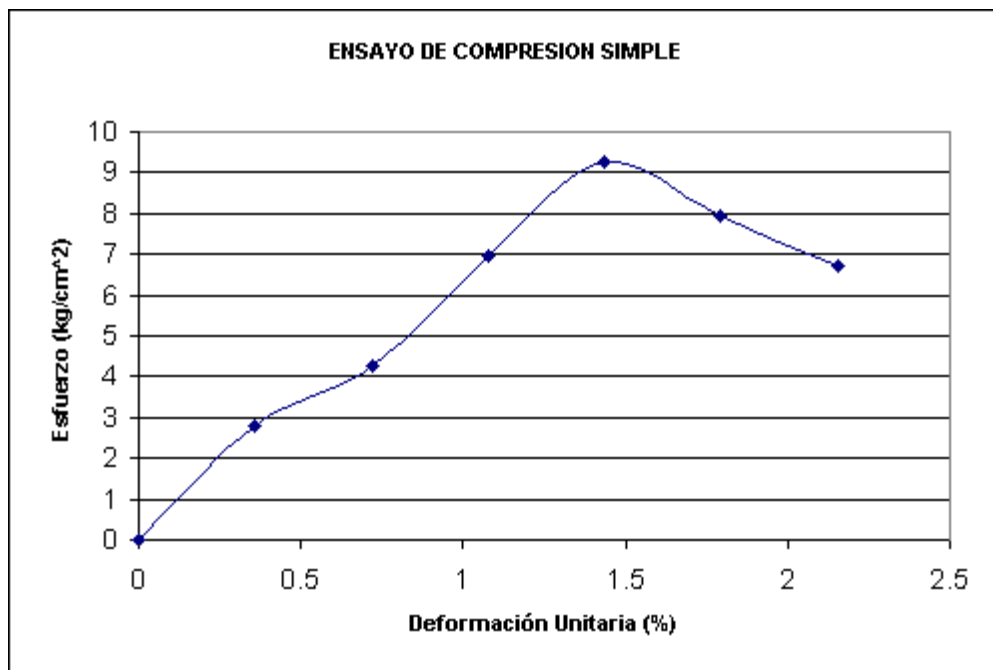


UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
COMPRESION SIMPLE suelo Piedecuesta sin Nylon
HARVARD MINIATURA

DIMENSIONES CILINDRO

Diámetro superior (cm)	3.34
Diámetro central (cm)	3.34
Diámetro inferior (cm)	3.34
Altura (cm)	7.08
Área (cm ²)	8.76
Volúmen (cm ³)	62.03

Tiempo (min)	Carga (kg)	Deformación (mm)	Def. Unitaria	Esfuerzo (kg/cm ²)	Def. Unit. (%)
0	0	0	0	0	0
0.25	7.1	0.25	0.0036	2.81	0.359
0.5	19.8	0.51	0.0072	4.26	0.718
0.75	43.4	0.76	0.0108	6.95	1.076
1	63.6	1.02	0.0144	9.26	1.435
1.25	52.1	1.27	0.0179	7.95	1.794
1.5	41.2	1.52	0.0215	6.70	2.153



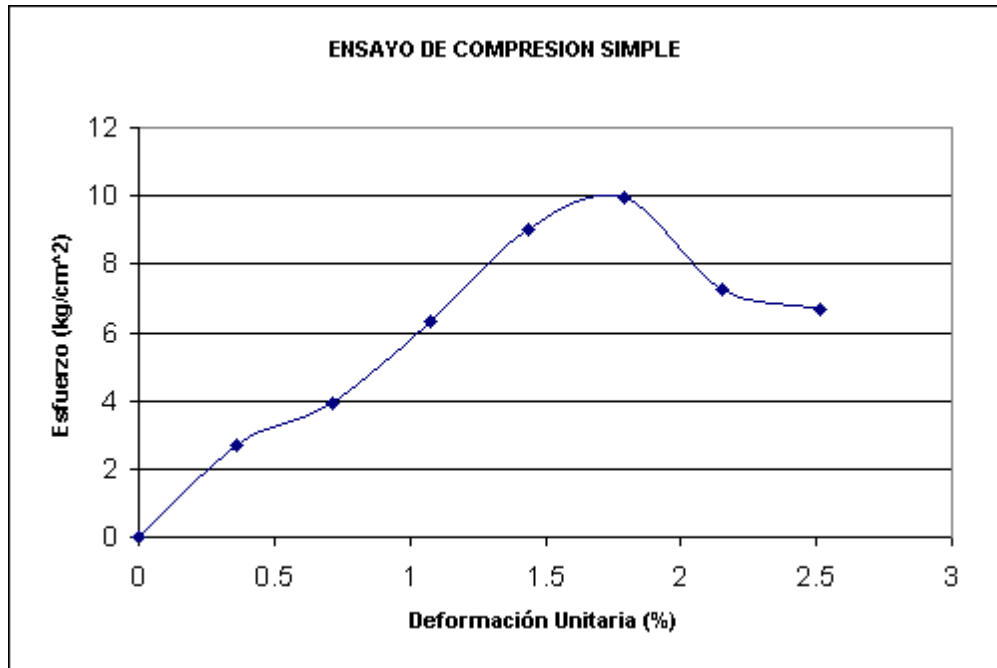


UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
COMPRESION SIMPLE suelo Piedecuesta sin Nylon
HARVARD MINIATURA

DIMENSIONES CILINDRO

Diámetro superior (cm)	3.34
Diámetro central (cm)	3.34
Diametro inferior (cm)	3.34
Altura (cm)	7.08
Área (cm ²)	8.76
Volúmen (cm ³)	62.03

Tiempo (min)	Carga (kg)	Deformacion (mm)	Def. Unitaria	Esfuerzo (kg/cm ²)	Def. Unit. (%)
0	0	0	0	0	0
0.25	5.9	0.25	0.0036	2.67	0.359
0.5	16.9	0.51	0.0072	3.93	0.718
0.75	37.8	0.76	0.0108	6.31	1.076
1	61.3	1.02	0.0144	9.00	1.435
1.25	69.7	1.27	0.0179	9.96	1.794
1.5	46.1	1.52	0.0215	7.26	2.153
1.75	40.8	1.78	0.0251	6.66	2.511



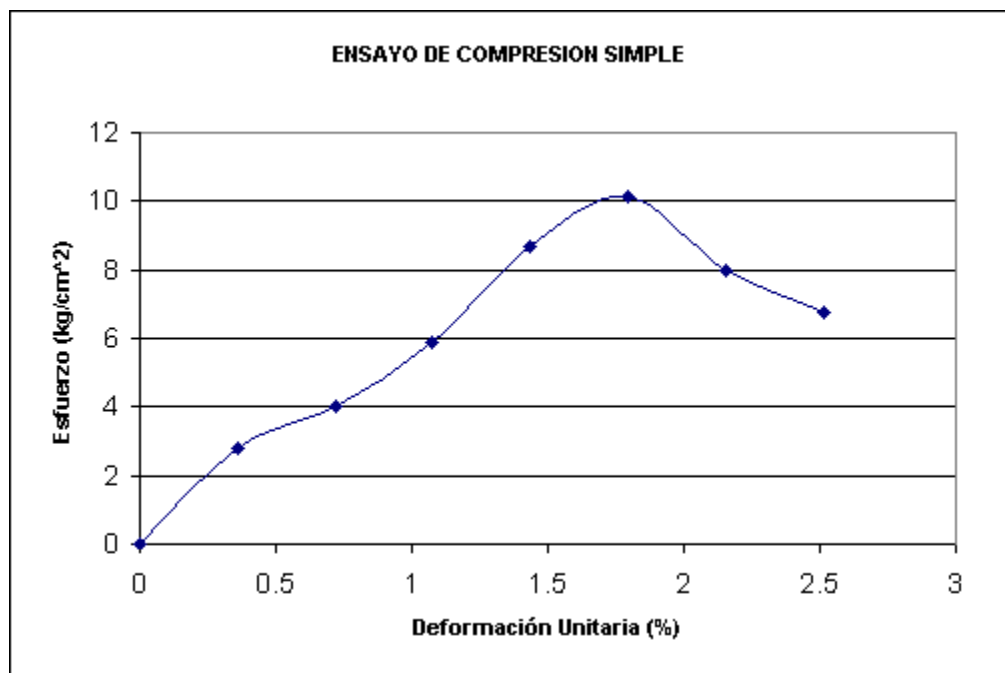


UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
COMPRESION SIMPLE suelo Piedecuesta sin Nylon
HARVARD MINIATURA

DIMENSIONES CILINDRO

Díámetro superior (cm)	3.34
Díámetro central (cm)	3.34
Díámetro inferior (cm)	3.34
Altura (cm)	7.08
Área (cm ²)	8.76
Volúmen (cm ³)	62.03

Tiempo (min)	Carga (kg)	Deformacion (mm)	Def. Unitaria	Esfuerzo (kg/cm ²)	Def. Unit. (%)
0	0	0	0	0	0
0.25	6.8	0.25	0.0036	2.78	0.359
0.5	17.5	0.51	0.0072	4.00	0.718
0.75	34.3	0.76	0.0108	5.91	1.076
1	58.7	1.02	0.0144	8.70	1.435
1.25	71.2	1.27	0.0179	10.13	1.794
1.5	52.4	1.52	0.0215	7.98	2.153
1.75	41.8	1.78	0.0251	6.77	2.511



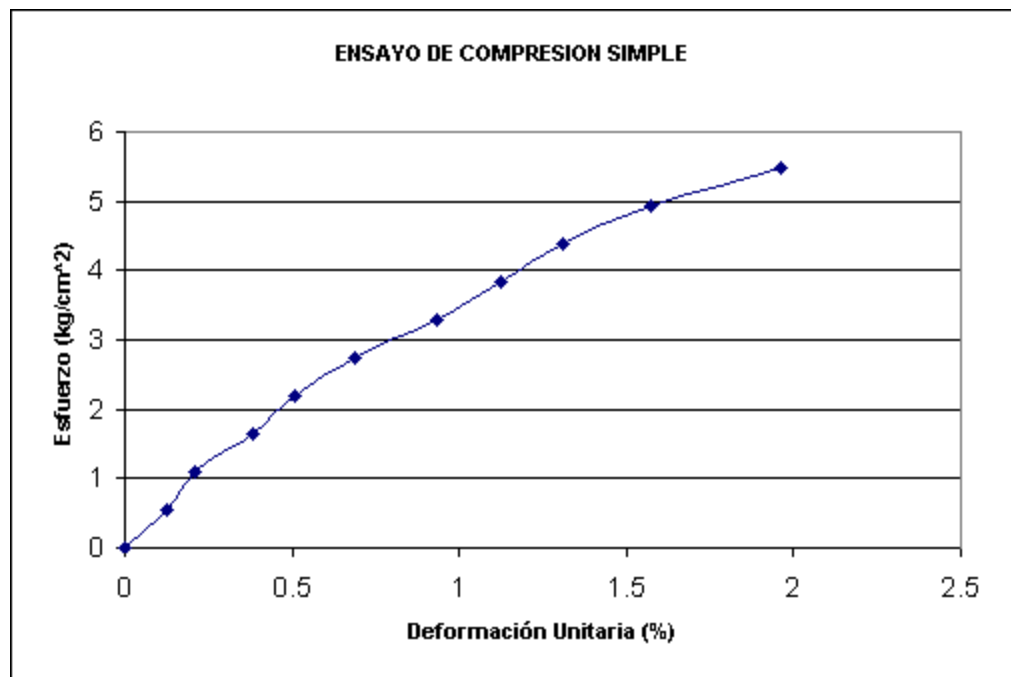


UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
COMPRESION SIMPLE suelo Piedrecuesta sin Nylon
GRANDE

DIMENSIONES CILINDRO

Diámetro superior (cm)	15.24
Diámetro central (cm)	15.24
Diametro inferior (cm)	15.24
Altura (cm)	30.00
Área (cm ²)	182.41
Volúmen (cm ³)	5472.44

Carga (kg)	Deformacion (mm)	Def. Unitaria	Esfuerzo (kg/cm ²)	Def. Unit. (%)
0	0	0	0	0
100	0.38	0.0013	0.55	0.127
200	0.64	0.0021	1.10	0.212
300	1.14	0.0038	1.64	0.381
400	1.52	0.0051	2.19	0.508
500	2.06	0.0069	2.74	0.686
600	2.79	0.0093	3.29	0.931
700	3.38	0.0113	3.84	1.126
800	3.94	0.0131	4.39	1.312
900	4.72	0.0157	4.93	1.575
1000	5.89	0.0196	5.48	1.964



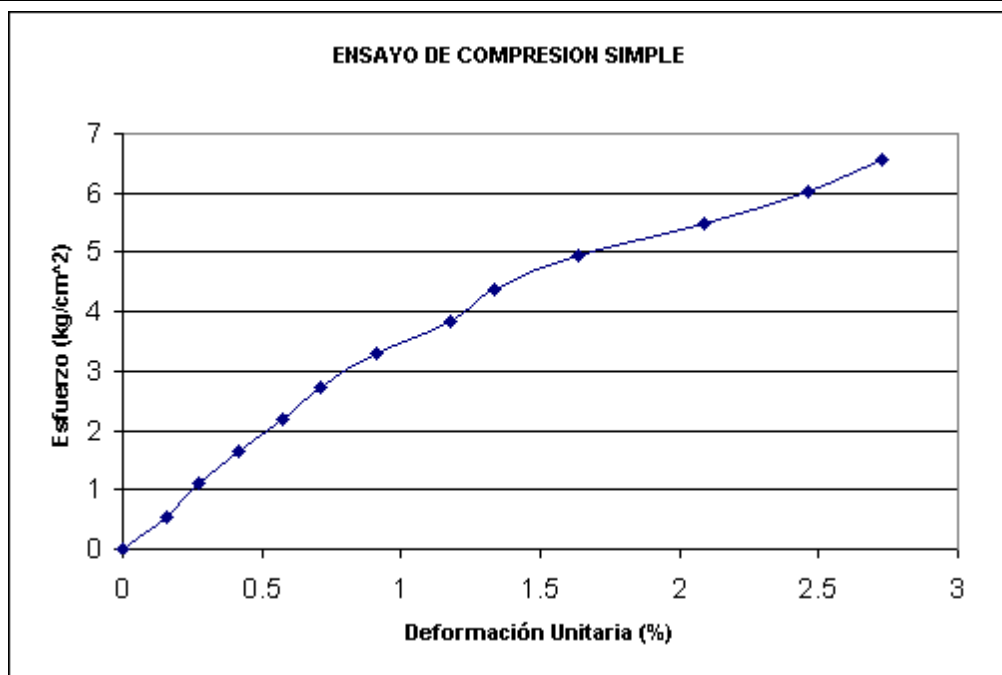


UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
COMPRESION SIMPLE suelo Piedecuesta sin Nylon
GRANDE

DIMENSIONES CILINDRO

Diámetro superior (cm)	15.24
Diámetro central (cm)	15.24
Diametro inferior (cm)	15.24
Altura (cm)	30.00
Área (cm ²)	182.41
Volúmen (cm ³)	5472.44

Carga (kg)	Deformacion (mm)	Def. Unitaria	Esfuerzo (kg/cm ²)	Def. Unit. (%)
0	0	0	0	0
100	0.48	0.0016	0.55	0.161
200	0.81	0.0027	1.10	0.271
300	1.24	0.0041	1.64	0.415
400	1.73	0.0058	2.19	0.576
500	2.13	0.0071	2.74	0.711
600	2.74	0.0091	3.29	0.914
700	3.53	0.0118	3.84	1.177
800	4.01	0.0134	4.39	1.338
900	4.90	0.0163	4.93	1.634
1000	6.27	0.0209	5.48	2.091
1100	7.39	0.0246	6.03	2.464
1200	8.18	0.0273	6.58	2.726



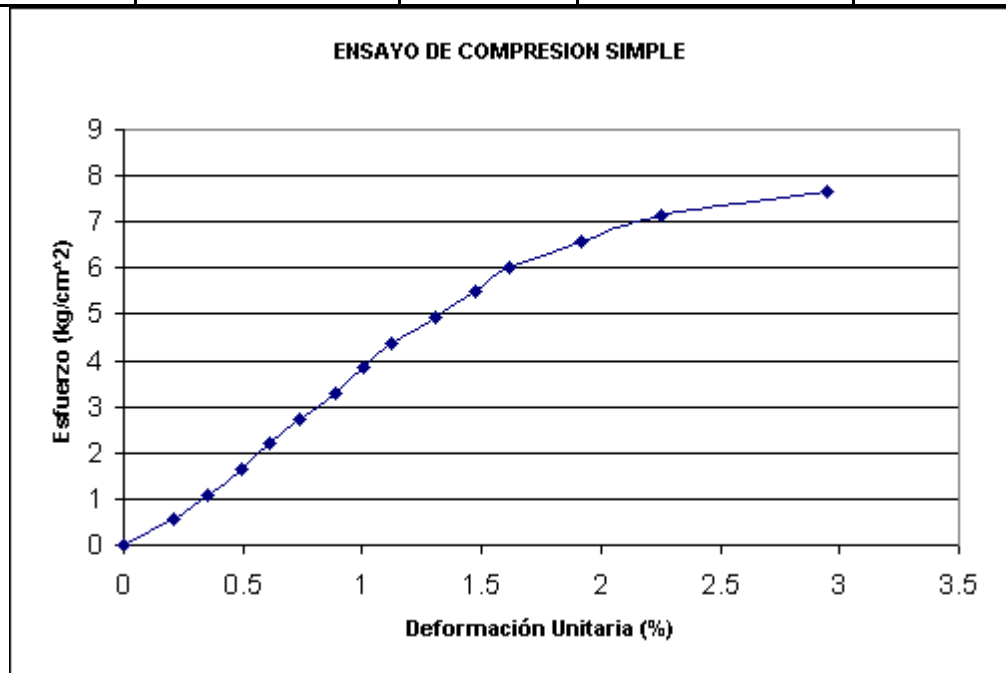


UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
COMPRESION SIMPLE suelo Piedecuesta sin Nylon
GRANDE

DIMENSIONES CILINDRO

Diámetro superior (cm)	15.24
Diámetro central (cm)	15.24
Diametro inferior (cm)	15.24
Altura (cm)	30.00
Área (cm ²)	182.41
Volúmen (cm ³)	5472.44

Carga (kg)	Deformacion (mm)	Def. Unitaria	Esfuerzo (kg/cm ²)	Def. Unit. (%)
0	0	0	0	0
100	0.64	0.0021	0.55	0.212
200	1.07	0.0036	1.10	0.356
300	1.47	0.0049	1.64	0.491
400	1.83	0.0061	2.19	0.610
500	2.21	0.0074	2.74	0.737
600	2.67	0.0089	3.29	0.889
700	3.02	0.0101	3.84	1.008
800	3.38	0.0113	4.39	1.126
900	3.91	0.0130	4.93	1.304
1000	4.42	0.0147	5.48	1.473
1100	4.85	0.0162	6.03	1.617
1200	5.74	0.0191	6.58	1.913
1300	6.76	0.0225	7.13	2.252
1400	8.84	0.0295	7.67	2.946



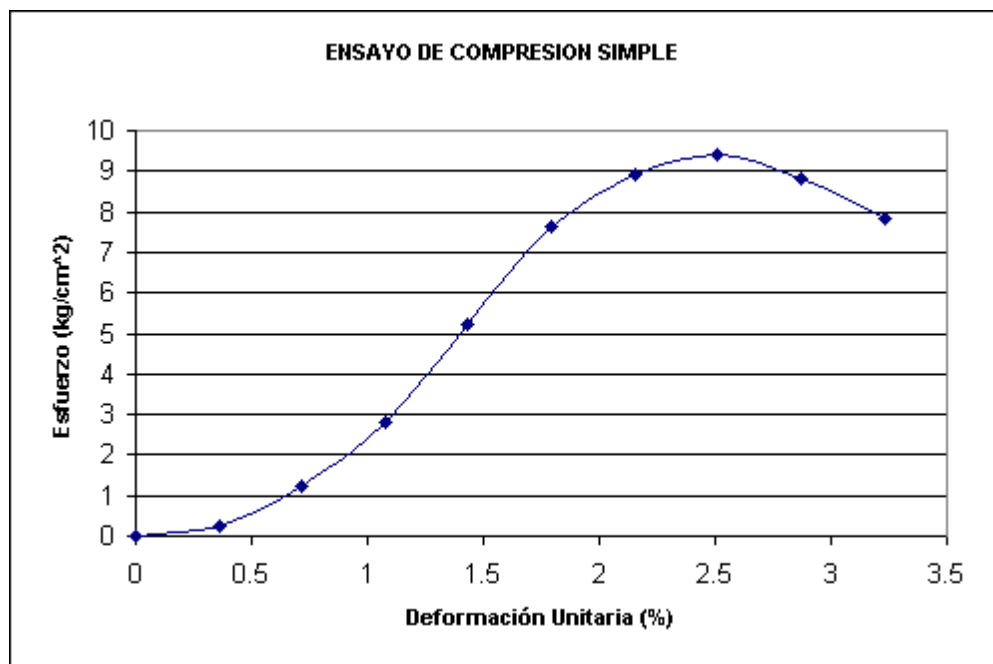


UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
COMPRESION SIMPLE suelo Piedecuesta con Nylon de 1cm y 0.25% peso
HARVARD MINIATURA

DIMENSIONES CILINDRO

Diámetro superior (cm)	3.34
Diámetro central (cm)	3.34
Diametro inferior (cm)	3.34
Altura (cm)	7.08
Área (cm ²)	8.76
Volúmen (cm ³)	62.03

Tiempo (min)	Carga (kg)	Deformacion (mm)	Def. Unitaria	Esfuerzo (kg/cm ²)	Def. Unit. (%)
0	0	0	0	0	0
0.25	2.2	0.25	0.0036	0.25	0.359
0.5	10.8	0.51	0.0072	1.23	0.718
0.75	24.4	0.76	0.0108	2.78	1.076
1	45.8	1.02	0.0144	5.23	1.435
1.25	67.1	1.27	0.0179	7.66	1.794
1.5	78.2	1.52	0.0215	8.93	2.153
1.75	82.3	1.78	0.0251	9.39	2.511
2	77.3	2.03	0.0287	8.82	2.870
2.25	68.7	2.29	0.0323	7.84	3.229



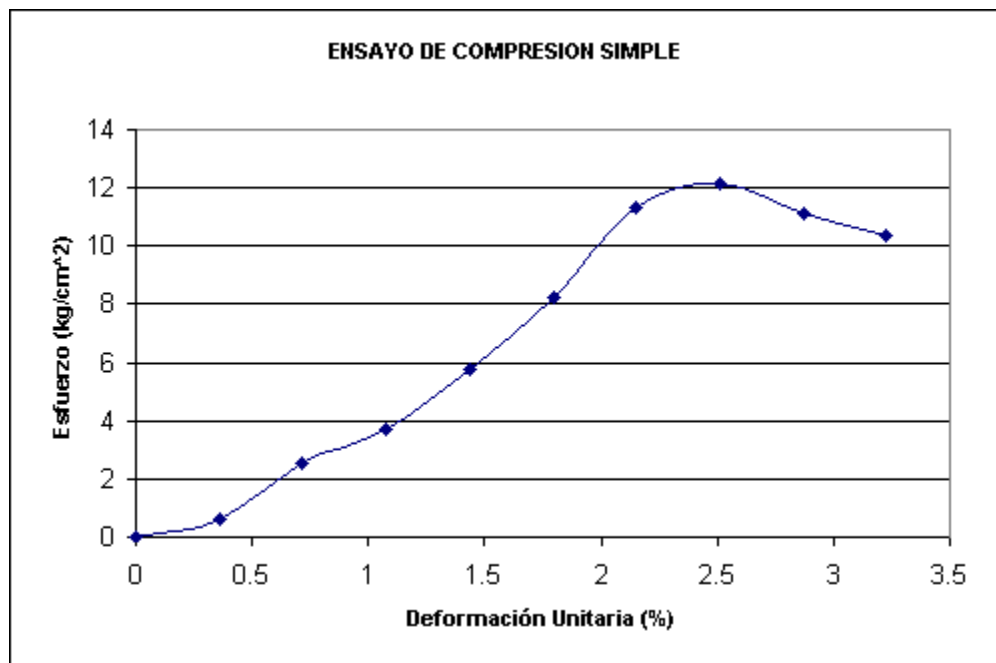


UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
COMPRESION SIMPLE suelo Piedecuesta con Nylon de 1cm y 0.5% peso
HARVARD MINIATURA

DIMENSIONES CILINDRO

Diámetro superior (cm)	3.34
Diámetro central (cm)	3.34
Diametro inferior (cm)	3.34
Altura (cm)	7.08
Área (cm ²)	8.76
Volúmen (cm ³)	62.03

Tiempo (min)	Carga (kg)	Deformacion (mm)	Def. Unitaria	Esfuerzo (kg/cm ²)	Def. Unit. (%)
0	0	0	0	0	0
0.25	5.2	0.25	0.0036	0.59	0.359
0.5	22.3	0.51	0.0072	2.55	0.718
0.75	32.7	0.76	0.0108	3.73	1.076
1	50.8	1.02	0.0144	5.80	1.435
1.25	72.4	1.27	0.0179	8.26	1.794
1.5	99.2	1.52	0.0215	11.32	2.153
1.75	106.4	1.78	0.0251	12.14	2.511
2	97.6	2.03	0.0287	11.14	2.870
2.25	90.6	2.29	0.0323	10.34	3.229



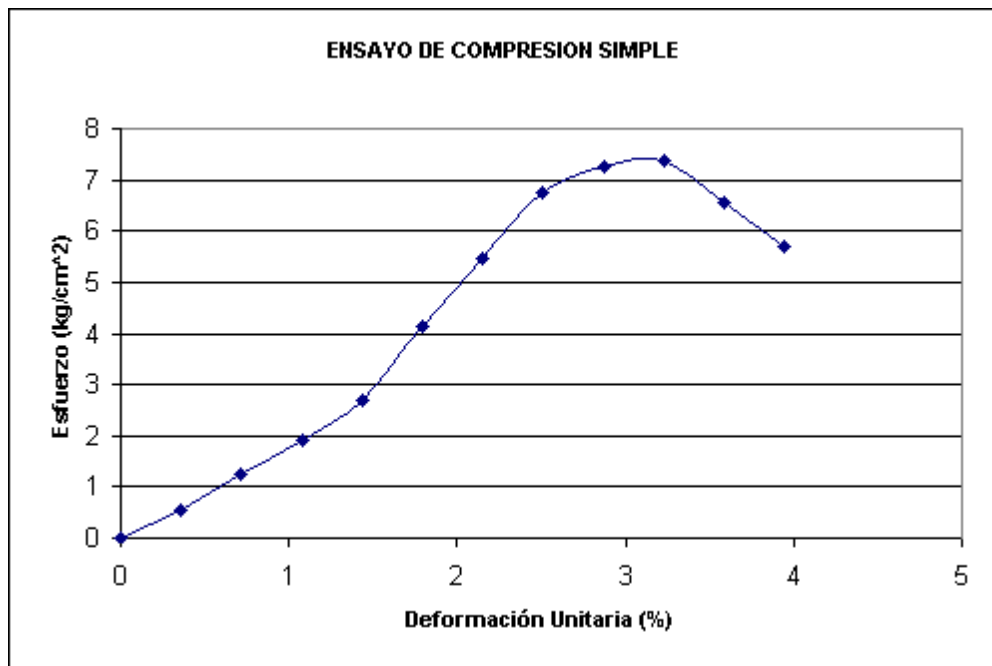


UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
COMPRESION SIMPLE suelo Piedecuesta con Nylon de 1cm y 0.75% peso
HARVARD MINIATURA

DIMENSIONES CILINDRO

Diámetro superior (cm)	3.34
Diámetro central (cm)	3.34
Diámetro inferior (cm)	3.34
Altura (cm)	7.08
Área (cm ²)	8.76
Volúmen (cm ³)	62.03

Tiempo (min)	Carga (kg)	Deformación (mm)	Def. Unitaria	Esfuerzo (kg/cm ²)	Def. Unit. (%)
0	0	0	0	0	0
0.25	4.7	0.25	0.0036	0.54	0.359
0.5	11.1	0.51	0.0072	1.27	0.718
0.75	16.8	0.76	0.0108	1.92	1.076
1	23.5	1.02	0.0144	2.68	1.435
1.25	36.2	1.27	0.0179	4.13	1.794
1.5	47.8	1.52	0.0215	5.46	2.153
1.75	59.2	1.78	0.0251	6.76	2.511
2	63.7	2.03	0.0287	7.27	2.870
2.25	64.5	2.29	0.0323	7.36	3.229
2.5	57.6	2.54	0.0359	6.57	3.588
2.75	49.8	2.79	0.0395	5.68	3.946



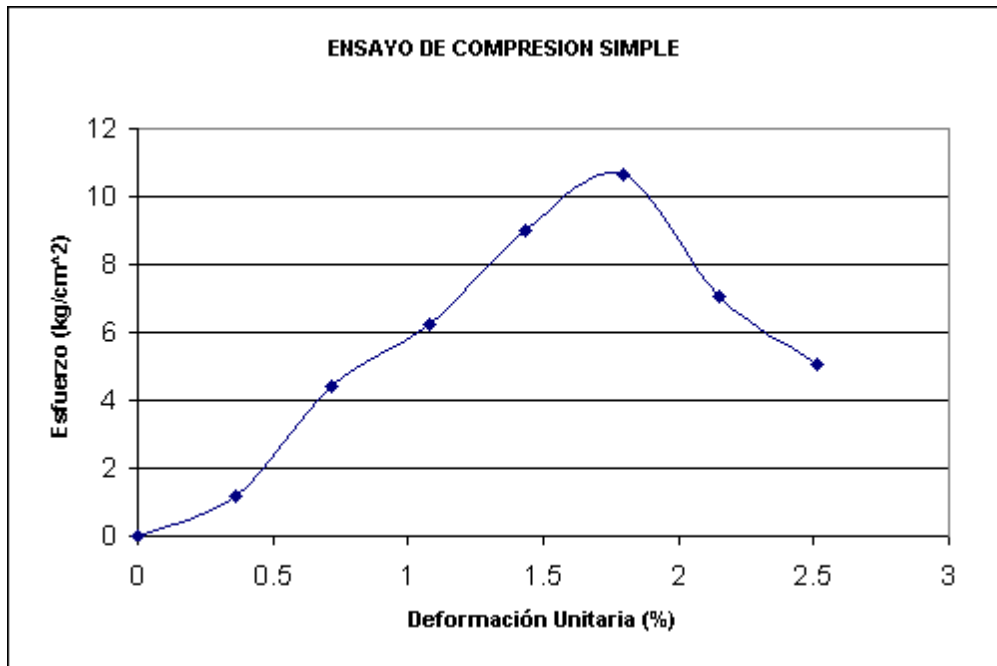


UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
COMPRESION SIMPLE suelo Piedecuesta con Nylon de 1.5cm y 0.25% peso
HARVARD MINIATURA

DIMENSIONES CILINDRO

Diámetro superior (cm)	3.34
Diámetro central (cm)	3.34
Diámetro inferior (cm)	3.34
Altura (cm)	7.08
Área (cm ²)	8.76
Volúmen (cm ³)	62.03

Tiempo (min)	Carga (kg)	Deformacion (mm)	Def. Unitaria	Esfuerzo (kg/cm ²)	Def. Unit. (%)
0	0	0	0	0	0
0.25	10.4	0.25	0.0036	1.19	0.359
0.5	38.4	0.51	0.0072	4.38	0.718
0.75	54.6	0.76	0.0108	6.23	1.076
1	78.9	1.02	0.0144	9.01	1.435
1.25	93.4	1.27	0.0179	10.66	1.794
1.5	61.8	1.52	0.0215	7.05	2.153
1.75	44.5	1.78	0.0251	5.08	2.511



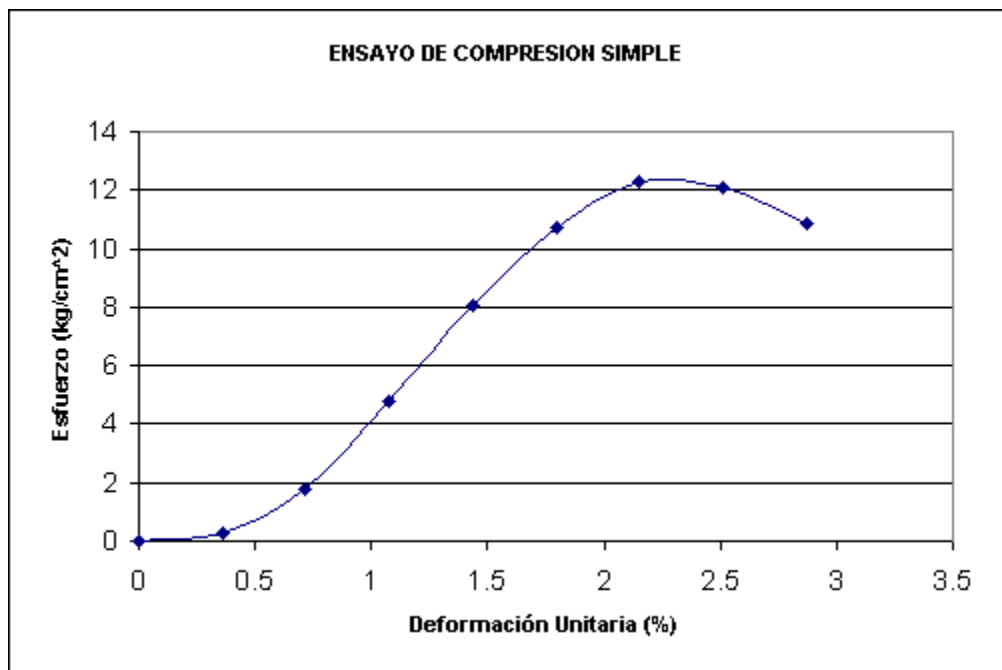


UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
COMPRESION SIMPLE suelo Piedrecuesta con Nylon de 1.5cm y 0.5% peso
HARVARD MINIATURA

DIMENSIONES CILINDRO

Diámetro superior (cm)	3.34
Diámetro central (cm)	3.34
Diametro inferior (cm)	3.34
Altura (cm)	7.08
Área (cm ²)	8.76
Volúmen (cm ³)	62.03

Tiempo (min)	Carga (kg)	Deformacion (mm)	Def. Unitaria	Esfuerzo (kg/cm ²)	Def. Unit. (%)
0	0	0	0	0	0
0.25	2.6	0.25	0.0036	0.30	0.359
0.5	15.8	0.51	0.0072	1.80	0.718
0.75	42.1	0.76	0.0108	4.81	1.076
1	70.4	1.02	0.0144	8.04	1.435
1.25	93.8	1.27	0.0179	10.71	1.794
1.5	107.8	1.52	0.0215	12.30	2.153
1.75	105.8	1.78	0.0251	12.08	2.511
2	95.2	2.03	0.0287	10.87	2.870



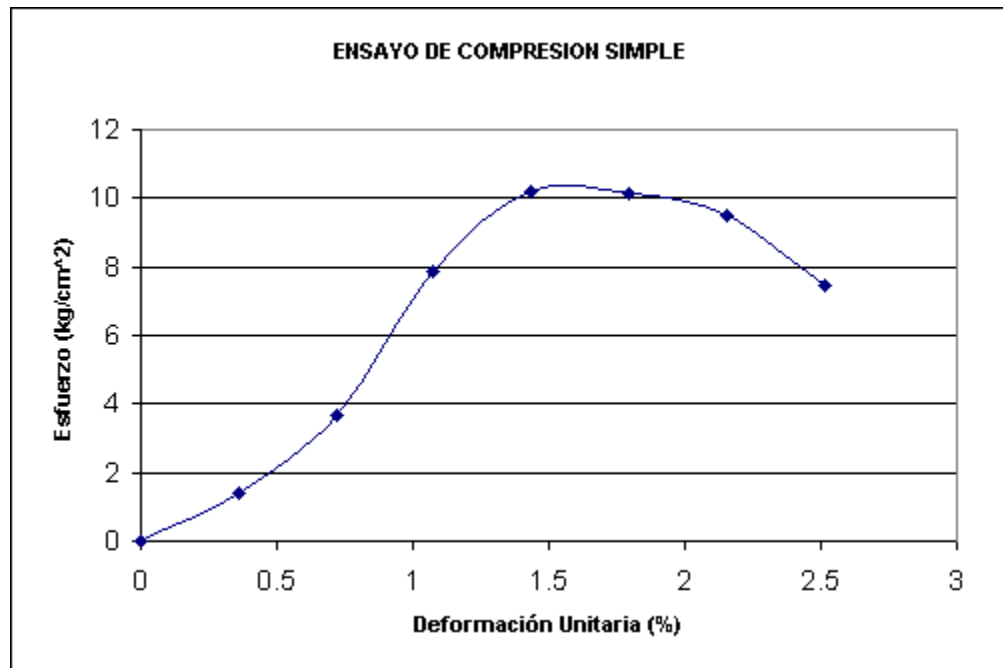


UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
COMPRESION SIMPLE suelo Piedecuesta con Nylon de 1.5cm y 0.75% peso
HARVARD MINIATURA

DIMENSIONES CILINDRO

Diámetro superior (cm)	3.34
Diámetro central (cm)	3.34
Diámetro inferior (cm)	3.34
Altura (cm)	7.08
Área (cm ²)	8.76
Volúmen (cm ³)	62.03

Tiempo (min)	Carga (kg)	Deformacion (mm)	Def. Unitaria	Esfuerzo (kg/cm ²)	Def. Unit. (%)
0	0	0	0	0	0
0.25	12.3	0.25	0.0036	1.40	0.359
0.5	32.4	0.51	0.0072	3.70	0.718
0.75	68.8	0.76	0.0108	7.85	1.076
1	89.4	1.02	0.0144	10.20	1.435
1.25	88.7	1.27	0.0179	10.12	1.794
1.5	83.2	1.52	0.0215	9.50	2.153
1.75	65.2	1.78	0.0251	7.44	2.511



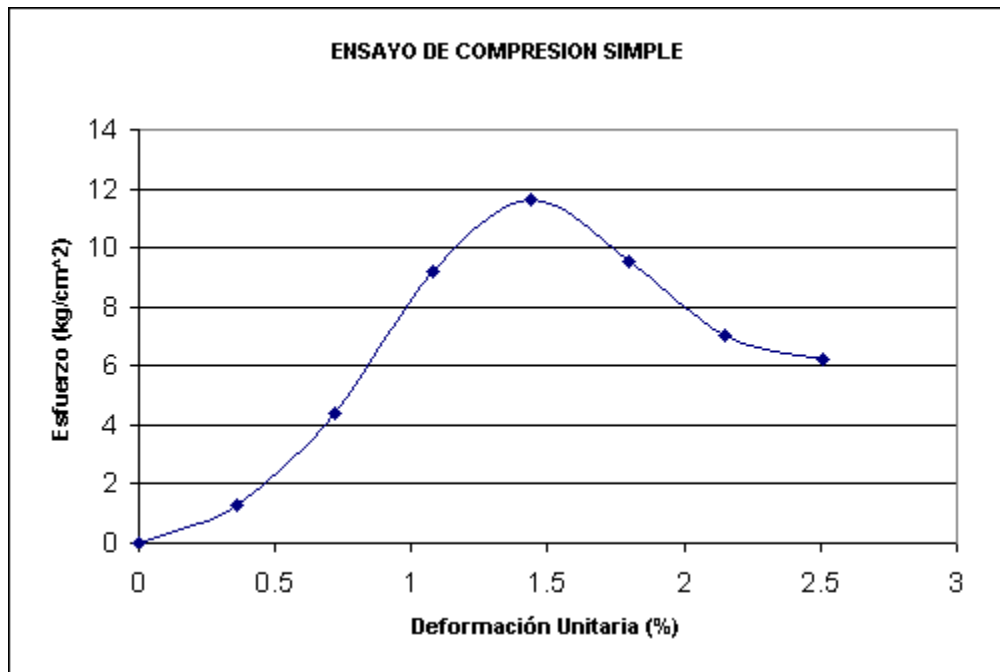


UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
COMPRESION SIMPLE suelo Piedecuesta con Nylon de 2cm y 0.25% peso
HARVARD MINIATURA

DIMENSIONES CILINDRO

Diámetro superior (cm)	3.34
Diámetro central (cm)	3.34
Diametro inferior (cm)	3.34
Altura (cm)	7.08
Área (cm ²)	8.76
Volúmen (cm ³)	62.03

Tiempo (min)	Carga (kg)	Deformacion (mm)	Def. Unitaria	Esfuerzo (kg/cm ²)	Def. Unit. (%)
0	0	0	0	0	0
0.25	11.3	0.25	0.0036	1.29	0.359
0.5	38.8	0.51	0.0072	4.43	0.718
0.75	80.6	0.76	0.0108	9.20	1.076
1	102.2	1.02	0.0144	11.66	1.435
1.25	83.8	1.27	0.0179	9.56	1.794
1.5	61.6	1.52	0.0215	7.03	2.153
1.75	54.4	1.78	0.0251	6.21	2.511



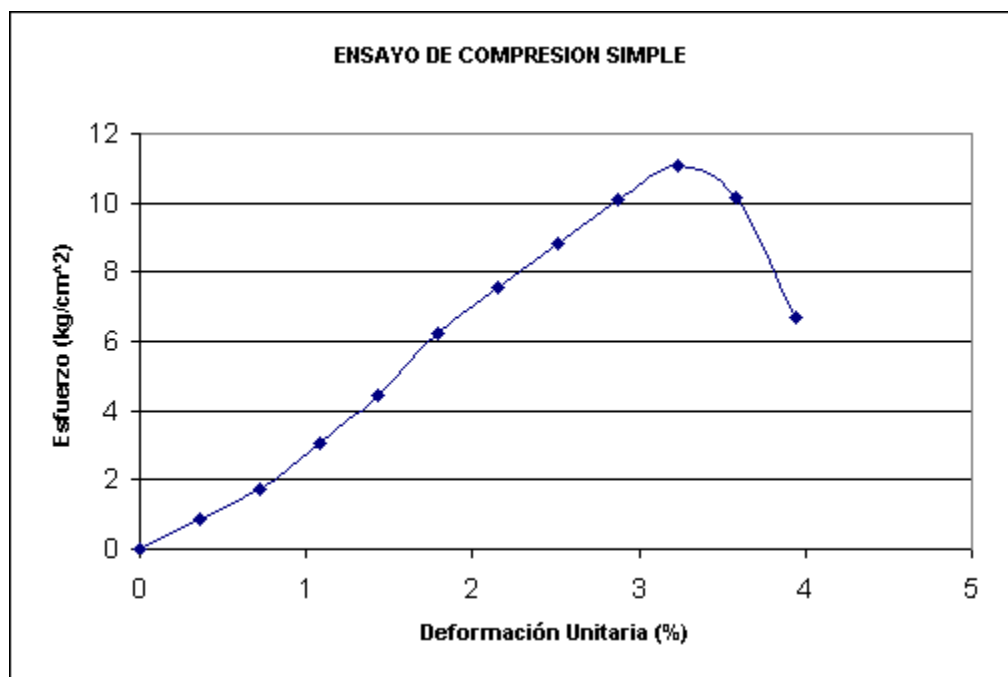


UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
COMPRESION SIMPLE suelo Piedecuesta con Nylon de 2cm y 0.5% peso
HARVARD MINIATURA

DIMENSIONES CILINDRO

Diámetro superior (cm)	3.34
Diámetro central (cm)	3.34
Diámetro inferior (cm)	3.34
Altura (cm)	7.08
Área (cm ²)	8.76
Volúmen (cm ³)	62.03

Tiempo (min)	Carga (kg)	Deformación (mm)	Def. Unitaria	Esfuerzo (kg/cm ²)	Def. Unit. (%)
0	0	0	0	0	0
0.25	7.7	0.25	0.0036	0.88	0.359
0.5	15.2	0.51	0.0072	1.73	0.718
0.75	26.6	0.76	0.0108	3.04	1.076
1	38.7	1.02	0.0144	4.42	1.435
1.25	54.4	1.27	0.0179	6.21	1.794
1.5	66.2	1.52	0.0215	7.56	2.153
1.75	77.3	1.78	0.0251	8.82	2.511
2	88.4	2.03	0.0287	10.09	2.870
2.25	97.2	2.29	0.0323	11.09	3.229
2.5	89.1	2.54	0.0359	10.17	3.588
2.75	58.7	2.79	0.0395	6.70	3.946



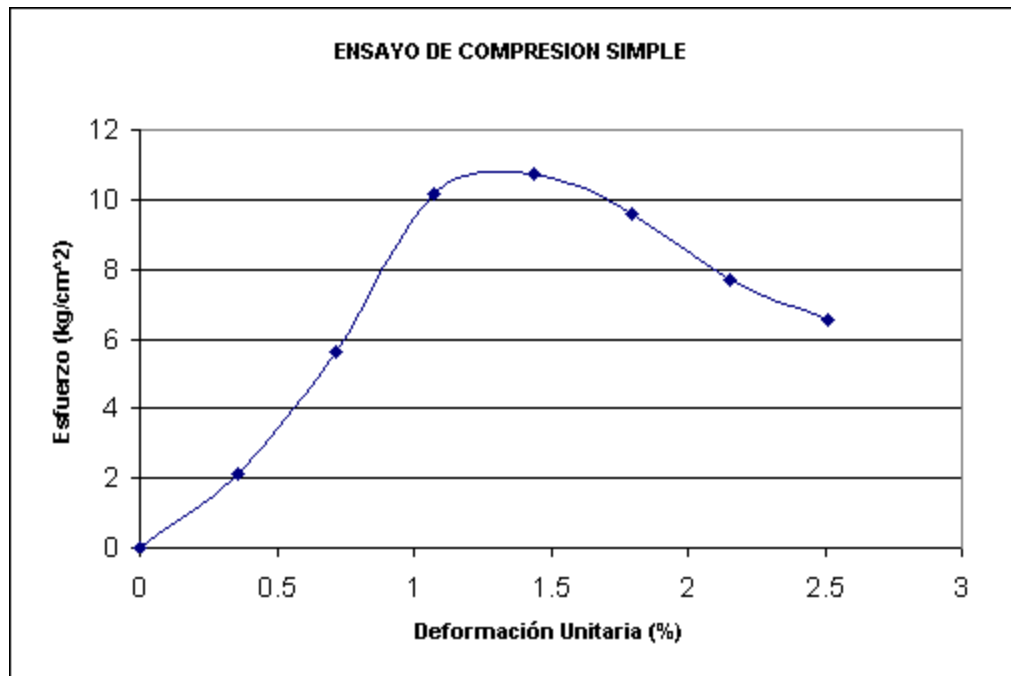


UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
COMPRESION SIMPLE suelo Piedecuesta con Nylon de 2cm y 0.75% peso
HARVARD MINIATURA

DIMENSIONES CILINDRO

Diámetro superior (cm)	3.34
Diámetro central (cm)	3.34
Diámetro inferior (cm)	3.34
Altura (cm)	7.08
Área (cm ²)	8.76
Volúmen (cm ³)	62.03

Tiempo (min)	Carga (kg)	Deformacion (mm)	Def. Unitaria	Esfuerzo (kg/cm ²)	Def. Unit. (%)
0	0	0	0	0	0
0.25	18.8	0.25	0.0036	2.15	0.359
0.5	49.4	0.51	0.0072	5.64	0.718
0.75	89.2	0.76	0.0108	10.18	1.076
1	93.9	1.02	0.0144	10.72	1.435
1.25	83.8	1.27	0.0179	9.56	1.794
1.5	67.2	1.52	0.0215	7.67	2.153
1.75	57.2	1.78	0.0251	6.53	2.511



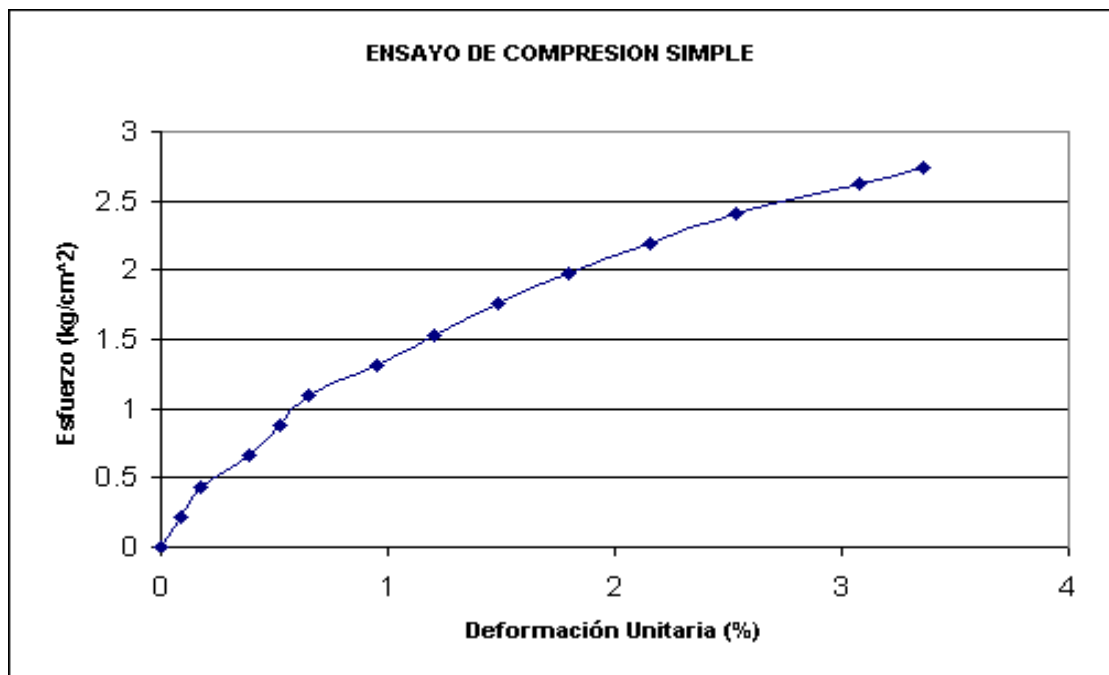


UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
COMPRESION SIMPLE suelo Piedecuesta sin Nylon
GRANDE

DIMENSIONES CILINDRO

Diámetro superior (cm)	15.24
Diámetro central (cm)	15.24
Diametro inferior (cm)	15.24
Altura (cm)	30.00
Área (cm ²)	182.41
Volúmen (cm ³)	5472.44

Carga (kg)	Deformacion (mm)	Def. Unitaria	Esfuerzo (kg/cm ²)	Def. Unit. (%)
0	0	0	0	0
40	0.25	0.0008	0.22	0.085
80	0.53	0.0018	0.44	0.178
120	1.17	0.0039	0.66	0.389
160	1.57	0.0052	0.88	0.525
200	1.96	0.0065	1.10	0.652
240	2.84	0.0095	1.32	0.948
280	3.61	0.0120	1.53	1.202
320	4.45	0.0148	1.75	1.482
360	5.38	0.0179	1.97	1.795
400	6.45	0.0215	2.19	2.151
440	7.59	0.0253	2.41	2.532
480	9.25	0.0308	2.63	3.082
500	10.08	0.0336	2.74	3.361



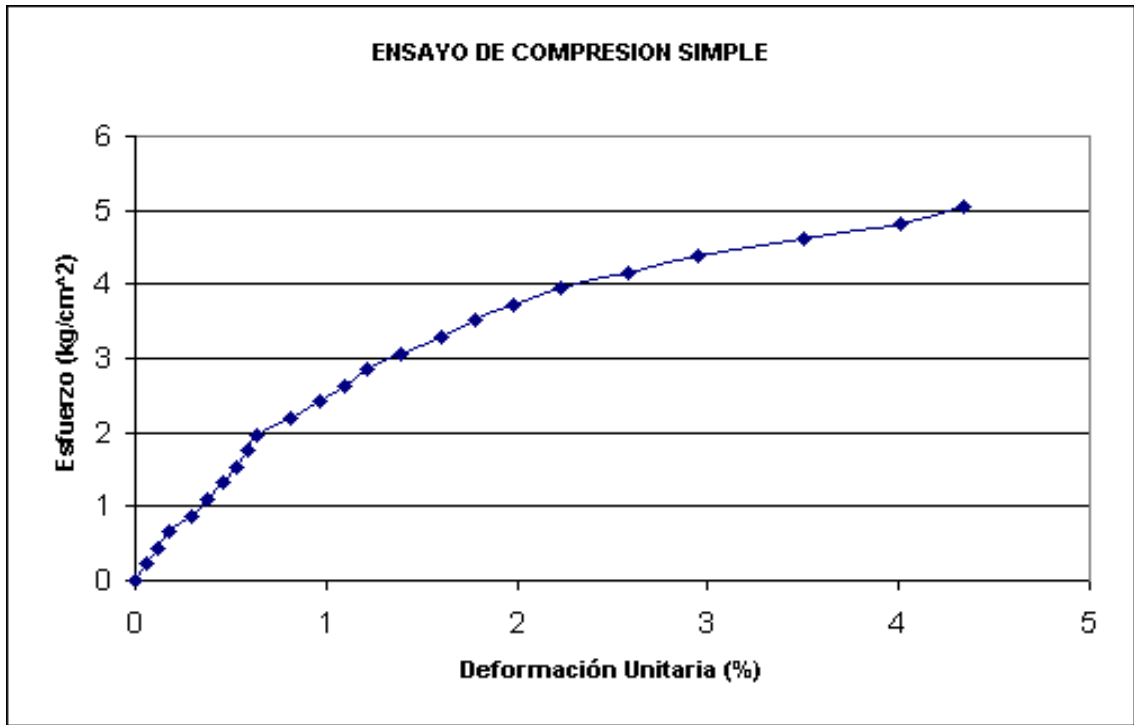


UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
COMPRESION SIMPLE suelo Piedecuesta sin Nylon
GRANDE

DIMENSIONES CILINDRO

Diámetro superior (cm)	15.24
Diámetro central (cm)	15.24
Diametro inferior (cm)	15.24
Altura (cm)	30.00
Área (cm ²)	182.41
Volúmen (cm ³)	5472.44

Carga (kg)	Deformacion (mm)	Def. Unitaria	Esfuerzo (kg/cm ²)	Def. Unit. (%)
0	0	0	0	0
40	0.18	0.0006	0.22	0.059
80	0.36	0.0012	0.44	0.119
120	0.53	0.0018	0.66	0.178
160	0.89	0.0030	0.88	0.296
200	1.12	0.0037	1.10	0.373
240	1.40	0.0047	1.32	0.466
280	1.57	0.0052	1.53	0.525
320	1.75	0.0058	1.75	0.584
360	1.91	0.0063	1.97	0.635
400	2.44	0.0081	2.19	0.813
440	2.90	0.0097	2.41	0.965
480	3.28	0.0109	2.63	1.092
520	3.66	0.0122	2.85	1.219
560	4.17	0.0139	3.07	1.389
600	4.80	0.0160	3.29	1.600
640	5.33	0.0178	3.51	1.778
680	5.94	0.0198	3.73	1.981
720	6.68	0.0223	3.95	2.227
760	7.75	0.0258	4.17	2.582
800	8.84	0.0295	4.39	2.946
840	10.52	0.0351	4.60	3.505
880	12.04	0.0401	4.82	4.013
920	13.00	0.0433	5.04	4.335



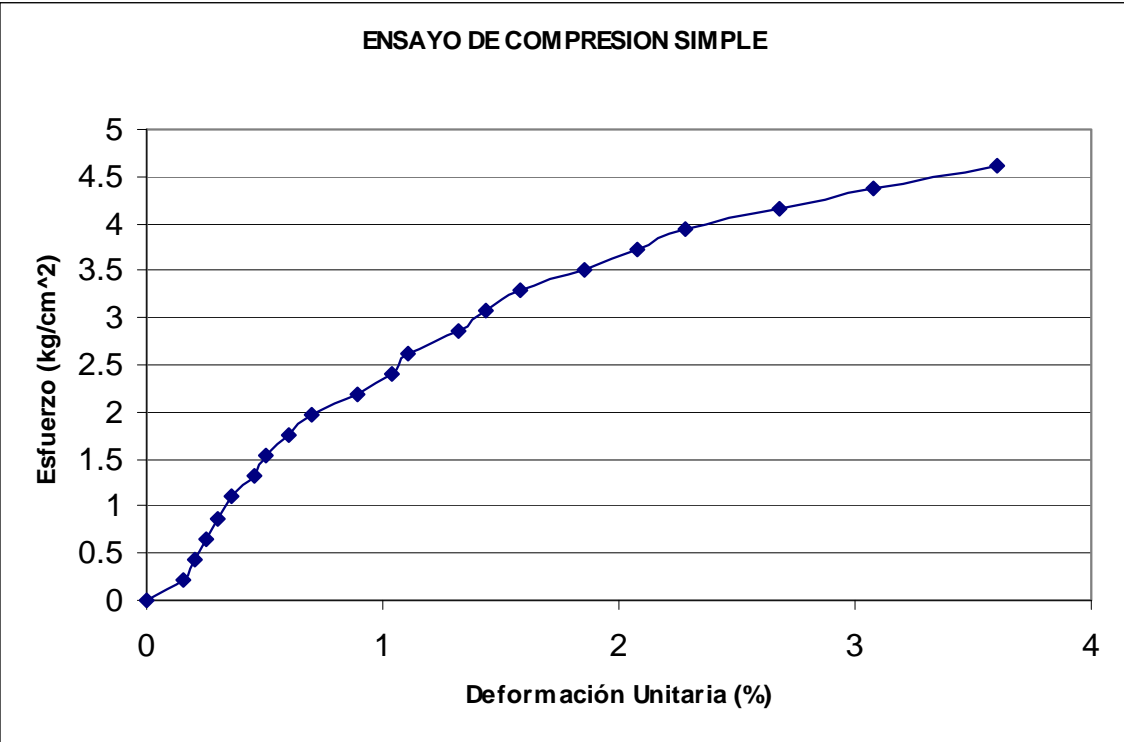


UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
COMPRESION SIMPLE suelo Piedecuesta sin Nylon
GRANDE

DIMENSIONES CILINDRO

Diámetro superior (cm)	15.24
Diámetro central (cm)	15.24
Diametro inferior (cm)	15.24
Altura (cm)	30.00
Área (cm ²)	182.41
Volúmen (cm ³)	5472.44

Carga (kg)	Deformacion (mm)	Def. Unitaria	Esfuerzo (kg/cm ²)	Def. Unit. (%)
0	0	0	0	0
40	0.46	0.0015	0.22	0.152
80	0.61	0.0020	0.44	0.203
120	0.76	0.0025	0.66	0.254
160	0.91	0.0030	0.88	0.305
200	1.07	0.0036	1.10	0.356
240	1.37	0.0046	1.32	0.457
280	1.52	0.0051	1.53	0.508
320	1.80	0.0060	1.75	0.601
360	2.11	0.0070	1.97	0.703
400	2.67	0.0089	2.19	0.889
440	3.12	0.0104	2.41	1.041
480	3.33	0.0111	2.63	1.109
520	3.96	0.0132	2.85	1.321
560	4.32	0.0144	3.07	1.439
600	4.75	0.0158	3.29	1.583
640	5.56	0.0185	3.51	1.854
680	6.22	0.0207	3.73	2.074
720	6.86	0.0229	3.95	2.286
760	8.05	0.0268	4.17	2.684
800	9.25	0.0308	4.39	3.082
840	10.80	0.0360	4.60	3.598



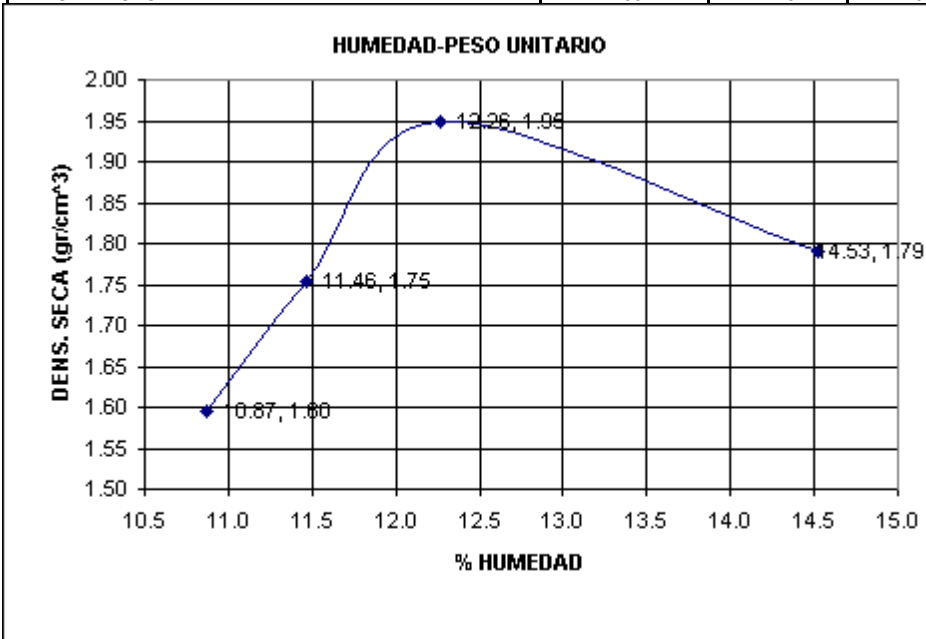
**ANEXO C. ENSAYOS Y ESTUDIOS REALIZADOS PARA EL SUELO
FLORIDABLANCA**



UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
ENSAYO DE COMPACTACION
INV E - 142

FECHA : ABRIL DE 2008
PROYECTO : ESTABILIZACION DE SUELOS CON FIBRAS DE NYLON
LOCALIZACION : FLORIDABLANCA
MUESTRA : 1
PROFUNDIDAD : NO SE INDICO

TIPO DE ENSAYO	MODIFICADO							
NUMERO DE CAPAS	5							
NUMERO DE GOLPES POR CARA	25							
MOLDE No	6							
DIAMETRO MOLDE (cm)	10.16							
ALTURA MOLDE (cm)	11.64							
VOLUMEN MOLDE (cm3)	943.69							
PRUEBA #	1		2		3		4	
# GOLPES	25		25		25		25	
MUESTRA HUMEDA (gr)	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500	2500
MOLDE #	22	22	22	22	22	22	22	22
PESO MOLDE (gr)	4150	4150	4150	4150	4150	4150	4150	4150
MOLDE+MUESTRA COMPACTADA	5820	5820	5995	5995	6215	6215	6085	6085
# TARA	1	2	3	4	5	6	7	8
PESO TARA	6.73	7.01	7.034	6.94	7.2	7.06	7.05	6.95
W TARA+W HUMEDO	35.03	33.79	42.59	45.42	48.44	42.63	43.94	41.63
W TARA+W SECO	32.25	31.17	38.89	41.51	44.32	38.42	39.01	37.47
% DE HUMEDAD	10.893	10.844	11.61	11.31	11.10	13.42	15.43	13.63
% DE HUMEDAD PROMEDIO	10.87		11.46		12.26		14.53	
DENSIDAD HUMEDA	1.77		1.96		2.19		2.05	
DENSIDAD SECA	1.60		1.75		1.95		1.79	



HUMEDAD OPTIMA %	12.26
DEN. SECA MAX.	1.95

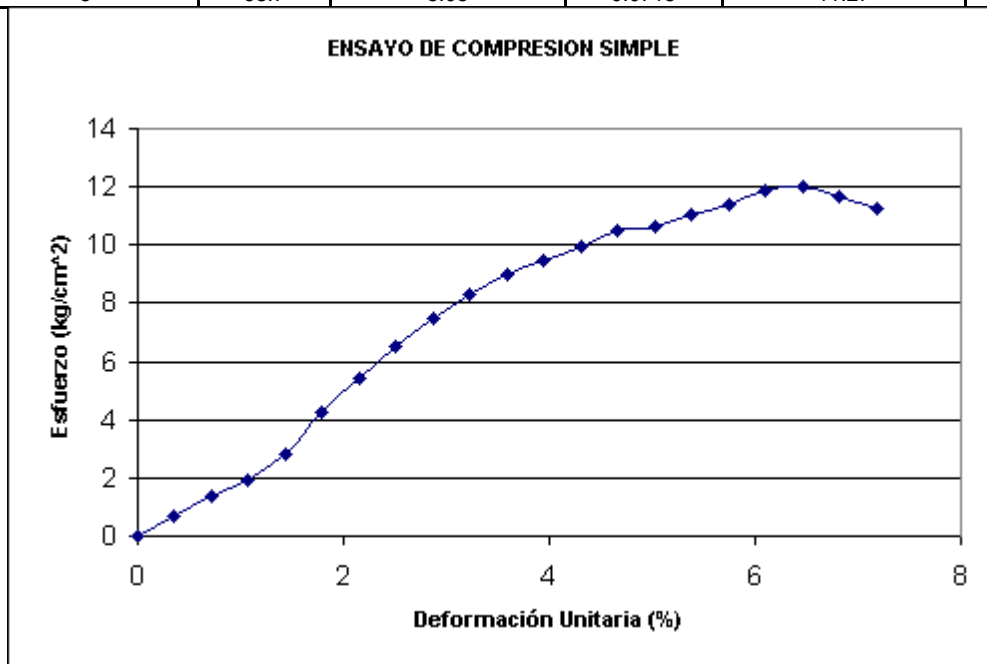


NIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
COMPRESION SIMPLE suelo Floridablanca sin Nylon
HARVARD MINIATURA

DIMENSIONES CILINDRO

Diámetro superior (cm)	3.34
Diámetro central (cm)	3.34
Diametro inferior (cm)	3.34
Altura (cm)	7.08
Área (cm ²)	8.76
Volúmen (cm ³)	62.03

Tiempo (min)	Carga (kg)	Deformacion (mm)	Def. Unitaria	Esfuerzo (kg/cm ²)	Def. Unit. (%)
0	0	0	0	0	0
0.25	5.8	0.25	0.0036	0.66	0.359
0.5	12.2	0.51	0.0072	1.39	0.718
0.75	16.7	0.76	0.0108	1.91	1.076
1	24.8	1.02	0.0144	2.83	1.435
1.25	37.2	1.27	0.0179	4.25	1.794
1.5	47.5	1.52	0.0215	5.42	2.153
1.75	57.2	1.78	0.0251	6.53	2.511
2	65.4	2.03	0.0287	7.46	2.870
2.25	72.9	2.29	0.0323	8.32	3.229
2.5	78.6	2.54	0.0359	8.97	3.588
2.75	83.1	2.79	0.0395	9.48	3.946
3	87.4	3.05	0.0431	9.98	4.305
3.25	91.7	3.30	0.0466	10.47	4.664
3.5	93.3	3.56	0.0502	10.65	5.023
3.75	96.8	3.81	0.0538	11.05	5.381
4	99.7	4.06	0.0574	11.38	5.740
4.25	103.9	4.32	0.0610	11.86	6.099
4.5	105.2	4.57	0.0646	12.01	6.458
4.75	102.3	4.83	0.0682	11.68	6.816
5	98.7	5.08	0.0718	11.27	7.175



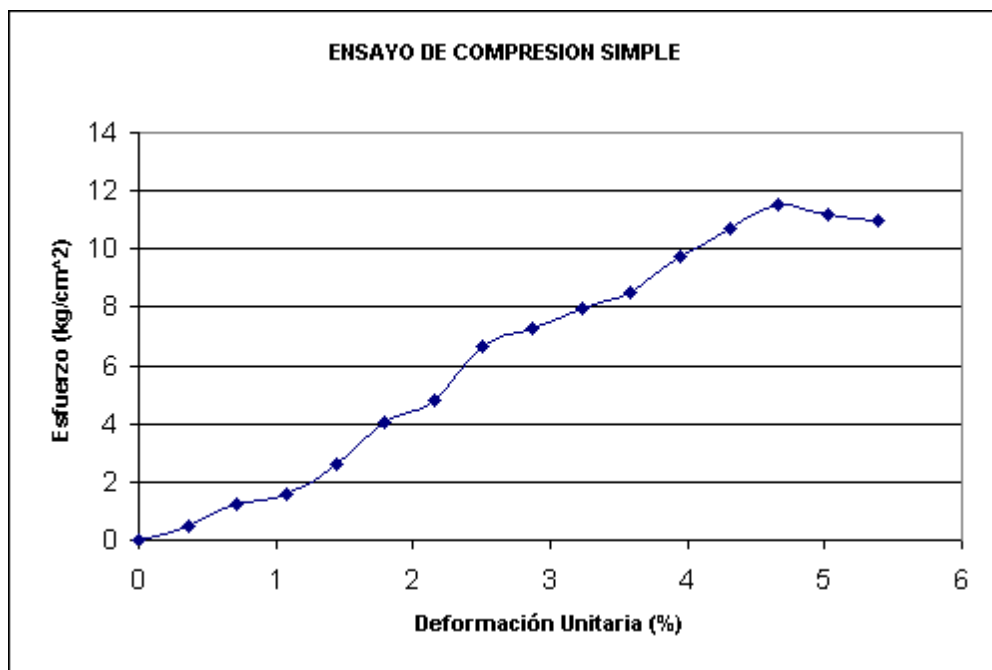


UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
COMPRESION SIMPLE suelo Floridablanca sin Nylon
HARVARD MINIATURA

DIMENSIONES CILINDRO

Diámetro superior (cm)	3.34
Diámetro central (cm)	3.34
Diametro inferior (cm)	3.34
Altura (cm)	7.08
Área (cm ²)	8.76
Volúmen (cm ³)	62.03

Tiempo (min)	Carga (kg)	Deformacion (mm)	Def. Unitaria	Esfuerzo (kg/cm ²)	Def. Unit. (%)
0	0	0	0	0	0
0.25	4.4	0.25	0.0036	0.50	0.359
0.5	10.7	0.51	0.0072	1.22	0.718
0.75	13.8	0.76	0.0108	1.58	1.076
1	22.9	1.02	0.0144	2.61	1.435
1.25	35.4	1.27	0.0179	4.04	1.794
1.5	42.3	1.52	0.0215	4.83	2.153
1.75	58.6	1.78	0.0251	6.69	2.511
2	63.7	2.03	0.0287	7.27	2.870
2.25	69.5	2.29	0.0323	7.93	3.229
2.5	74.4	2.54	0.0359	8.49	3.588
2.75	85.2	2.79	0.0395	9.72	3.946
3	93.8	3.05	0.0431	10.71	4.305
3.25	101.2	3.30	0.0466	11.55	4.664
3.5	97.8	3.56	0.0502	11.16	5.023
3.75	96.4	3.81	0.0538	11.00	5.381



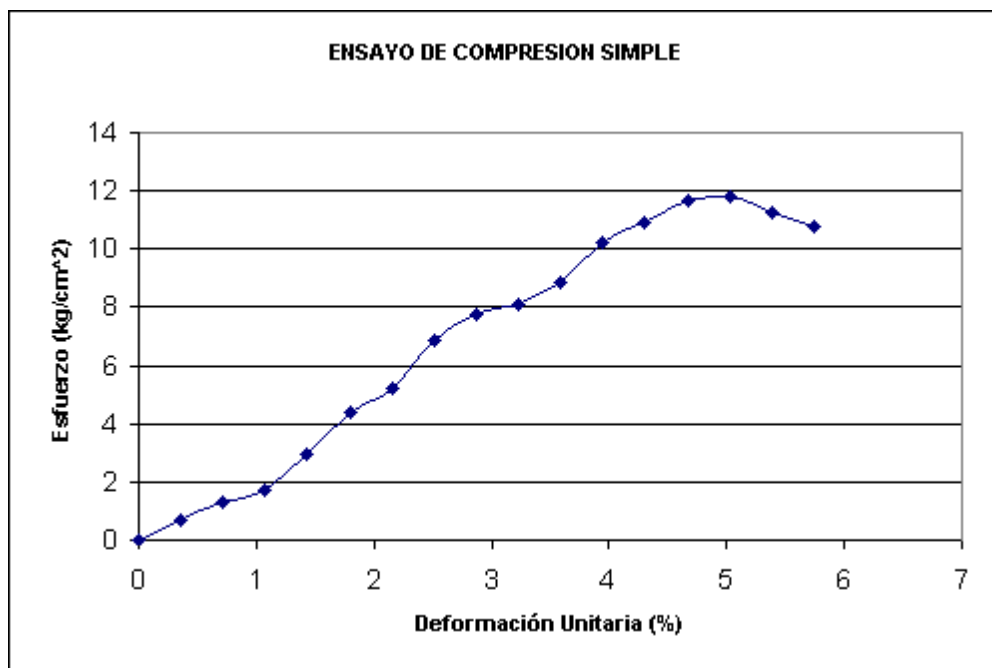


UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
COMPRESION SIMPLE suelo Floridablanca sin Nylon
HARVARD MINIATURA

DIMENSIONES CILINDRO

Diámetro superior (cm)	3.34
Diámetro central (cm)	3.34
Diametro inferior (cm)	3.34
Altura (cm)	7.08
Área (cm ²)	8.76
Volúmen (cm ³)	62.03

Tiempo (min)	Carga (kg)	Deformacion (mm)	Def. Unitaria	Esfuerzo (kg/cm ²)	Def. Unit. (%)
0	0	0	0	0	0
0.25	6.1	0.25	0.0036	0.70	0.359
0.5	11.3	0.51	0.0072	1.29	0.718
0.75	14.8	0.76	0.0108	1.69	1.076
1	25.7	1.02	0.0144	2.93	1.435
1.25	38.3	1.27	0.0179	4.37	1.794
1.5	45.8	1.52	0.0215	5.23	2.153
1.75	60.2	1.78	0.0251	6.87	2.511
2	67.8	2.03	0.0287	7.74	2.870
2.25	71.1	2.29	0.0323	8.11	3.229
2.5	77.3	2.54	0.0359	8.82	3.588
2.75	89.8	2.79	0.0395	10.25	3.946
3	95.4	3.05	0.0431	10.89	4.305
3.25	102.3	3.30	0.0466	11.68	4.664
3.5	103.5	3.56	0.0502	11.81	5.023
3.75	98.6	3.81	0.0538	11.25	5.381
4	94.2	4.06	0.0574	10.75	5.740





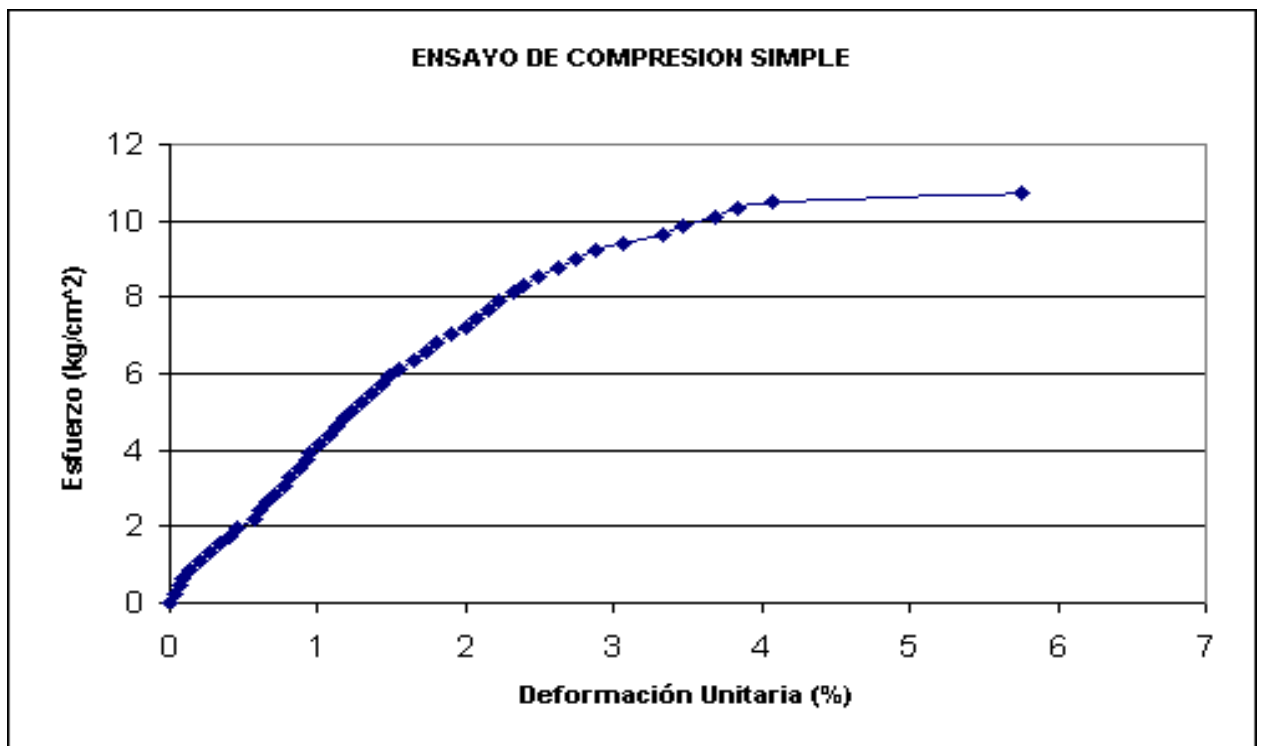
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
 ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
 LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
 COMPRESION SIMPLE suelo Florida sin Nylon
 GRANDE

DIMENSIONES CILINDRO

Diámetro superior (cm)	15.24
Diámetro central (cm)	15.24
Diametro inferior (cm)	15.24
Altura (cm)	30.00
Área (cm²)	182.41
Volúmen (cm³)	5472.44

Carga (kg)	Deformacion (mm)	Def. Unitaria	Esfuerzo (kg/cm ²)	Def. Unit. (%)
0	0	0	0	0
40	0.10	0.0003	0.22	0.034
80	0.18	0.0006	0.44	0.059
120	0.23	0.0008	0.66	0.076
160	0.38	0.0013	0.88	0.127
200	0.58	0.0019	1.10	0.195
240	0.81	0.0027	1.32	0.271
280	1.02	0.0034	1.53	0.339
320	1.19	0.0040	1.75	0.398
360	1.37	0.0046	1.97	0.457
400	1.73	0.0058	2.19	0.576
440	1.83	0.0061	2.41	0.610
480	1.98	0.0066	2.63	0.660
520	2.13	0.0071	2.85	0.711
560	2.31	0.0077	3.07	0.770
600	2.44	0.0081	3.29	0.813
640	2.62	0.0087	3.51	0.872
680	2.77	0.0092	3.73	0.923
720	2.84	0.0095	3.95	0.948
760	3.05	0.0102	4.17	1.016
800	3.23	0.0108	4.39	1.075
840	3.38	0.0113	4.60	1.126
880	3.56	0.0119	4.82	1.185
920	3.71	0.0124	5.04	1.236
960	3.91	0.0130	5.26	1.304
1000	4.06	0.0135	5.48	1.355
1040	4.27	0.0142	5.70	1.422
1080	4.45	0.0148	5.92	1.482
1120	4.65	0.0155	6.14	1.549
1160	4.95	0.0165	6.36	1.651
1200	5.21	0.0174	6.58	1.736
1240	5.38	0.0179	6.80	1.795

1280	5.72	0.0191	7.02	1.905
1320	6.02	0.0201	7.24	2.007
1360	6.20	0.0207	7.46	2.066
1400	6.48	0.0216	7.67	2.159
1440	6.68	0.0223	7.89	2.227
1480	6.99	0.0233	8.11	2.328
1520	7.16	0.0239	8.33	2.388
1560	7.49	0.0250	8.55	2.498
1600	7.87	0.0262	8.77	2.625
1640	8.20	0.0273	8.99	2.735
1680	8.64	0.0288	9.21	2.879
1720	9.19	0.0306	9.43	3.065
1760	10.01	0.0334	9.65	3.336
1800	10.41	0.0347	9.87	3.471
1840	11.07	0.0369	10.09	3.691
1880	11.53	0.0384	10.31	3.844
1920	12.19	0.0406	10.53	4.064
1960	17.27	0.0576	10.74	5.757





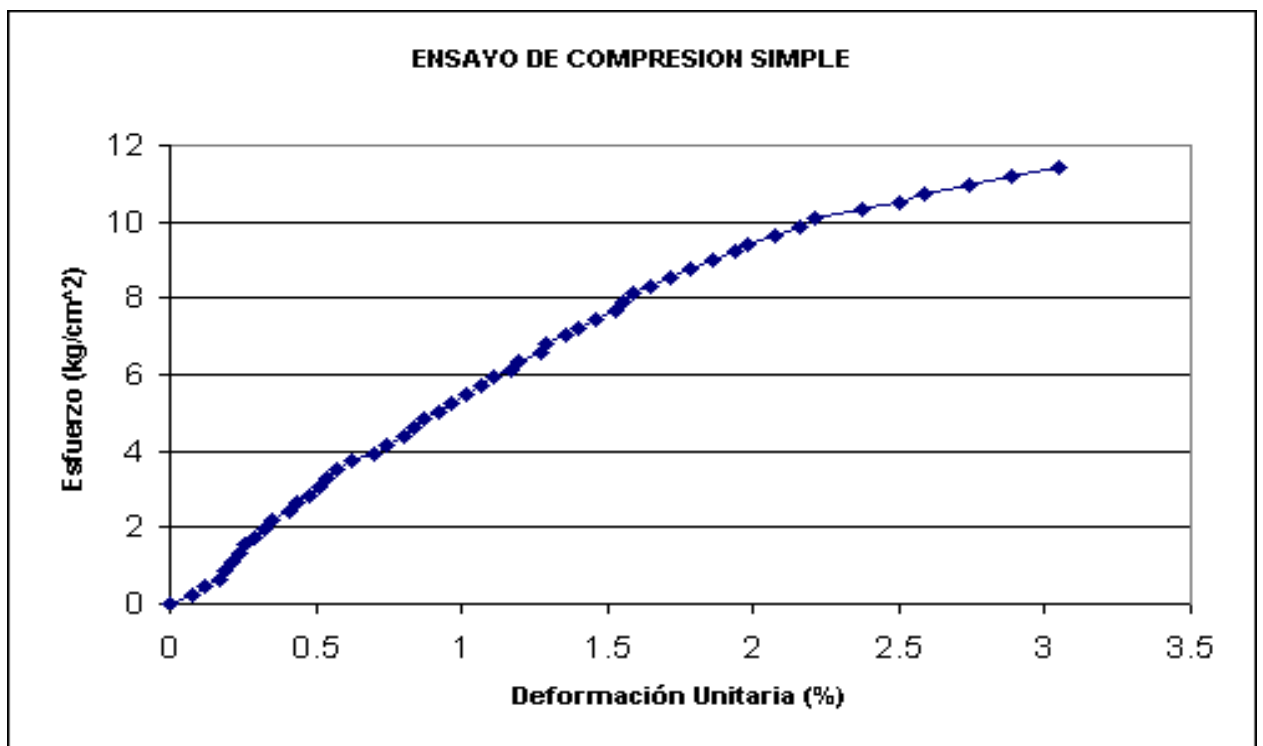
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
COMPRESION SIMPLE suelo Florida sin Nylon
GRANDE

DIMENSIONES CILINDRO

Diámetro superior (cm)	15.24
Diámetro central (cm)	15.24
Diametro inferior (cm)	15.24
Altura (cm)	30.00
Área (cm ²)	182.41
Volúmen (cm ³)	5472.44

Carga (kg)	Deformacion (mm)	Def. Unitaria	Esfuerzo (kg/cm ²)	Def. Unit. (%)
0	0	0	0	0
40	0.23	0.0008	0.22	0.076
80	0.36	0.0012	0.44	0.119
120	0.51	0.0017	0.66	0.169
160	0.56	0.0019	0.88	0.186
200	0.64	0.0021	1.10	0.212
240	0.71	0.0024	1.32	0.237
280	0.76	0.0025	1.53	0.254
320	0.86	0.0029	1.75	0.288
360	0.97	0.0032	1.97	0.322
400	1.04	0.0035	2.19	0.347
440	1.22	0.0041	2.41	0.406
480	1.30	0.0043	2.63	0.432
520	1.42	0.0047	2.85	0.474
560	1.52	0.0051	3.07	0.508
600	1.63	0.0054	3.29	0.542
640	1.73	0.0058	3.51	0.576
680	1.88	0.0063	3.73	0.627
720	2.11	0.0070	3.95	0.703
760	2.24	0.0075	4.17	0.745
800	2.41	0.0080	4.39	0.804
840	2.51	0.0084	4.60	0.838
880	2.62	0.0087	4.82	0.872
920	2.77	0.0092	5.04	0.923
960	2.90	0.0097	5.26	0.965
1000	3.05	0.0102	5.48	1.016
1040	3.20	0.0107	5.70	1.067
1080	3.33	0.0111	5.92	1.109
1120	3.51	0.0117	6.14	1.168
1160	3.58	0.0119	6.36	1.194
1200	3.81	0.0127	6.58	1.270

1240	3.86	0.0129	6.80	1.287
1280	4.06	0.0135	7.02	1.355
1320	4.19	0.0140	7.24	1.397
1360	4.37	0.0146	7.46	1.456
1400	4.57	0.0152	7.67	1.524
1440	4.65	0.0155	7.89	1.549
1480	4.78	0.0159	8.11	1.592
1520	4.95	0.0165	8.33	1.651
1560	5.16	0.0172	8.55	1.719
1600	5.36	0.0179	8.77	1.786
1640	5.59	0.0186	8.99	1.863
1680	5.82	0.0194	9.21	1.939
1720	5.94	0.0198	9.43	1.981
1760	6.22	0.0207	9.65	2.074
1800	6.48	0.0216	9.87	2.159
1840	6.63	0.0221	10.09	2.210
1880	7.11	0.0237	10.31	2.371
1920	7.49	0.0250	10.53	2.498
1960	7.75	0.0258	10.74	2.582
2000	8.23	0.0274	10.96	2.743
2040	8.66	0.0289	11.18	2.887
2080	9.14	0.0305	11.40	3.048





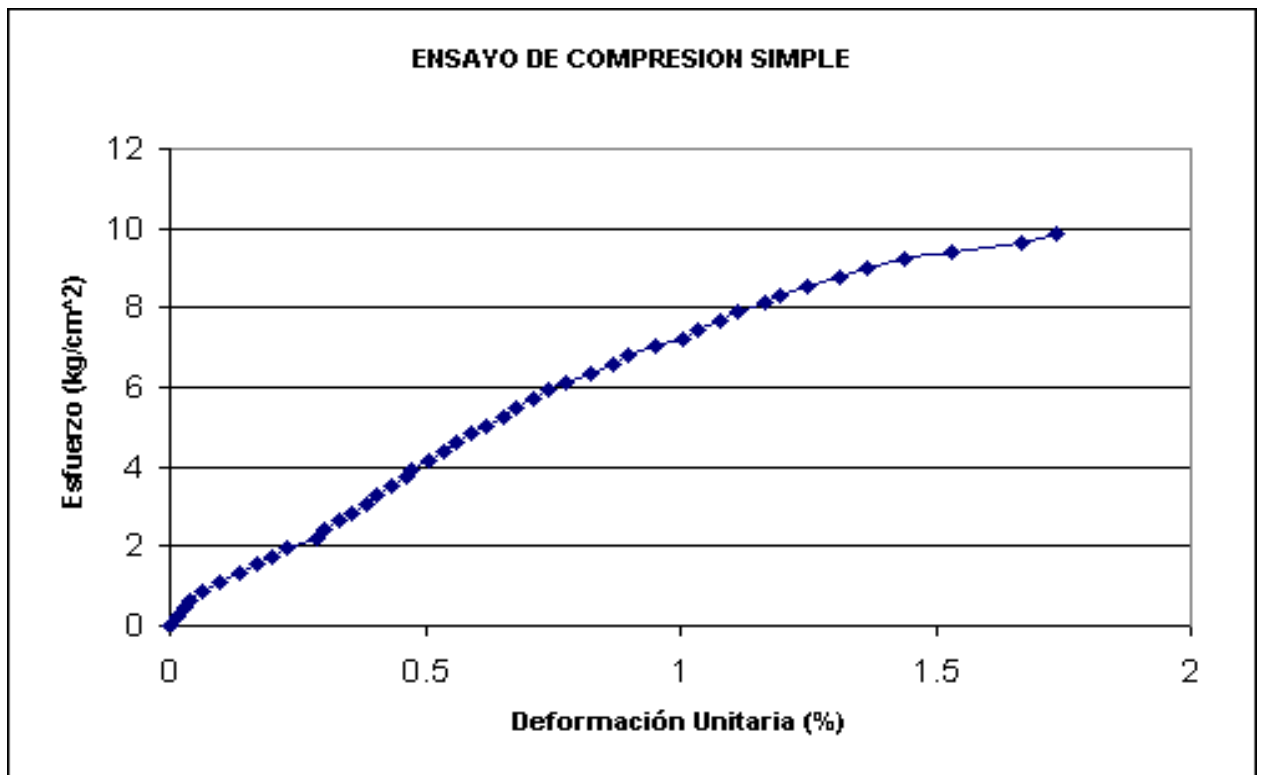
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
COMPRESION SIMPLE suelo Florida sin Nylon
GRANDE

DIMENSIONES CILINDRO

Diámetro superior (cm)	15.24
Diámetro central (cm)	15.24
Diametro inferior (cm)	15.24
Altura (cm)	30.00
Área (cm²)	182.41
Volúmen (cm³)	5472.44

Carga (kg)	Deformacion (mm)	Def. Unitaria	Esfuerzo (kg/cm²)	Def. Unit. (%)
0	0	0	0	0
40	0.05	0.0002	0.22	0.017
80	0.09	0.0003	0.44	0.030
120	0.11	0.0004	0.66	0.038
160	0.19	0.0006	0.88	0.064
200	0.29	0.0010	1.10	0.097
240	0.41	0.0014	1.32	0.135
280	0.51	0.0017	1.53	0.169
320	0.60	0.0020	1.75	0.199
360	0.69	0.0023	1.97	0.229
400	0.86	0.0029	2.19	0.288
440	0.91	0.0030	2.41	0.305
480	0.99	0.0033	2.63	0.330
520	1.07	0.0036	2.85	0.356
560	1.16	0.0039	3.07	0.385
600	1.22	0.0041	3.29	0.406
640	1.31	0.0044	3.51	0.436
680	1.38	0.0046	3.73	0.461
720	1.42	0.0047	3.95	0.474
760	1.52	0.0051	4.17	0.508
800	1.61	0.0054	4.39	0.538
840	1.69	0.0056	4.60	0.563
880	1.78	0.0059	4.82	0.593
920	1.85	0.0062	5.04	0.618
960	1.96	0.0065	5.26	0.652
1000	2.03	0.0068	5.48	0.677
1040	2.13	0.0071	5.70	0.711
1080	2.22	0.0074	5.92	0.741
1120	2.32	0.0077	6.14	0.775
1160	2.48	0.0083	6.36	0.826
1200	2.60	0.0087	6.58	0.868

1240	2.69	0.0090	6.80	0.897
1280	2.86	0.0095	7.02	0.953
1320	3.01	0.0100	7.24	1.003
1360	3.10	0.0103	7.46	1.033
1400	3.24	0.0108	7.67	1.080
1440	3.34	0.0111	7.89	1.113
1480	3.49	0.0116	8.11	1.164
1520	3.58	0.0119	8.33	1.194
1560	3.75	0.0125	8.55	1.249
1600	3.94	0.0131	8.77	1.312
1640	4.10	0.0137	8.99	1.367
1680	4.32	0.0144	9.21	1.439
1720	4.60	0.0153	9.43	1.532
1760	5.00	0.0167	9.65	1.668
1800	5.21	0.0174	9.87	1.736



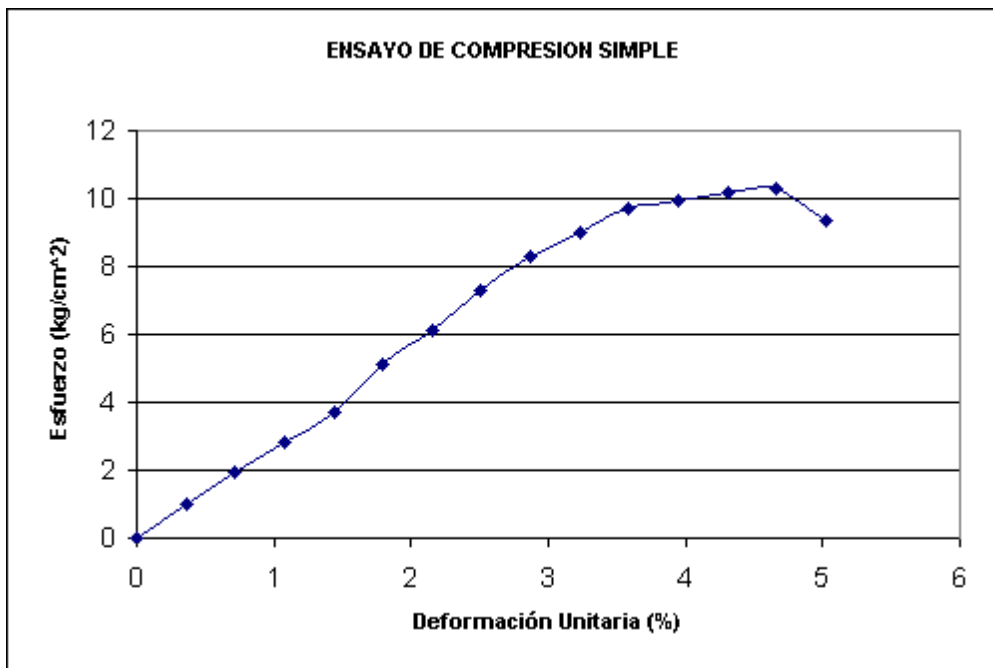


UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
COMPRESION SIMPLE suelo Floridablanca con Nylon de 1cm y 0.25% peso
HARVARD MINIATURA

DIMENSIONES CILINDRO

Diámetro superior (cm)	3.34
Diámetro central (cm)	3.34
Diametro inferior (cm)	3.34
Altura (cm)	7.08
Área (cm ²)	8.76
Volúmen (cm ³)	62.03

Tiempo (min)	Carga (kg)	Deformacion (mm)	Def. Unitaria	Esfuerzo (kg/cm ²)	Def. Unit. (%)
0	0	0	0	0	0
0.25	8.6	0.25	0.0036	0.98	0.359
0.5	16.9	0.51	0.0072	1.93	0.718
0.75	24.6	0.76	0.0108	2.81	1.076
1	32.6	1.02	0.0144	3.72	1.435
1.25	44.7	1.27	0.0179	5.10	1.794
1.5	53.4	1.52	0.0215	6.09	2.153
1.75	63.9	1.78	0.0251	7.29	2.511
2	72.6	2.03	0.0287	8.29	2.870
2.25	79.1	2.29	0.0323	9.03	3.229
2.5	84.9	2.54	0.0359	9.69	3.588
2.75	87.3	2.79	0.0395	9.96	3.946
3	89.2	3.05	0.0431	10.18	4.305
3.25	90.3	3.30	0.0466	10.31	4.664
3.5	81.7	3.56	0.0502	9.32	5.023



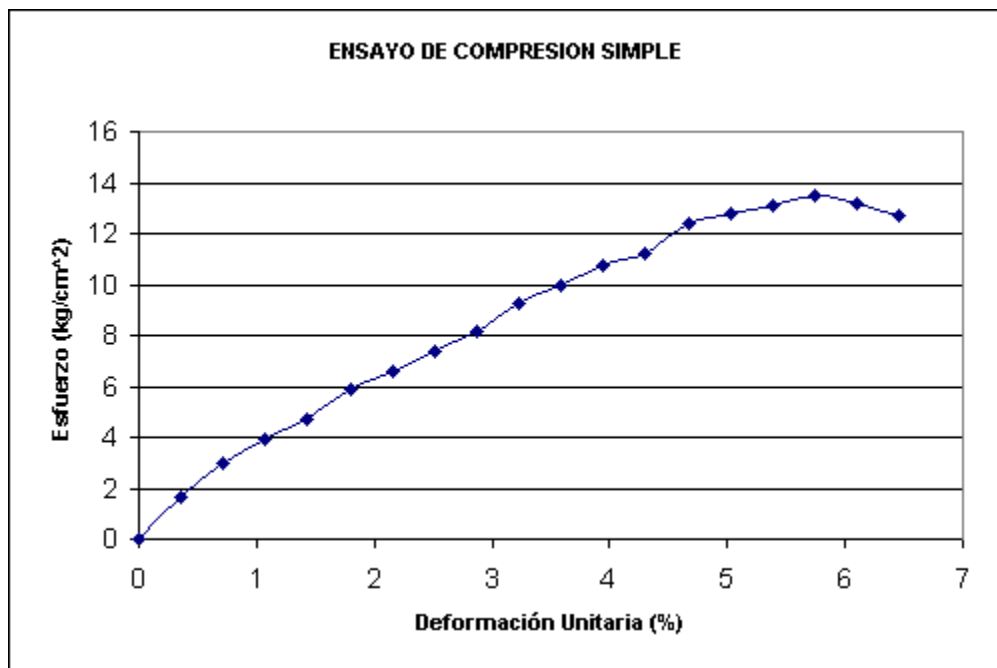


UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
COMPRESION SIMPLE suelo Floridablanca con Nylon de 1cm y 0.5% peso
HARVARD MINIATURA

DIMENSIONES CILINDRO

Diámetro superior (cm)	3.34
Diámetro central (cm)	3.34
Diámetro inferior (cm)	3.34
Altura (cm)	7.08
Área (cm ²)	8.76
Volúmen (cm ³)	62.03

Tiempo (min)	Carga (kg)	Deformacion (mm)	Def. Unitaria	Esfuerzo (kg/cm ²)	Def. Unit. (%)
0	0	0	0	0	0
0.25	14.4	0.25	0.0036	1.64	0.359
0.5	26.3	0.51	0.0072	3.00	0.718
0.75	34.6	0.76	0.0108	3.95	1.076
1	41.4	1.02	0.0144	4.73	1.435
1.25	51.8	1.27	0.0179	5.91	1.794
1.5	57.5	1.52	0.0215	6.56	2.153
1.75	64.4	1.78	0.0251	7.35	2.511
2	71.2	2.03	0.0287	8.13	2.870
2.25	80.9	2.29	0.0323	9.23	3.229
2.5	87.6	2.54	0.0359	10.00	3.588
2.75	94.1	2.79	0.0395	10.74	3.946
3	98.3	3.05	0.0431	11.22	4.305
3.25	108.9	3.30	0.0466	12.43	4.664
3.5	111.7	3.56	0.0502	12.75	5.023
3.75	114.7	3.81	0.0538	13.09	5.381
4	118.1	4.06	0.0574	13.48	5.740
4.25	115.5	4.32	0.0610	13.18	6.099
4.5	111.6	4.57	0.0646	12.74	6.458



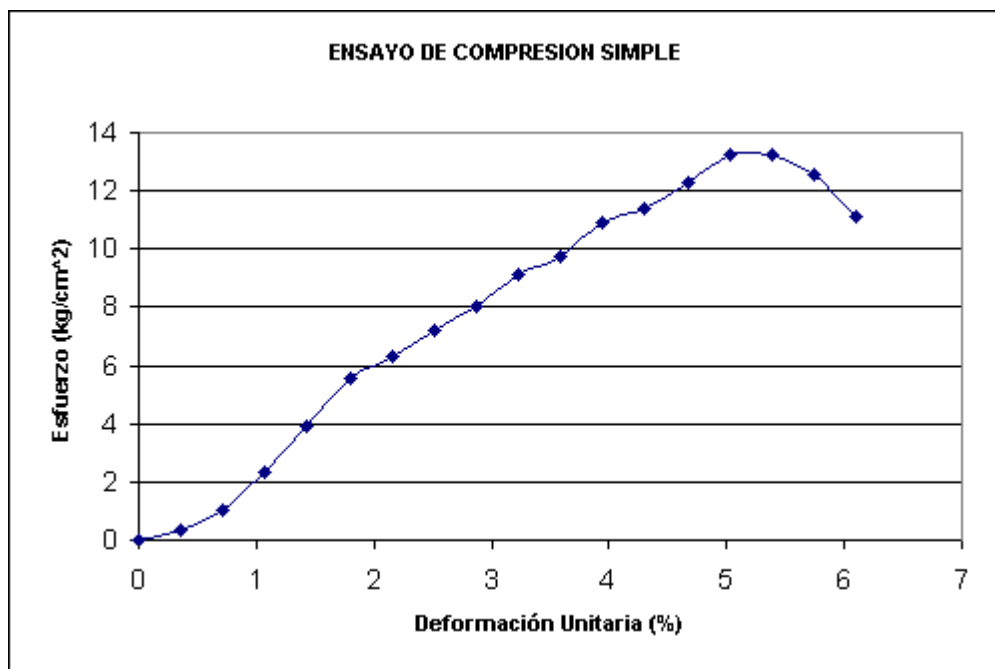


UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
COMPRESION SIMPLE suelo Floridablanca con Nylon de 1cm y 0.75% peso
HARVARD MINIATURA

DIMENSIONES CILINDRO

Diámetro superior (cm)	3.34
Diámetro central (cm)	3.34
Diámetro inferior (cm)	3.34
Altura (cm)	7.08
Área (cm ²)	8.76
Volúmen (cm ³)	62.03

Tiempo (min)	Carga (kg)	Deformación (mm)	Def. Unitaria	Esfuerzo (kg/cm ²)	Def. Unit. (%)
0	0	0	0	0	0
0.25	3.2	0.25	0.0036	0.37	0.359
0.5	8.9	0.51	0.0072	1.02	0.718
0.75	20.2	0.76	0.0108	2.31	1.076
1	34.5	1.02	0.0144	3.94	1.435
1.25	48.6	1.27	0.0179	5.55	1.794
1.5	55.1	1.52	0.0215	6.29	2.153
1.75	62.9	1.78	0.0251	7.18	2.511
2	70.3	2.03	0.0287	8.02	2.870
2.25	79.7	2.29	0.0323	9.10	3.229
2.5	85.4	2.54	0.0359	9.75	3.588
2.75	95.6	2.79	0.0395	10.91	3.946
3	99.7	3.05	0.0431	11.38	4.305
3.25	107.4	3.30	0.0466	12.26	4.664
3.5	115.8	3.56	0.0502	13.22	5.023
3.75	116.2	3.81	0.0538	13.26	5.381
4	110.1	4.06	0.0574	12.57	5.740
4.25	97.3	4.32	0.0610	11.11	6.099



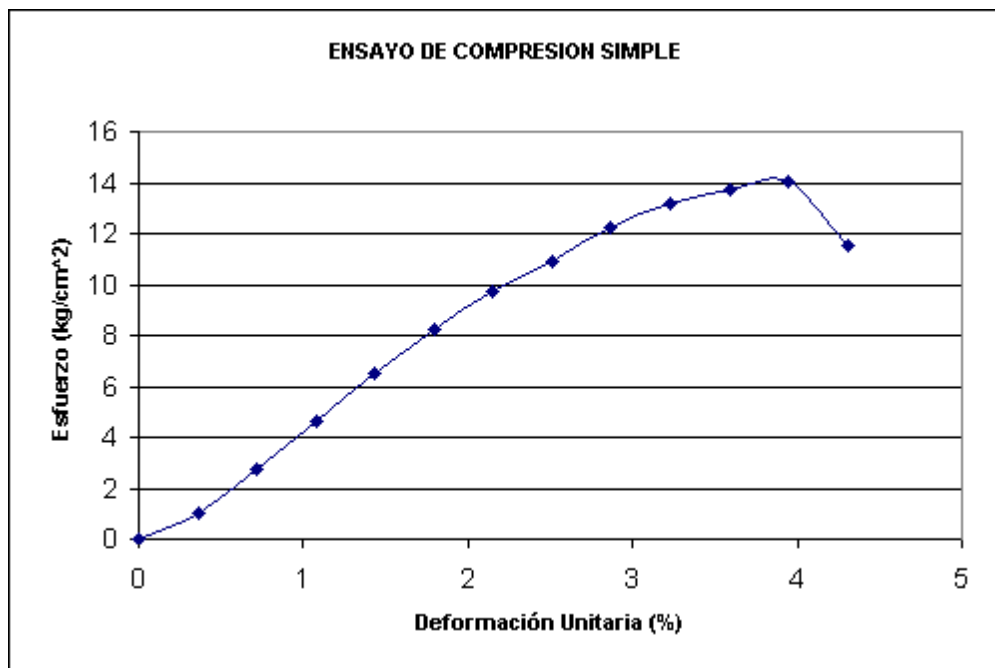


UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
COMPRESION SIMPLE suelo Floridablanca con Nylon de 1.5cm y 0.25% peso
HARVARD MINIATURA

DIMENSIONES CILINDRO

Diámetro superior (cm)	3.34
Diámetro central (cm)	3.34
Diámetro inferior (cm)	3.34
Altura (cm)	7.08
Área (cm ²)	8.76
Volúmen (cm ³)	62.03

Tiempo (min)	Carga (kg)	Deformación (mm)	Def. Unitaria	Esfuerzo (kg/cm ²)	Def. Unit. (%)
0	0	0	0	0	0
0.25	9.1	0.25	0.0036	1.04	0.359
0.5	24.2	0.51	0.0072	2.76	0.718
0.75	40.4	0.76	0.0108	4.61	1.076
1	56.9	1.02	0.0144	6.49	1.435
1.25	72.3	1.27	0.0179	8.25	1.794
1.5	85.5	1.52	0.0215	9.76	2.153
1.75	95.8	1.78	0.0251	10.93	2.511
2	107.5	2.03	0.0287	12.27	2.870
2.25	115.2	2.29	0.0323	13.15	3.229
2.5	120.3	2.54	0.0359	13.73	3.588
2.75	122.7	2.79	0.0395	14.00	3.946
3	101.2	3.05	0.0431	11.55	4.305



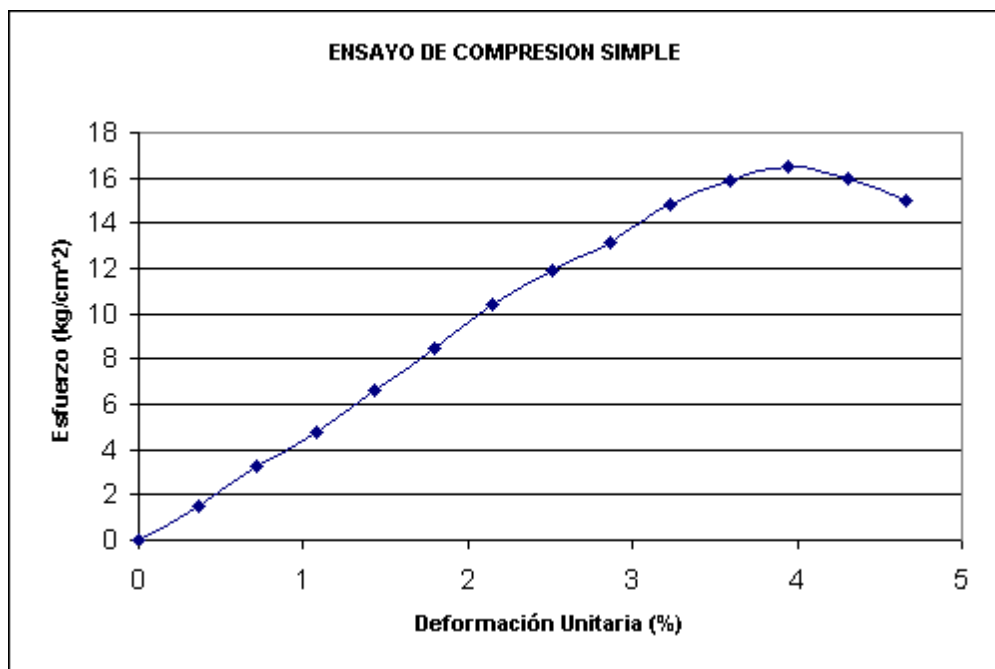


UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
COMPRESION SIMPLE suelo Floridablanca con Nylon de 1.5cm y 0.5% peso
HARVARD MINIATURA

DIMENSIONES CILINDRO

Diámetro superior (cm)	3.34
Diámetro central (cm)	3.34
Diámetro inferior (cm)	3.34
Altura (cm)	7.08
Área (cm ²)	8.76
Volúmen (cm ³)	62.03

Tiempo (min)	Carga (kg)	Deformación (mm)	Def. Unitaria	Esfuerzo (kg/cm ²)	Def. Unit. (%)
0	0	0	0	0	0
0.25	12.8	0.25	0.0036	1.46	0.359
0.5	28.3	0.51	0.0072	3.23	0.718
0.75	41.8	0.76	0.0108	4.77	1.076
1	57.9	1.02	0.0144	6.61	1.435
1.25	74.5	1.27	0.0179	8.50	1.794
1.5	91.2	1.52	0.0215	10.41	2.153
1.75	104.4	1.78	0.0251	11.92	2.511
2	115.3	2.03	0.0287	13.16	2.870
2.25	129.5	2.29	0.0323	14.78	3.229
2.5	139.4	2.54	0.0359	15.91	3.588
2.75	144.6	2.79	0.0395	16.50	3.946
3	139.7	3.05	0.0431	15.94	4.305
3.25	131.1	3.30	0.0466	14.96	4.664



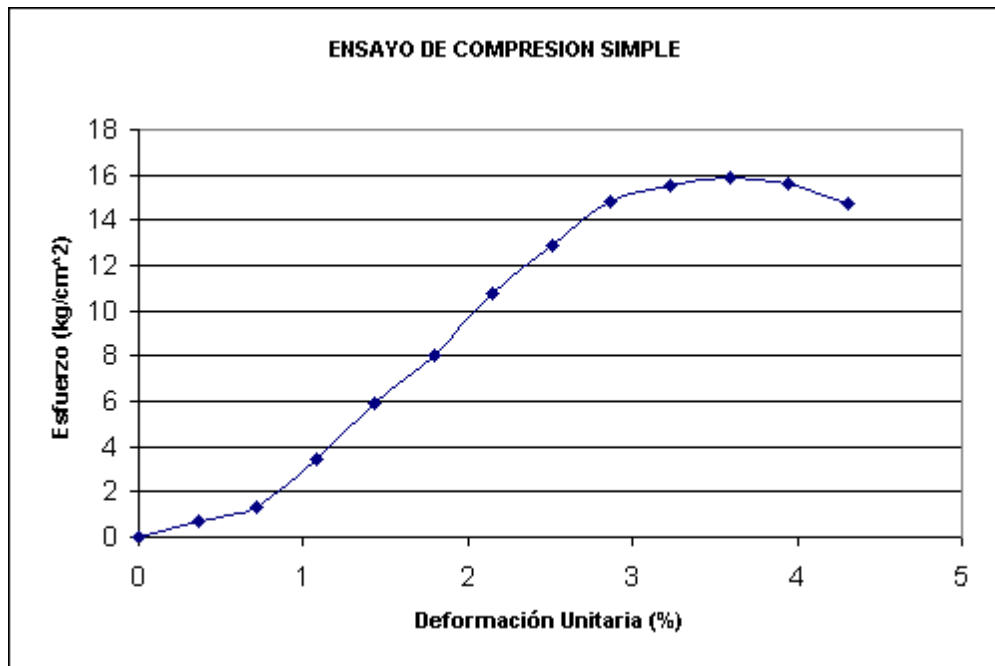


UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
COMPRESION SIMPLE suelo Floridablanca con Nylon de 1.5cm y 0.75% peso
HARVARD MINIATURA

DIMENSIONES CILINDRO

Diámetro superior (cm)	3.34
Diámetro central (cm)	3.34
Diámetro inferior (cm)	3.34
Altura (cm)	7.08
Área (cm ²)	8.76
Volúmen (cm ³)	62.03

Tiempo (min)	Carga (kg)	Deformación (mm)	Def. Unitaria	Esfuerzo (kg/cm ²)	Def. Unit. (%)
0	0	0	0	0	0
0.25	5.9	0.25	0.0036	0.67	0.359
0.5	11.7	0.51	0.0072	1.34	0.718
0.75	29.9	0.76	0.0108	3.41	1.076
1	51.7	1.02	0.0144	5.90	1.435
1.25	70.3	1.27	0.0179	8.02	1.794
1.5	94.6	1.52	0.0215	10.80	2.153
1.75	112.6	1.78	0.0251	12.85	2.511
2	129.7	2.03	0.0287	14.80	2.870
2.25	135.8	2.29	0.0323	15.50	3.229
2.5	139.4	2.54	0.0359	15.91	3.588
2.75	137.2	2.79	0.0395	15.66	3.946
3	129.3	3.05	0.0431	14.76	4.305



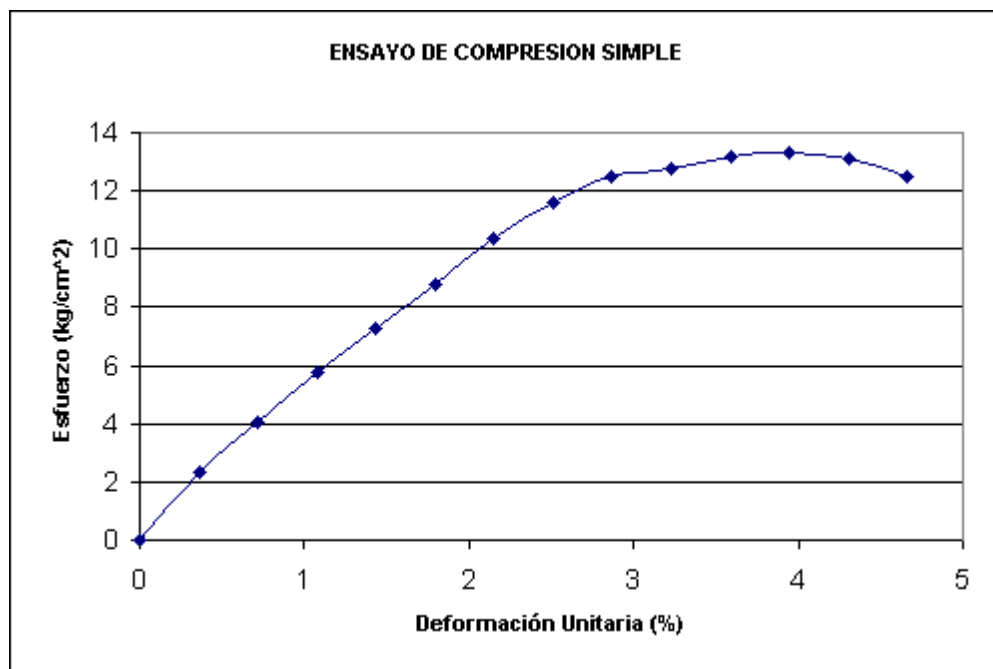


UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
COMPRESION SIMPLE suelo Floridablanca con Nylon de 2cm y 0.25% peso
HARVARD MINIATURA

DIMENSIONES CILINDRO

Diámetro superior (cm)	3.34
Diámetro central (cm)	3.34
Diámetro inferior (cm)	3.34
Altura (cm)	7.08
Área (cm ²)	8.76
Volúmen (cm ³)	62.03

Tiempo (min)	Carga (kg)	Deformacion (mm)	Def. Unitaria	Esfuerzo (kg/cm ²)	Def. Unit. (%)
0	0	0	0	0	0
0.25	20.6	0.25	0.0036	2.35	0.359
0.5	35.3	0.51	0.0072	4.03	0.718
0.75	50.6	0.76	0.0108	5.78	1.076
1	63.9	1.02	0.0144	7.29	1.435
1.25	77.2	1.27	0.0179	8.81	1.794
1.5	90.5	1.52	0.0215	10.33	2.153
1.75	101.7	1.78	0.0251	11.61	2.511
2	109.5	2.03	0.0287	12.50	2.870
2.25	112.1	2.29	0.0323	12.79	3.229
2.5	115.5	2.54	0.0359	13.18	3.588
2.75	116.7	2.79	0.0395	13.32	3.946
3	114.8	3.05	0.0431	13.10	4.305
3.25	109.4	3.30	0.0466	12.49	4.664



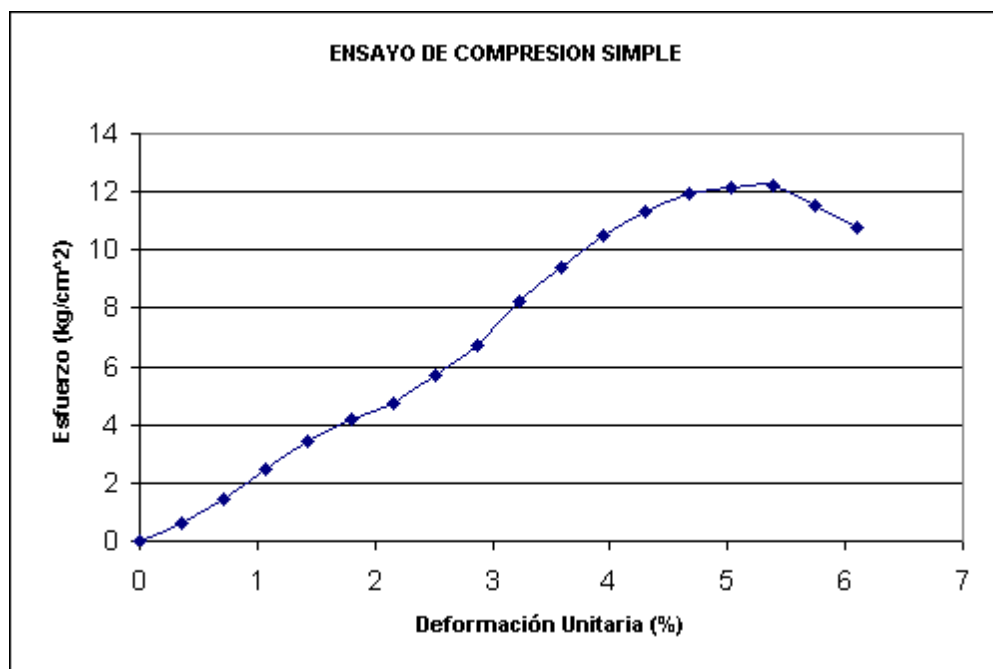


UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
COMPRESION SIMPLE suelo Floridablanca con Nylon de 2cm y 0.75% peso
HARVARD MINIATURA

DIMENSIONES CILINDRO

Diámetro superior (cm)	3.34
Diámetro central (cm)	3.34
Diametro inferior (cm)	3.34
Altura (cm)	7.08
Área (cm ²)	8.76
Volúmen (cm ³)	62.03

Tiempo (min)	Carga (kg)	Deformacion (mm)	Def. Unitaria	Esfuerzo (kg/cm ²)	Def. Unit. (%)
0	0	0	0	0	0
0.25	5.5	0.25	0.0036	0.63	0.359
0.5	12.9	0.51	0.0072	1.47	0.718
0.75	21.7	0.76	0.0108	2.48	1.076
1	29.8	1.02	0.0144	3.40	1.435
1.25	36.7	1.27	0.0179	4.19	1.794
1.5	41.5	1.52	0.0215	4.74	2.153
1.75	49.9	1.78	0.0251	5.70	2.511
2	58.8	2.03	0.0287	6.71	2.870
2.25	72.4	2.29	0.0323	8.26	3.229
2.5	82.2	2.54	0.0359	9.38	3.588
2.75	91.7	2.79	0.0395	10.47	3.946
3	99.1	3.05	0.0431	11.31	4.305
3.25	104.7	3.30	0.0466	11.95	4.664
3.5	106.2	3.56	0.0502	12.12	5.023
3.75	107.1	3.81	0.0538	12.22	5.381
4	100.9	4.06	0.0574	11.52	5.740
4.25	94.3	4.32	0.0610	10.76	6.099





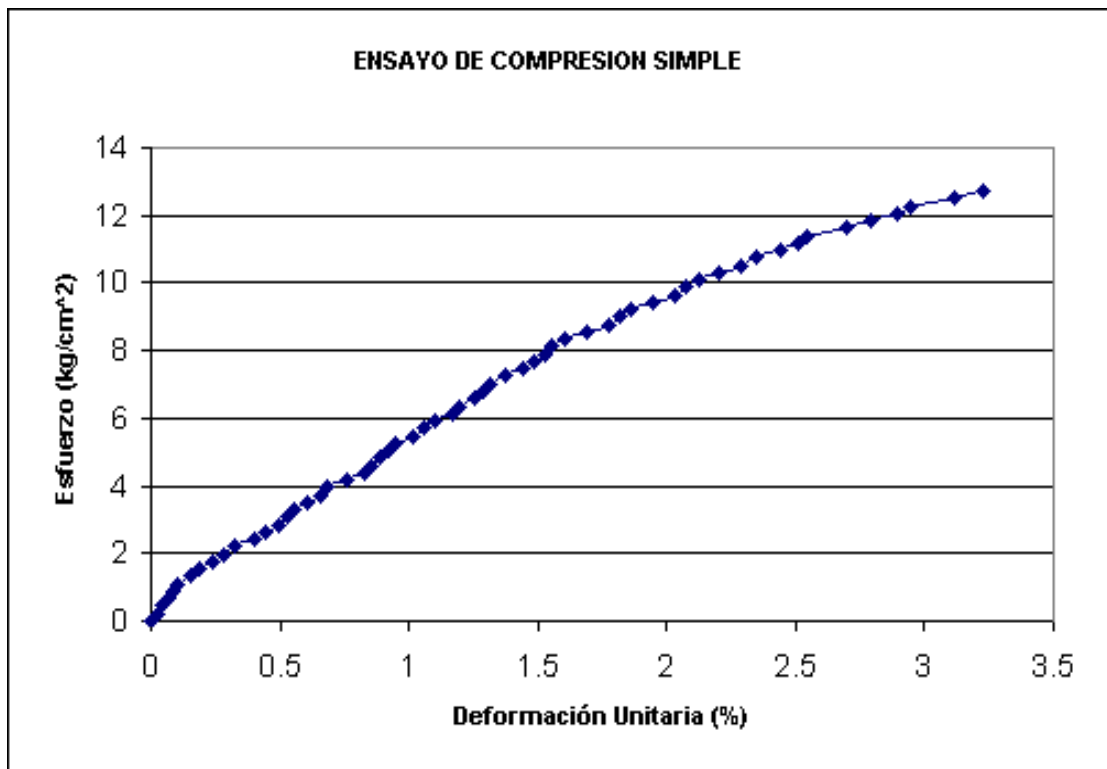
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
COMPRESION SIMPLE suelo Florida con Nylon
GRANDE

DIMENSIONES CILINDRO

Diámetro superior (cm)	15.24
Diámetro central (cm)	15.24
Diametro inferior (cm)	15.24
Altura (cm)	30.00
Área (cm ²)	182.41
Volúmen (cm ³)	5472.44

Carga (kg)	Deformacion (mm)	Def. Unitaria	Esfuerzo (kg/cm ²)	Def. Unit. (%)
0	0.00	0	0	0
40	0.08	0.0003	0.22	0.025
80	0.13	0.0004	0.44	0.042
120	0.20	0.0007	0.66	0.068
160	0.25	0.0008	0.88	0.085
200	0.30	0.0010	1.10	0.102
240	0.46	0.0015	1.32	0.152
280	0.56	0.0019	1.53	0.186
320	0.71	0.0024	1.75	0.237
360	0.84	0.0028	1.97	0.279
400	0.97	0.0032	2.19	0.322
440	1.19	0.0040	2.41	0.398
480	1.32	0.0044	2.63	0.440
520	1.47	0.0049	2.85	0.491
560	1.60	0.0053	3.07	0.533
600	1.68	0.0056	3.29	0.559
640	1.83	0.0061	3.51	0.610
680	1.98	0.0066	3.73	0.660
720	2.06	0.0069	3.95	0.686
760	2.29	0.0076	4.17	0.762
800	2.49	0.0083	4.39	0.830
840	2.57	0.0086	4.60	0.855
880	2.67	0.0089	4.82	0.889
920	2.77	0.0092	5.04	0.923
960	2.84	0.0095	5.26	0.948
1000	3.05	0.0102	5.48	1.016
1040	3.18	0.0106	5.70	1.058
1080	3.30	0.0110	5.92	1.101
1120	3.51	0.0117	6.14	1.168
1160	3.58	0.0119	6.36	1.194
1200	3.76	0.0125	6.58	1.253
1240	3.86	0.0129	6.80	1.287
1280	3.94	0.0131	7.02	1.312
1320	4.11	0.0137	7.24	1.372

1360	4.32	0.0144	7.46	1.439
1400	4.45	0.0148	7.67	1.482
1440	4.57	0.0152	7.89	1.524
1480	4.67	0.0156	8.11	1.558
1520	4.83	0.0161	8.33	1.609
1560	5.08	0.0169	8.55	1.693
1600	5.33	0.0178	8.77	1.778
1640	5.46	0.0182	8.99	1.820
1680	5.59	0.0186	9.21	1.863
1720	5.84	0.0195	9.43	1.947
1760	6.10	0.0203	9.65	2.032
1800	6.22	0.0207	9.87	2.074
1840	6.38	0.0213	10.09	2.125
1880	6.60	0.0220	10.31	2.201
1920	6.86	0.0229	10.53	2.286
1960	7.04	0.0235	10.74	2.345
2000	7.32	0.0244	10.96	2.438
2040	7.52	0.0251	11.18	2.506
2080	7.62	0.0254	11.40	2.540
2120	8.10	0.0270	11.62	2.701
2160	8.38	0.0279	11.84	2.794
2200	8.69	0.0290	12.06	2.896
2240	8.84	0.0295	12.28	2.946
2280	9.35	0.0312	12.50	3.116
2320	9.68	0.0323	12.72	3.226





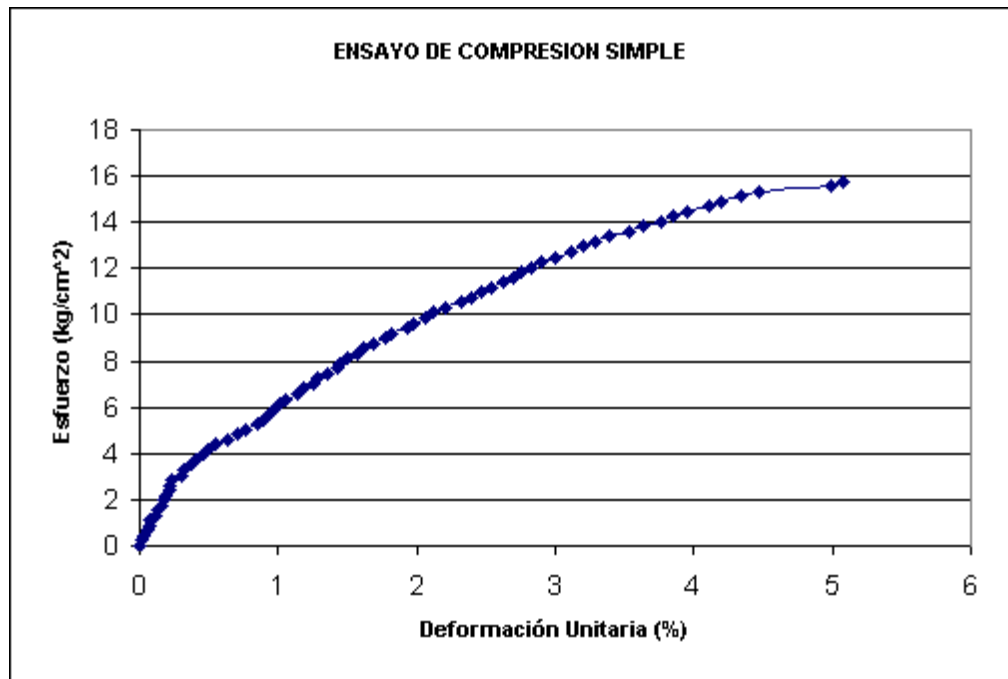
UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
COMPRESION SIMPLE suelo Florida con Nylon
GRANDE

DIMENSIONES CILINDRO

Diámetro superior (cm)	15.24
Diámetro central (cm)	15.24
Diametro inferior (cm)	15.24
Altura (cm)	30.00
Área (cm ²)	182.41
Volúmen (cm ³)	5472.44

Carga (kg)	Deformacion (mm)	Def. Unitaria	Esfuerzo (kg/cm ²)	Def. Unit. (%)
0	0	0	0	0
40	0.03	0.0001	0.22	0.008
80	0.10	0.0003	0.44	0.034
120	0.15	0.0005	0.66	0.051
160	0.20	0.0007	0.88	0.068
200	0.23	0.0008	1.10	0.076
240	0.33	0.0011	1.32	0.110
280	0.38	0.0013	1.53	0.127
320	0.46	0.0015	1.75	0.152
360	0.51	0.0017	1.97	0.169
400	0.56	0.0019	2.19	0.186
440	0.64	0.0021	2.41	0.212
480	0.66	0.0022	2.63	0.220
520	0.71	0.0024	2.85	0.237
560	0.89	0.0030	3.07	0.296
600	0.97	0.0032	3.29	0.322
640	1.12	0.0037	3.51	0.373
680	1.19	0.0040	3.73	0.398
720	1.37	0.0046	3.95	0.457
760	1.47	0.0049	4.17	0.491
800	1.65	0.0055	4.39	0.550
840	1.91	0.0063	4.60	0.635
880	2.11	0.0070	4.82	0.703
920	2.29	0.0076	5.04	0.762
960	2.54	0.0085	5.26	0.847
1000	2.67	0.0089	5.48	0.889
1040	2.79	0.0093	5.70	0.931
1080	2.90	0.0097	5.92	0.965
1120	3.05	0.0102	6.14	1.016
1160	3.15	0.0105	6.36	1.050
1200	3.43	0.0114	6.58	1.143
1240	3.56	0.0119	6.80	1.185
1280	3.76	0.0125	7.02	1.253
1320	3.84	0.0128	7.24	1.278
1360	4.06	0.0135	7.46	1.355
1400	4.27	0.0142	7.67	1.422

1440	4.34	0.0145	7.89	1.448
1480	4.52	0.0151	8.11	1.507
1520	4.70	0.0157	8.33	1.566
1560	4.83	0.0161	8.55	1.609
1600	5.08	0.0169	8.77	1.693
1640	5.33	0.0178	8.99	1.778
1680	5.46	0.0182	9.21	1.820
1720	5.79	0.0193	9.43	1.930
1760	5.94	0.0198	9.65	1.981
1800	6.20	0.0207	9.87	2.066
1840	6.35	0.0212	10.09	2.117
1880	6.60	0.0220	10.31	2.201
1920	6.99	0.0233	10.53	2.328
1960	7.16	0.0239	10.74	2.388
2000	7.39	0.0246	10.96	2.464
2040	7.62	0.0254	11.18	2.540
2080	7.87	0.0262	11.40	2.625
2120	8.08	0.0269	11.62	2.692
2160	8.28	0.0276	11.84	2.760
2200	8.48	0.0283	12.06	2.828
2240	8.71	0.0290	12.28	2.904
2280	9.02	0.0301	12.50	3.006
2320	9.35	0.0312	12.72	3.116
2360	9.60	0.0320	12.94	3.200
2400	9.88	0.0329	13.16	3.294
2440	10.16	0.0339	13.38	3.387
2480	10.59	0.0353	13.60	3.531
2520	10.92	0.0364	13.81	3.641
2560	11.28	0.0376	14.03	3.759
2600	11.56	0.0385	14.25	3.852
2640	11.84	0.0395	14.47	3.945
2680	12.32	0.0411	14.69	4.106
2720	12.57	0.0419	14.91	4.191
2760	13.00	0.0433	15.13	4.335
2800	13.41	0.0447	15.35	4.470
2840	14.99	0.0500	15.57	4.995
2880	15.24	0.0508	15.79	5.080





UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
ESCUELA DE INGENIERIA CIVIL
LABORATORIO DE SUELOS Y PAVIMENTOS
COMPRESION SIMPLE suelo Florida con Nylon
GRANDE

DIMENSIONES CILINDRO

Diámetro superior (cm)	15.24
Diámetro central (cm)	15.24
Diametro inferior (cm)	15.24
Altura (cm)	30.00
Área (cm ²)	182.41
Volúmen (cm ³)	5472.44

Carga (kg)	Deformacion (mm)	Def. Unitaria	Esfuerzo (kg/cm ²)	Def. Unit. (%)
0	0	0	0	0
40	0.05	0.0002	0.22	0.017
80	0.18	0.0006	0.44	0.059
120	0.23	0.0008	0.66	0.076
160	0.33	0.0011	0.88	0.110
200	0.46	0.0015	1.10	0.152
240	0.56	0.0019	1.32	0.186
280	0.61	0.0020	1.53	0.203
320	0.69	0.0023	1.75	0.229
360	0.79	0.0026	1.97	0.262
400	0.89	0.0030	2.19	0.296
440	0.99	0.0033	2.41	0.330
480	1.09	0.0036	2.63	0.364
520	1.27	0.0042	2.85	0.423
560	1.30	0.0043	3.07	0.432
600	1.37	0.0046	3.29	0.457
640	1.50	0.0050	3.51	0.500
680	1.57	0.0052	3.73	0.525
720	1.71	0.0057	3.95	0.572
760	1.88	0.0063	4.17	0.627
800	2.07	0.0069	4.39	0.690
840	2.24	0.0075	4.60	0.745
880	2.39	0.0080	4.82	0.796
920	2.53	0.0084	5.04	0.842
960	2.69	0.0090	5.26	0.897
1000	2.86	0.0095	5.48	0.953
1040	2.98	0.0099	5.70	0.995
1080	3.10	0.0103	5.92	1.033
1120	3.28	0.0109	6.14	1.092
1160	3.37	0.0112	6.36	1.122
1200	3.59	0.0120	6.58	1.198
1240	3.71	0.0124	6.80	1.236
1280	3.85	0.0128	7.02	1.283

1320	3.98	0.0133	7.24	1.325
1360	4.19	0.0140	7.46	1.397
1400	4.36	0.0145	7.67	1.452
1440	4.46	0.0149	7.89	1.486
1480	4.60	0.0153	8.11	1.532
1520	4.76	0.0159	8.33	1.588
1560	4.95	0.0165	8.55	1.651
1600	5.21	0.0174	8.77	1.736
1640	5.40	0.0180	8.99	1.799
1680	5.52	0.0184	9.21	1.842
1720	5.82	0.0194	9.43	1.939
1760	6.02	0.0201	9.65	2.007
1800	6.21	0.0207	9.87	2.070
1840	6.36	0.0212	10.09	2.121
1880	6.60	0.0220	10.31	2.201
1920	6.92	0.0231	10.53	2.307
1960	7.10	0.0237	10.74	2.366
2000	7.35	0.0245	10.96	2.451
2040	7.57	0.0252	11.18	2.523
2080	7.75	0.0258	11.40	2.582
2120	8.09	0.0270	11.62	2.697
2160	8.33	0.0278	11.84	2.777
2200	8.59	0.0286	12.06	2.862
2240	8.78	0.0293	12.28	2.925
2280	9.18	0.0306	12.50	3.061
2320	9.51	0.0317	12.72	3.171
2360	9.75	0.0325	12.94	3.251
2400	10.11	0.0337	13.16	3.370
2440	10.34	0.0345	13.38	3.446
2480	10.46	0.0349	13.60	3.488

